I colori nell'universo

Nino Bracco[1,2], Mauro Giovannini[1], Elena Santopinto[2], Walter Sgroi[1], Silvano Tosi[1,2]

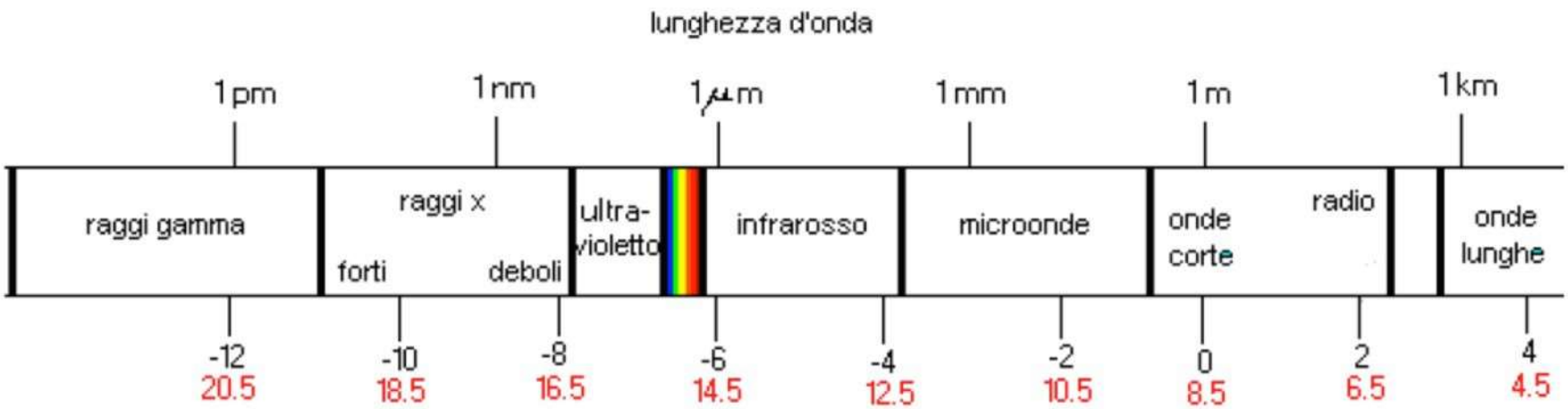
[1]Università degli Studi di Genova

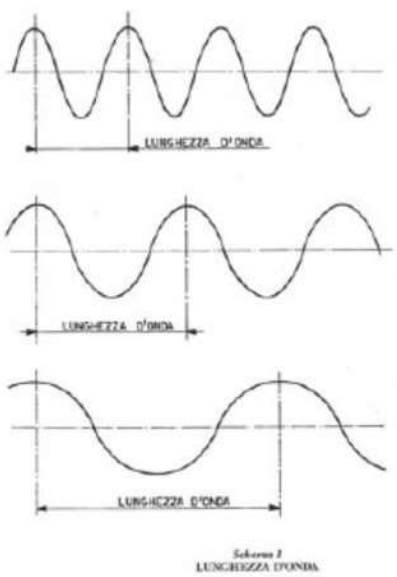
[2]Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

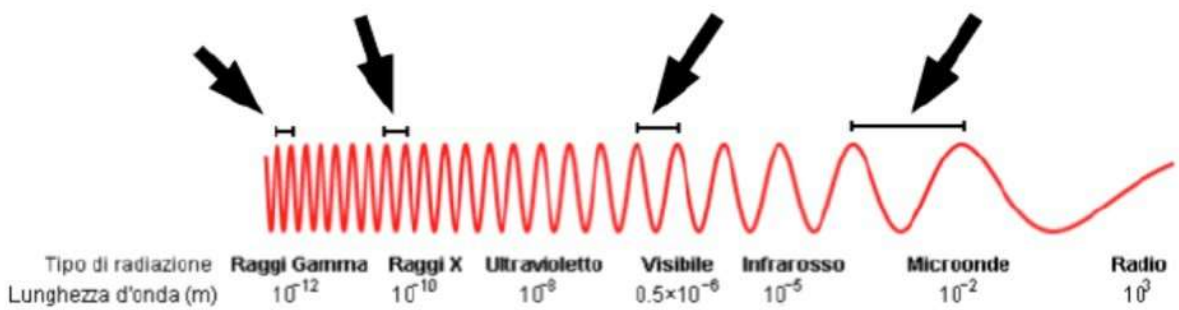
Come conoscere l'universo

- La caratteristica più evidente dei corpi celesti è che emettono luce (fotoni)
  - Studio dello **spettro elettromagnetico**
- Oggi ci focalizziamo sui fotoni, ma molti fenomeni astrofisici producono particelle che arrivano fino a noi
  - **Raggi cosmici** e dei **neutrini**
- Non solo: grazie alla scoperta delle **onde gravitazionali** possiamo aggiungere un'ulteriore sorgente di informazioni!

Spettro elettromagnetico

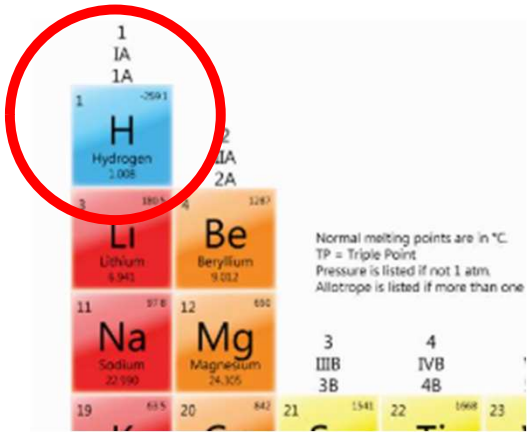


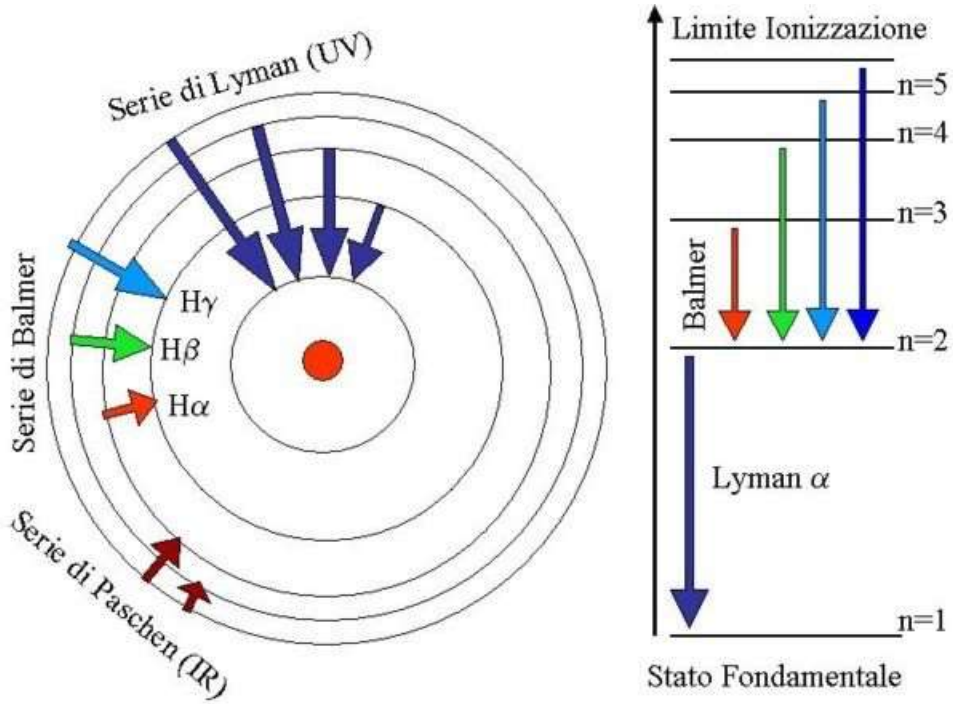




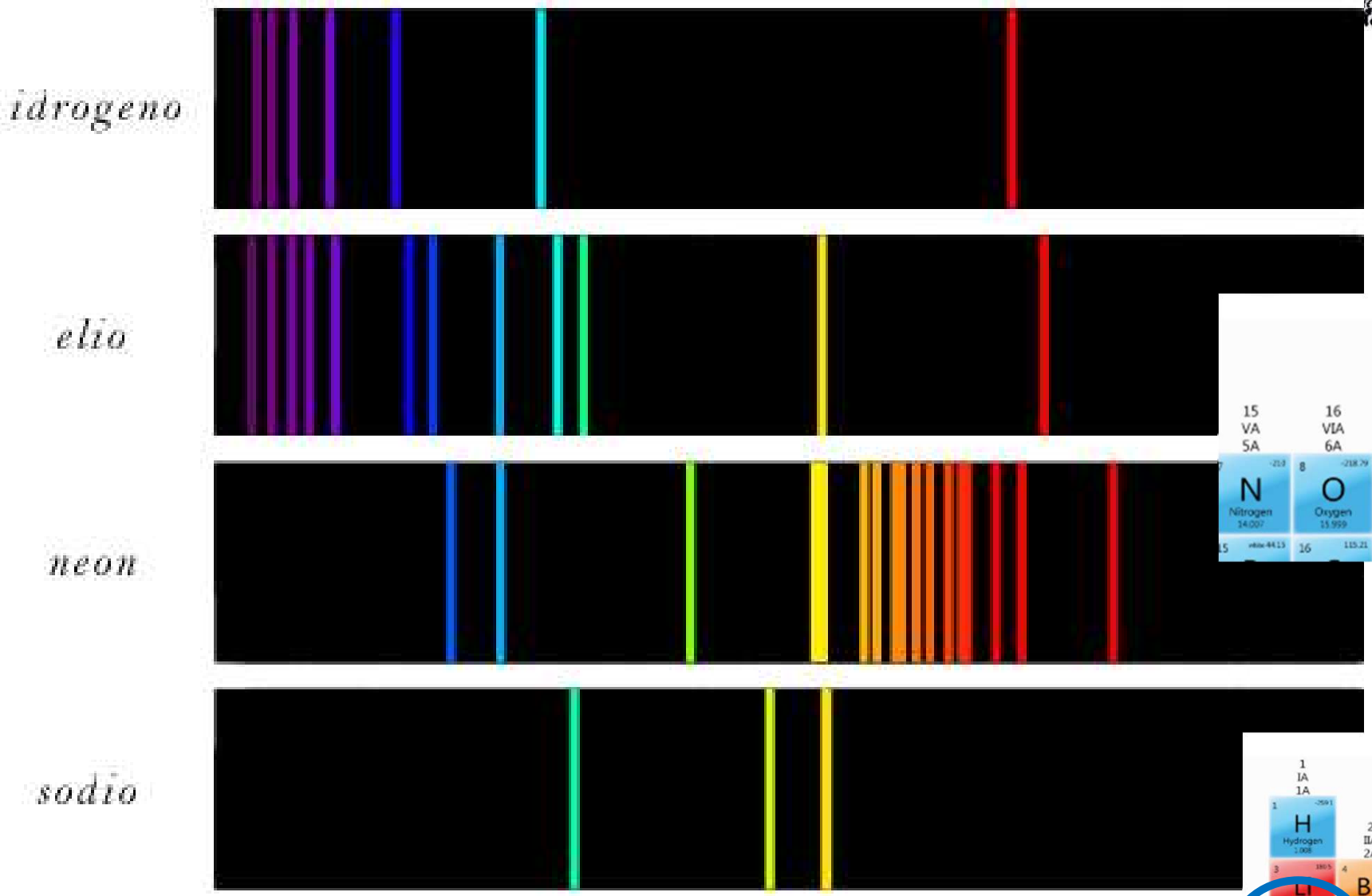
L'atomo eccitato tende a tornare allo stato fondamentale riemettendo l'energia assorbita sotto forma di radiazione elettromagnetica

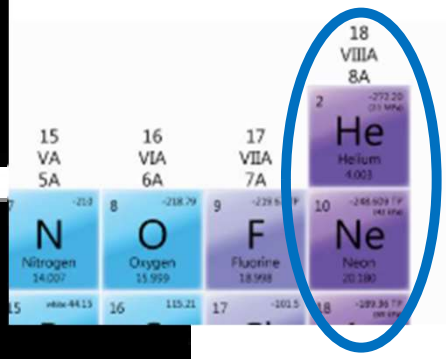
Caso dell'idrogeno

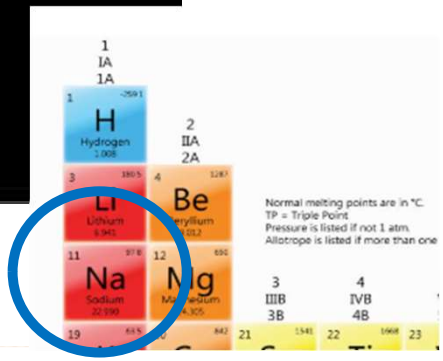




Altri casi: ogni elemento è identificato dal suo spettro



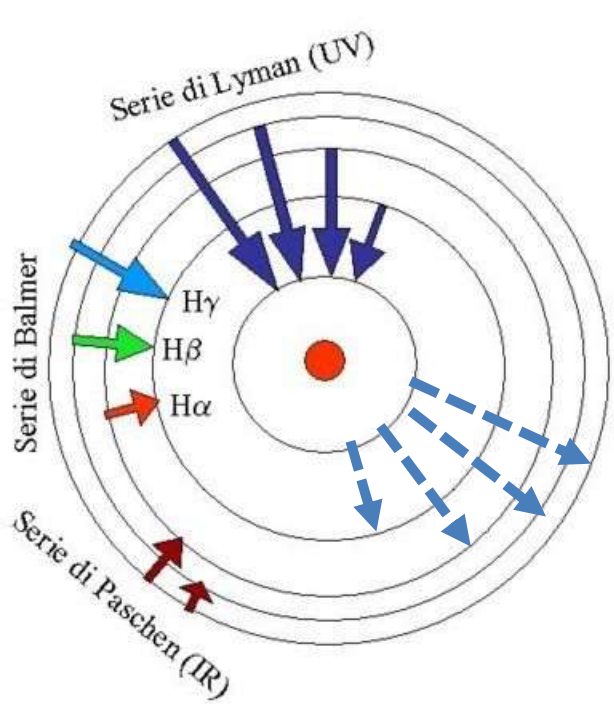


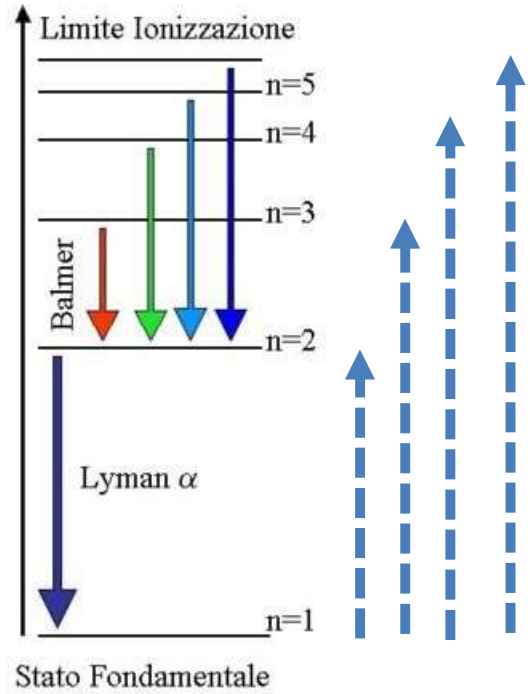


Se l'atomo è nello stato fondamentale può acquisire energia attraverso l'assorbimento di fotoni della stessa energia di quella di emissione

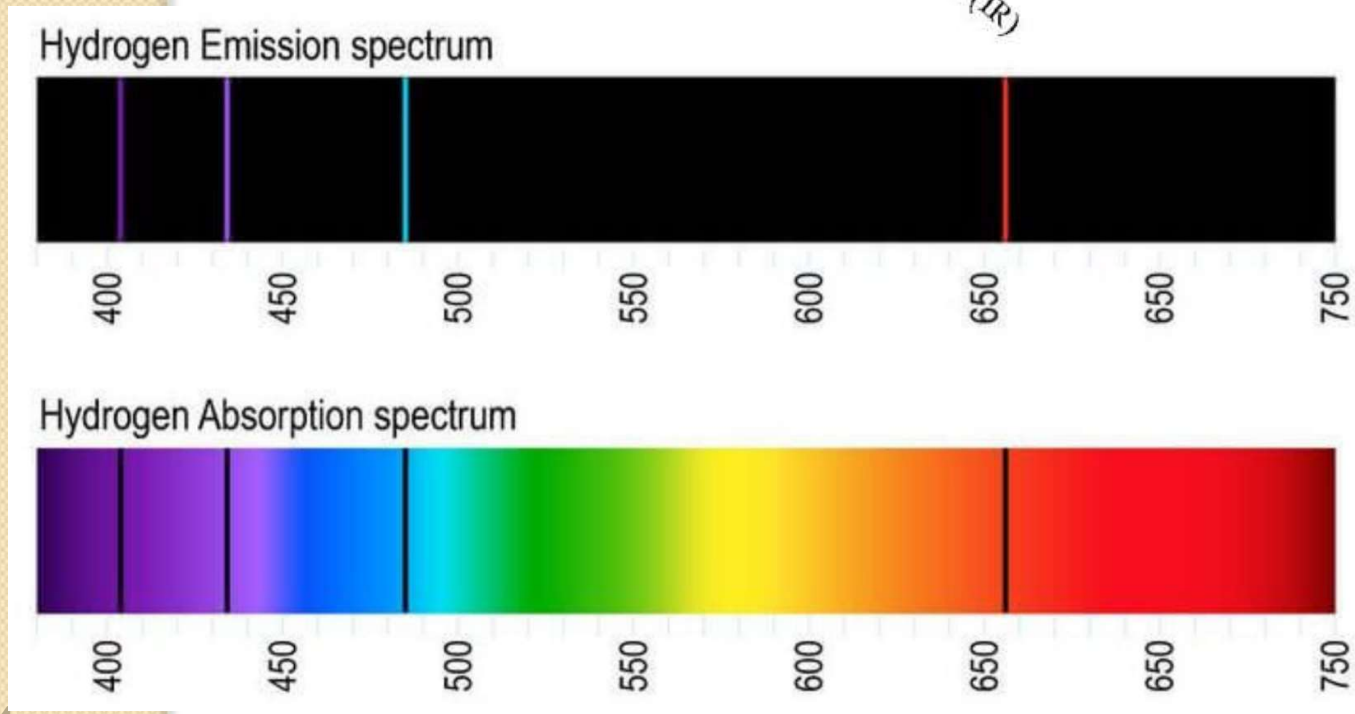
Processo inverso

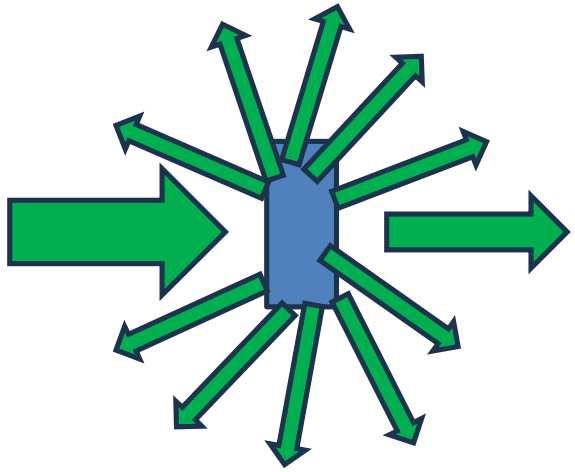
Caso dell'idrogeno





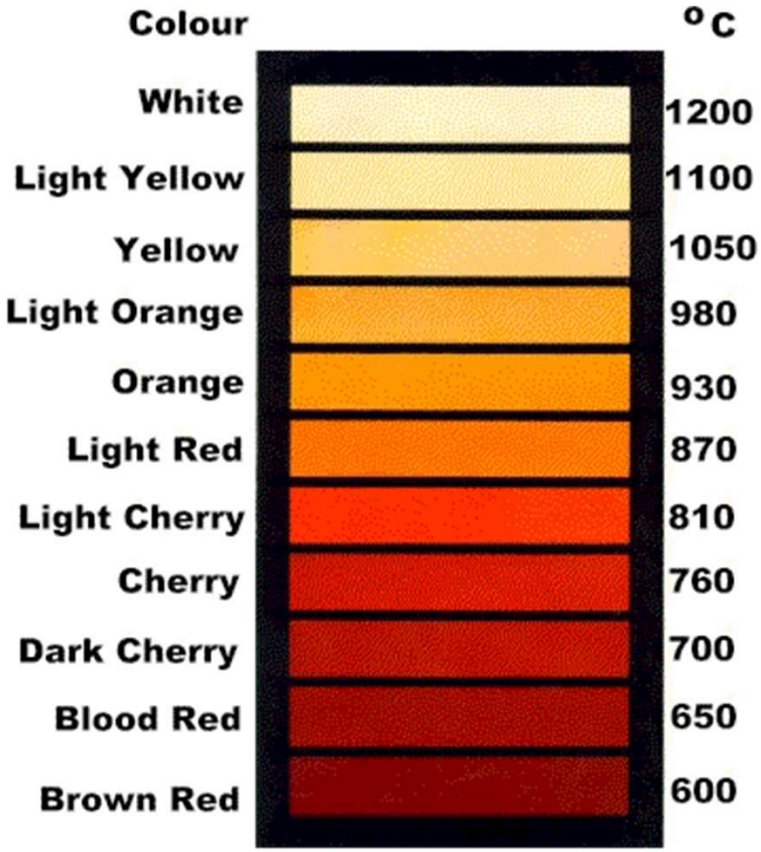
Emissione Assorbimento





Emissione termica

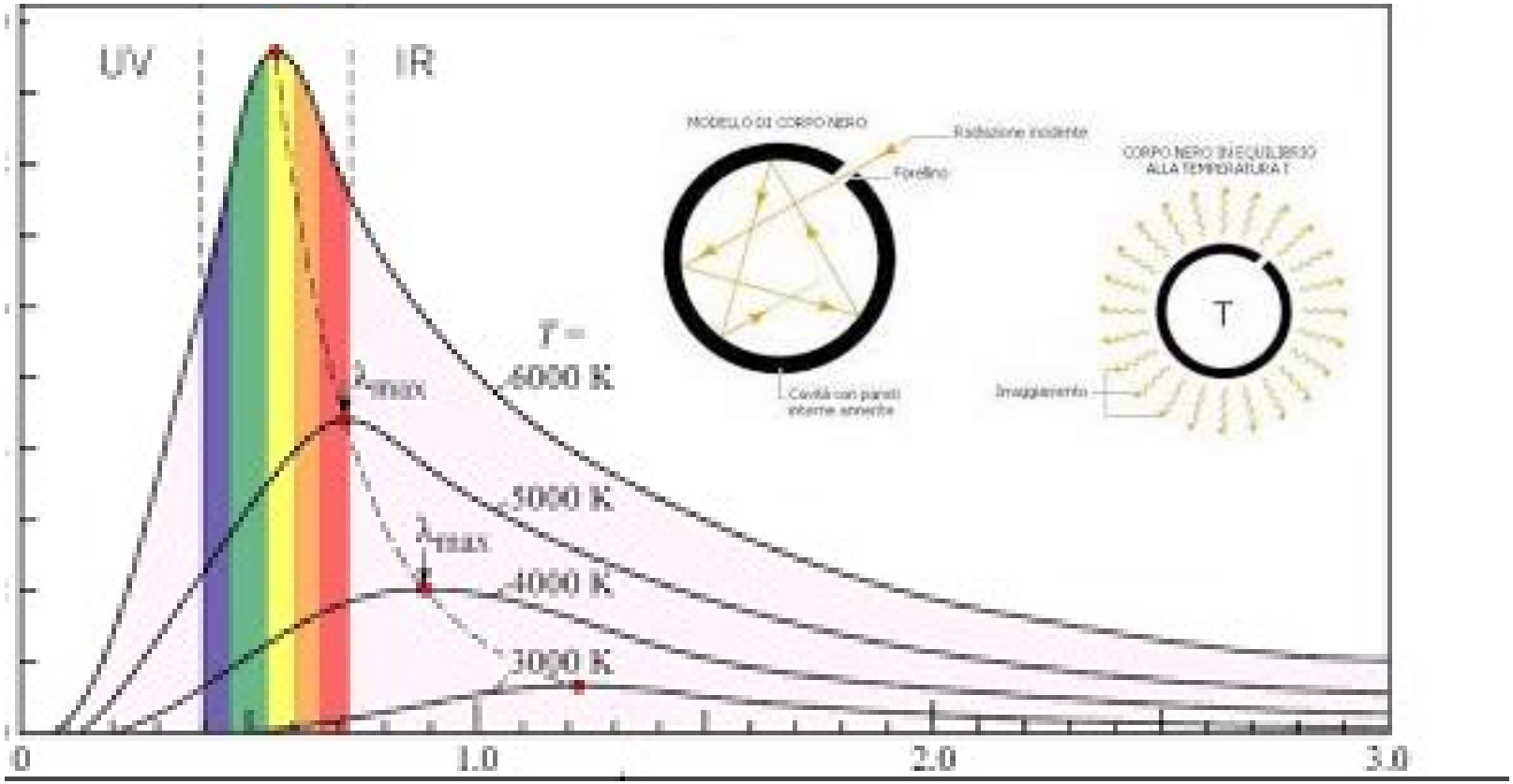
Un corpo ad una certa temperatura assoluta emette luce



T(K)=T(°C)+273 K

Emissione termica

Un corpo ad una certa temperatura assoluta emette luce

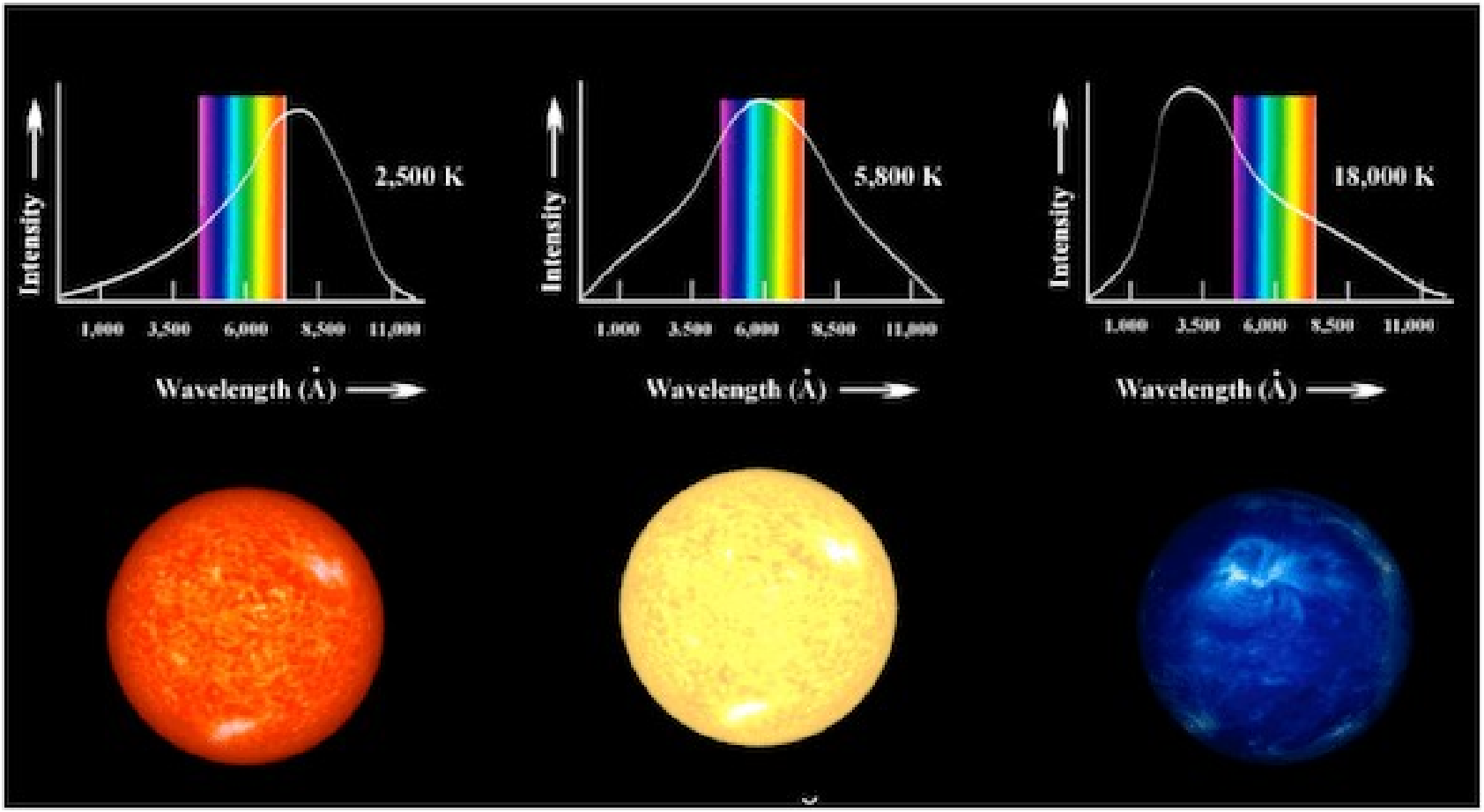


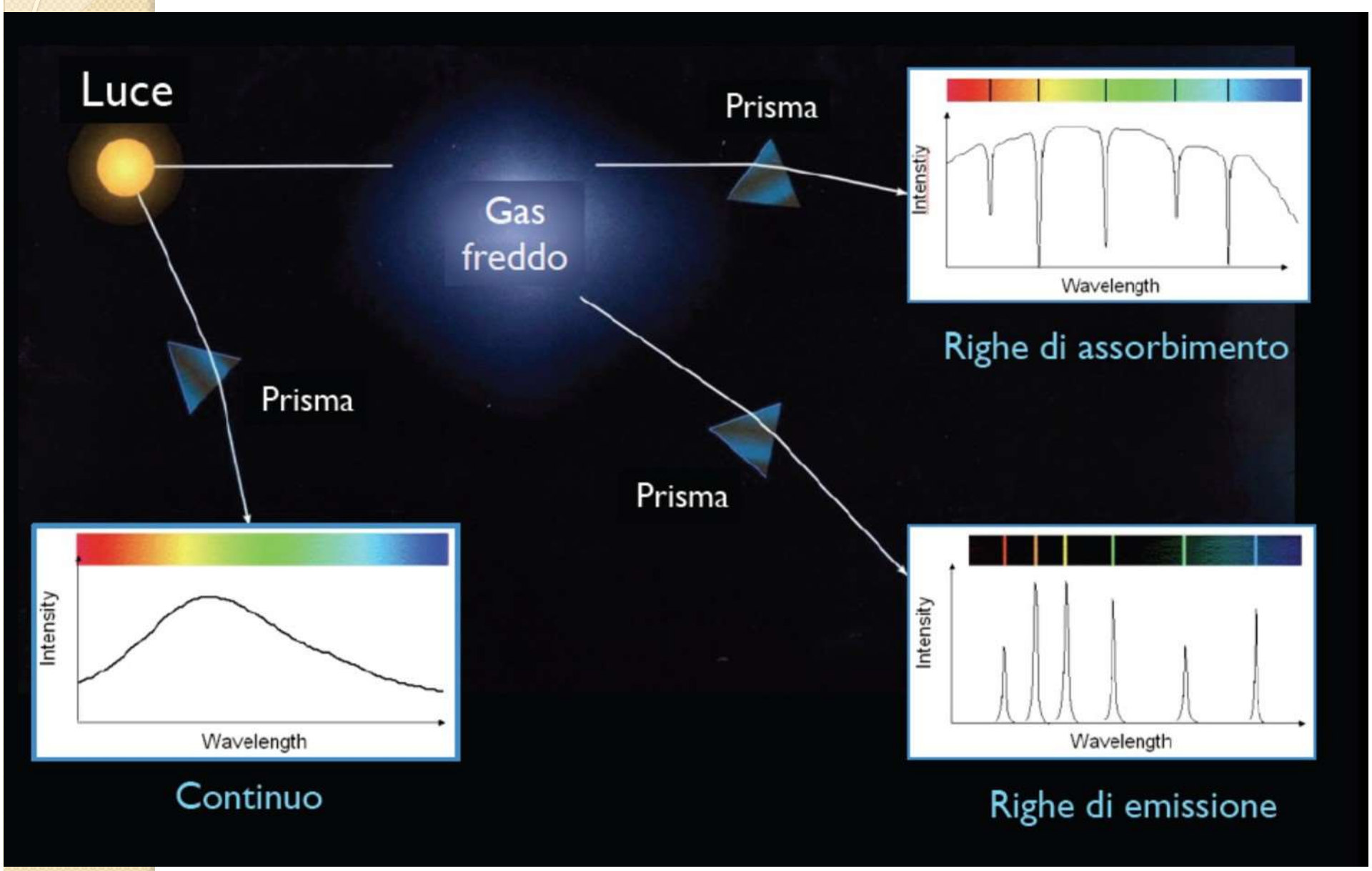
La legge di Planck fornisce la curva di emissione di un corpo nero

La posizione dei massimi della curva è data dalla legge di Wien

Emissione termica

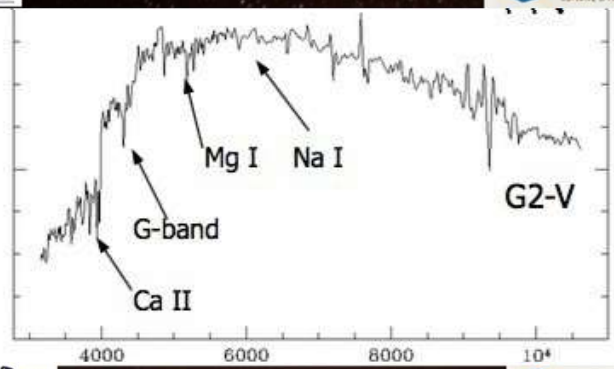
Un corpo ad una certa temperatura assoluta emette luce

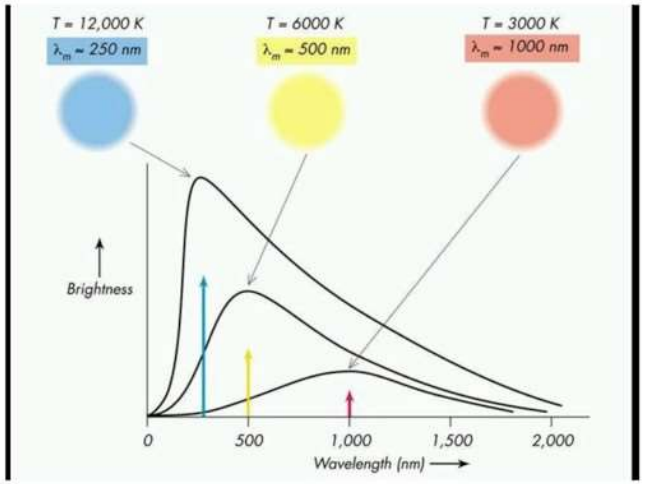


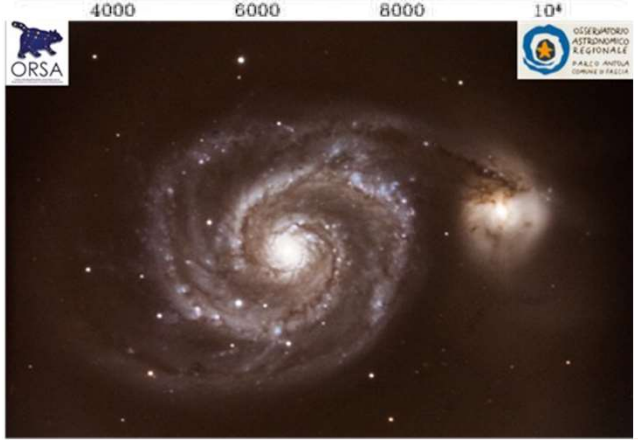

Luce
Gas freddo
Prisma
Intensity
Wavelength
Righe di assorbimento
Prisma
Intensity
Wavelength
Continuo
Prisma
Intensity
Wavelength
Righe di emissione

Stelle e galassie

- Un ammasso di gas, in opportune condizioni, può dare luogo alla formazione di una stella.
- Nel nucleo si creano le condizioni per la fusione di nuclei leggeri in nuclei più pesanti con grande rilascio energetico -> le stelle brillano!
- Colore legato a temperatura superficiale





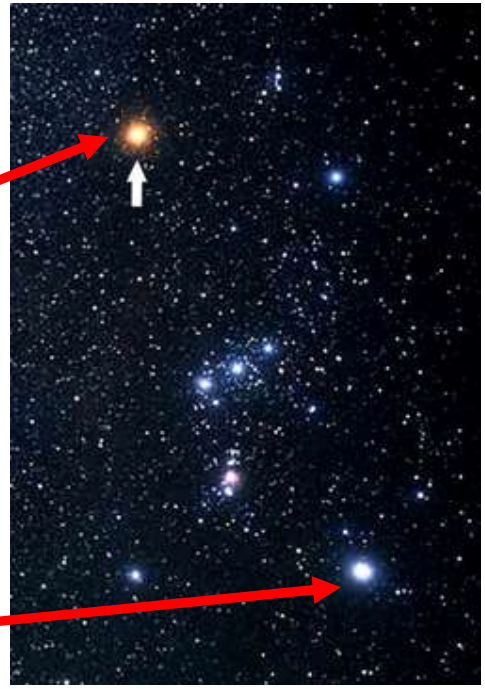


Spettro galassia: somma spettri stelle

Colore di una stella

Sirio nella costellazione del Cane Maggiore, ha un nome derivante dal significato che vuol dire «splendente», «ardente», massa 2,15 quella del Sole. Viene osservata come stella di colore bianco, infatti è molto più calda del Sole, temperatura superficiale 9940 K

Albireo nella costellazione del Cigno è un sistema binario: Albireo A la più brillante, è una gigante con una temperatura di 4.400 kelvin, la sua massa è calcolata essere 5 volte quella solare; **Albireo B, di colore bianco-azzurro, con una temperatura superficiale di 12.100 K, la sua massa è calcolata essere 3,7 volte quella solare.**



Betelgeuse è la seconda stella più luminosa della costellazione di Orione, dopo Rigel, di colore rossastro con temperatura di 3500 K, massa da 15 a 20 volte quella del Sole.

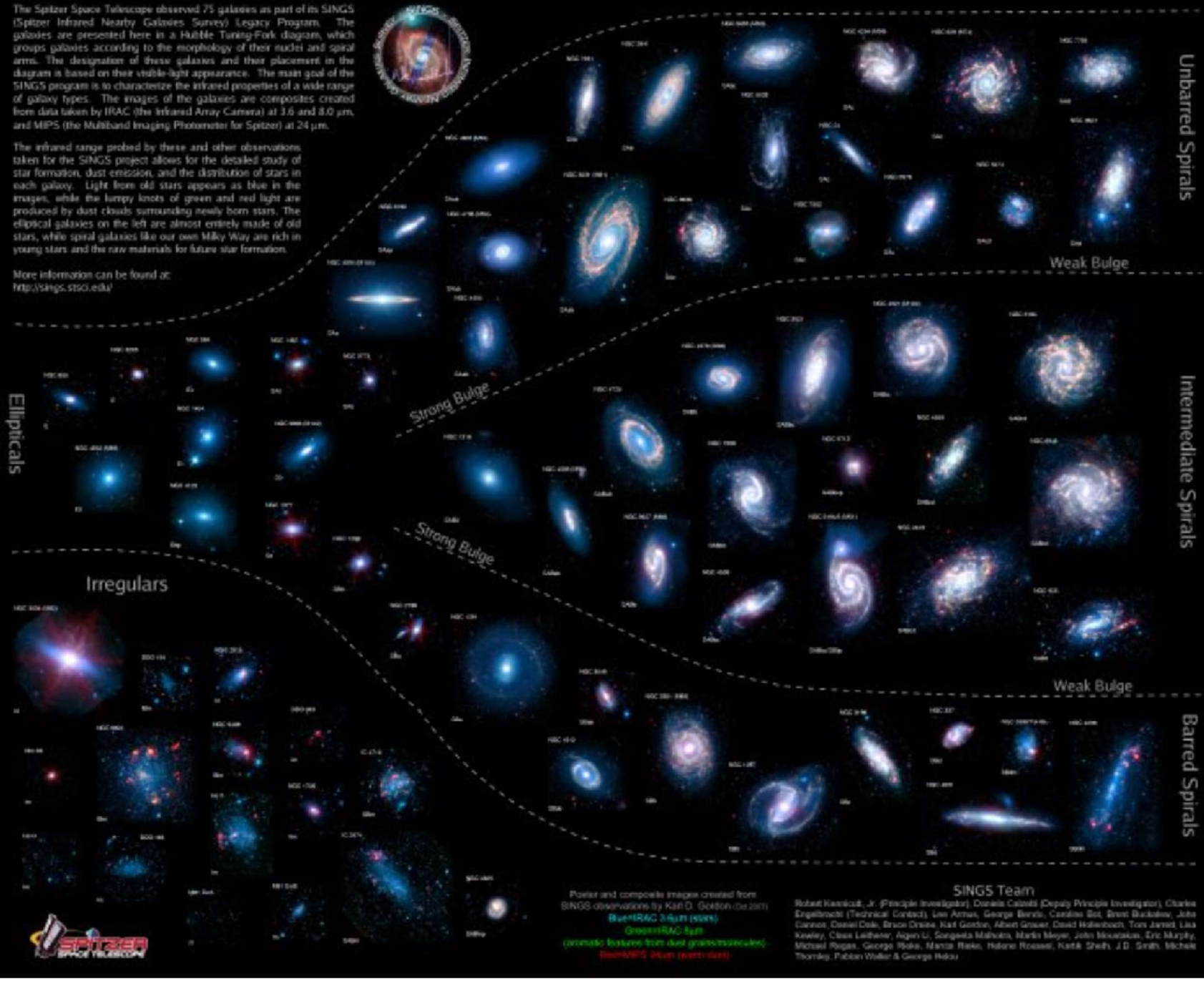
Rigel è una supergigante blu, temperatura 12100 K, massa 19 volte il Sole.

The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey (SINGS) Hubble Tuning-Fork

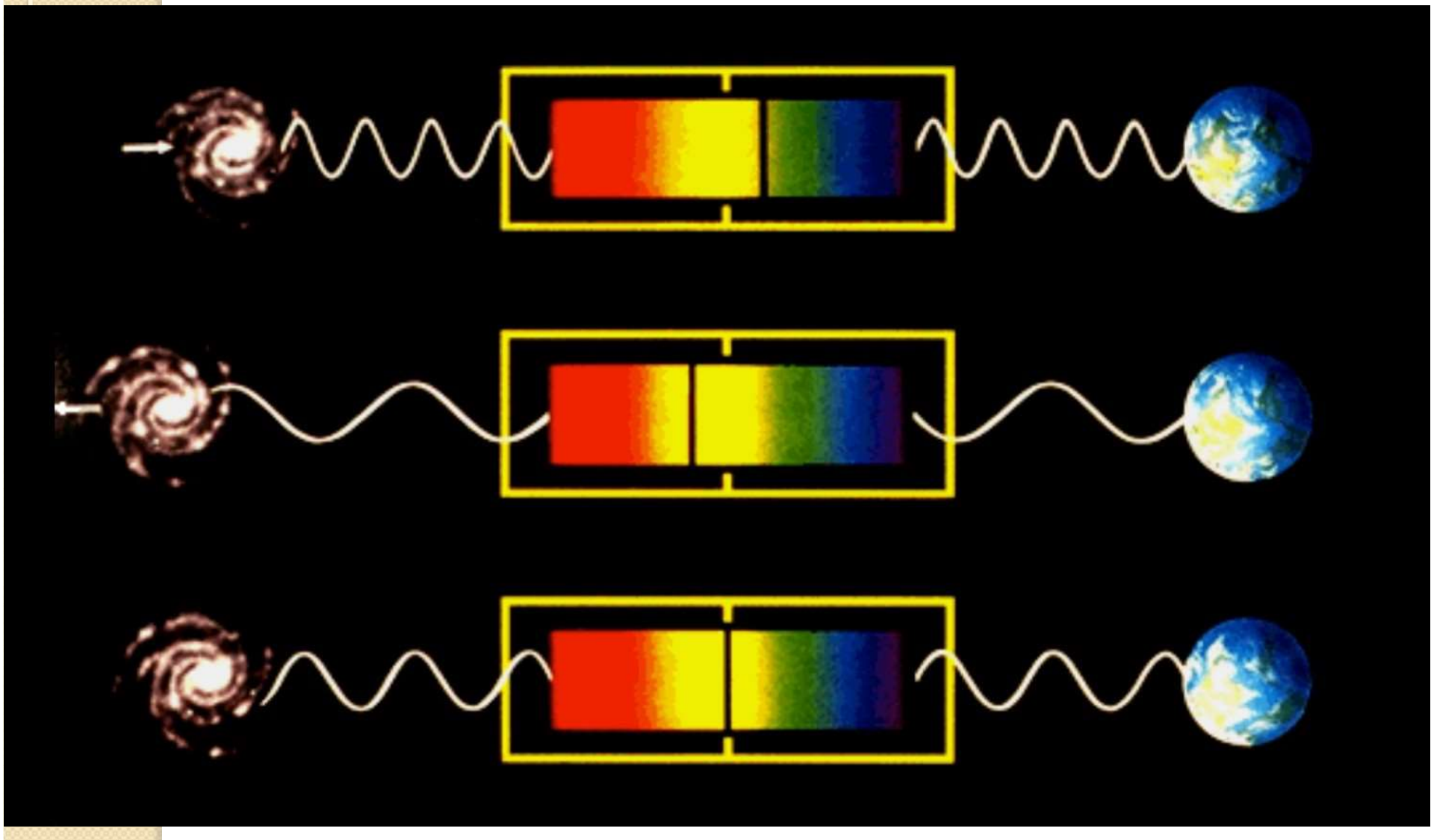
The Spitzer Space Telescope observed 75 galaxies as part of its SINGS (Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey) Legacy Program. The galaxies are presented here in a Hubble Tuning-Fork diagram, which groups galaxies according to the morphology of their nuclei and spiral arms. The designation of these galaxies and their placement in the diagram is based on their visible-light appearance. The main goal of the SINGS program is to characterize the infrared properties of a wide range of galaxy types. The images of the galaxies are composites created from data taken by IRAC (the Infrared Array Camera) at 3.6 and 8.0 μm, and MIPS (the Multiband Imaging Photometer for Spitzer) at 24 μm.

The infrared range probed by these and other observations taken for the SINGS project allows for the detailed study of star formation, dust emission, and the distribution of stars in each galaxy. Light from old stars appears as blue in the images, while the lumpy knots of green and red light are produced by dust clouds surrounding newly born stars. The elliptical galaxies on the left are almost entirely made of old stars, while spiral galaxies like our own Milky Way are rich in young stars and the raw materials for future star formation.

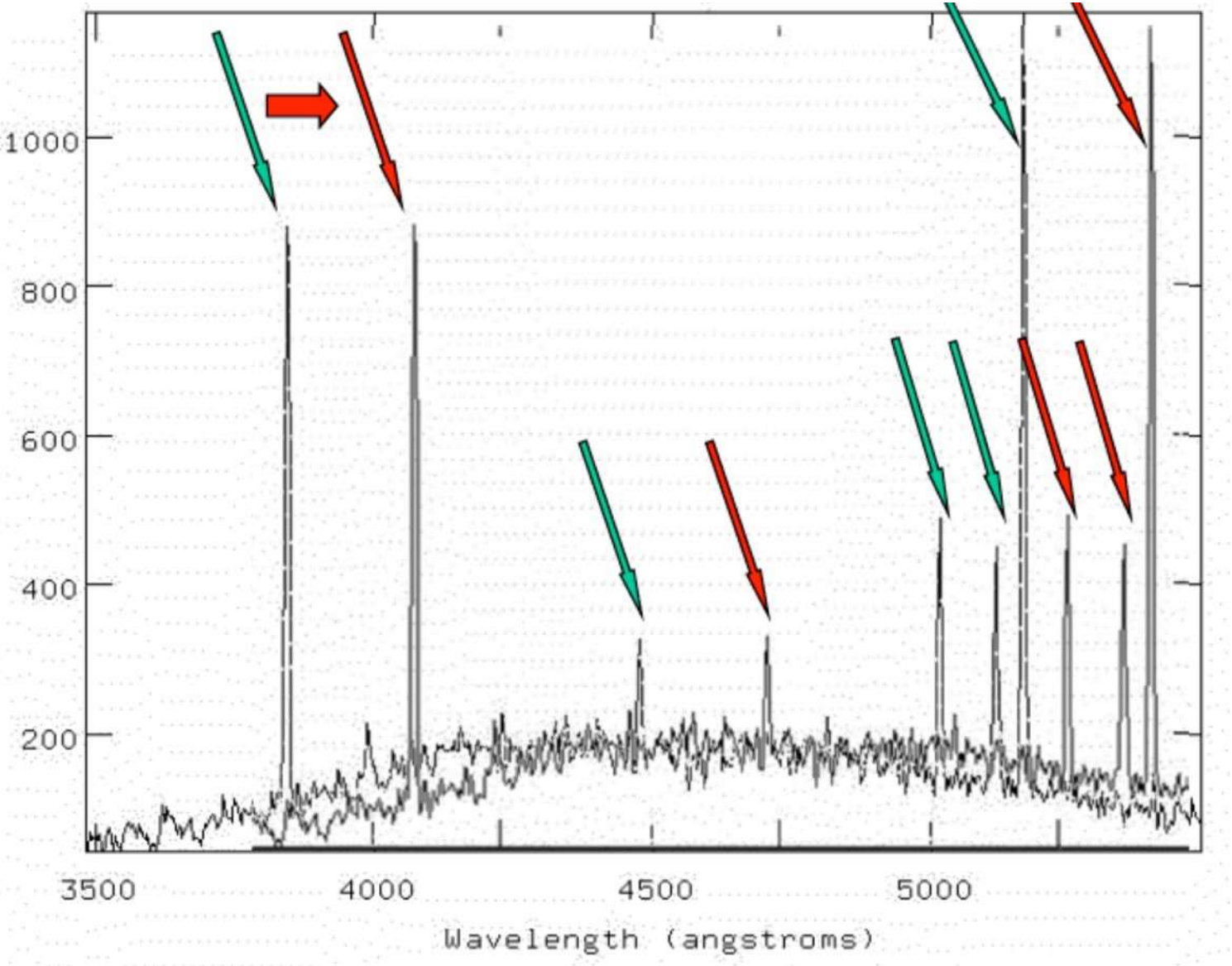
More information can be found at:
http://sings.stsci.edu/



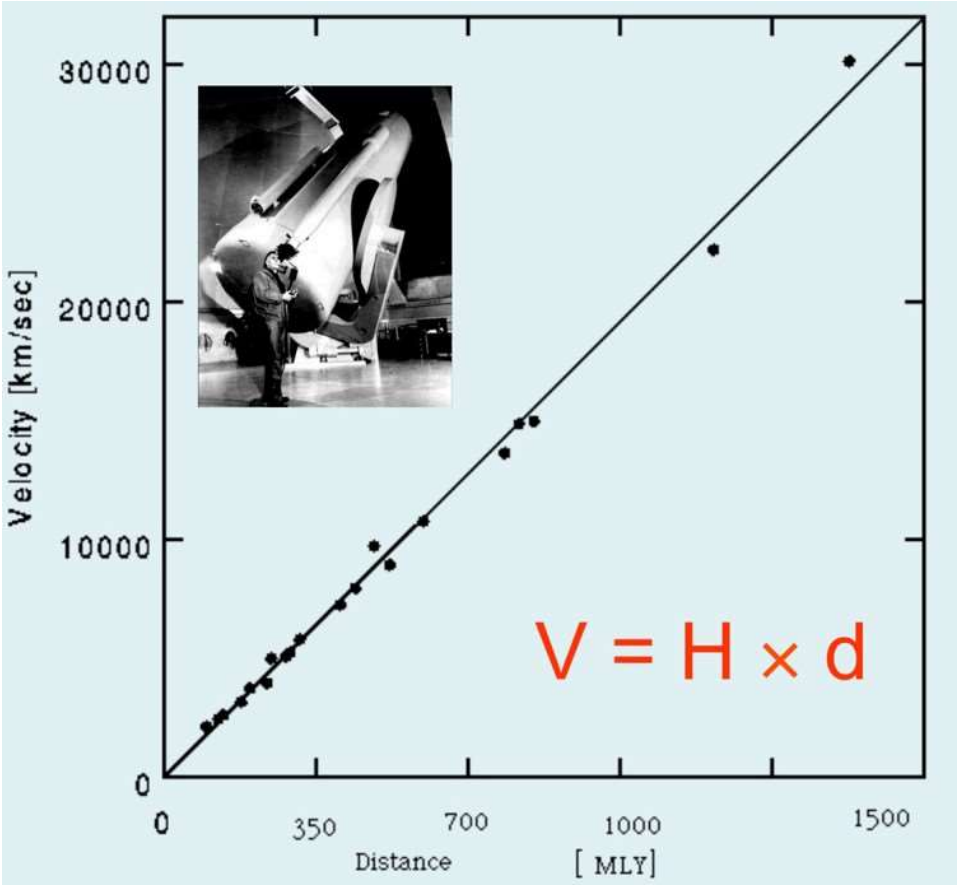
La luce di una sorgente che si muove verso di noi si sposta più verso il blu



La luce di una sorgente che si allontana da noi si sposta più verso il rosso

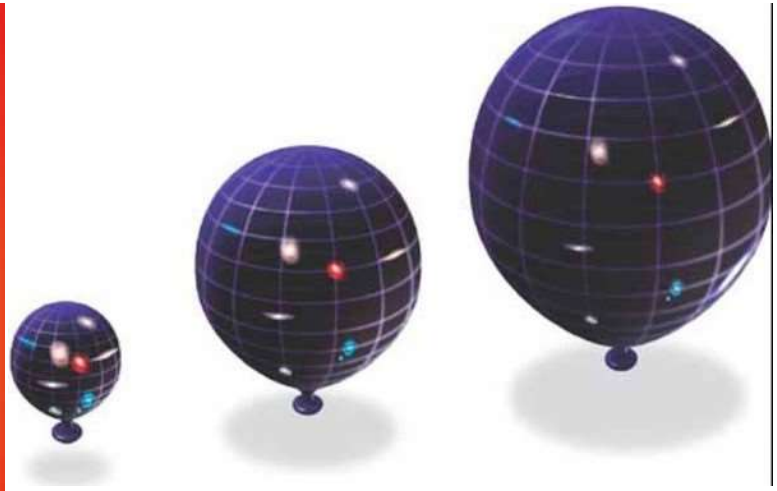


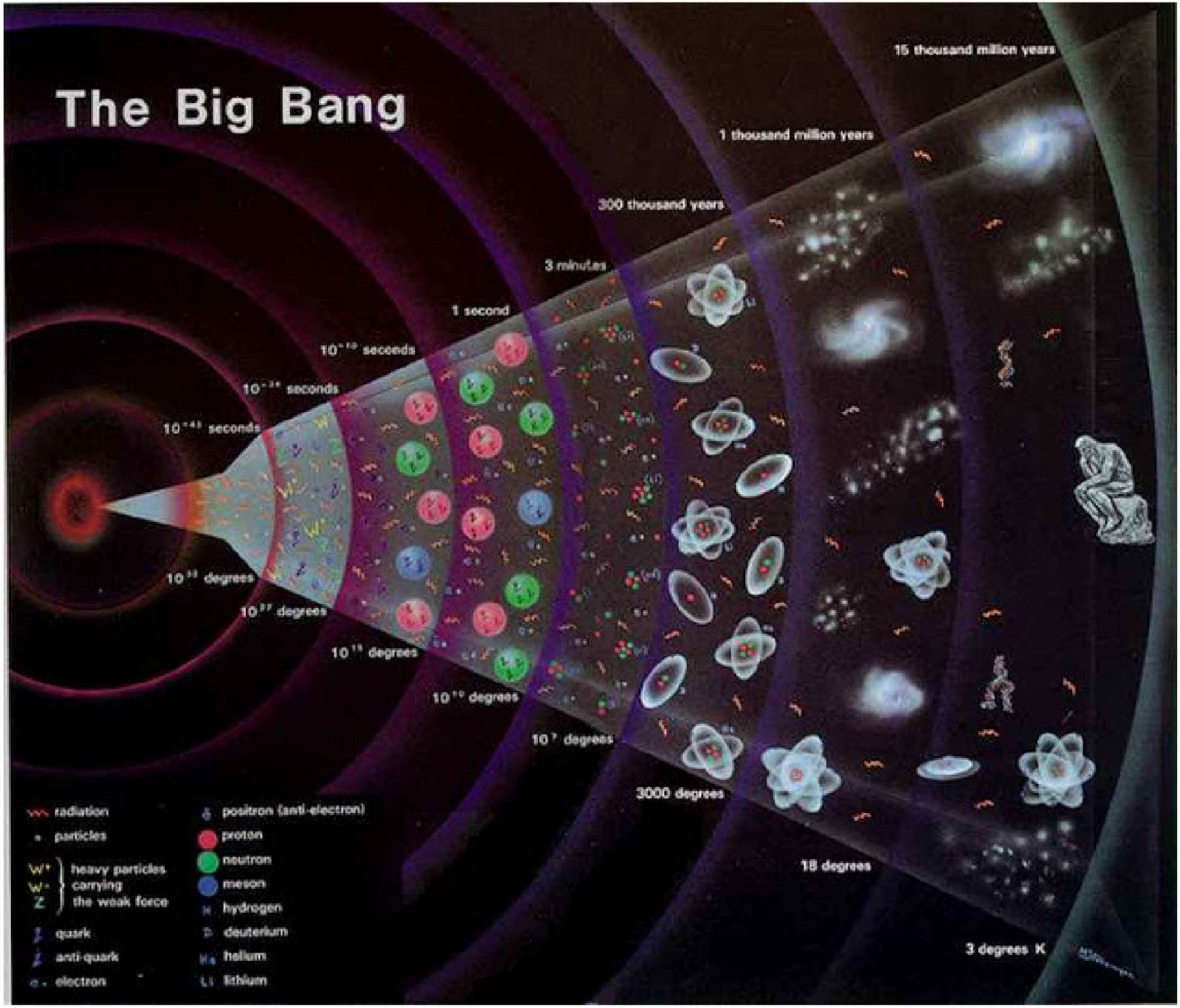
Sorgente in allontanamento: le righe si spostano verso il rosso



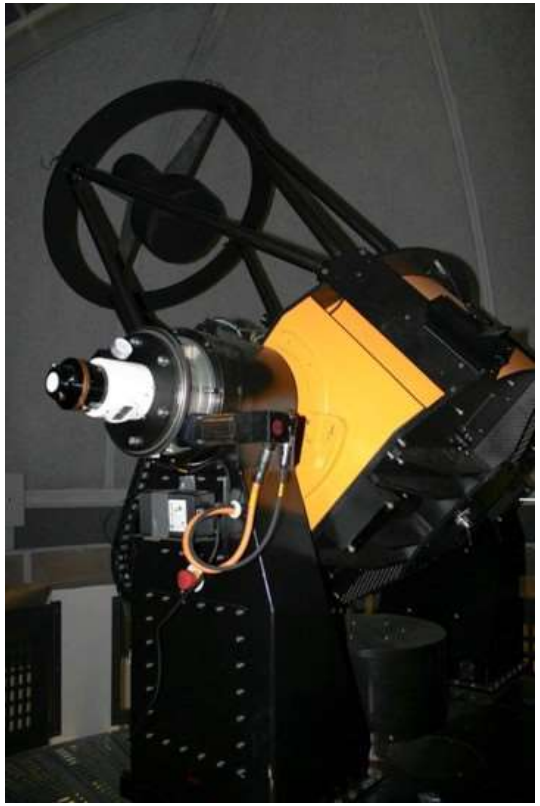
Universo in espansione!
Idea: andando indietro nel tempo, dovrei vedere l'universo contrarsi
→ **big bang**

Età dell'universo:
$t \approx 1/H \approx 13$ miliardi di anni



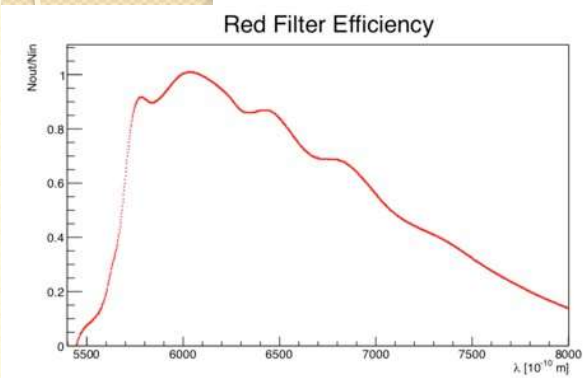

The Big Bang
15 thousand million years
1 thousand million years
300 thousand years
3 minutes
1 second
10^{-10} seconds
10^{-34} seconds
10^{-43} seconds
10^{33} degrees
10^{27} degrees
10^{15} degrees
10^{10} degrees
10^{7} degrees
3000 degrees
18 degrees
3 degrees K
radiation
particles
heavy particles carrying the weak force
quark
anti-quark
electron
positron (anti-electron)
proton
neutron
meson
hydrogen
deuterium
helium
lithium

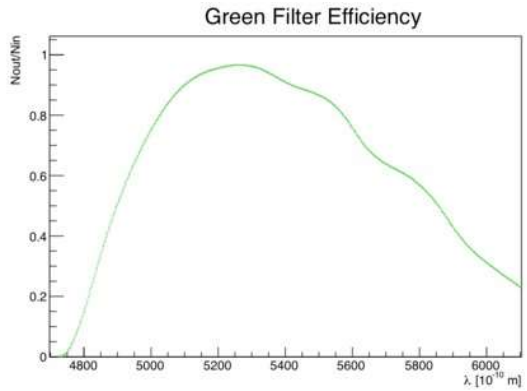
Come si ottengono le immagini?

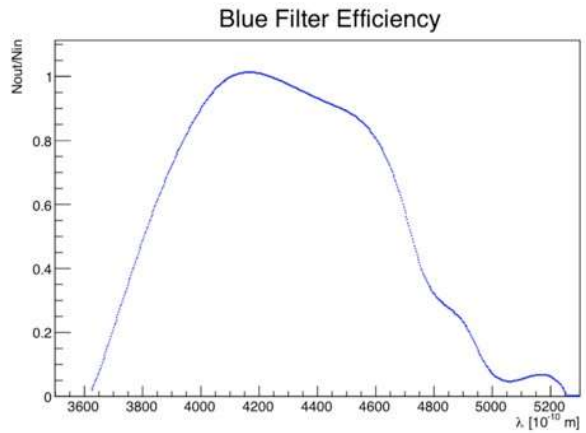


Un telescopio raccoglie la luce e la focalizza con una serie di specchi, una fotocamera /CCD) converte i fotoni in elettroni e crea una immagine digitalizzata

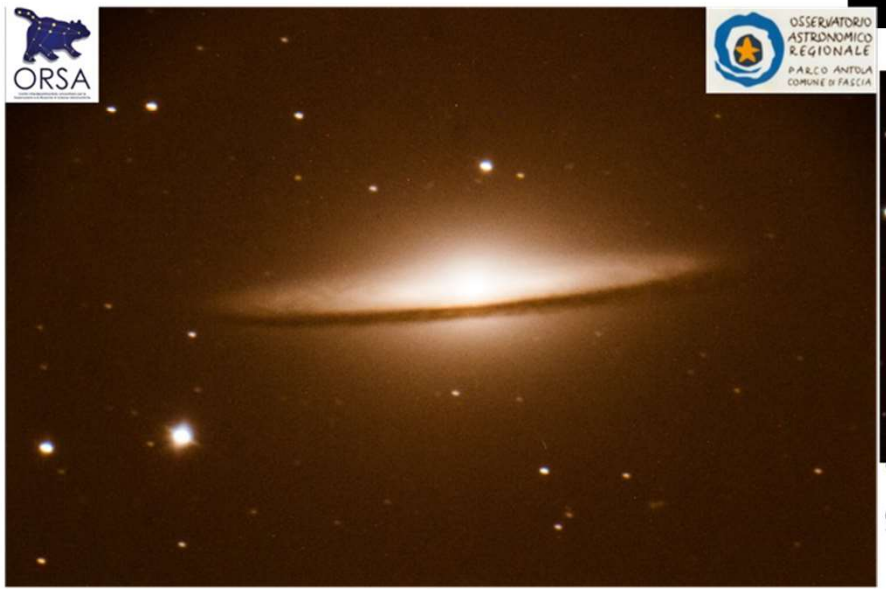
Per ottenere immagini a colori



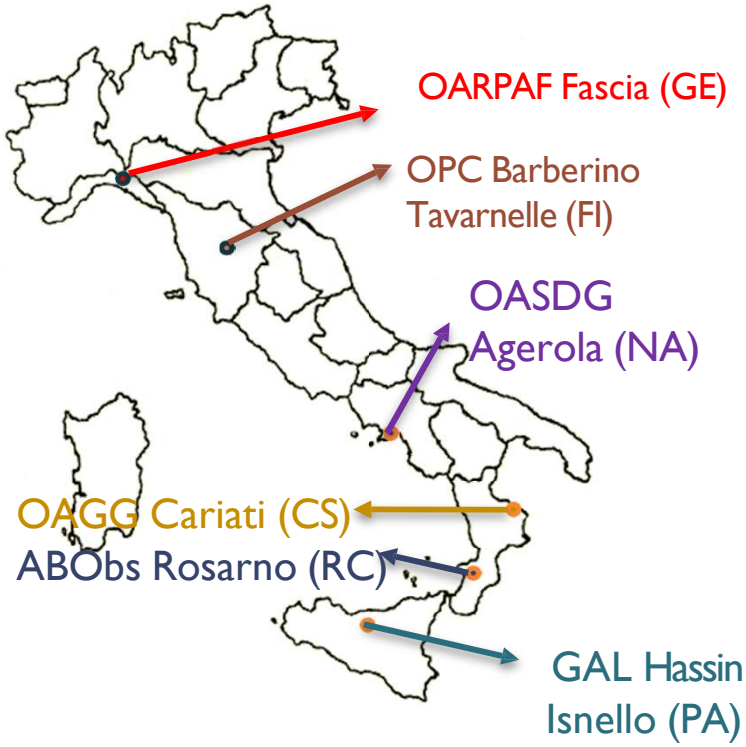




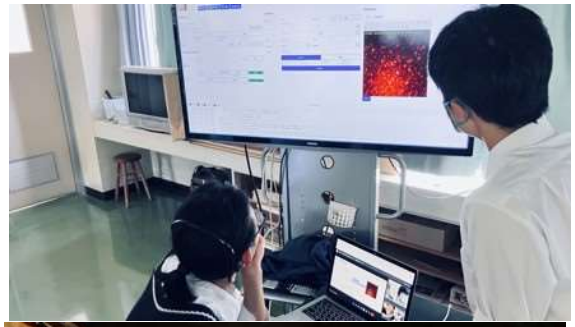
Alcuni oggetti osservati nello spettro ottico (telescopio Osservatorio Antola)



Alcuni esempi



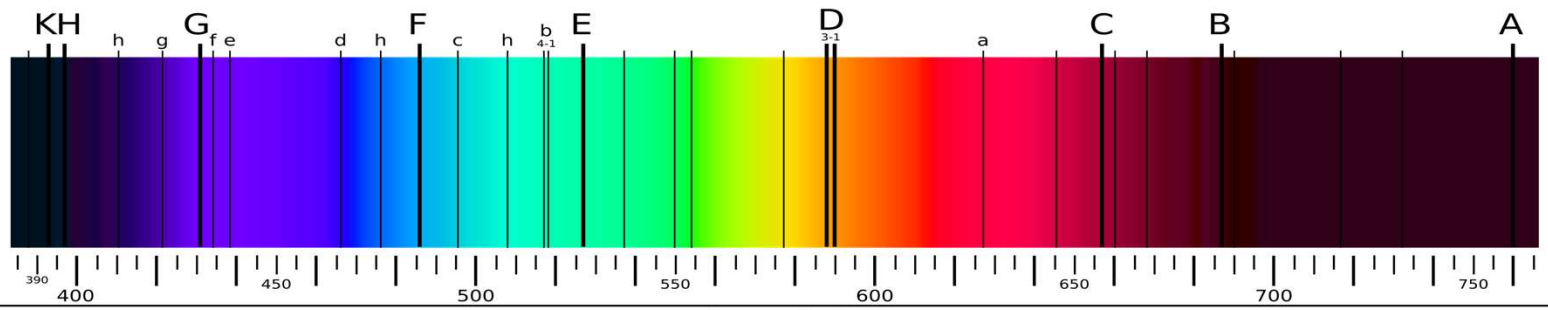
NOCTIS: network di telescopi ottici robotici italiani

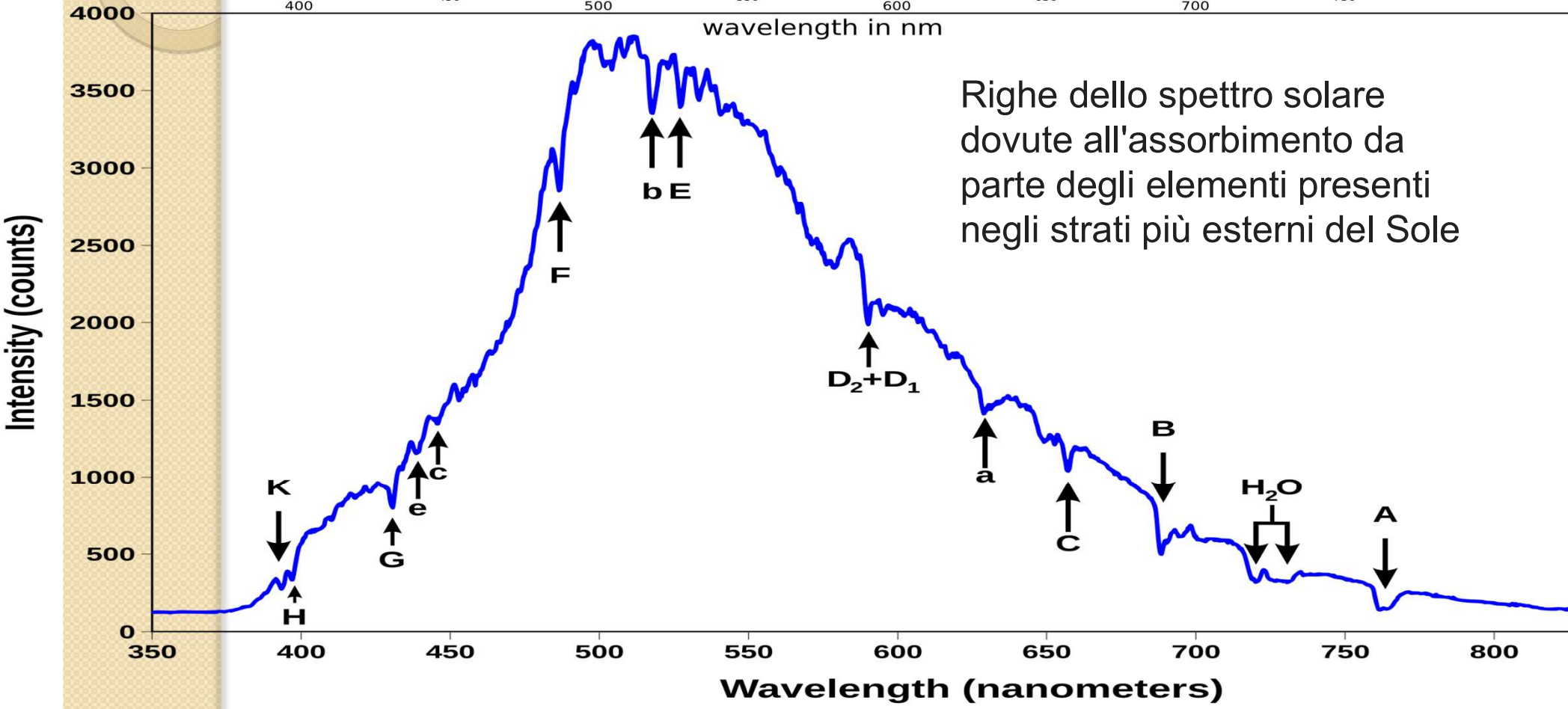


Progetti di citizen science.
Osservazione di esopianeti, asteroidi, novae, nuclei galattici attivi, «follow-up» di Gamma-Ray Burst

Euclid, missione ESA

Spettro solare e righe di Fraunhofer





Righe dello spettro solare dovute all'assorbimento da parte degli elementi presenti negli strati più esterni del Sole

Grazie per l'attenzione!