

I colori nell'universo

Nino Bracco^{1,2}, Mauro Giovannini¹, Elena Santopinto²,
Silvano Tosi^{1,2}

¹Università degli Studi di Genova

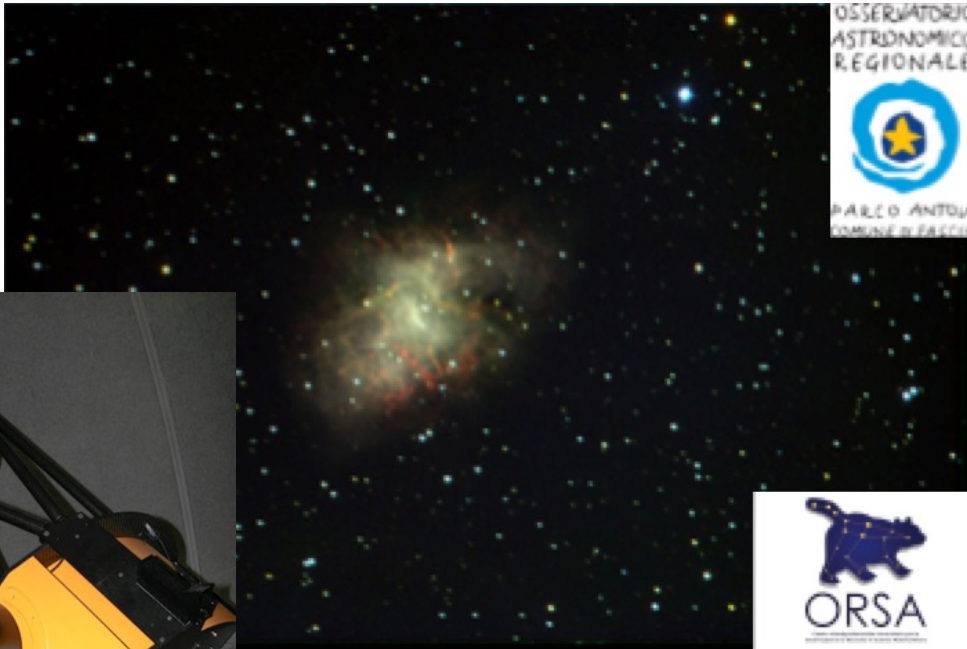
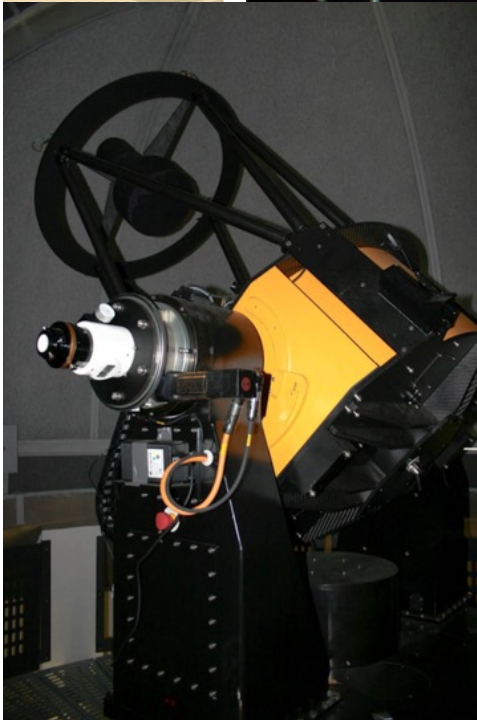
²Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Come conoscere l'universo

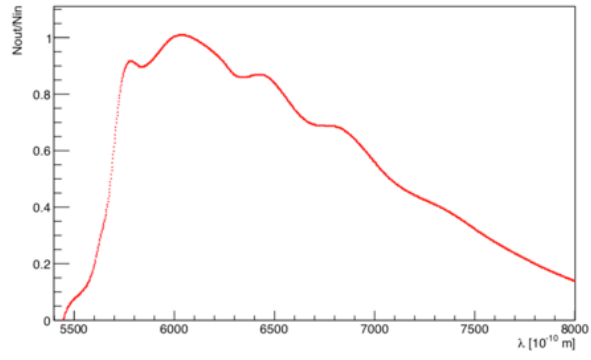
- La caratteristica più evidente dei corpi celesti è che emettono luce
 - Studio dello **spettro elettromagnetico**
- Molti fenomeni astrofisici producono particelle che arrivano fino a noi
 - Studio dei **raggi cosmici** e dei **neutrini**
- Grazie alla scoperta delle **onde gravitazionali** potremo aggiungere un'ulteriore sorgente di informazioni!
- E per andare ancora più indietro?
 - Si può tentare di riprodurre sulla terra le particelle nelle condizioni dei primissimi istanti dell'universo: **acceleratori di particelle**

Alcuni oggetti osservati nello spettro ottico (telescopio Osservatorio Antola)

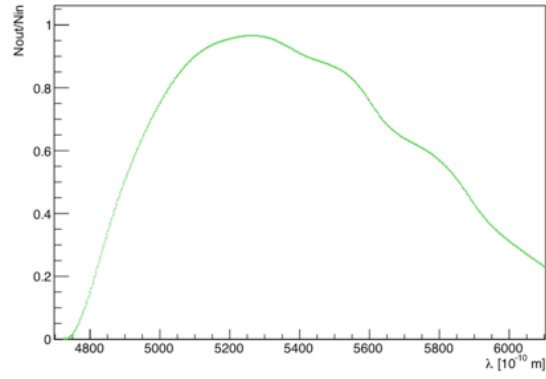




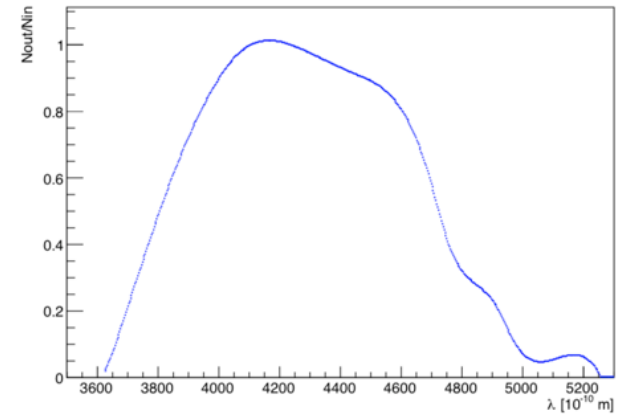
Red Filter Efficiency



Green Filter Efficiency

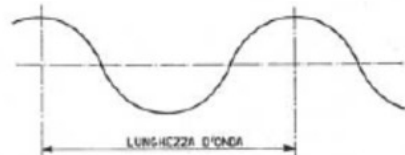
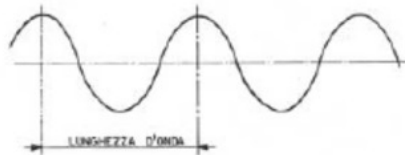
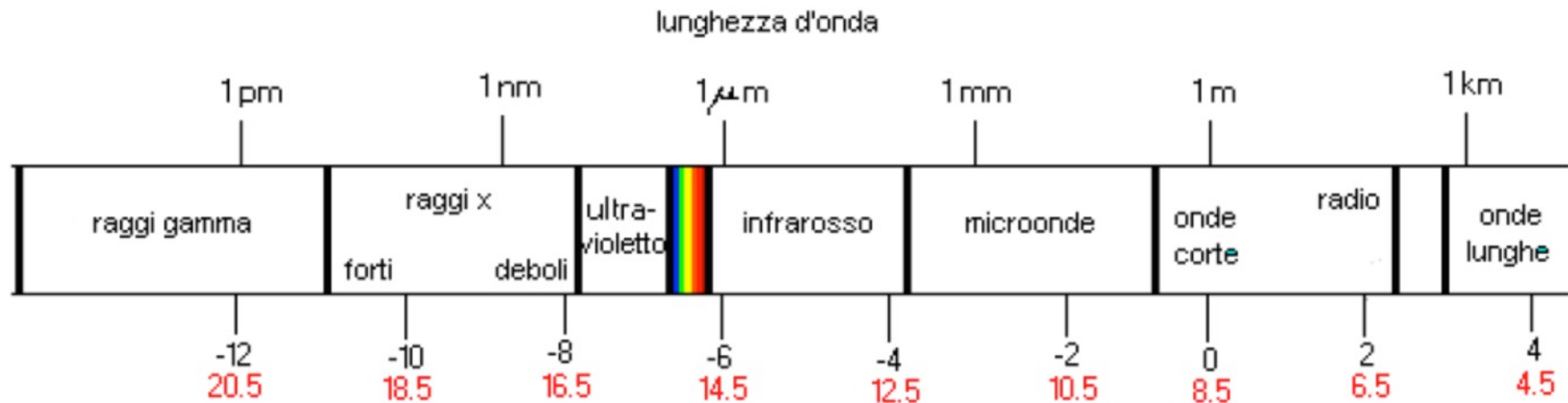


Blue Filter Efficiency



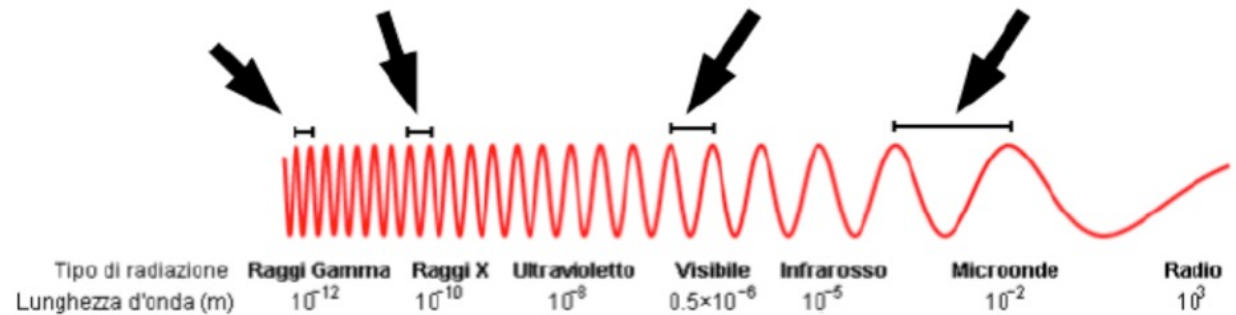


Spettro elettromagnetico

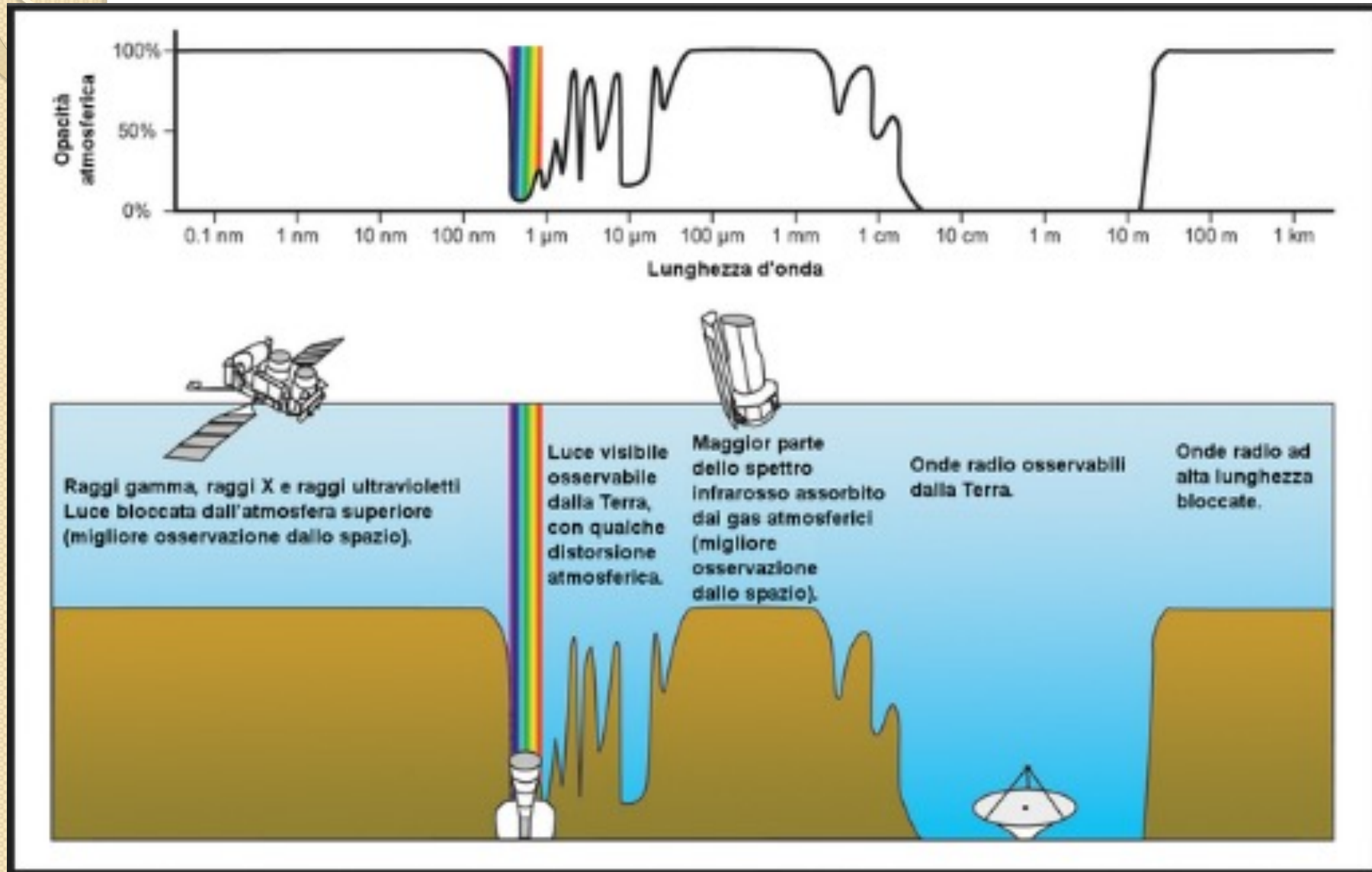


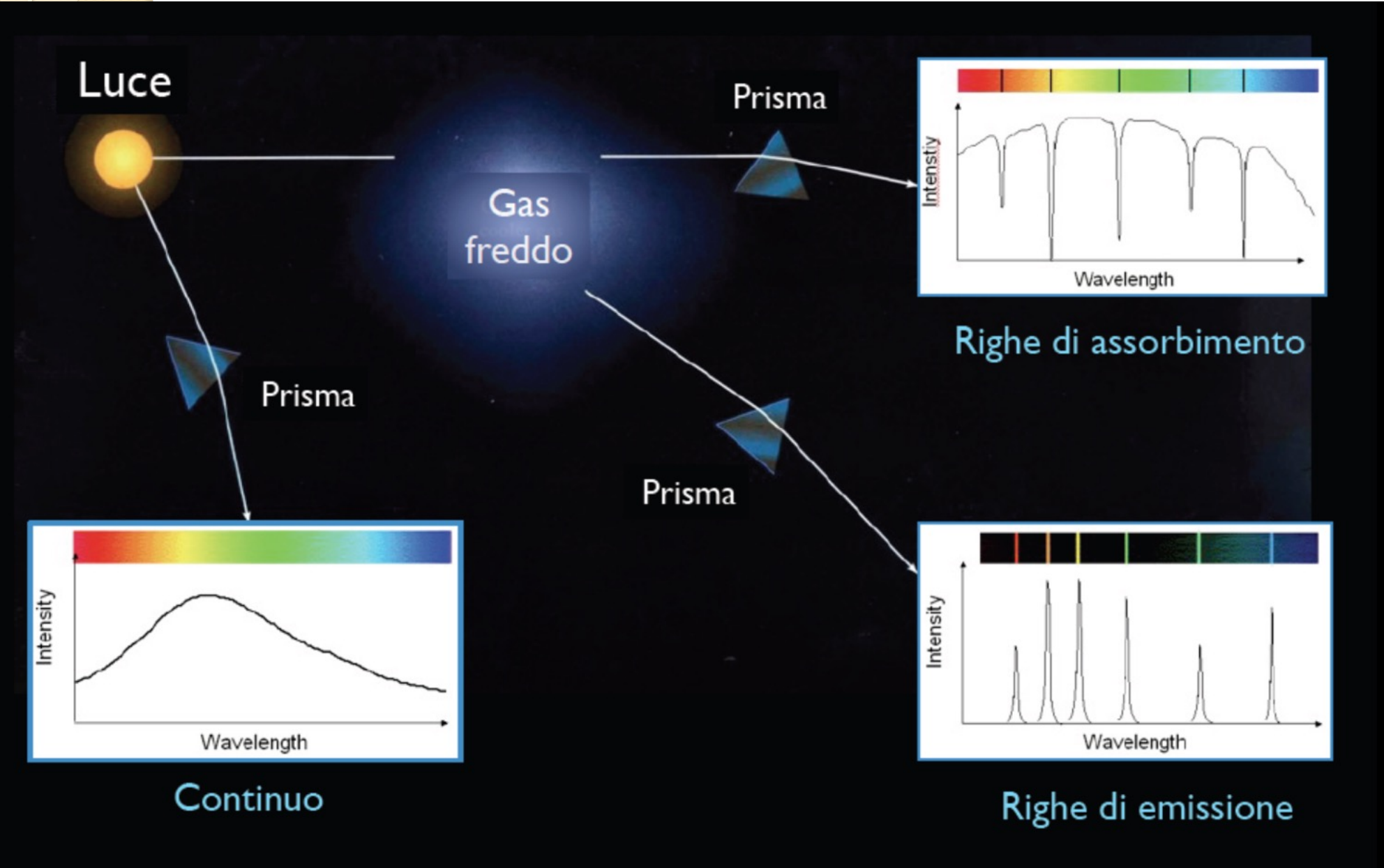
Schema 1
LUNGHEZZA D'ONDA

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



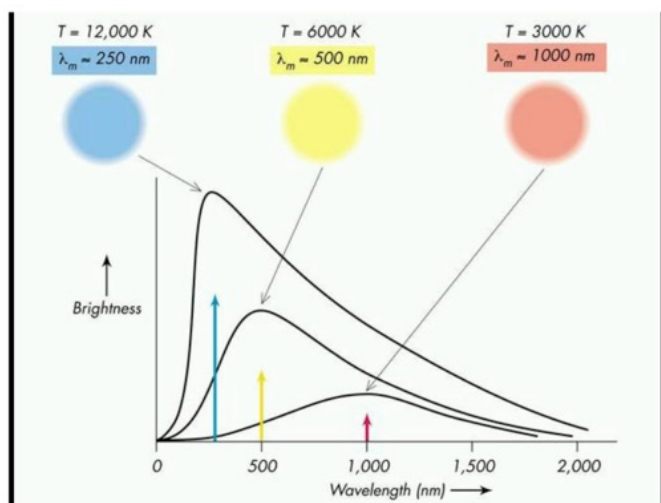
L'effetto dell'atmosfera



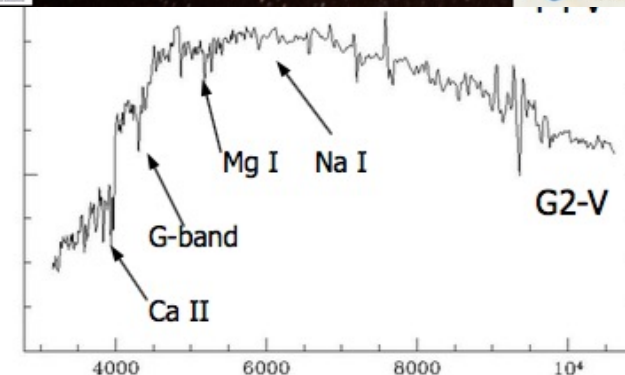


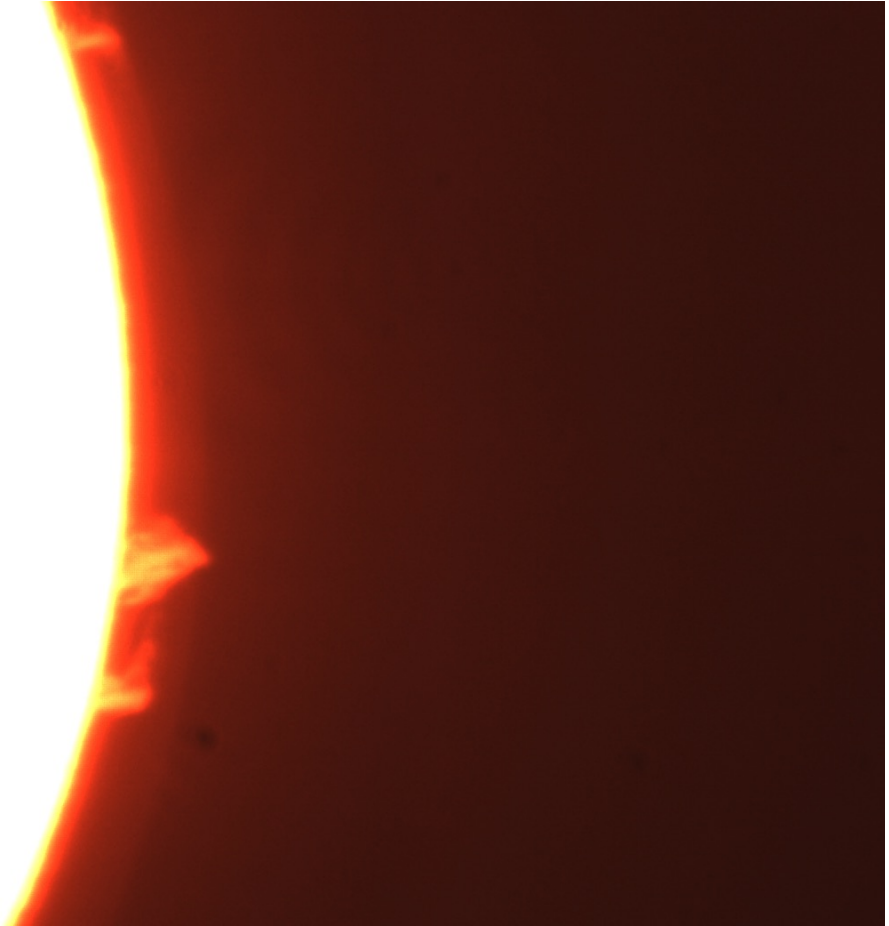
Stelle e galassie

- 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



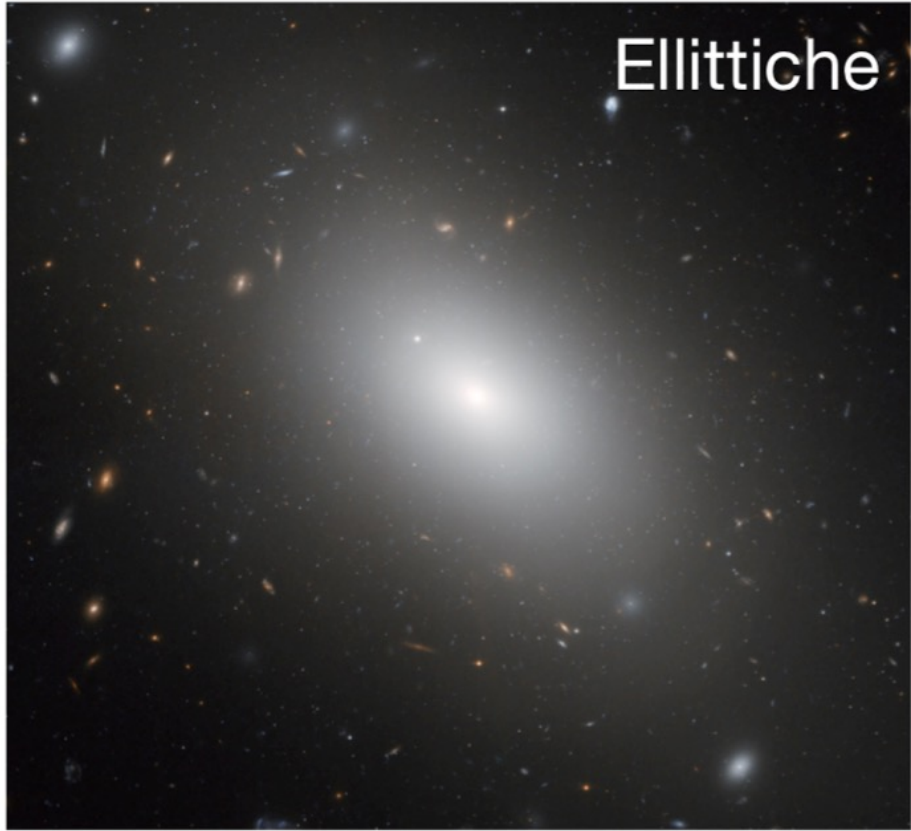
Spettro galassia: somma spettri stelle







Spirali

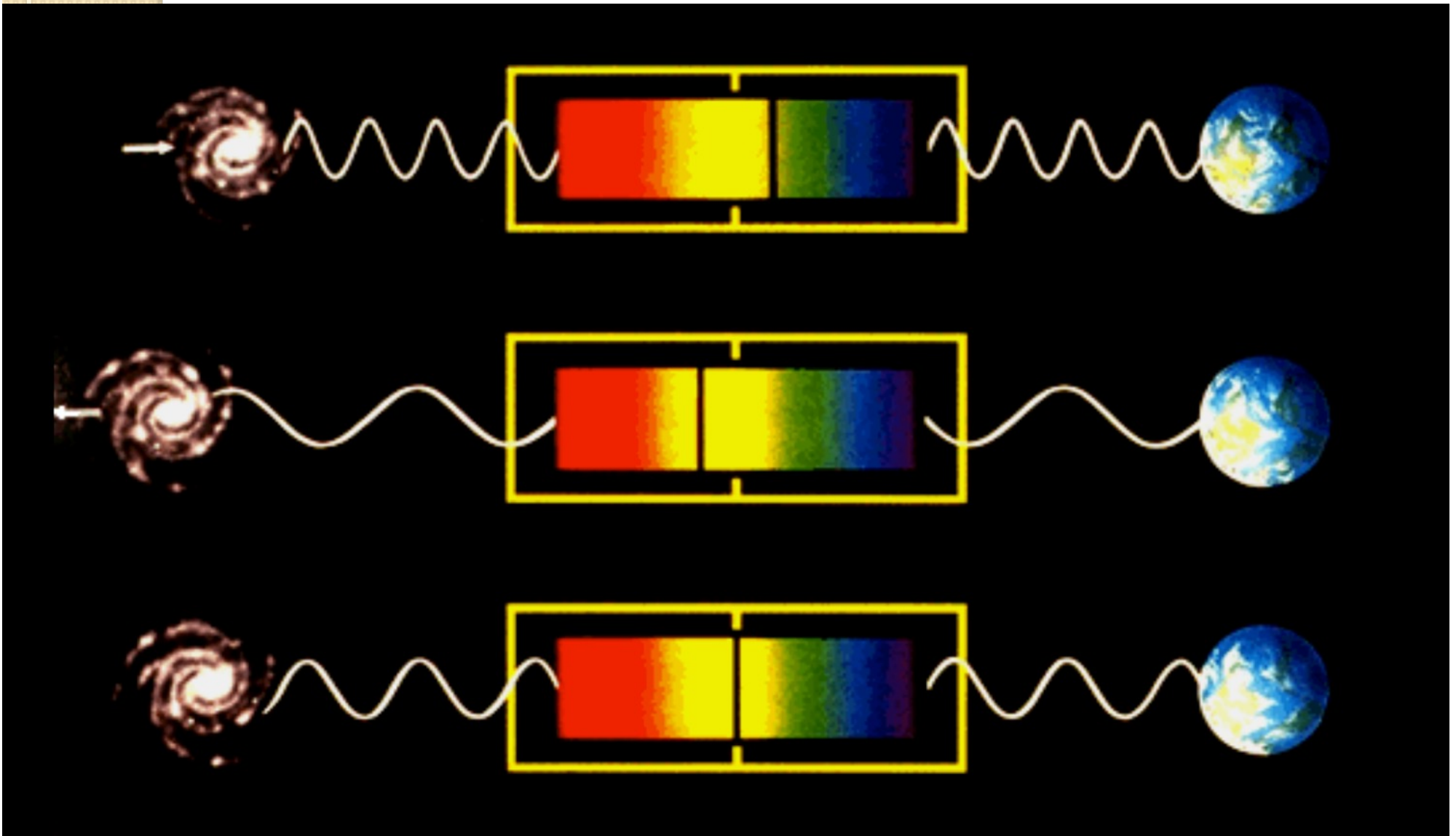


Ellittiche

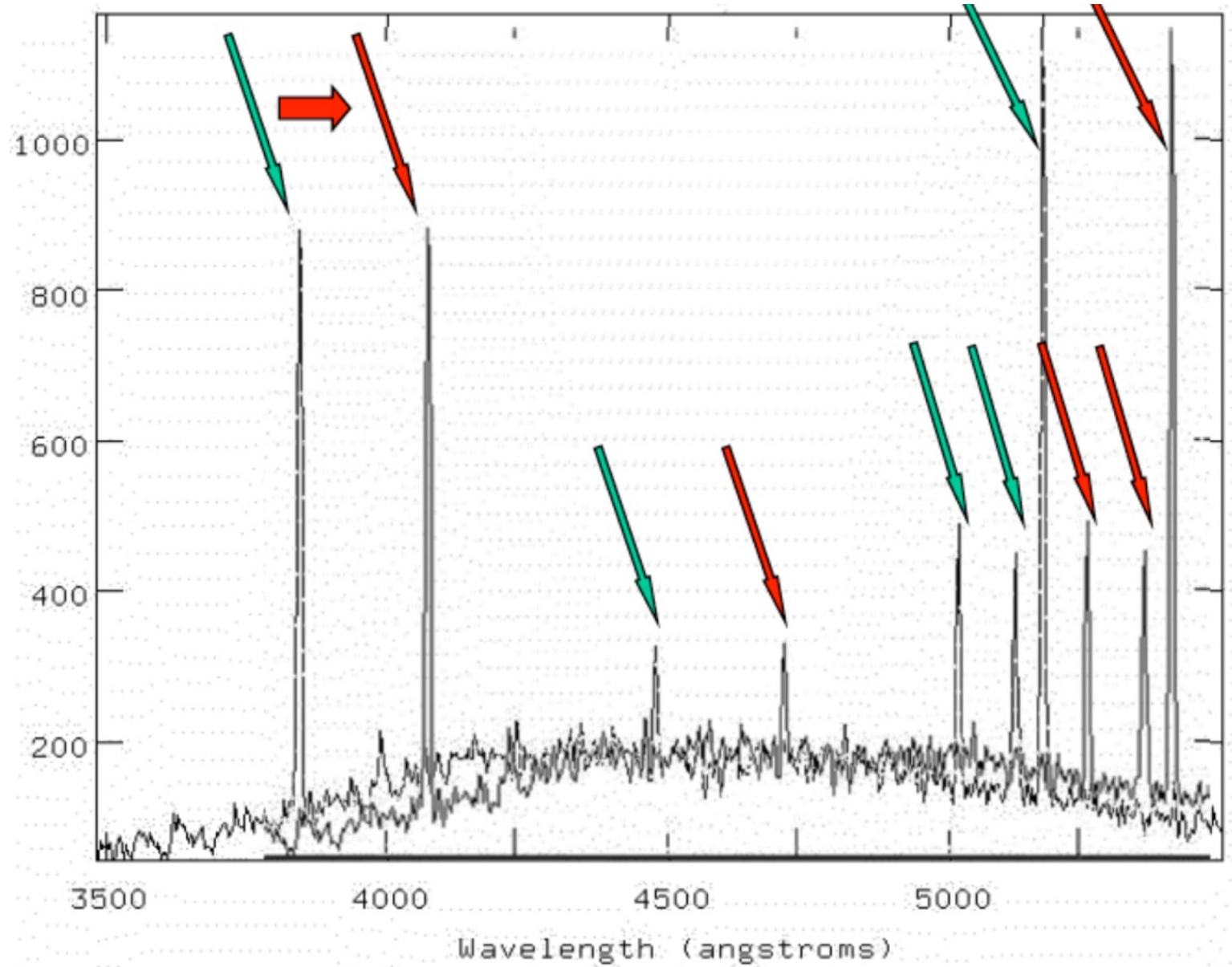


Irregolari

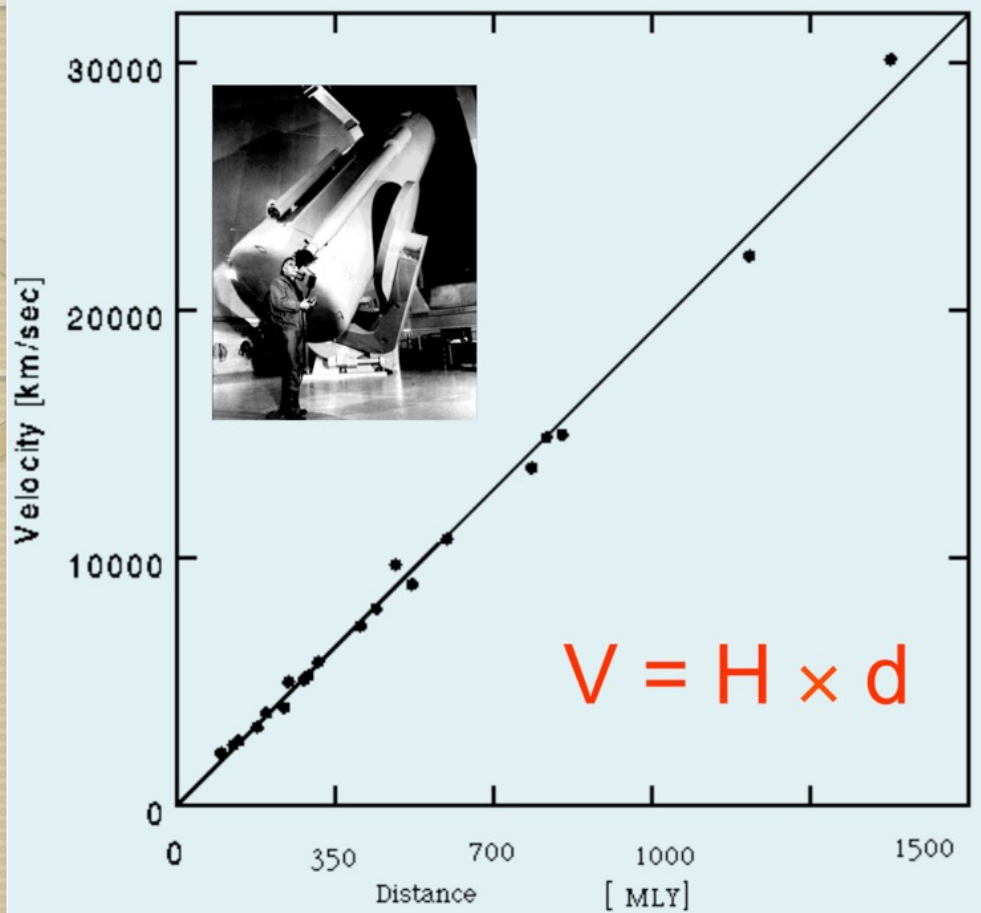
La luce di una sorgente che si muove verso di noi si sposta più verso il blu



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

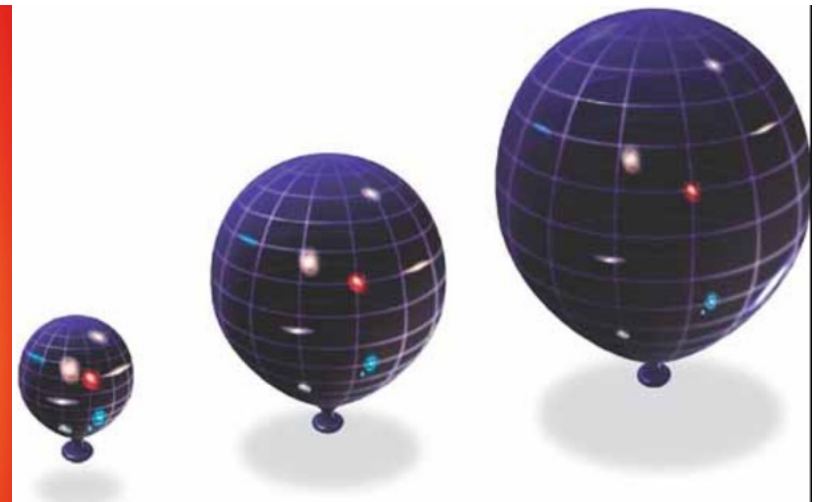


Sorgente in allontanamento: le righe si spostano verso il rosso

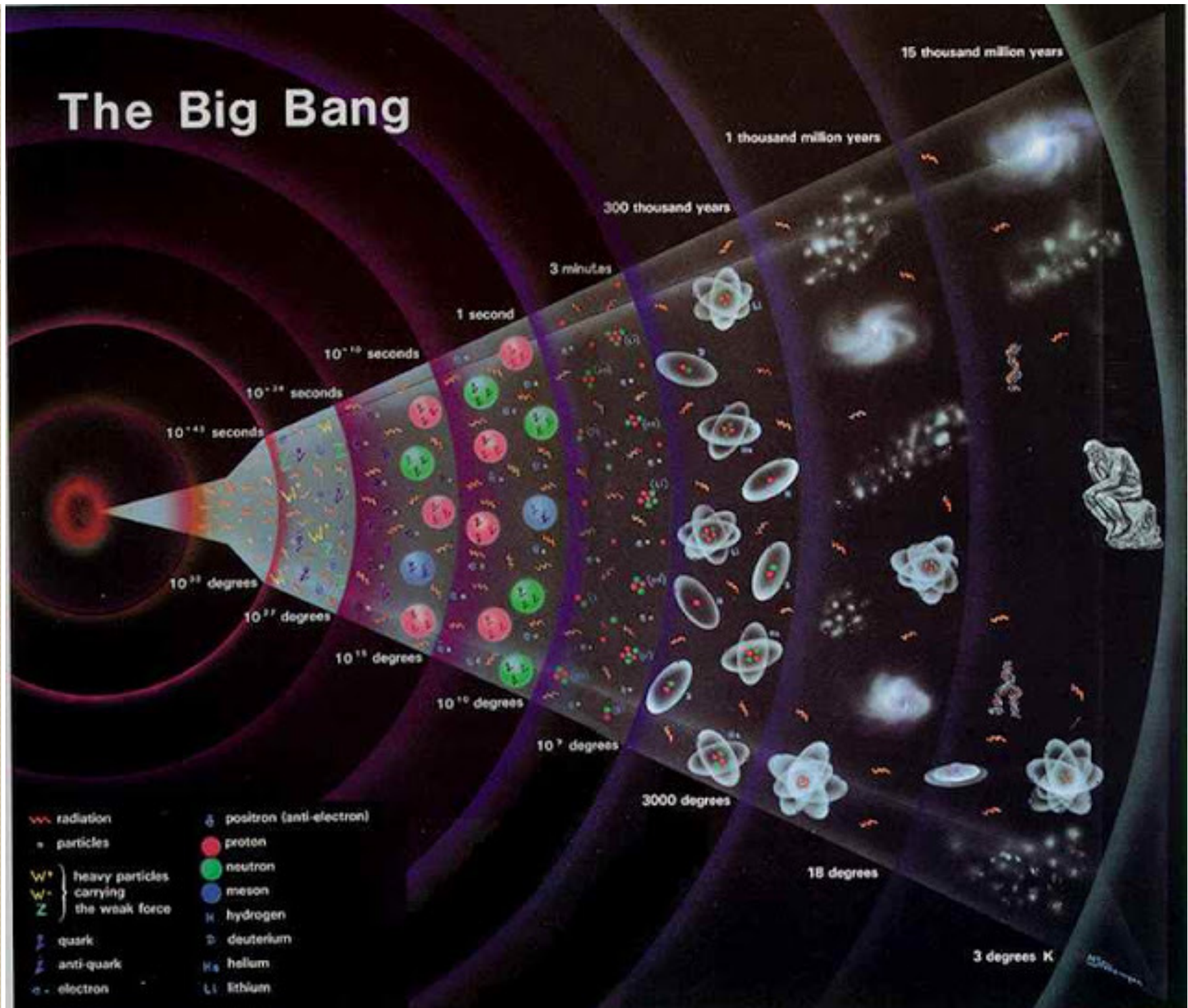


Universo in espansione!
 Idea: andando indietro
 nel tempo, dovrei vedere
 l'universo contrarsi ->
big bang

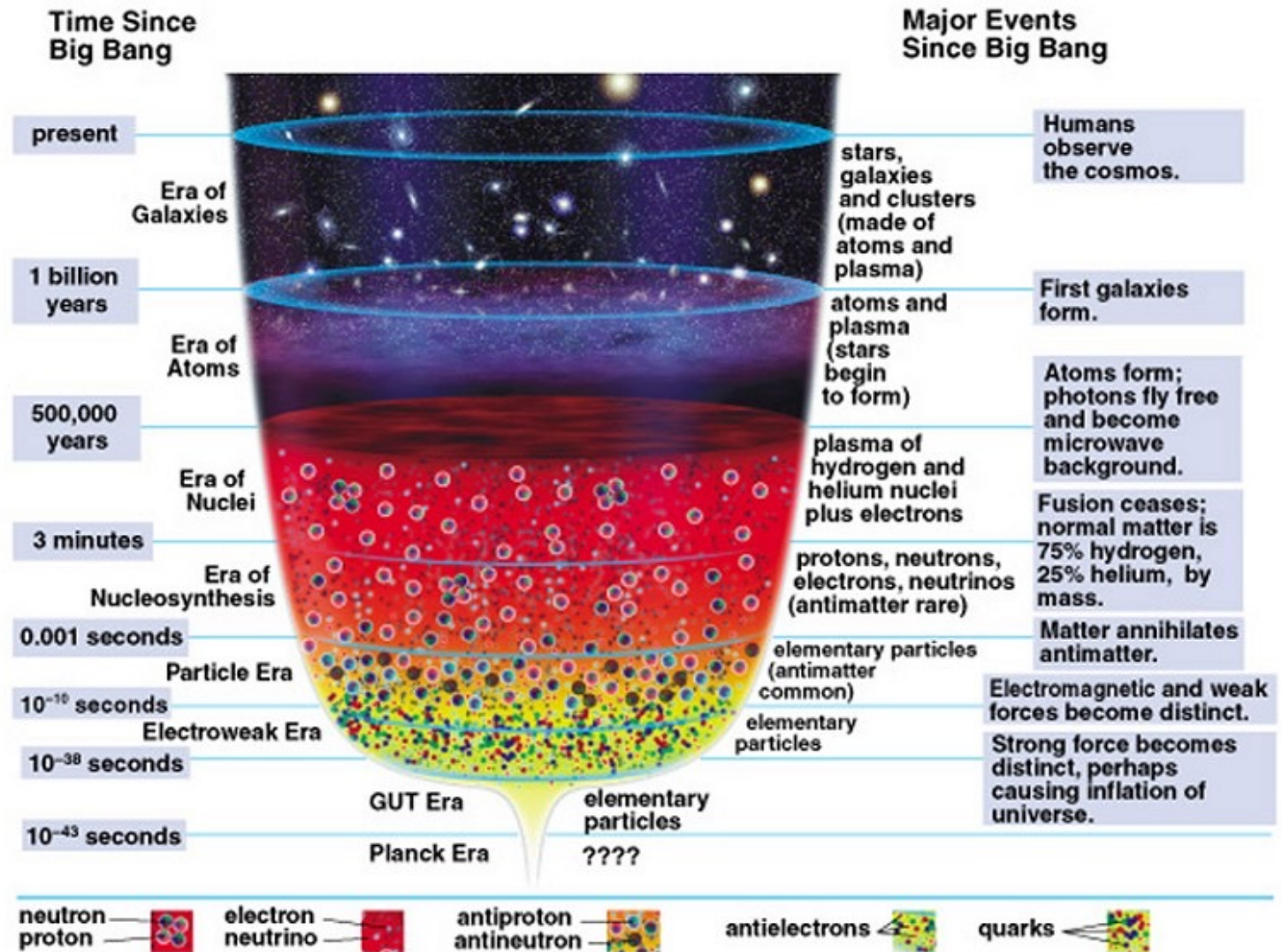
Età dell'universo: $t \approx 1/H \approx$
 13 miliardi di anni



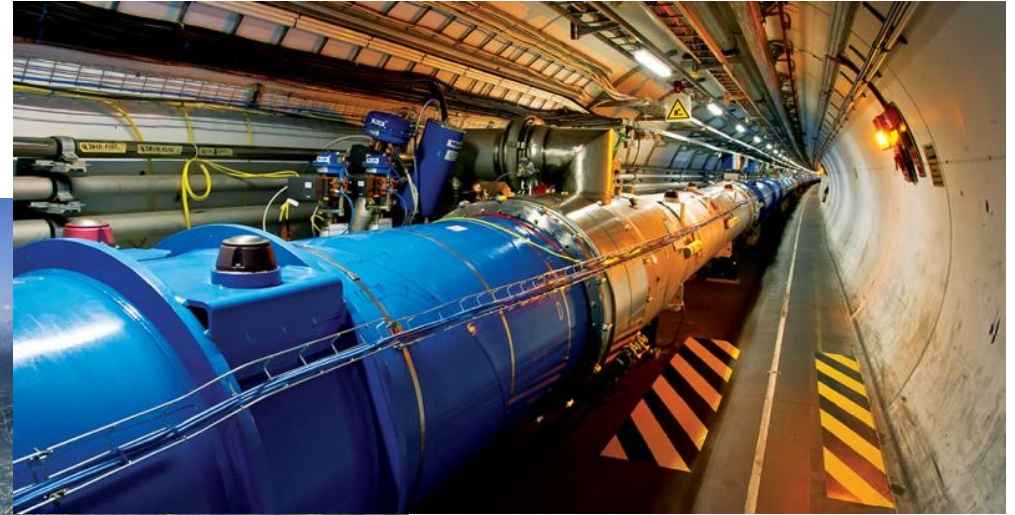
The Big Bang



- Stretto legame tra **fisica delle particelle** e **astrofisica/cosmologia**.
- Si possono esplorare condizioni prossime ai primissimi istanti dell'universo, riproducendo particelle che non esistono più. Così doveva apparire l'universo prima che la gravitazione entrasse in gioco a formare stelle e galassie



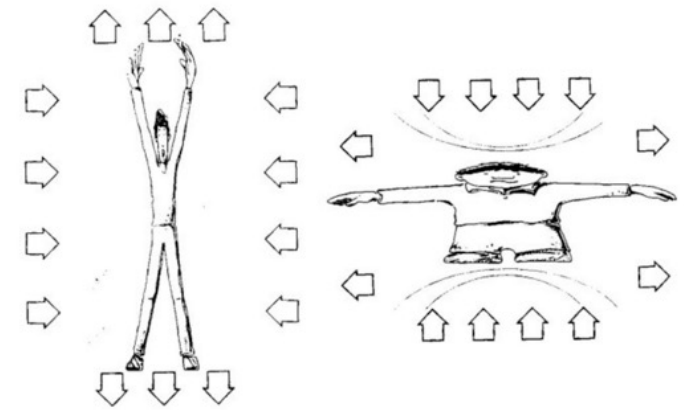
L'acceleratore LHC del CERN



- Collisione di protoni ad altissima energia (13 TeV)
- Campi magnetici molto intensi: magneti superconduttori (raffreddati a -271 C)
- 4 zone di collisione

Osservazione di onde gravitazionali

Un fascio laser viene diviso e inviato nei bracci (3 km) che vengono percorsi per 50 volte e poi ricombinati e si misura la differenza di fase.



L'onda gravitazionale è come un'onda di marea: contrae e stira le distanze



VIRGO

Un'onda gravitazionale distorce i 3 km di circa 10^{-18} m....

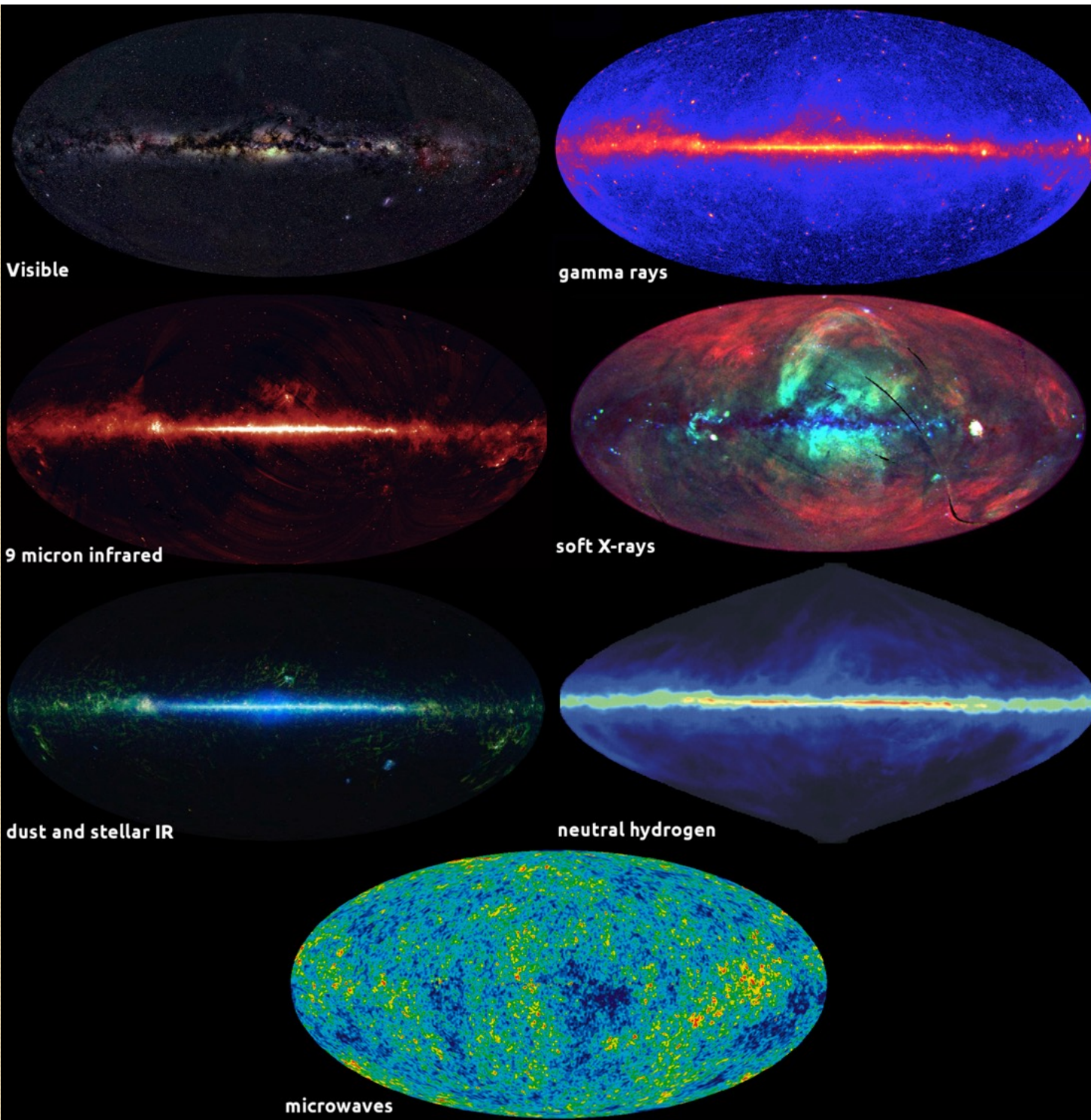


Osservazione della **controparte ottica** dell'evento che ha originato le onde gravitazionali.

Evidenza della presenza di nuclei pesanti, oltre il Fe, per esempio dell'Au

L'enorme energia liberata dalla collisione consente le reazioni che portano alla formazione dei nuclei più pesanti, che poi si spargono nell'universo.

18 Si assiste alla **nascita di una nuova scienza: Astronomia a Multi-Messaggeri!**



La radiazione elettromagnetica porta informazioni fino a 10^5 anni dopo il big bang, ma non può andare più indietro nel tempo.

Si spera che le onde gravitazionali possano portare informazioni da 10^{-43} s dopo il big bang!

Come sarà il cielo osservato con le onde gravitazionali??

Grazie per l'attenzione!

