

# LA VITA DELLE STELLE - 1

## LE STELLE COME CI APPAIONO ( con un pizzico di fisica ....)

### a) I MECCANISMI DI PRODUZIONE DELLA RADIAZIONE

**Prof. Antonio Bianchini**

*Dipartimento di Astronomia*

*Università di Padova*

*[antonio.bianchini@unipd.it](mailto:antonio.bianchini@unipd.it)*

*Le figure immaginarie disegnate unendo con linee ideali stelle che appaiono vicine sulla volta celeste sono dette costellazioni.*

*In realtà, si tratta di stelle che hanno differenti distanze da noi.*



Terra



243

427

721

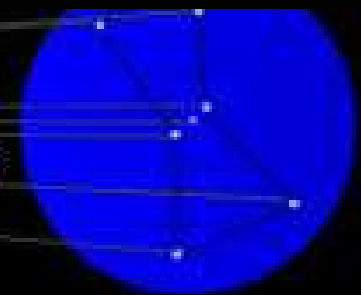
772

817

916

1342

Distanze in anni luce





# Le distanze nel Cosmo

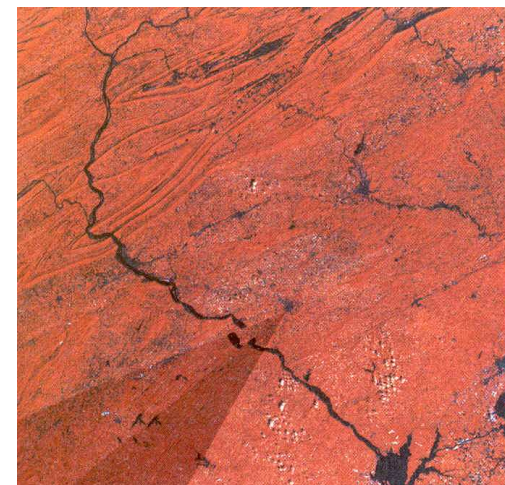
## Zoom indietro con passo 100



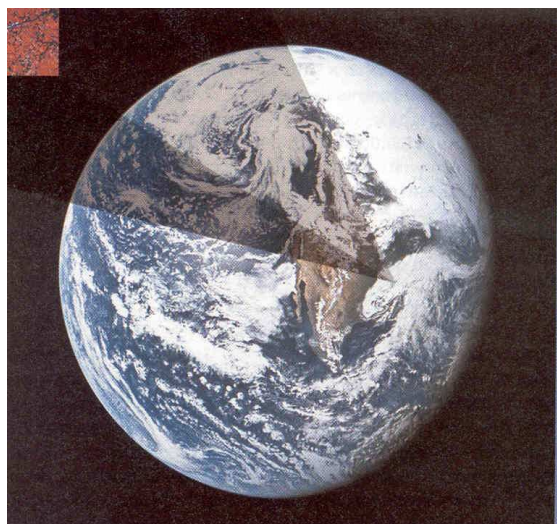
**16 metri**



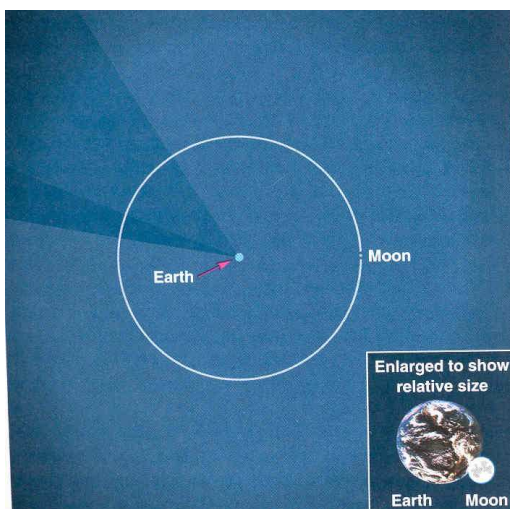
**1.6 km**



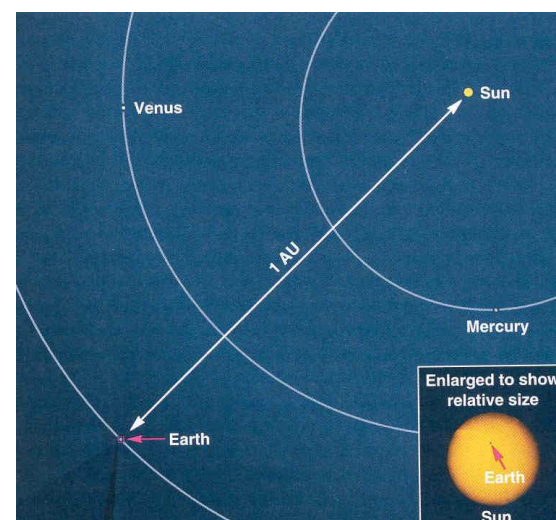
**160 km**



**16.000 km**



**1.600.000 km**

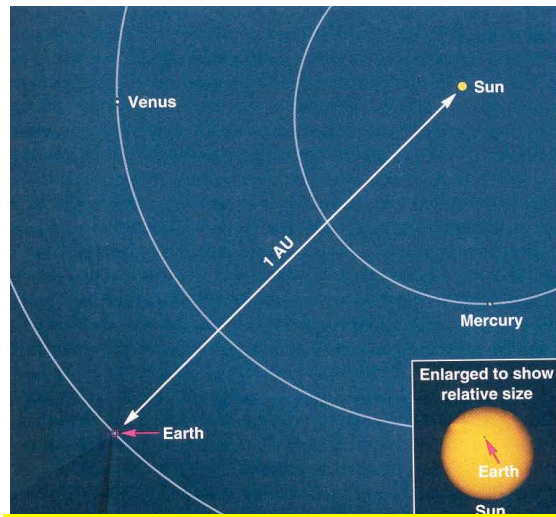


**160.000.000 km**  
**circa l'unità astronomica**

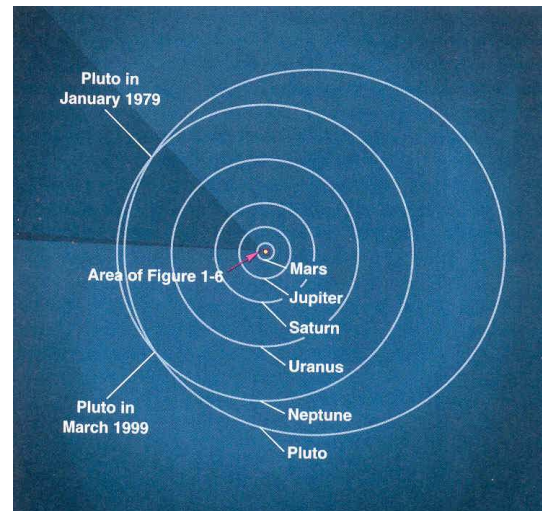


## Le distanze nel Cosmo

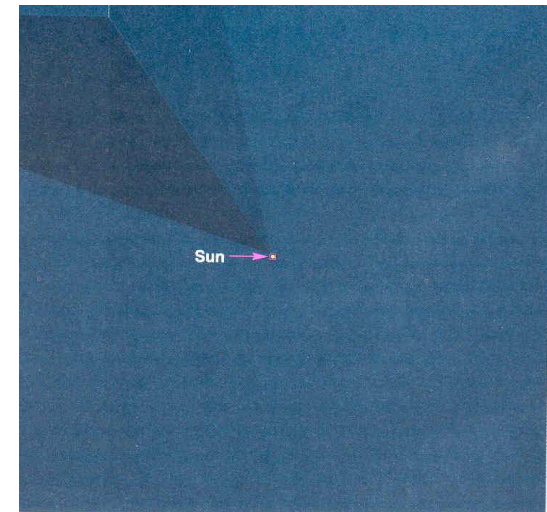
**Zoom indietro con passo 100**



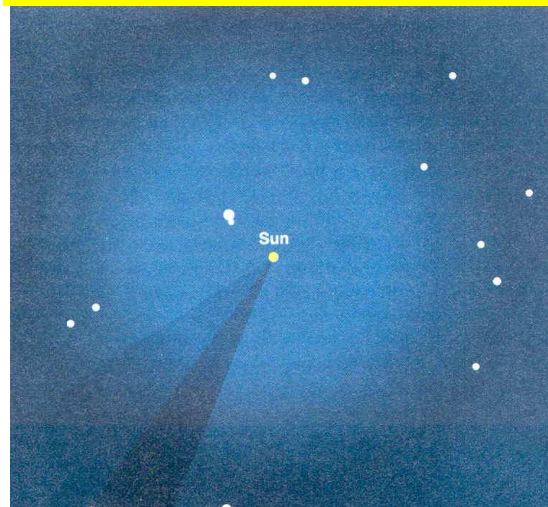
**150.000.000 km  
= 1 UA**



**100 UA**



**10.000 UA**



**1.000.000 UA  
= 17 anni-luce (al)**



**1.700 al**

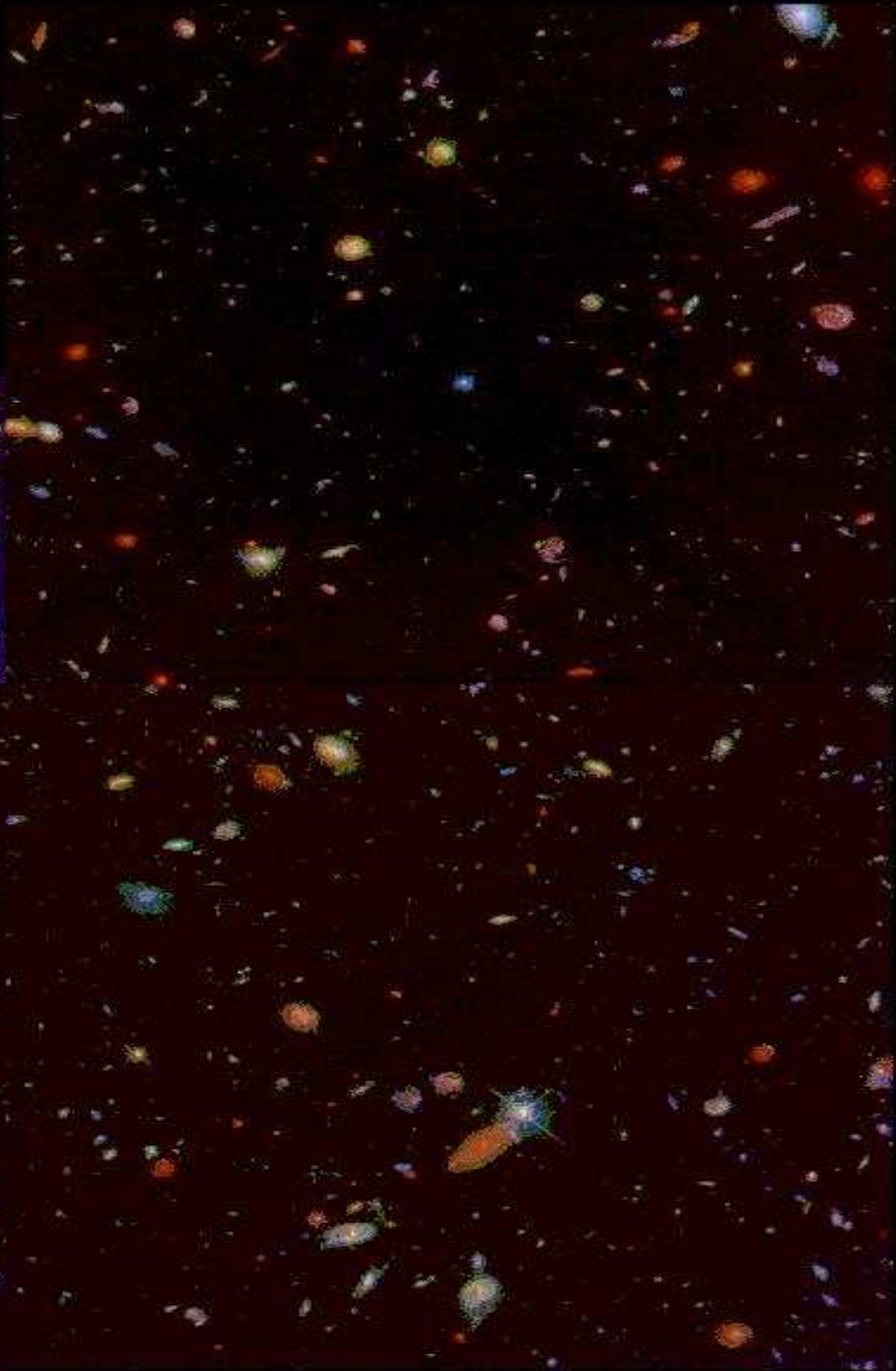


**17.000 al**



## HUBBLE DEEP FIELD

Le distanze tra  
galassia e galassia  
sono di milioni  
di anni luce



Palomar

**LE STELLE SI FORMANO NELLE GRANDI NUBI  
DI GAS CHE SI TROVANO ALL'INTERNO  
DELLE GALASSIE**



**INOLTRE, LE STELLE NON SI FORMANO MAI  
SINGOLARMENTE, BENSÌ' IN AMMASSI**

**NGC 604 in Galaxy M33**

Hubble Space Telescope • Wide Field Planetary Camera 2

**esempio: LE PLEIADI**





**POI, NEL TEMPO, SI MESCOLANO  
ALL'INTERNO DELLA GALASSIA**

**REGIONE DENSAMENTE POPOLATA  
VERSO IL CENTRO GALATTICO**



**LA NOSTRA GALASSIA E' FORMATA DA**

**CIRCA 200 MILIARDI IL SOLE SI TROVA  
DI STELLE**

**QUI**



**LA LUCE**

**IMPIEGA**

**100.000 ANNI**

**PER ATTRAVERSARLA**

925,000,000,000,000,000 km

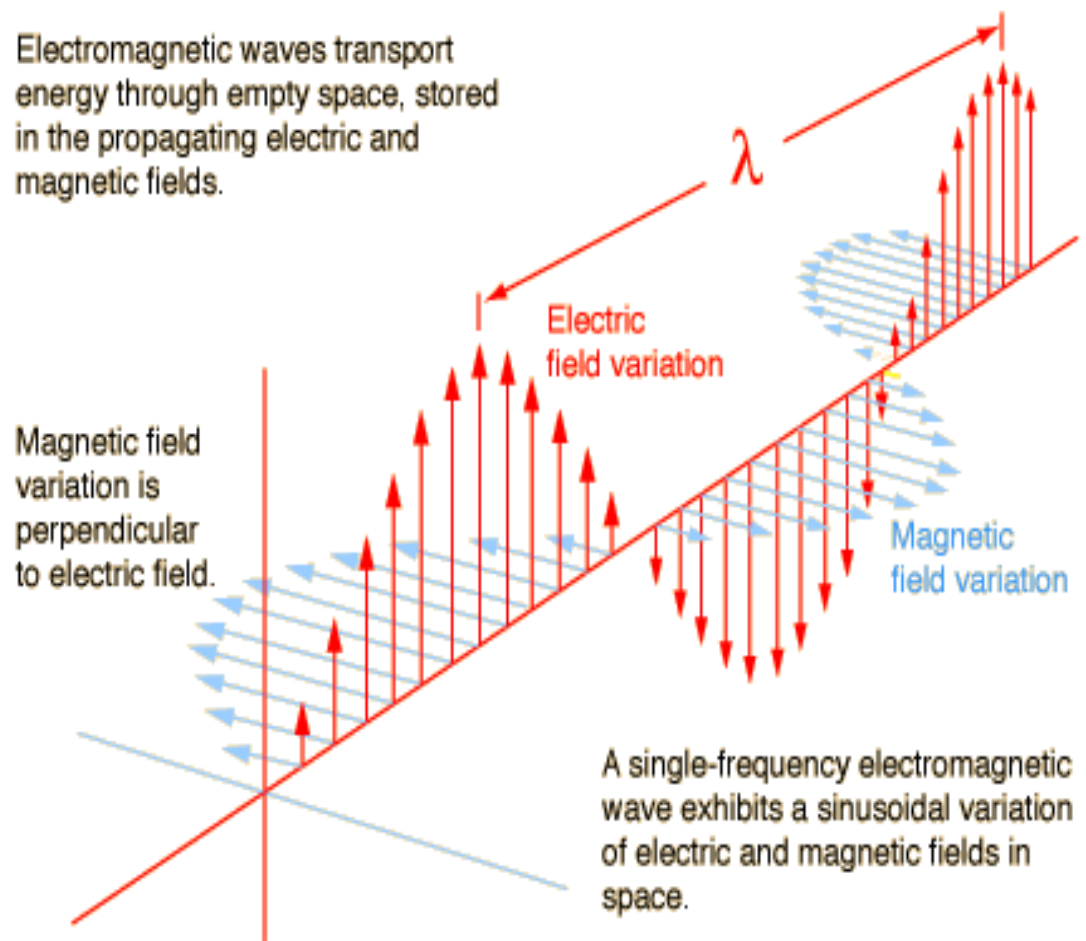
# L'ASPETTO ESTERIORE DELLE STELLE



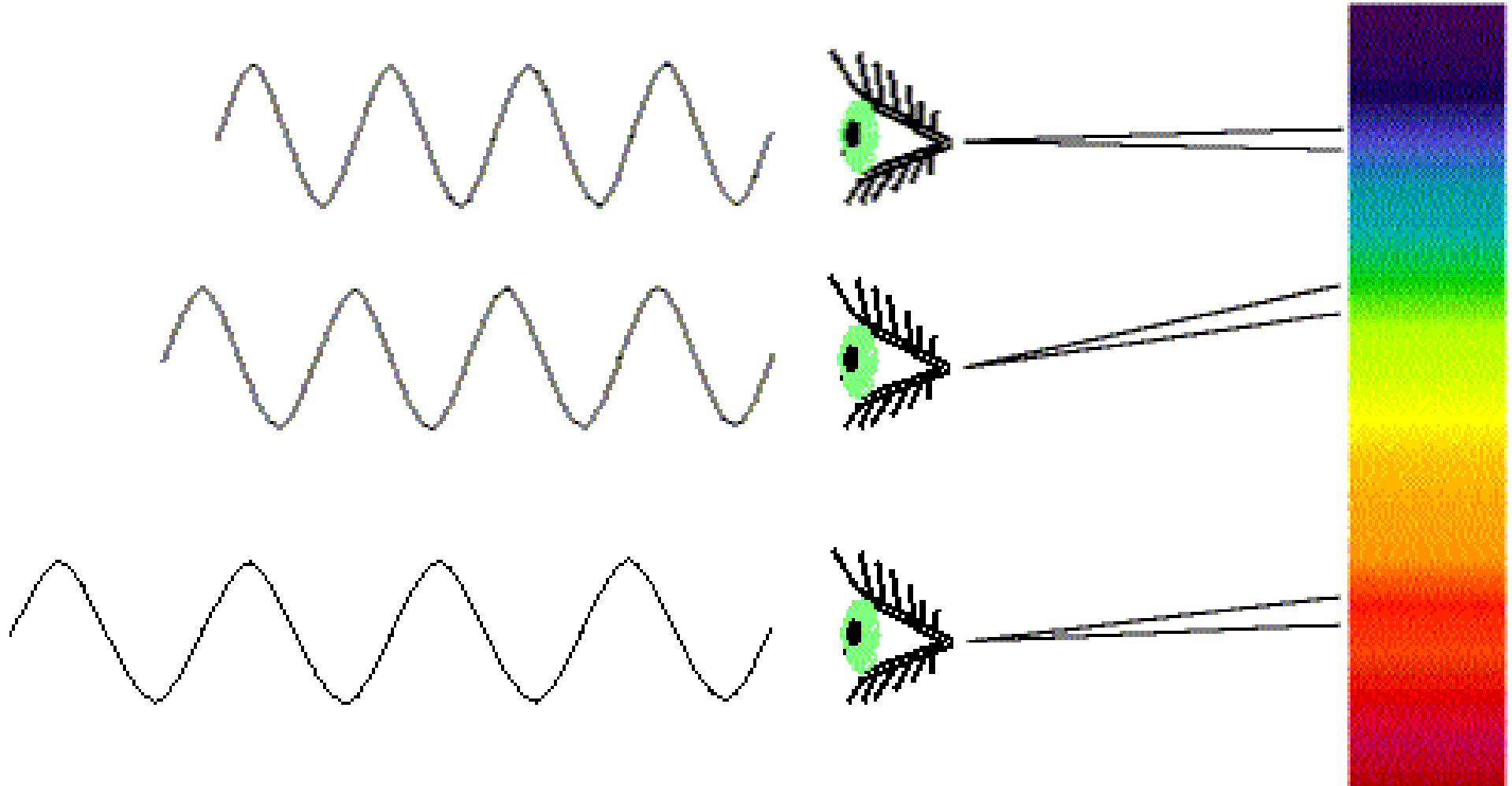
# COS'È LA LUCE ?

La luce è costituita da  
*onde elettromagnetiche*, ovvero da

*oscillazioni*  
del  
*campo elettrico*  
e del  
*campo magnetico*  
che si propagano  
nello spazio con  
velocità **c**

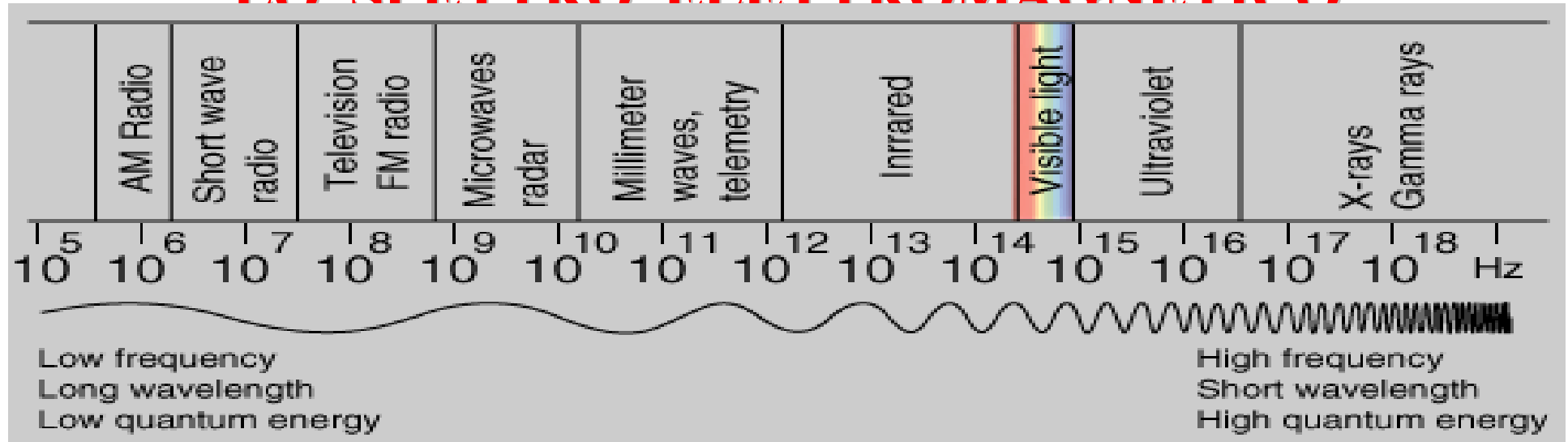


RICORDIAMO LA RELAZIONE TRA IL COLORE OSSERVATO  
E LA FREQUENZA DELLA RADIAZIONE ...





# LO SPETTRO ELETTROMAGNETICO



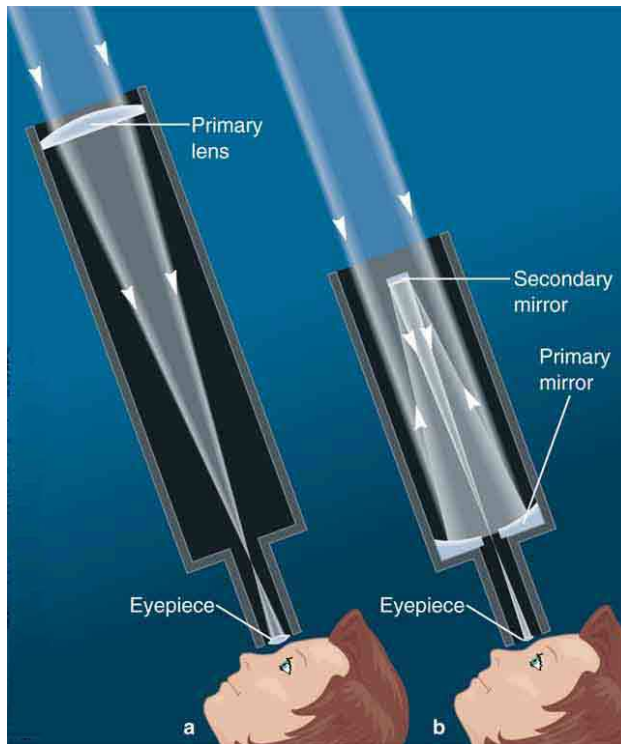
Velocità della luce  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$$c = f\lambda$$

Also commonly written  $v = f\lambda$   
*velocity = frequency x wavelength*

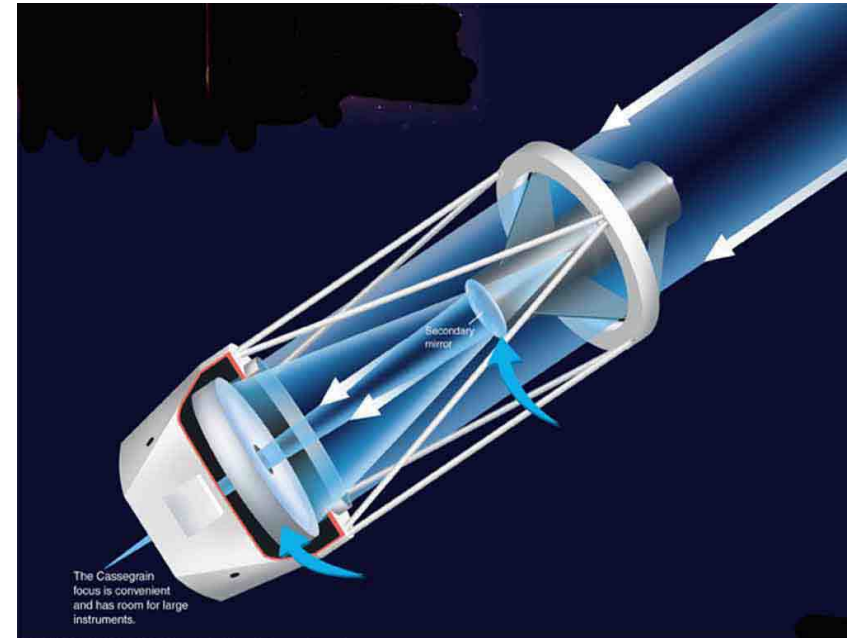
Fino a pochi decenni or sono gli astronomi erano in grado di analizzare solo le onde "visibili", ovvero quelle con lunghezza d'onda compresa nell'intervallo  $3,9 \times 10^{-5}$  -  $8 \times 10^{-5} \text{ cm}$  a cui l'occhio umano è sensibile. Con le attuali tecnologie siamo oggi in grado di indagare lo spettro elettromagnetico dai raggi gamma (con lunghezze d'onda inferiori a  $4 \times 10^{-10} \text{ cm}$ ) alle onde radio (con lunghezze d'onda fino a varie decine di metri).

# POSSIAMO OSSERVARE LA MAGNITUDINE E IL COLORE DELLE STELLE USANDO I TELESCOPI



Slide 9

© 2004 Thomson - Brooks Cole



© 2004 Thomson - Brooks Cole

Slide 18

p. 78

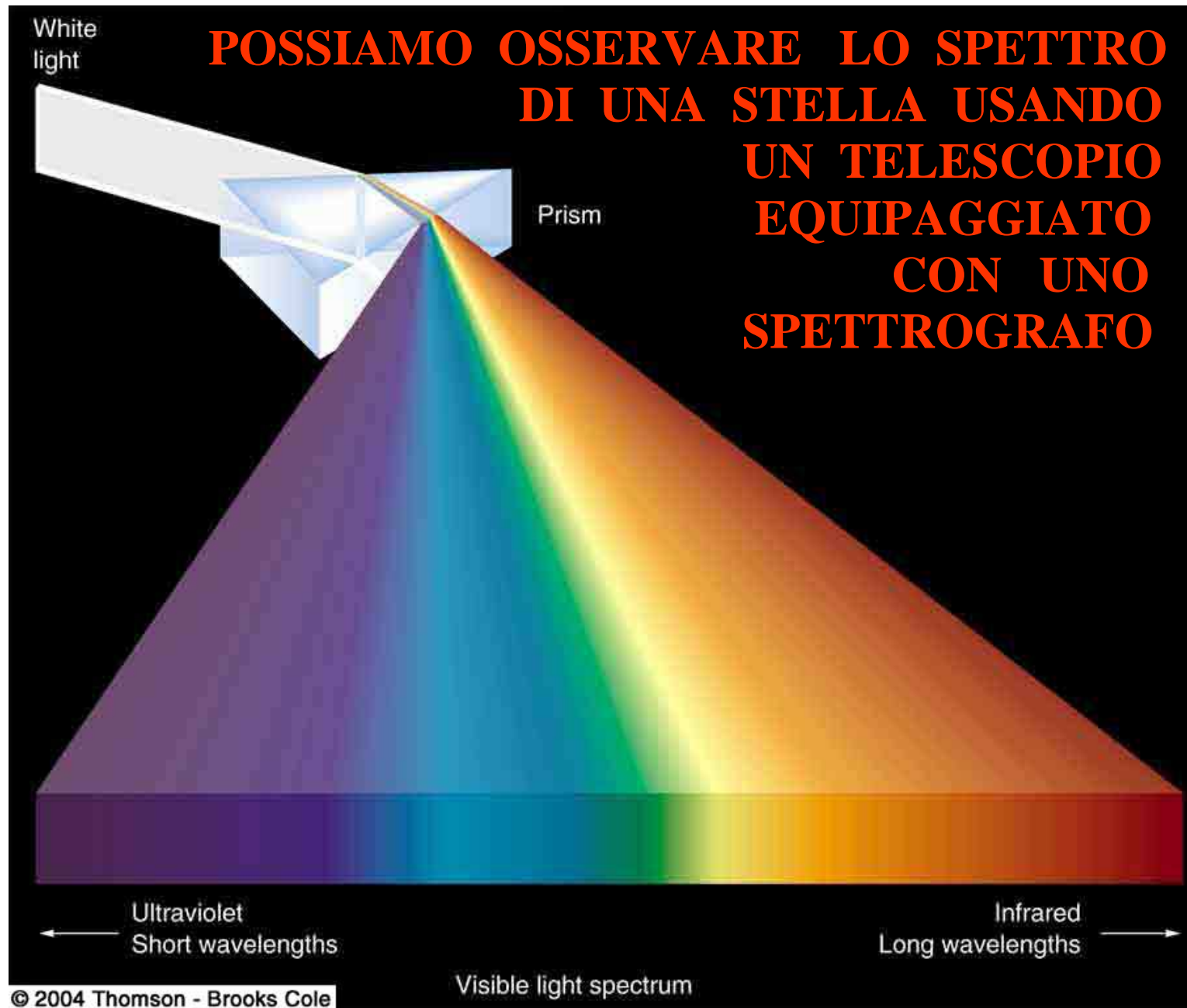


© 2004 Thomson - Brooks Cole

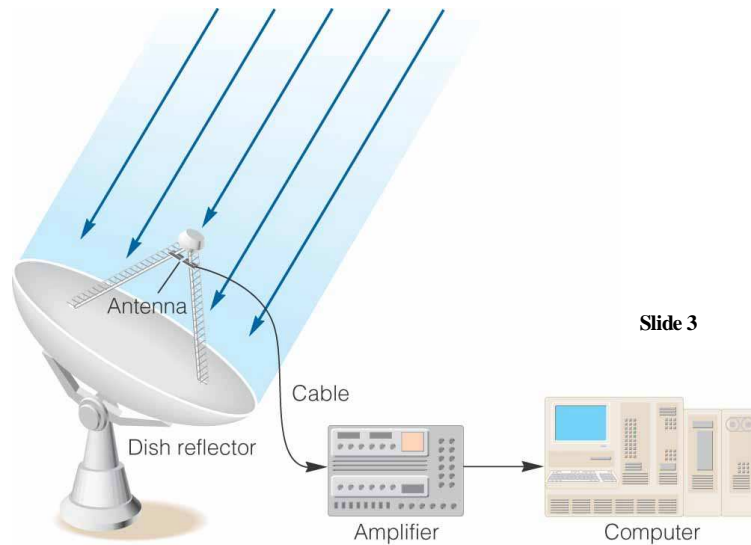
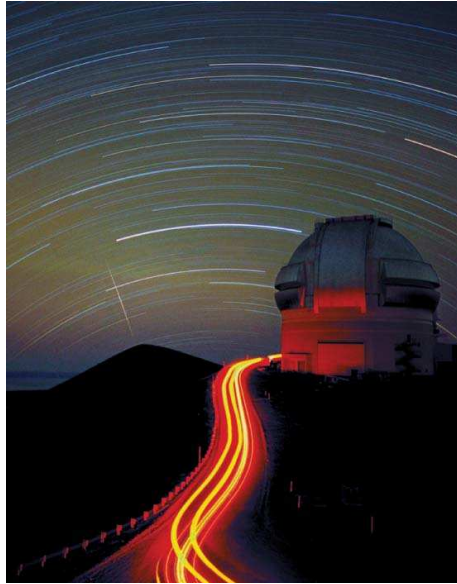
Fig. 5-5, p. 73 20

p. 78





## TELESCOPIO OTTICO



Slide 3

© 2004 Thomson/Brooks Cole

Fig. 5-17a, p. 84

## RADIO-TELESCOPIO



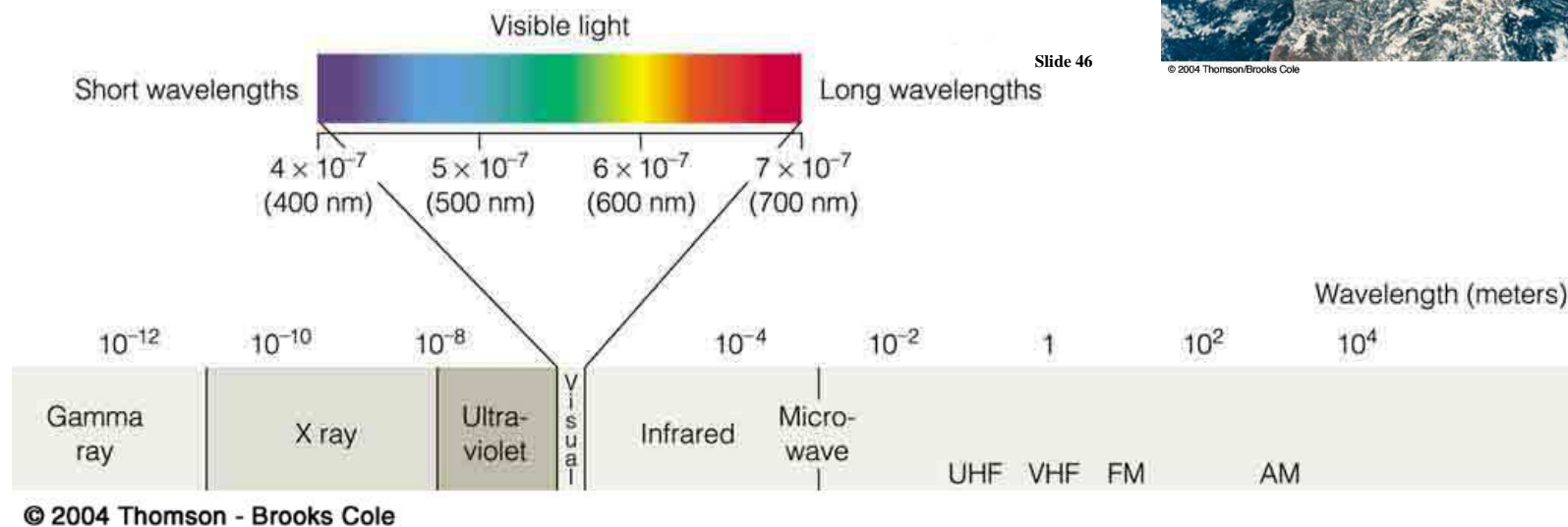
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Fig. 5-1b, p. 69

**A causa dell'assorbimento da parte della ionosfera, X e UV si osservano solo dallo spazio ...**



Fig. 5-23a, p. 89





QUINDI, LO **SPETTRO DELLA LUCE** EMESSO E' COSTITUITO DA UNA '**MISCELA**' DI ONDE ELETTROMAGNETICHE AVENTI DIVERSE **FREQUENZE E LUNGHEZZE D'ONDA**.

LO SPETTRO PUO' ESTENDERSI DALLE FREQUENZE PIU' BASSE (ONDE RADIO) FINO ALLE PIU' ELEVATE (RAGGI X E GAMMA)

INFINE, LE ONDE SI PRESENTANO COME **PACCHETTI D'ONDA, O PACCHETTI DI ENERGIA, DETTI FOTONI**. BASTA IMMAGINARE DEI

'**TRENI**' DI ONDE ELETTROMAGNETICHE, CIASCUNO LIMITATO NELLO SPAZIO E CON UNA DATA FREQUENZA  $f$  ED ENERGIA  $E$  DATA DAL PRODOTTO DELLA FREQUENZA  $f$  PER LA COSTANTE DI PLANCK  $h \longrightarrow E(f) = h \times f$

# LA VITA DELLE STELLE - 2

LE STELLE COME CI APPAIONO  
( con un pizzico di fisica ....)

## b) I MECCANISMI DI PRODUZIONE DELLA RADIAZIONE

**Prof. Antonio Bianchini**

*Dipartimento di Astronomia*

*Università di Padova*

[antonio.bianchini@unipd.it](mailto:antonio.bianchini@unipd.it)

**COME VIENE PRODOTTO LO  
SPETTRO DELLA LUCE EMESSA  
DALLE STELLE ?**

**I MECCANISMI DI PRODUZIONE  
DELLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA**

***ovvero . . .***

**I MECCANISMI DI PRODUZIONE DEI  
FOTONI**



# 1. EMISSIONE TERMICA

## a) FREE-FREE o BREMSSTRAHLUNG

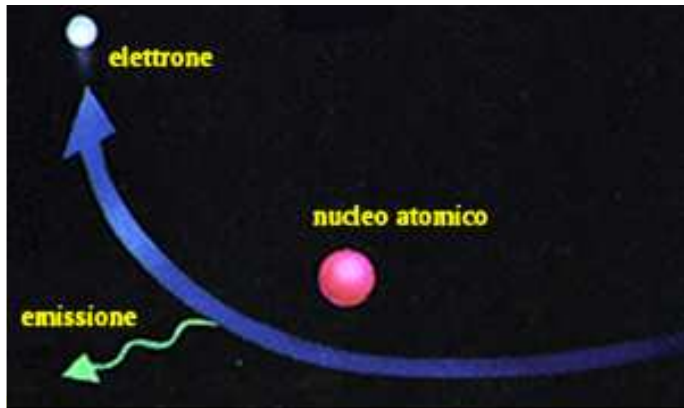
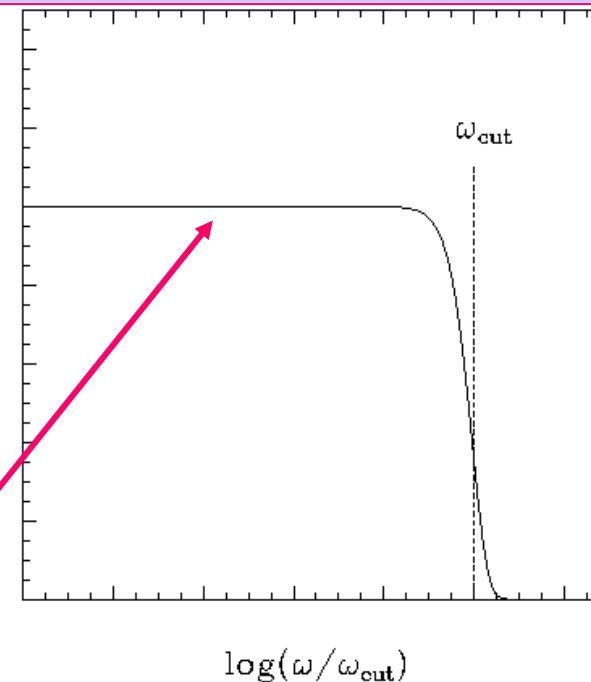
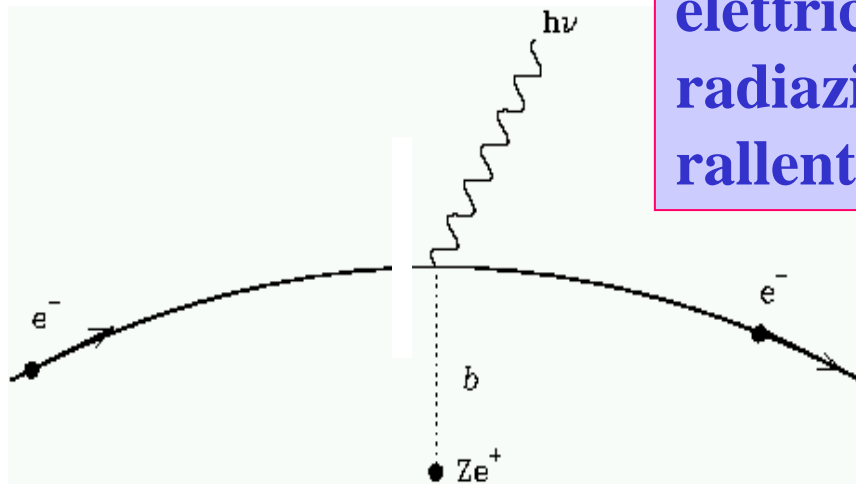
prodotta da elettroni con velocità molto inferiore a  $c$ , descritta dall'elettromagnetismo classico: FOTONI DI QUALSIASI FREQUENZA

## b) EMISSIONE DI RIGHE.

prodotta da elettroni all'interno di un atomo, descrivibile mediante la meccanica quantistica: FOTONI CON FREQUENZE BEN PRECISE  
(salti di elettroni tra i diversi livelli energetici dell'atomo)

# Bremsstrahlung da un elettrone che passa accanto ad uno ione positivo.

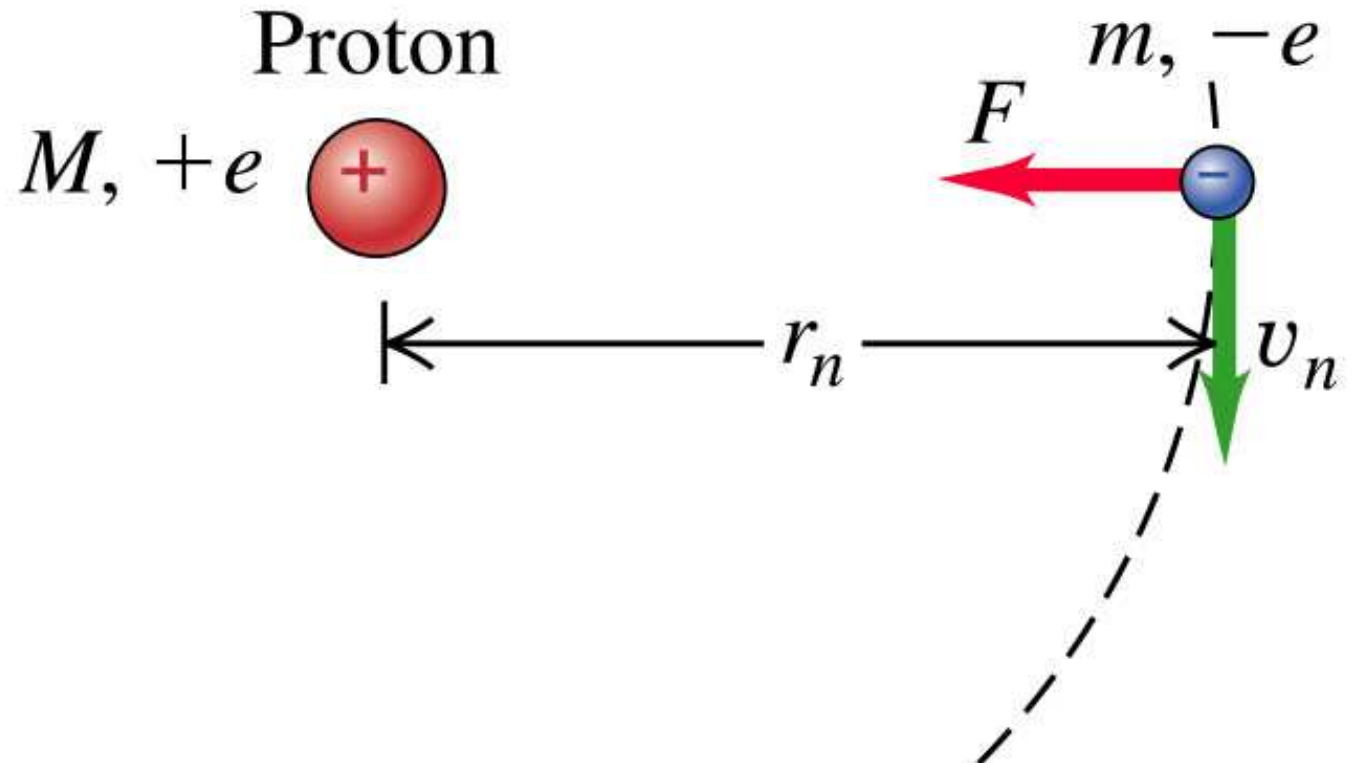
L'elettrone viene accelerato dal campo elettrico, ma dopo aver emesso la radiazione (fotoni) perde energia e perciò rallenta... *sembra frenare* !



Lo spettro emesso **non è quantizzato** e, se la temperatura è abbastanza elevata, possono essere emessi con **pari probabilità** fotoni di ogni frequenza (spettro piatto!)

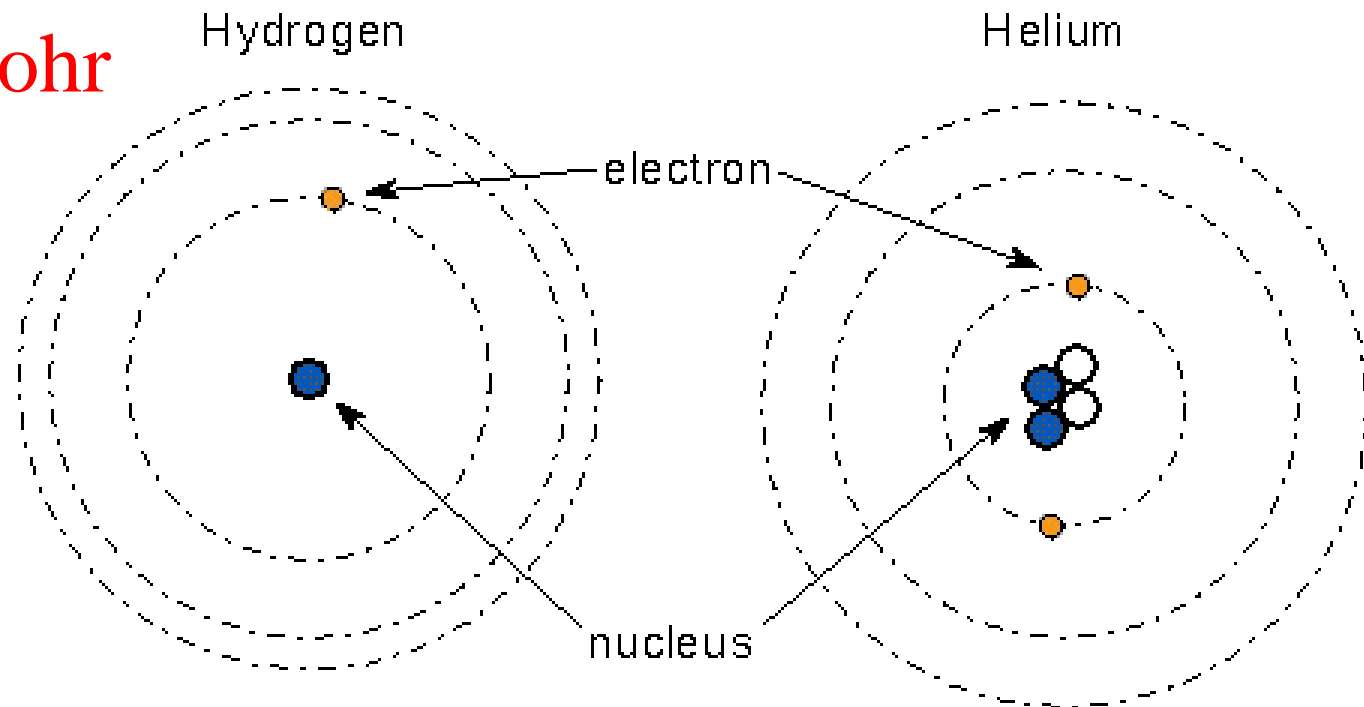
Consideriamo un elettrone che orbiti attorno ad un protone.

La forza centripeta che causa il moto orbitale, è rappresentata dalla forza di attrazione coulombiana tra le due cariche elettriche uguali (diverse sono, invece, le due masse).





# L'atomo di Bohr



## Gli spettri a righe

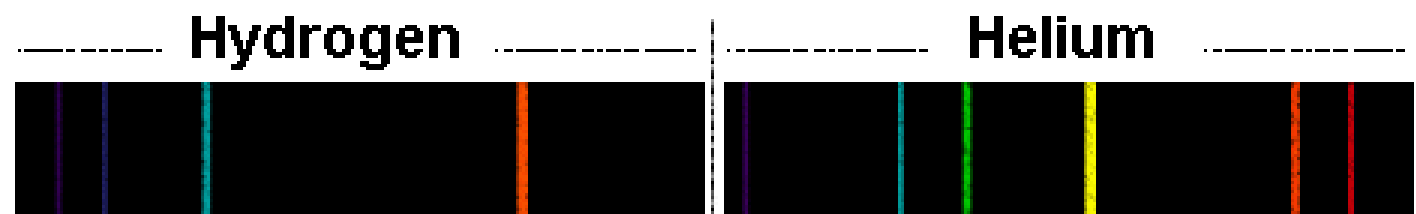
dell'idrogeno

e dell'elio

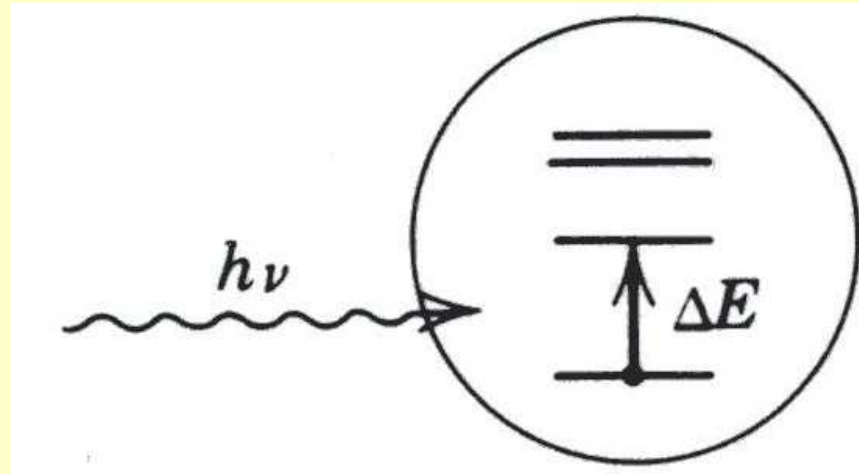
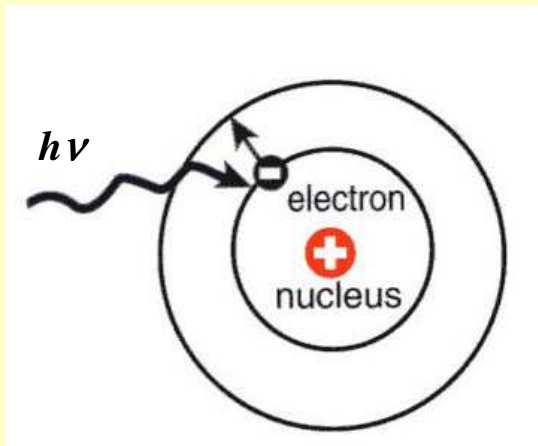
- = proton (+ charge)
- = neutron (no charge)
- = electron (– charge)
- = energy level

The structure of the atoms for the two most common elements in nature.

Different elements have different number of **protons** and different layouts of their energy levels.



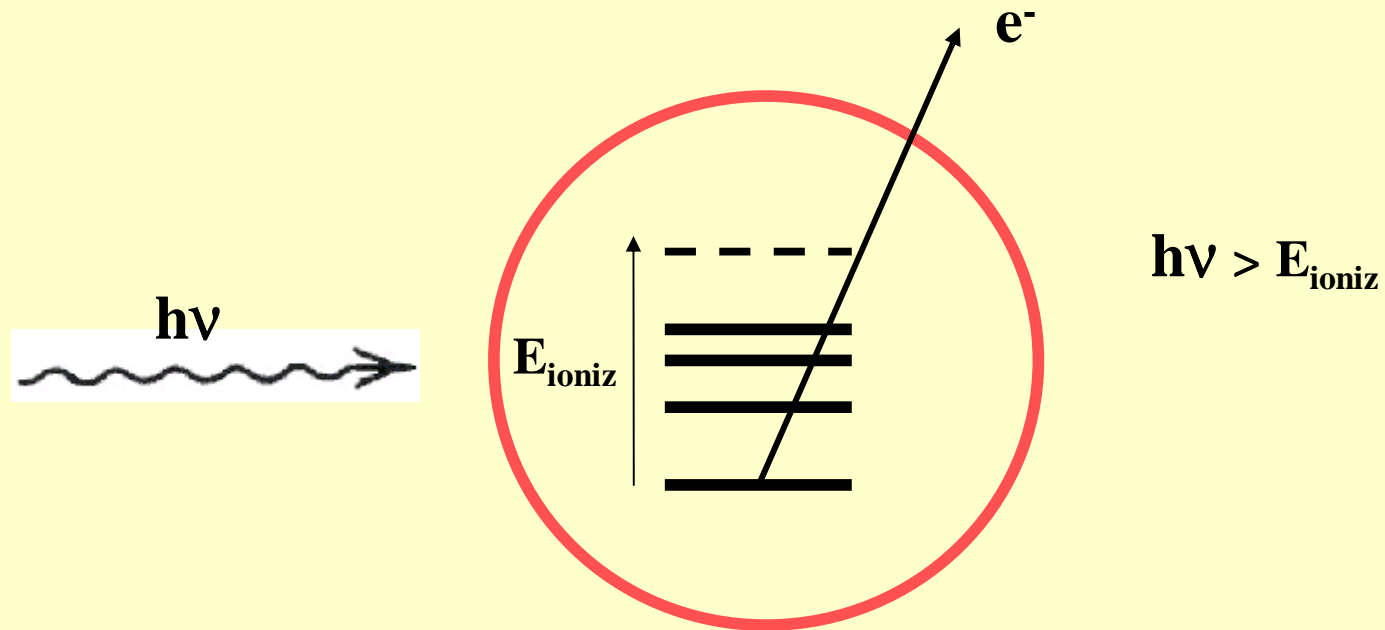
## Processo di assorbimento di un fotone



L'atomo nel livello inferiore assorbe il fotone incidente e si porta nel livello superiore, separato in energia di  $\Delta E$ .

Nel processo, l'energia del fotone  $h\nu$  viene acquisita dall'atomo (per la conservazione dell'energia dev'essere:  $h\nu = \Delta E$ )

# UN ATOMO PERDE UN ELETTRONE E DIVENTA UNO IONE

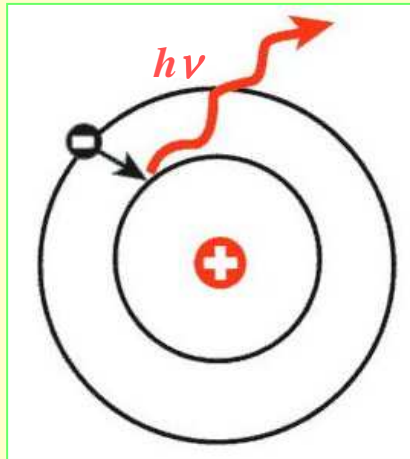


Se l'energia del fotone è maggiore dell'energia di ionizzazione, si può verificare la foto-emissione di un elettrone



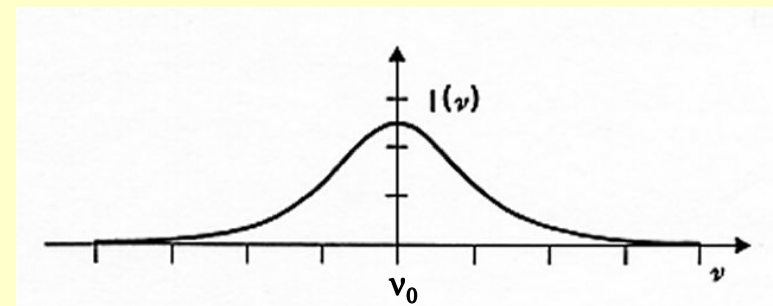
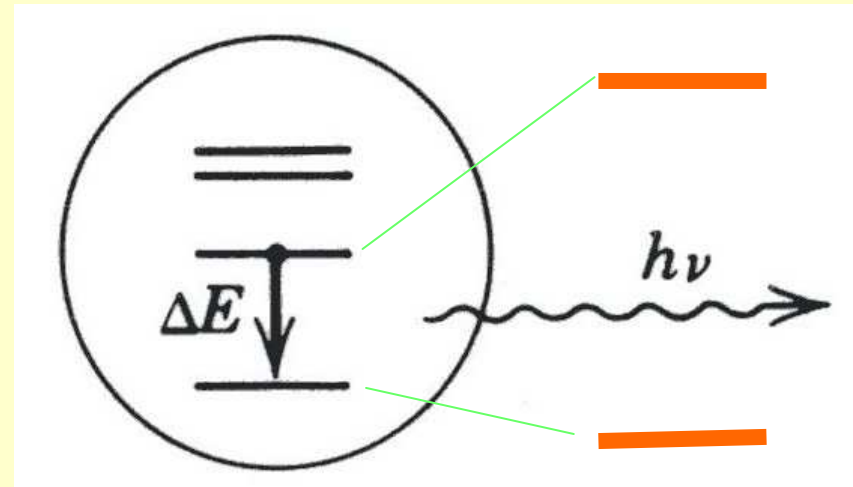
## PROCESSI DI DISECCITAZIONE

### Processo di emissione spontanea di un fotone



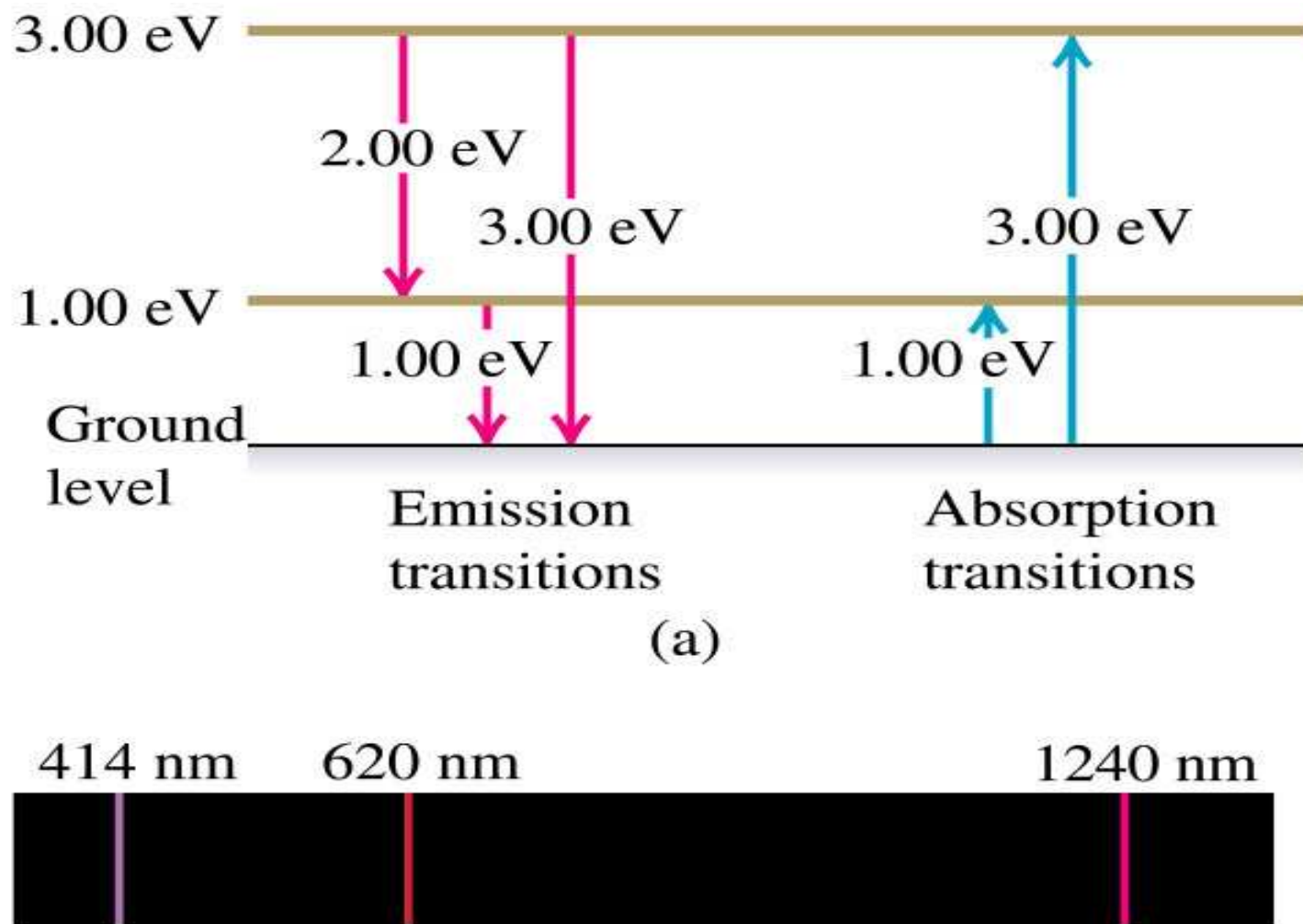
L'atomo nel livello eccitato emette un fotone e si porta nel livello inferiore.

Il processo avviene *spontaneamente*. La direzione del fotone è *casuale* e la sua frequenza è distribuita in una *banda spettrale* di larghezza dell'ordine di 100 MHz.



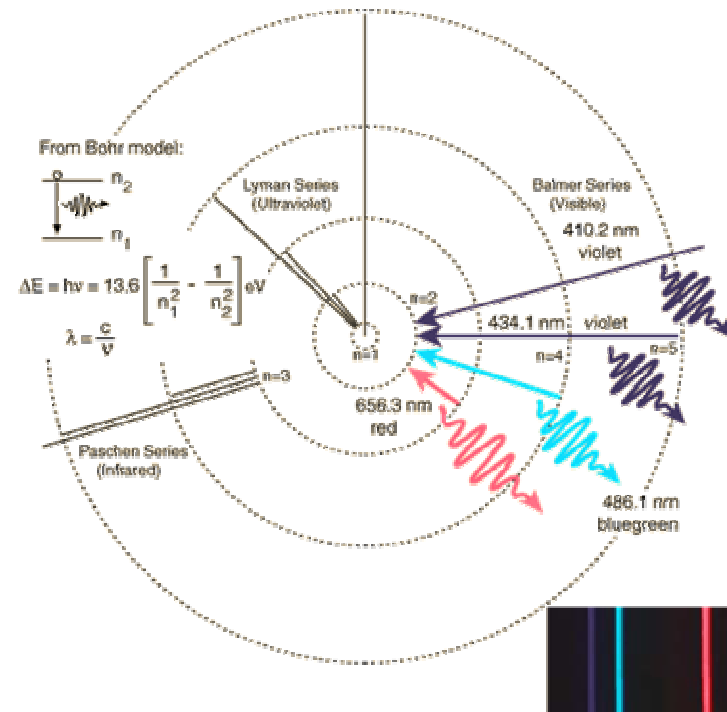
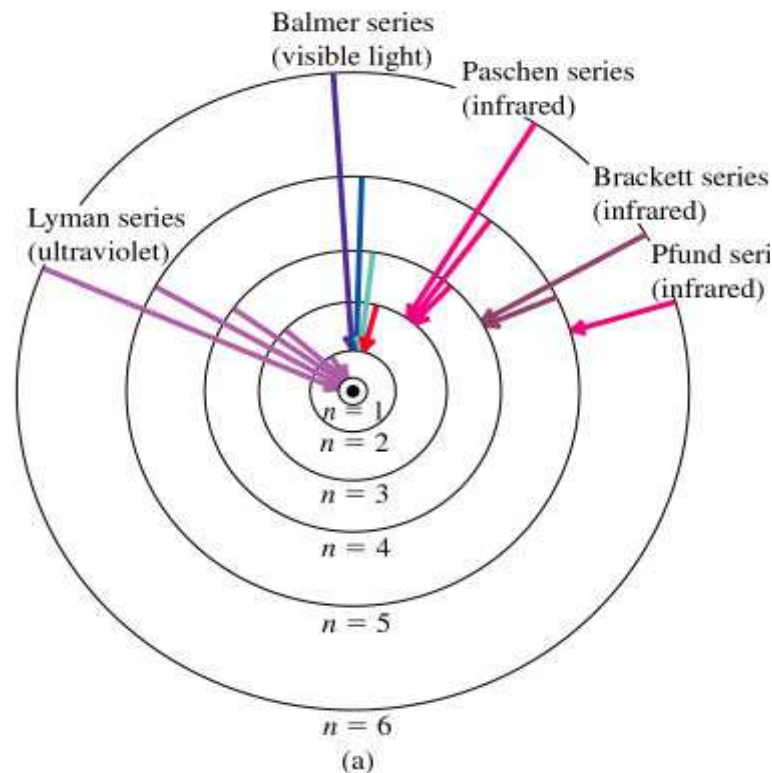
$$h\nu_0 = \Delta E$$

## DISECCITAZIONE DI UN ATOMO LE RIGHE DI EMISSIONE



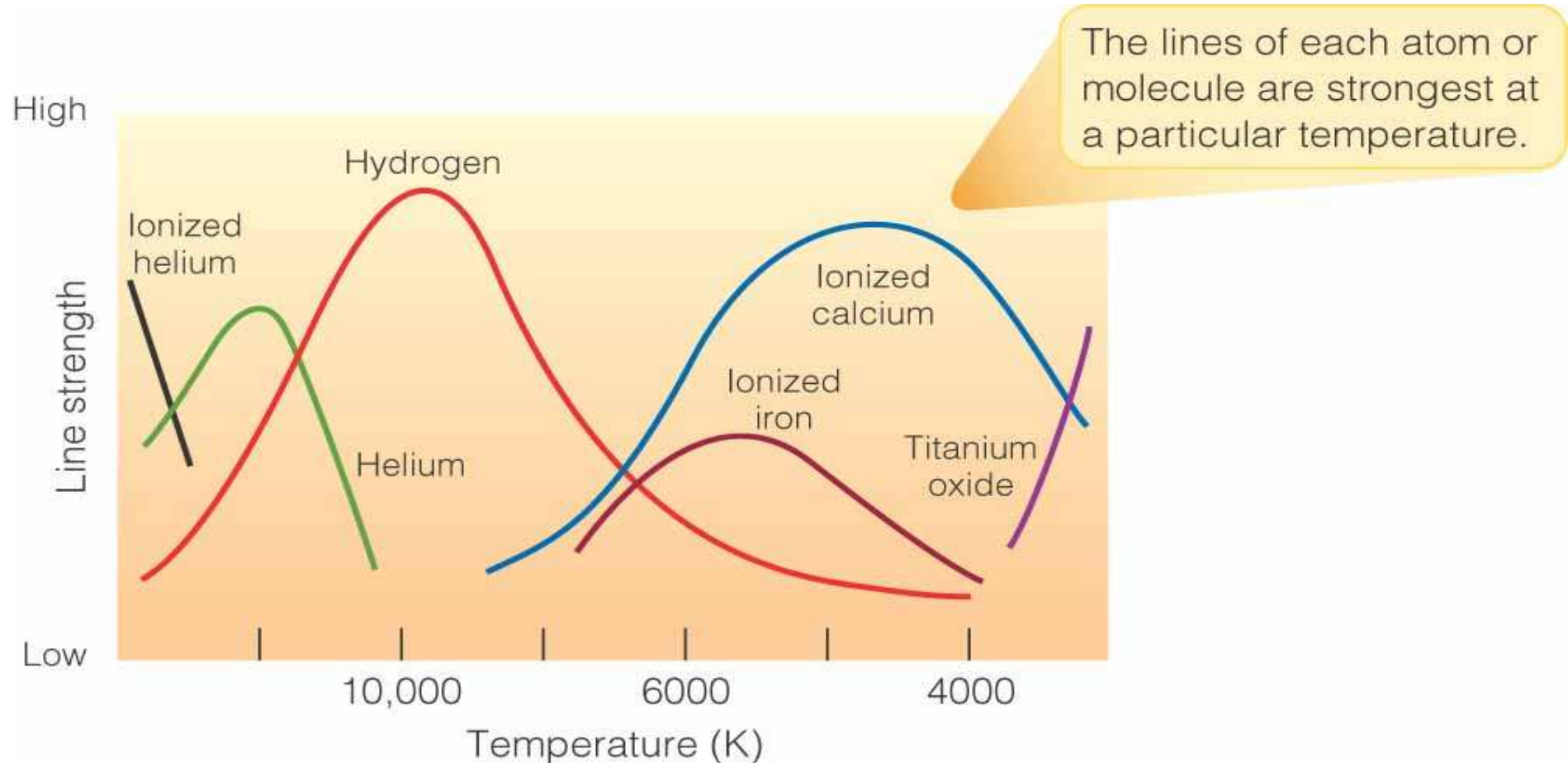
*righe in emissione nello spettro prodotto dai fotoni emessi*

**PRODUZIONE DI SERIE DI RIGHE SPETTRALI**  
**OGNI SPECIE IONICA DI OGNI ATOMO PRODUCE,**  
**PER RICOMBINAZIONE, LE RIGHE E/O LE SERIE DI**  
**RIGHE CHE LO DISTINGUONO DA OGNI ALTRO IONE.**



**LE PRINCIPALI SERIE DELL'IDROGENO PRODOTTE,**  
**PER RICOMBINAZIONE, DALL'IDROGENO IONIZZATO !**

La temperatura e la pressione del gas decidono quali specie ioniche sono più visibili, ovvero quali righe di assorbimento o emissione vedremo meglio nello spettro.

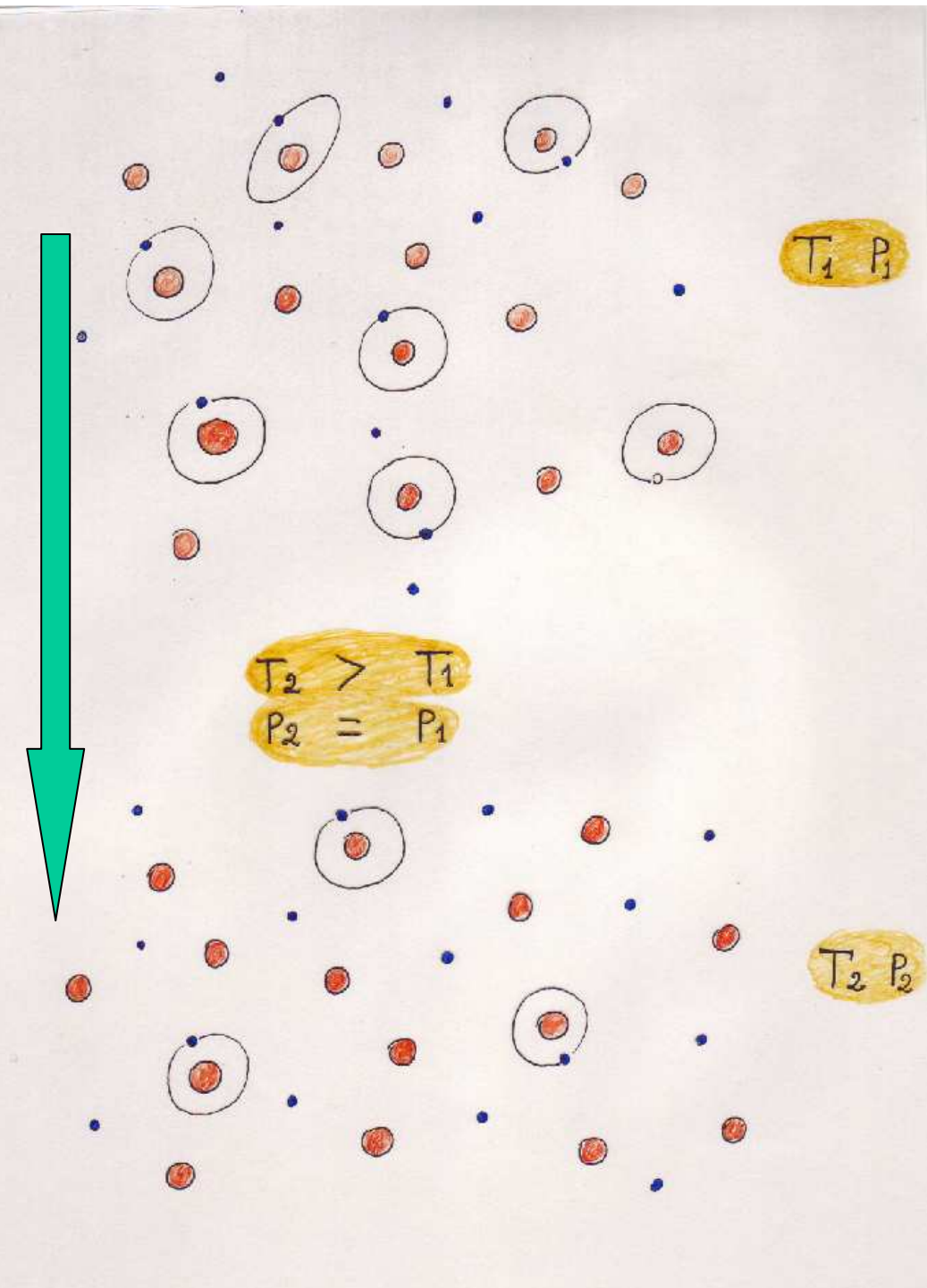


Inoltre, quando un atomo si ionizza (e perde uno o più elettroni) cambiano i livelli energetici dei restanti elettroni e quindi le energie dei fotoni emessi o assorbiti. Cambia dunque lo spettro a righe osservato.

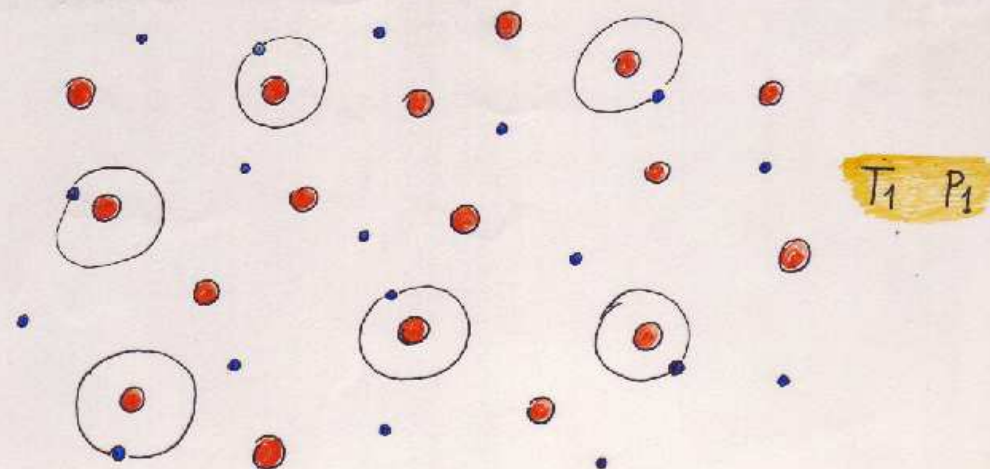


## ***SPIEGAZIONE PRATICA***

**SE AUMENTO LA  
TEMPERATURA,  
OVVIAMENTE,  
LA IONIZZAZIONE  
AUMENTA...**

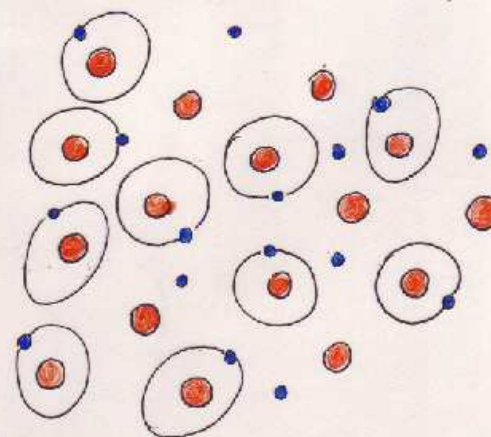


MA LA IONIZZAZIONE  
AUMENTA ANCHE SE  
DIMINUISCO LA  
PRESSIONE ...



$$T_2 = T_1$$

$$P_2 > P_1$$



He

Ne

Ar



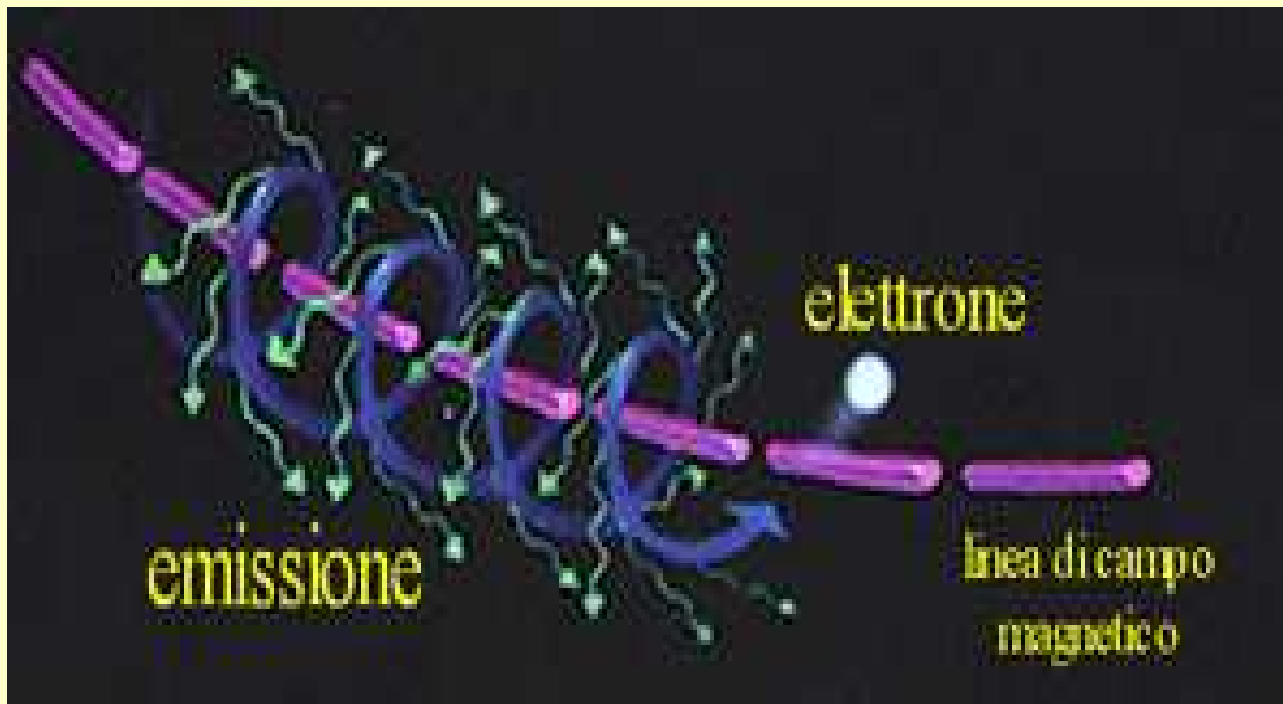
Kr

Xe

## 2. EMISSIONE NON TERMICA

generata da elettroni con velocità confrontabili a quella della luce e accelerati dalla presenza di un **campo magnetico** in cui si manifestano effetti dovuti alla teoria della relatività;

### RADIAZIONE DI CICLOTRONE



**PAUSA**



