



*Ministero dell'Istruzione  
dell'Università e Ricerca*



**XV OLIMPIADI ITALIANE DI ASTRONOMIA – MODENA – 2015**

# La luce e le osservazioni astronomiche

13 ottobre 2014

Prof. Manlio Bellesi

*Fin dalle origini gli esseri umani hanno osservato il cielo. Cosmologie, miti, religioni, aspirazioni e sogni hanno trovato nel corso dei millenni stimoli e "risposte" nella volta celeste.*

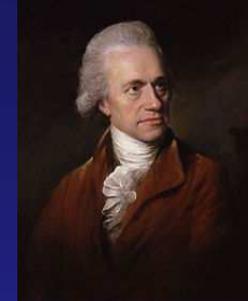
*Per molto tempo l'unica fonte di informazioni sull'Universo è stata la **LUCE VISIBILE**...*

*...ma quella che i nostri occhi vedono è solo una piccola parte della **RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA** che esiste.*

*Le scoperte dell'800 hanno permesso di inserire la luce visibile in un contesto molto più vasto: quello dello **SPETTRO ELETTROMAGNETICO**.*

# CRONOLOGIA

*1800 : Herschel identifica i raggi infrarossi (IR)*



*1801: Ritter scopre i raggi ultravioletti (UV)*



*1865: la teoria di Maxwell unifica tutti i fenomeni elettromagnetici e dimostra che i raggi IR e UV sono onde elettromagnetiche, di frequenza diversa da quella della luce*

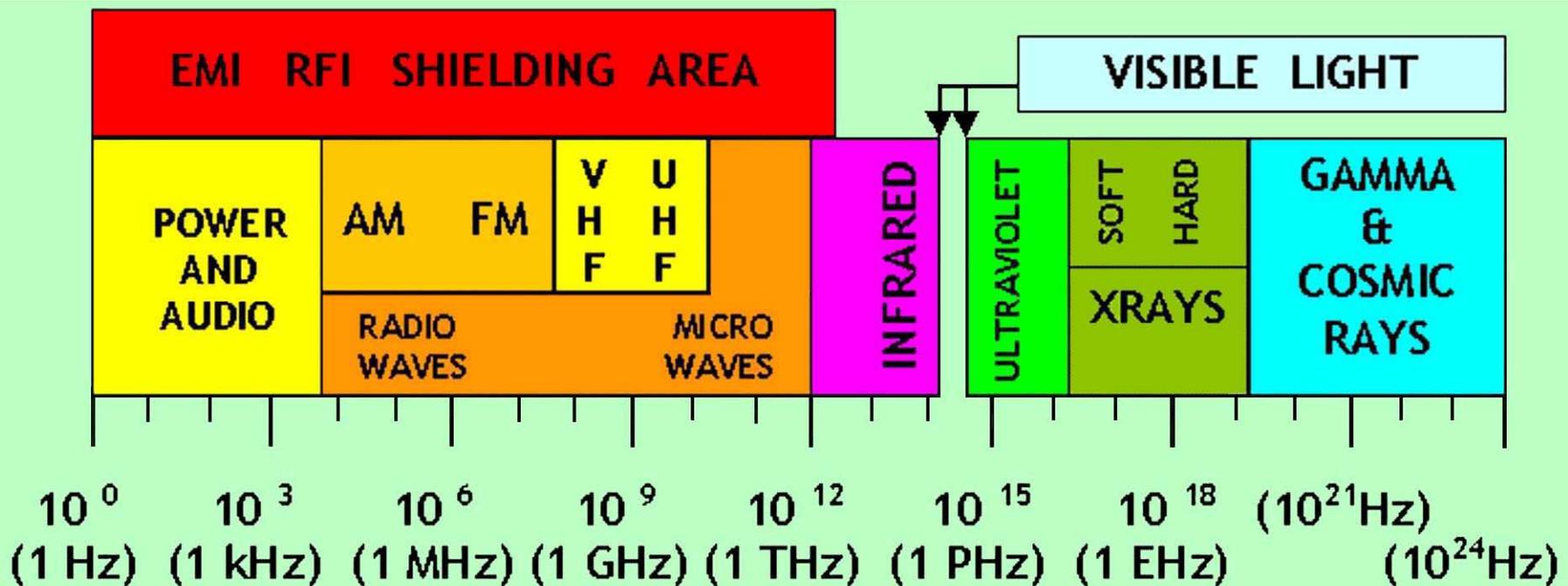


*1887: Hertz riesce a produrre le prime onde radio (“hertziane”), già previste da Maxwell*

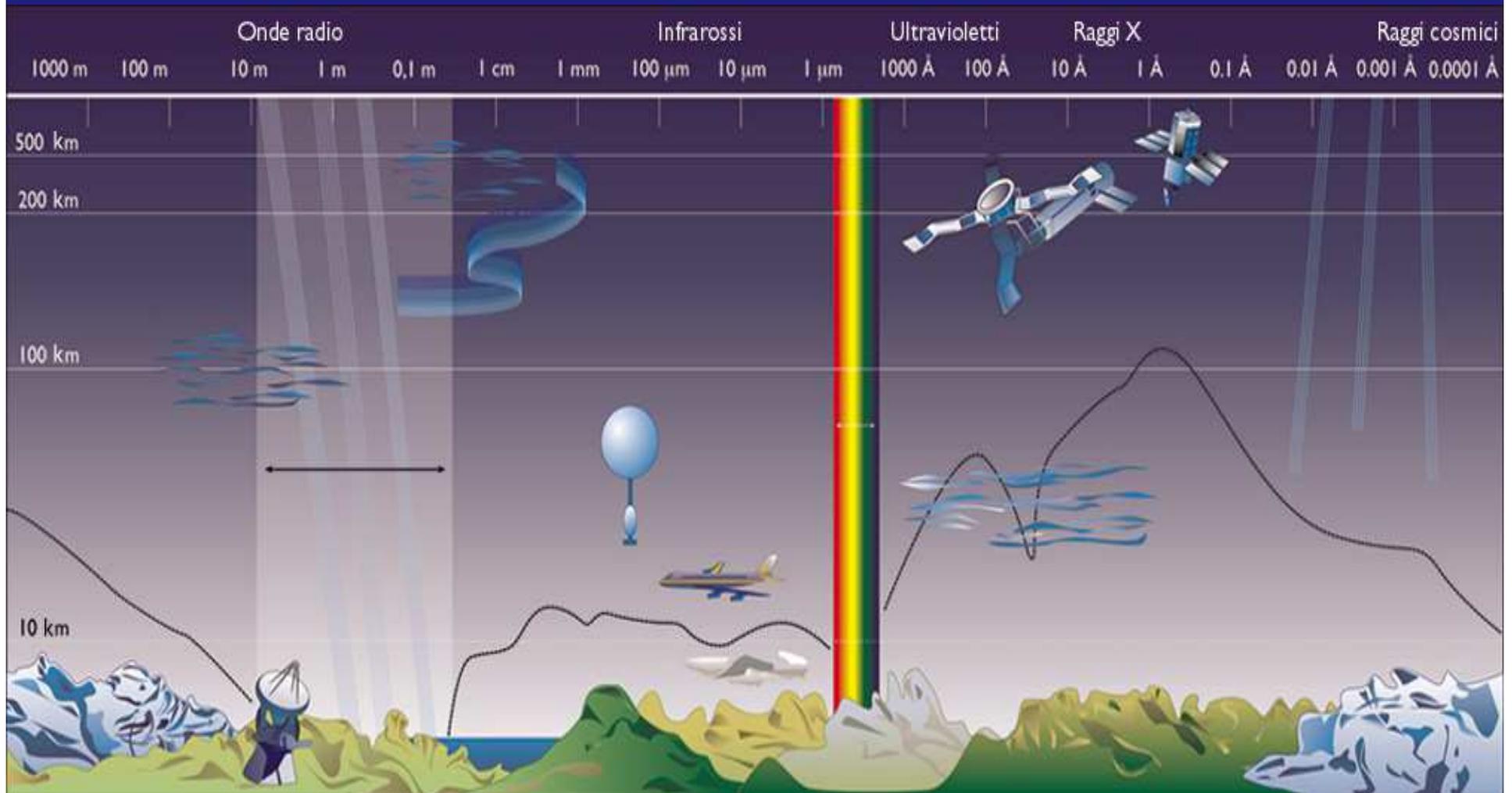
# LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

*Le onde elettromagnetiche si classificano in base alla lunghezza d'onda o alla frequenza.*

*La luce visibile ha lunghezze d'onda comprese tra 400 nanometri (0,0000004 m - **violetto**) e 750 nanometri (0,00000075 m - **rosso**).*



# ASSORBIMENTO ATMOSFERICO DELLE ONDE LETTROMAGNETICHE



# *LA VISIONE ODIERNA*

*La sintesi teorica di Maxwell, trionfo della fisica “classica”, ne decretò anche la fine. I risultati di Maxwell portarono a contraddizioni che all’inizio del ‘900 Einstein risolse con la Teoria della Relatività...*

*...e nello stesso periodo prese forma la Meccanica Quantistica, che mise in crisi il concetto stesso di onda elettromagnetica.*

*Oggi sappiamo che la luce è in realtà composta di FOTONI, particelle di massa nulla (!) che si muovono nel vuoto alla velocità costante di **299792,458 km/s** (nella materia la loro velocità diminuisce).*

*Come tutte le particelle di dimensioni veramente piccole, il loro comportamento è molto DIVERSO da quello degli oggetti che incontriamo nella vita di tutti i giorni.*

# LO SPETTRO DEGLI ATOMI

➤ **ATOMO**: nucleo centrale, più elettroni che possono muoversi solo su ben determinate orbite (leggi della Meccanica Quantistica)

➤ **ATOMO DI IDROGENO**: costituito da un protone e da un elettrone. I raggi delle orbite permesse sono dati dalla relazione:

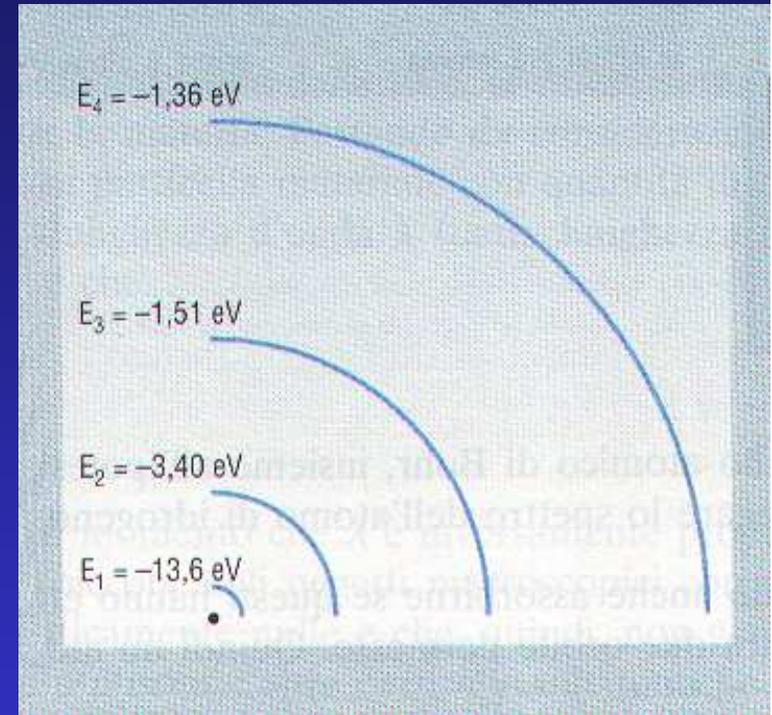
$$r_n = 5,29 \times 10^{-11} n^2 \text{ metri}$$

con  $n = 1, 2, 3, \dots$

Ogni orbita corrisponde ad una ben determinata energia. Per l'atomo di idrogeno si ha:

$$-13,6 \frac{1}{n^2} \text{ elettronvolt (eV)}$$

*N.B. Per sollevare di 1 m una massa di 1 kg servono  $1,6 \cdot 10^{20}$  eV!*



# ***SPETTRO ATOMICO***

*Nell'atomo di idrogeno l'elettrone si trova in genere nell'orbita corrispondente ad  $n = 1$ , (stato fondamentale) le altre sono dette eccitate.*

*Per far sì che un elettrone salti da un'orbita più bassa  $n_1$  ad un'altra più alta  $n_2$  si deve fornire un'energia  $E = E(n_2) - E(n_1)$ .*

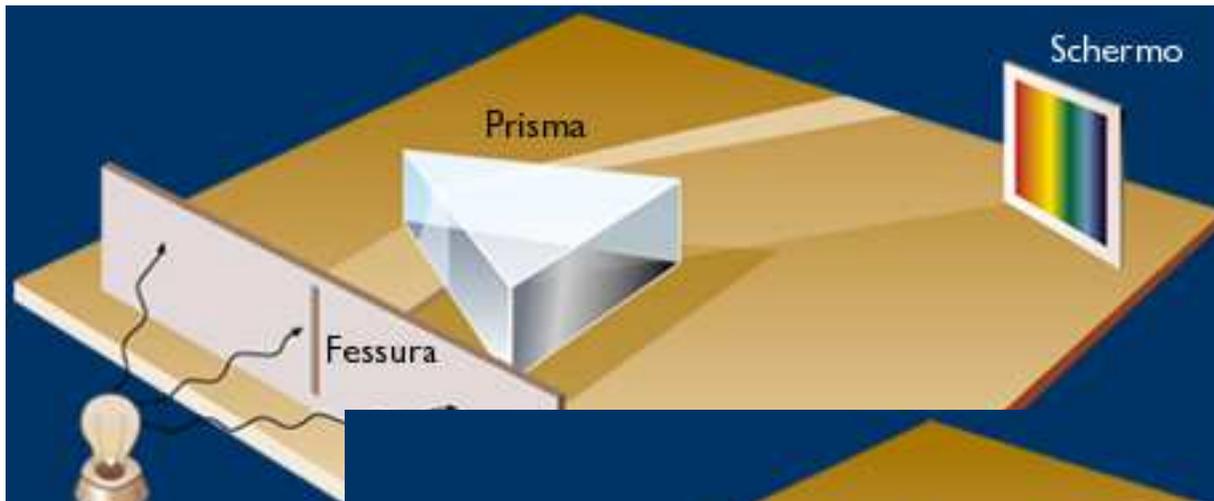
*Dopo un tempo brevissimo (meno di  $10^{-8}$  s) l'elettrone ritorna nell'orbita ad energia più bassa cedendo l'energia  $E$  sotto forma di un fotone di frequenza  $\nu$  data dalla relazione di Planck:*

$$***E = h\nu***$$

*dove  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J·s è la costante di Planck.*

*Un gas freddo posto tra una sorgente di radiazione elettromagnetica e l'osservatore assorbirà fotoni di frequenze opportune producendo uno spettro di assorbimento.*

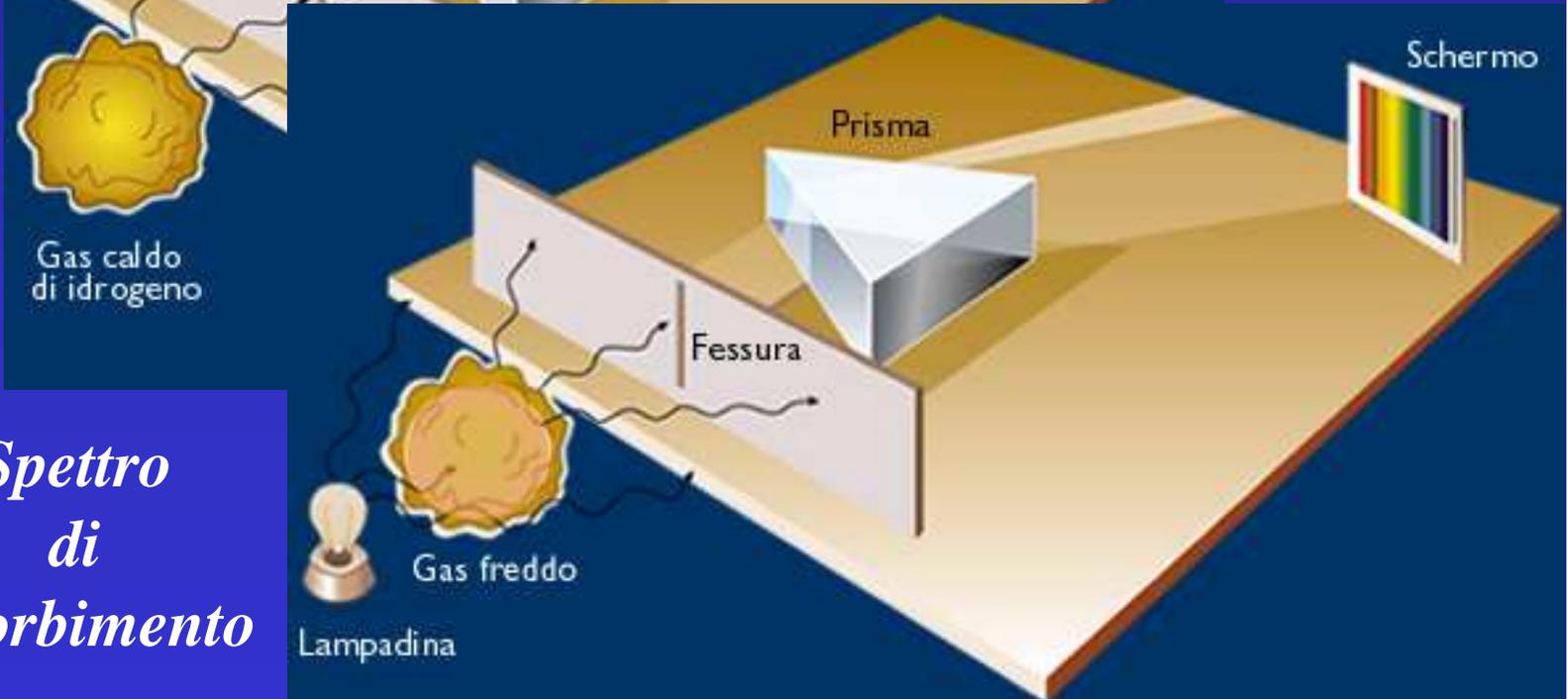
*Un gas caldo (eccitato) emetterà fotoni di frequenze opportune producendo uno spettro di emissione.*



*Lo spettro luminoso*



*Spettro di emissione*



*Spettro di assorbimento*

# ***L'ANALISI SPETTRALE***



*La scomposizione della luce nelle sue varie lunghezze d'onda diede in astronomia risultati spettacolari. Col lavoro pioneristico di Joseph von Fraunhofer (1787-1826), la sua scoperta delle RIGHE spettrali e le prime analisi quantitative degli elementi chimici presenti nell'atmosfera del Sole e delle altre stelle, nasce la **SPETTROSCOPIA** e con essa l'astrofisica moderna.*

*Oggi lo studio degli spettri è di fondamentale importanza per lo studio delle condizioni fisiche delle stelle.*

*Le CLASSI SPETTRALI, individuate a seguito di uno studio statistico accurato dell'intensità delle righe spettrali più importanti, sono*

*(W), O, B, A, F, G, K, M, (N), (R), (S), (T)*

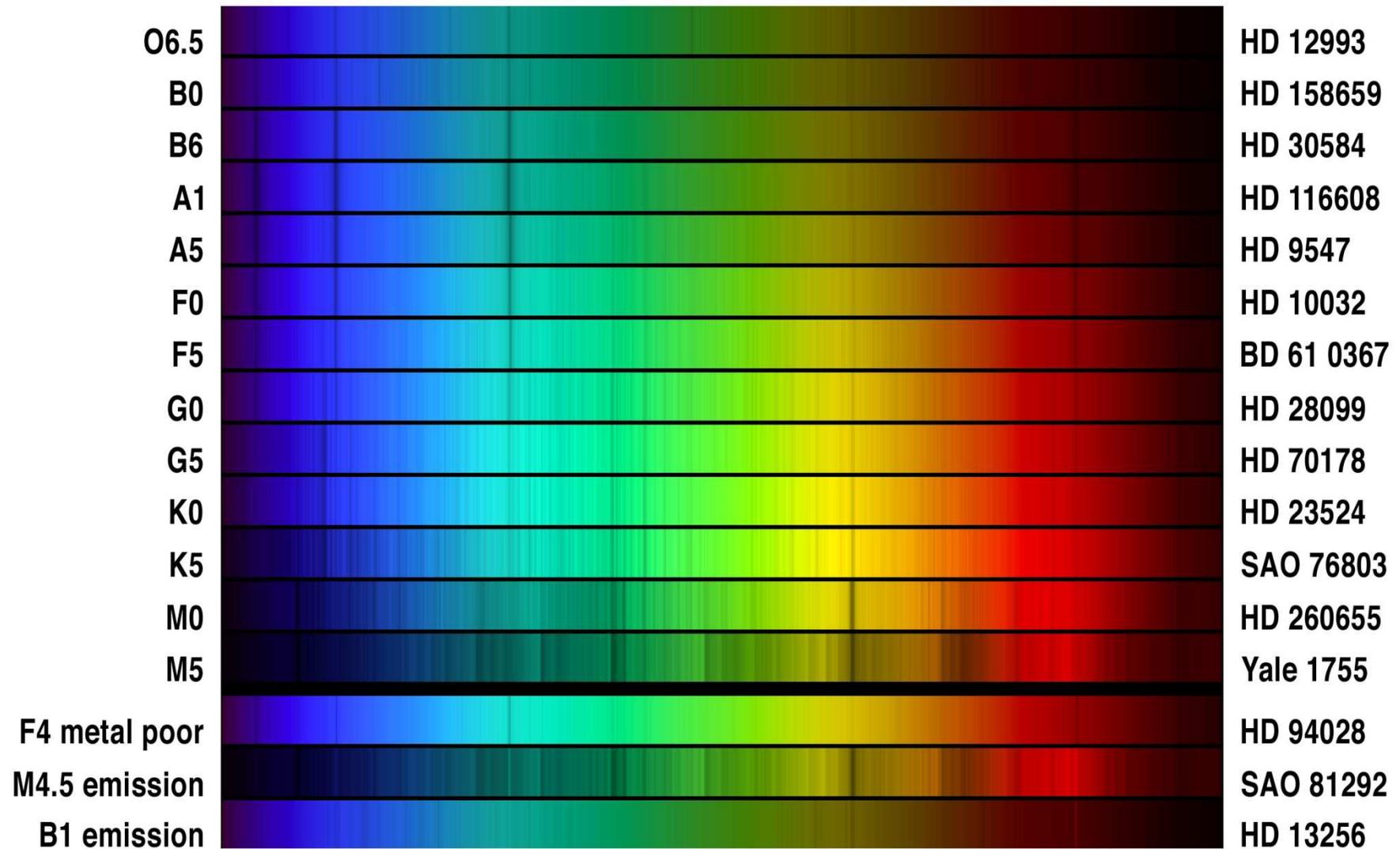
*Ogni classe si divide generalmente in sottotipi, da 0 a 9 (es. A6, F9, B0).*

*Classe spettrale e colore sono ovviamente collegati, ma la prima fornisce indicazioni fisicamente molto più precise.*

# CLASSI SPETTRALI DELLE STELLE

<i>Classe spettrale</i>	<i>Temperatura superficiale</i>	<i>Colore</i>	<i>Magnitudine assoluta (SP)</i>
O5	40000 K	<i>Blu</i>	- 5,8
B0	28000 K	<i>Blu</i>	- 4,1
A0	9900 K	<i>Blu-bianco</i>	+ 0,7
F0	7400 K	<i>Bianco</i>	+ 2,6
G0 (Sole = G2)	6000 K	<i>Giallo</i>	+ 4,4
K0	4900 K	<i>Arancione</i>	+ 5,9
M0	3480 K	<i>Rosso-arancio</i>	+ 9,0
R, N	3000 K	<i>Rosso</i>	
S	3000 K	<i>Rosso</i>	

# LO SPETTRO DI ALCUNE STELLE



# I COLORI DELLE STELLE

**ALDEBARAN (Toro)**

gigante rossa (K5)  
m=0,8 – d=68 a.l. 37 R<sub>S</sub>



**BETELGEUSE (Orione)**

Supergigante rossa (M2)  
m=0,8 – d=650 s.l.  
800 R<sub>S</sub>



**CAPELLA (Auriga)**

Gigante gialla (G5)  
m=0,1 – d=43 a.l.



**DENEK (Cigno)**

Ipergigante bianca (A2)  
m=1,2-1,3 – d=1800 a.l.



**MINTAKA (Orione)**

Supergigante azzurra (B0)  
m=2,1-2,3 – d=900 a.l.



**PROCIONE (Cane Minore)**

Nana gialla (F5)  
m=0,4 – d=11 a.l.

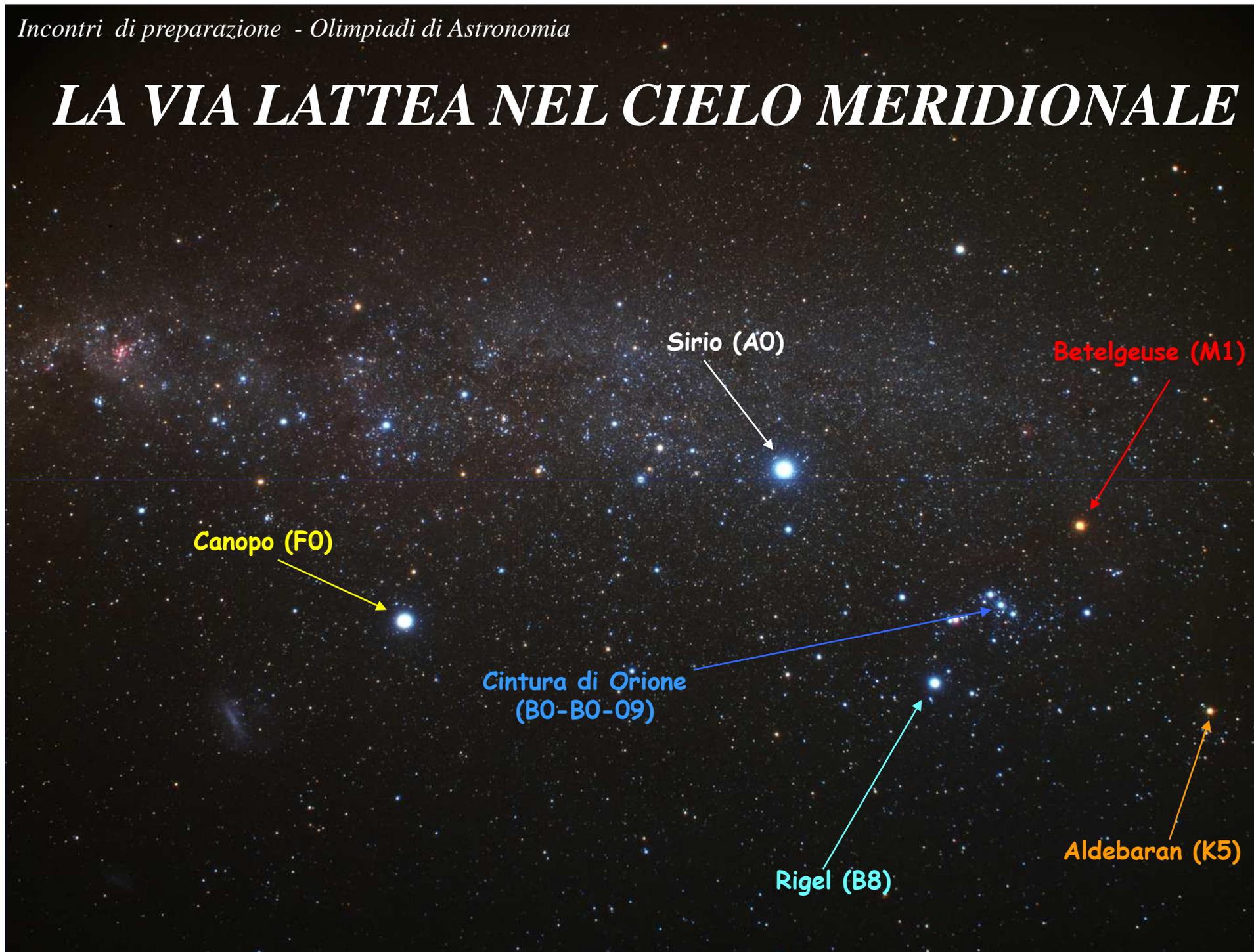


**RIGEL (Orione)**

Supergigante azzurra (B8)  
m=0,1 – d=900 a.l.

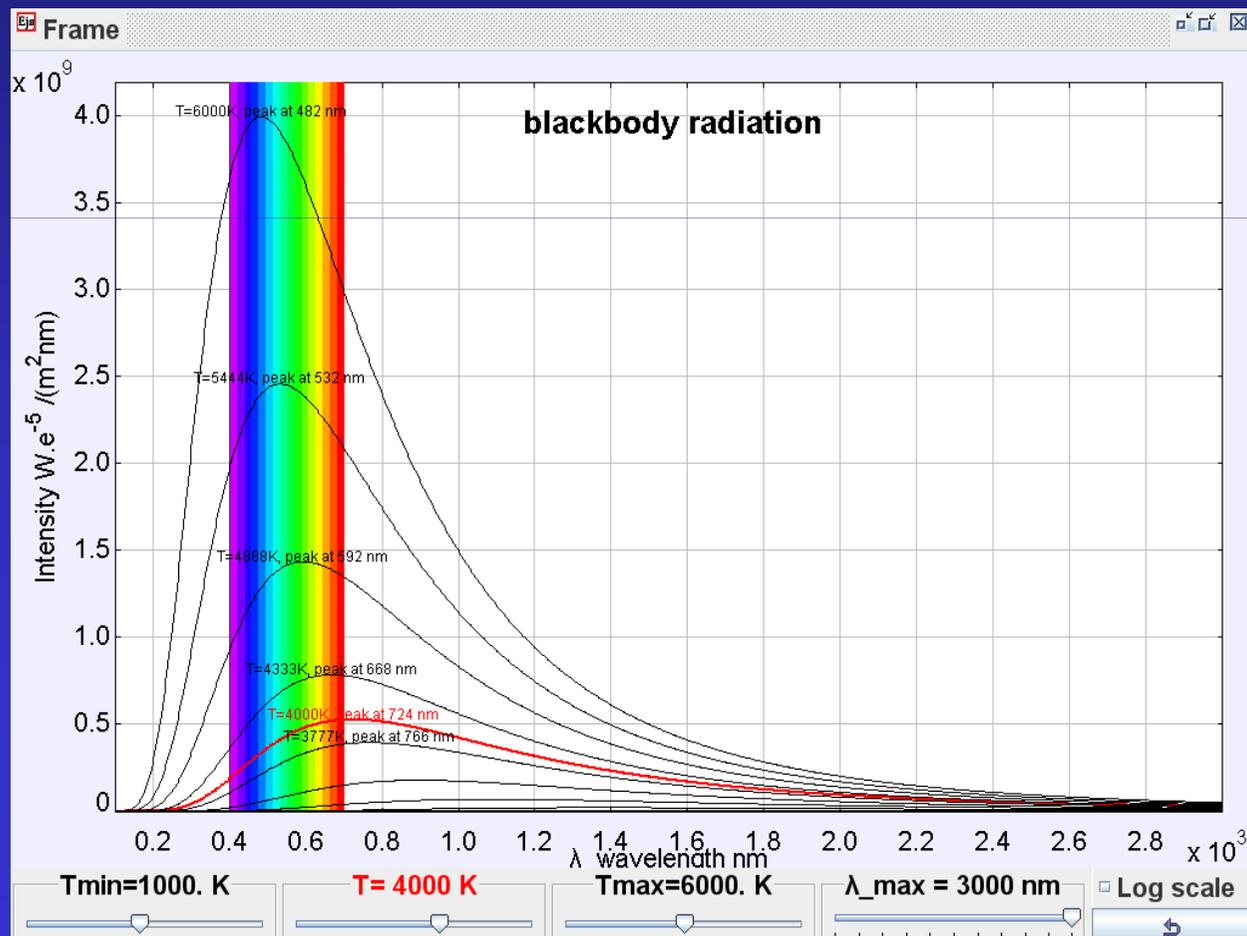


# LA VIA LATTEA NEL CIELO MERIDIONALE



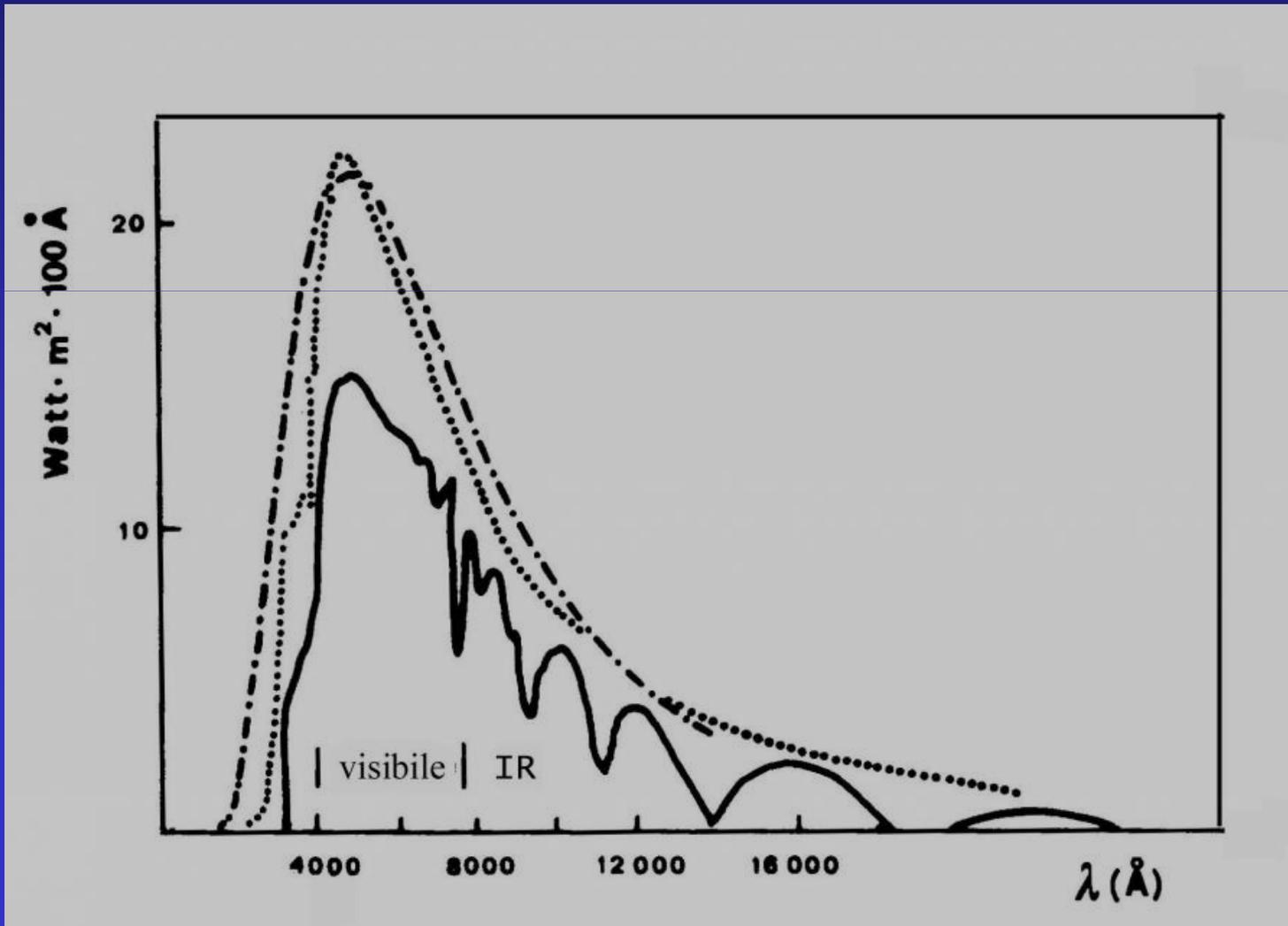
# L'EMISSIONE DI CORPO NERO

*L'emissione dipende dalla frequenza e dalla temperatura della sorgente. Al crescere della temperatura le curve dell'emissione di energia variano di molto, senza intersecarsi mai. L'approssimazione di corpo nero è abbastanza buona per la maggior parte delle stelle (sequenza principale - circa il 90% del totale)*



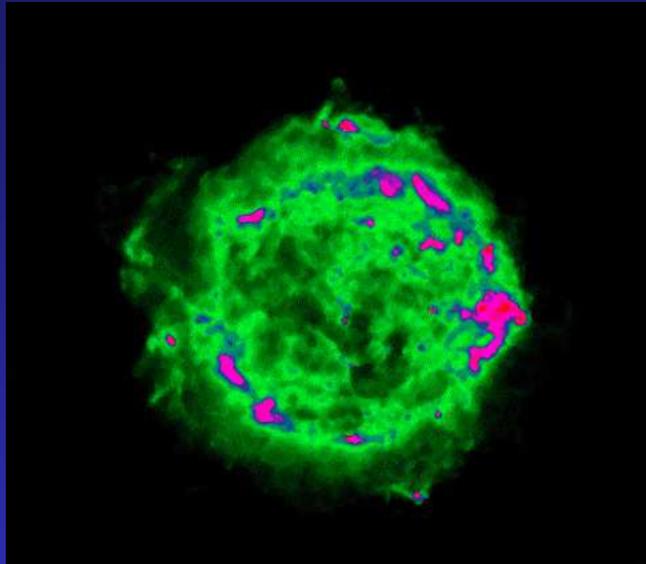
# IL SOLE COME CORPO NERO IDEALE

*Spettro del Sole al di fuori dell'atmosfera (punti) confrontato con la distribuzione di corpo nero a 6000 K (tratto e punto) e con lo spettro della radiazione raccolta alla superficie della Terra (linea continua)*

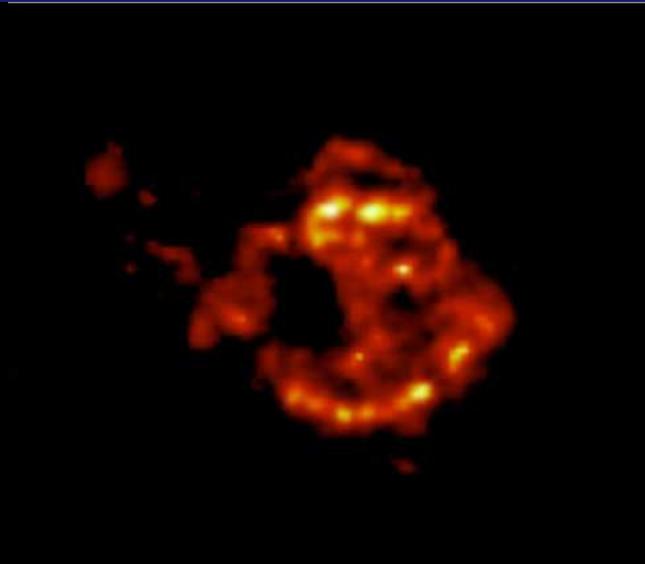


# *IL CIELO A VARIE FREQUENZE*

*Onde radio*



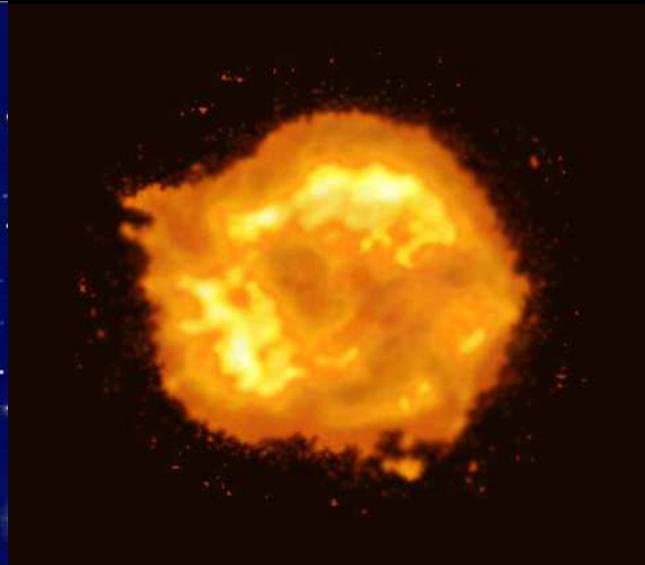
*Infrarosso*



*Visibile*



*Raggi X*



*Incontri di preparazione - Olimpiadi di Astronomia*

*Incontri di preparazione - Olimpiadi di Astronomia*