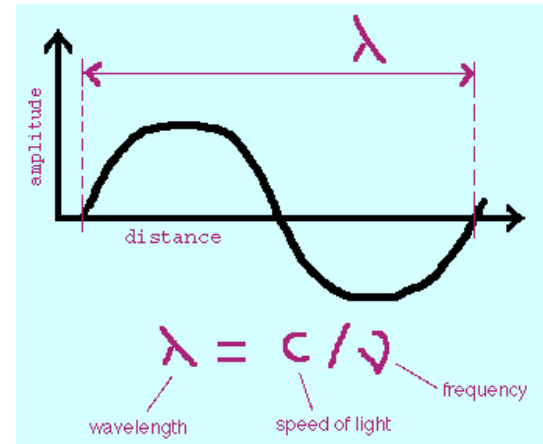
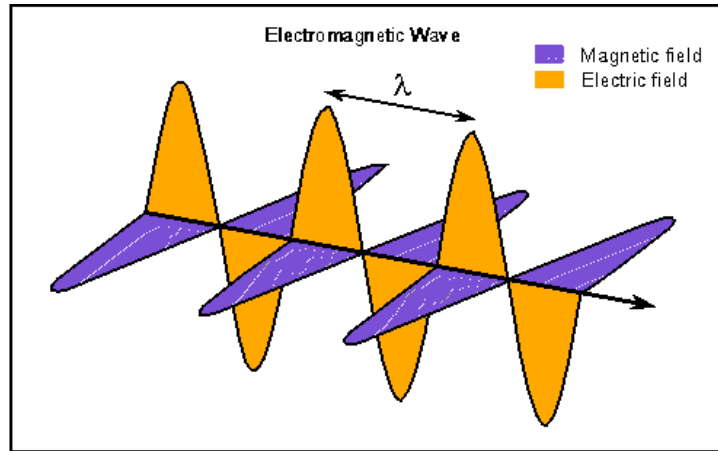


Tema 2: Propiedades y medición de la radiación electromagnética

- Espectro de la radiación electromagnética
- Conceptos básicos para la medición:
 - Densidad de flujo
 - Luminosidad
 - Intensidad
 - Brillo superficial
 - Magnitud aparente y absoluta
- Mecanismos de radiación:
 - Líneas espectrales de átomos y moléculas
 - Cuerpo negro
 - Otros

La "doble naturaleza" de la luz

1) La luz es **radiación electromagnética**. Tiene propiedades de **onda** que es caracterizada por su frecuencia (o longitud de onda)



Velocidad de la luz
en el vacío es una
constante:
 $c \approx 300\,000 \text{ km/s}$

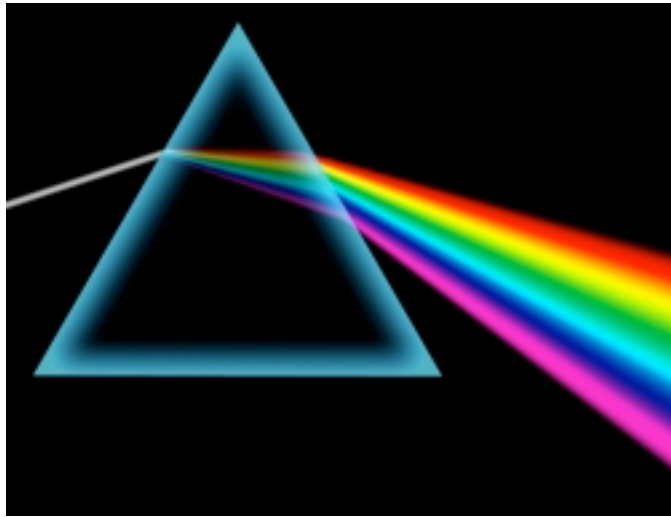
2) La luz también tiene propiedades de partículas. Las partículas de la luz son **fotones**. Su energía, **E**, se relaciona con la frecuencia, **ν** , como:

$$E = h \nu = h c / \lambda$$

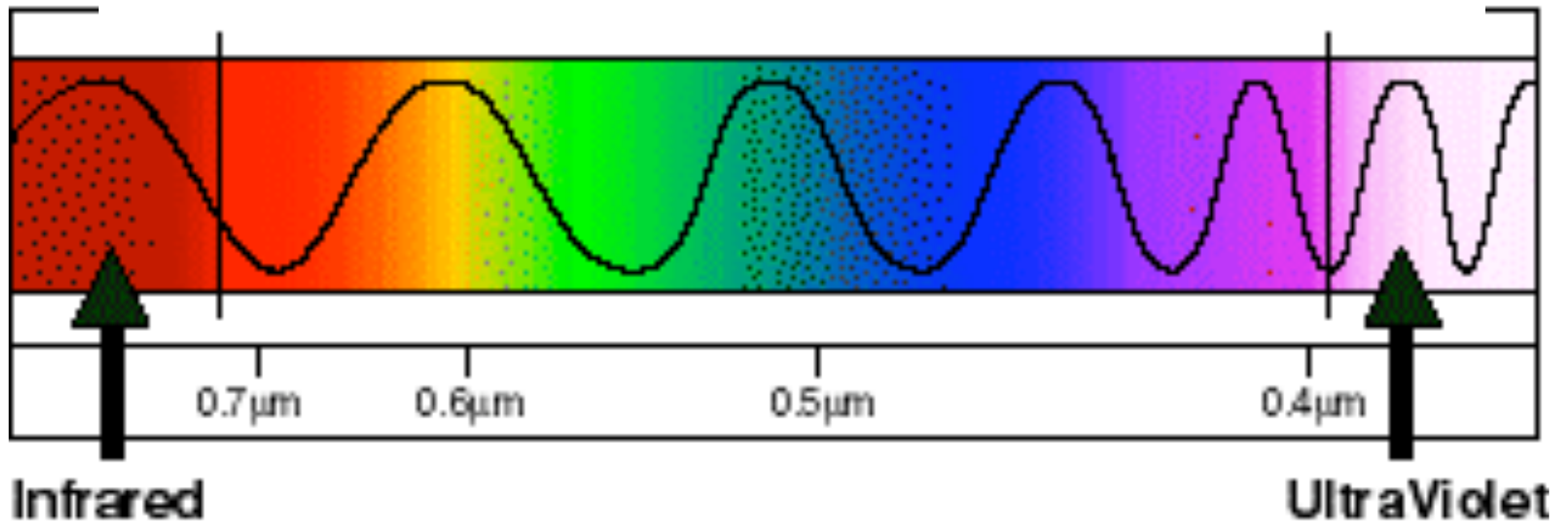
(donde h es la constante de Planck, $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$)

- Longitud de onda larga (frecuencia baja) → baja energía
- Longitud de onda corta (frecuencia alta) → alta energía

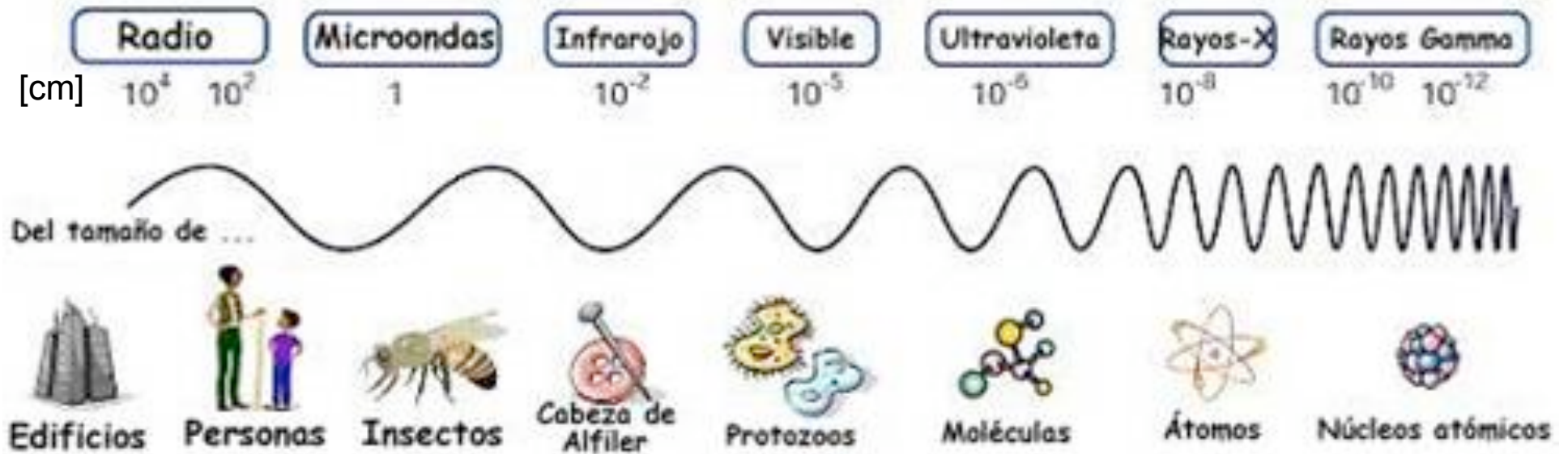
La mecánica cuántica explica estas dos aspectos de la naturaleza en una teoría.



Espectro electromagnético visible

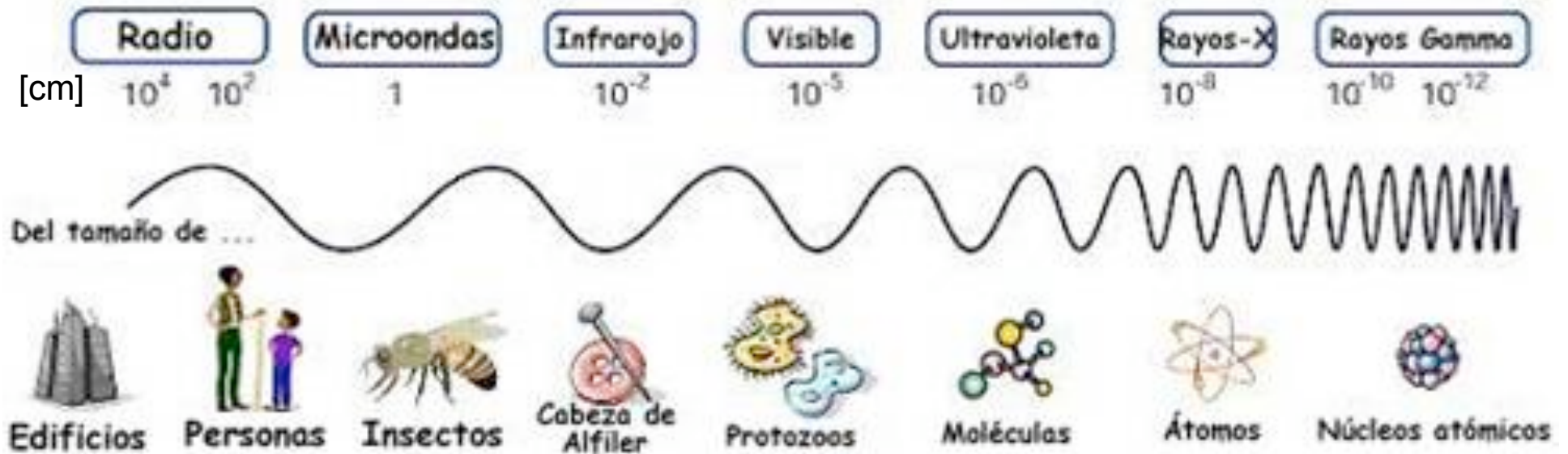


Espectro electromagnético entero



¿Qué se puede observar en cada longitud de onda?

Espectro electromagnético entero



Gas y partículas frías

Hidrógeno atómico Polvo interestelar

Moléculas

Estrellas
Gas caliente

Gas muy caliente

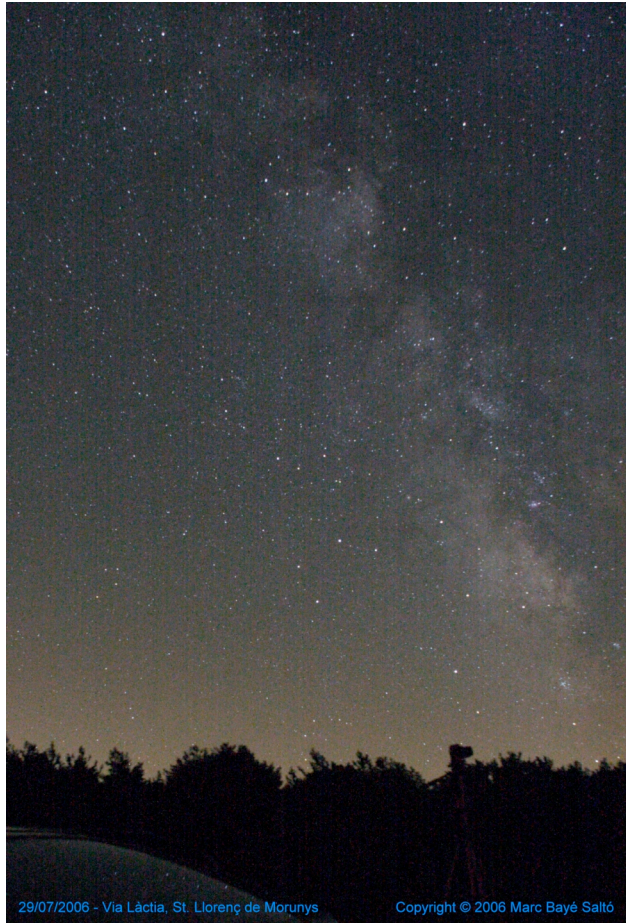
Procesos relativistas:

- estrellas de neutrones
- agujeros negros

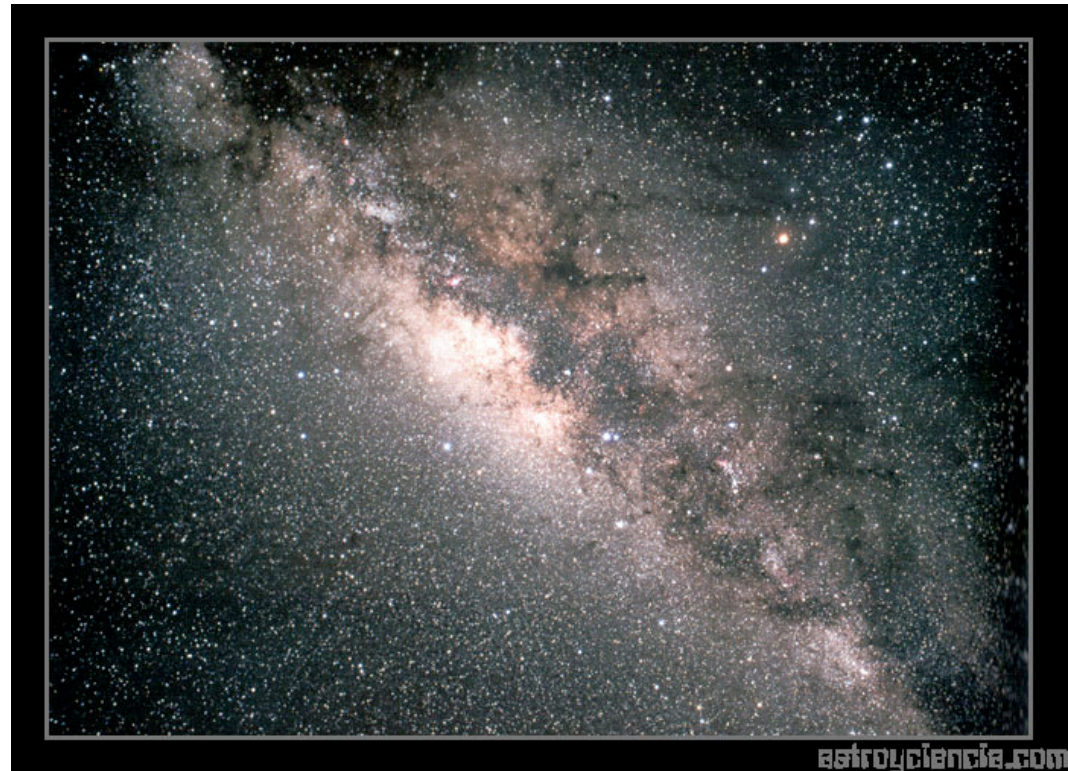
.....

Observamos la Vía Láctea

En el óptico vemos estrellas, zonas oscurecidas por el polvo interestelar y gas ionizado.



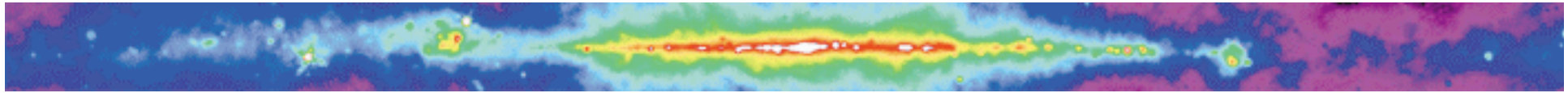
Visto desde la hemisferia norte



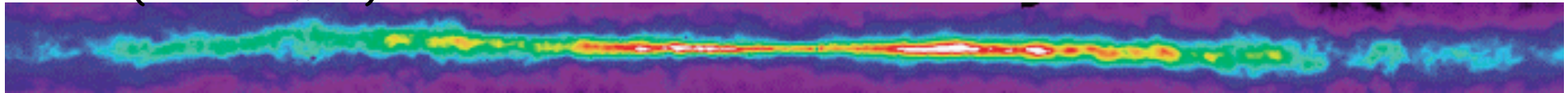
...y de la hemiferia sur

La Vía Láctea en.....

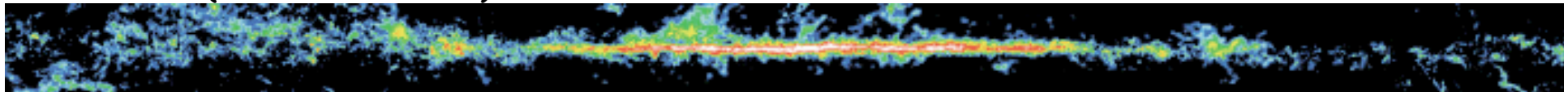
Radio



Radio (Gas atómico)



Radio mm (Gas molecular)



Óptico



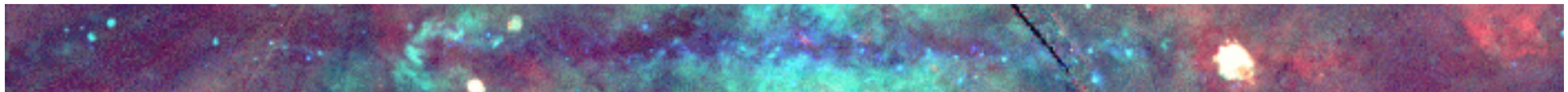
Infrarrojo cercano



Infrarrojo lejano



Rayos X



Espectro electromagnético entero



Gas y partículas frías

Hidrógeno atómico

Polvo interestelar

Moléculas

Estrellas

Gas caliente

Gas muy caliente

Procesos relativistas:

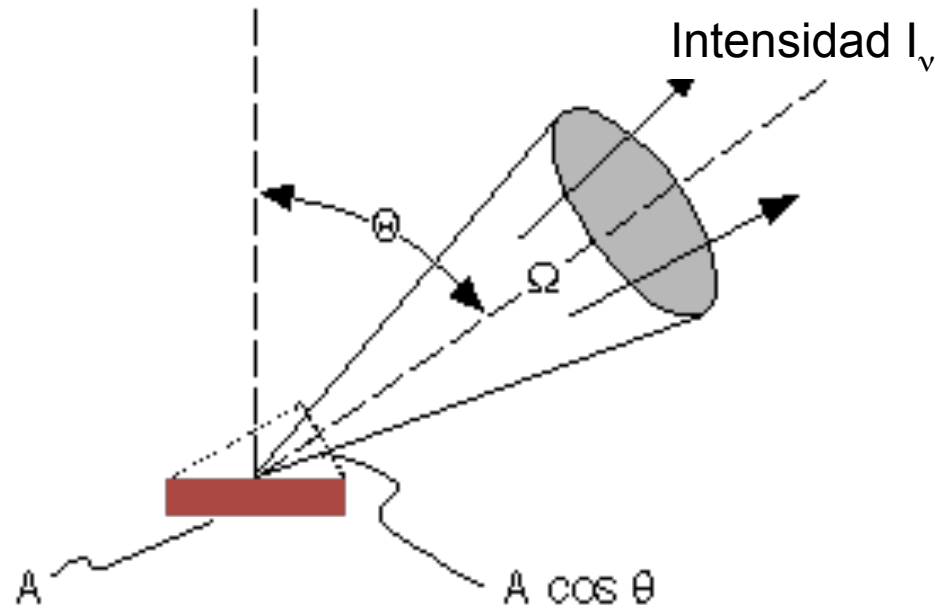
-estrellas de neutrones

-agujeros negros

Conceptos básicos para la medición:

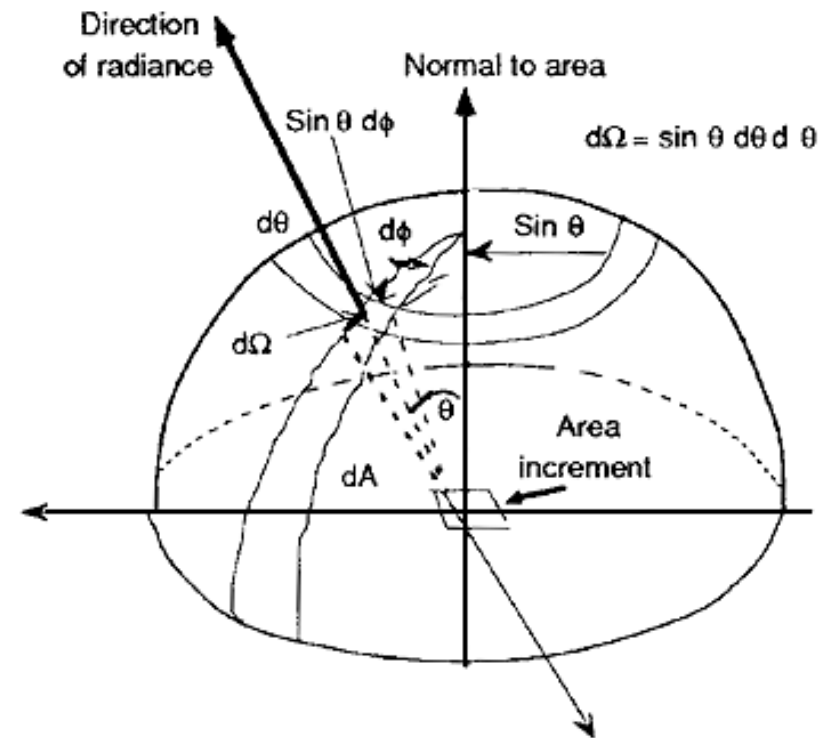
- Densidad de flujo: F
- Luminosidad: L
- Intensidad: I
- Brillo superficial: μ
- Magnitudes aparentes y absolutas (otra forma de expresar el flujo y luminosidad)

Intensidad



$$I_v = \frac{dE_v}{dA \cos(\Theta) d\omega dv dt}$$

ángulo sólido



Brillo superficial



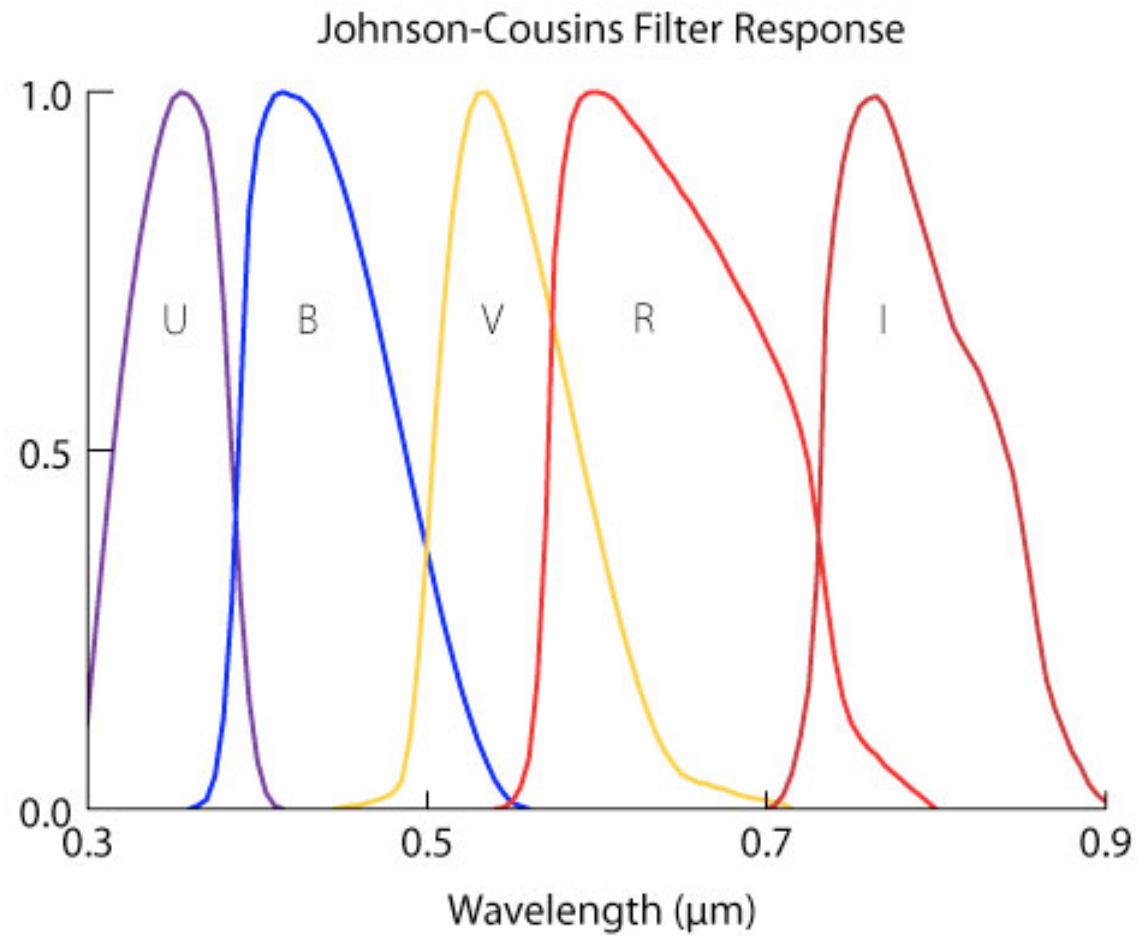
Leo I: galaxia enana de bajo brillo superficial



Galaxia M101 de alto brillo superficial

Brillo superficial no depende de la distancia (mientras objeto sigue extendido)

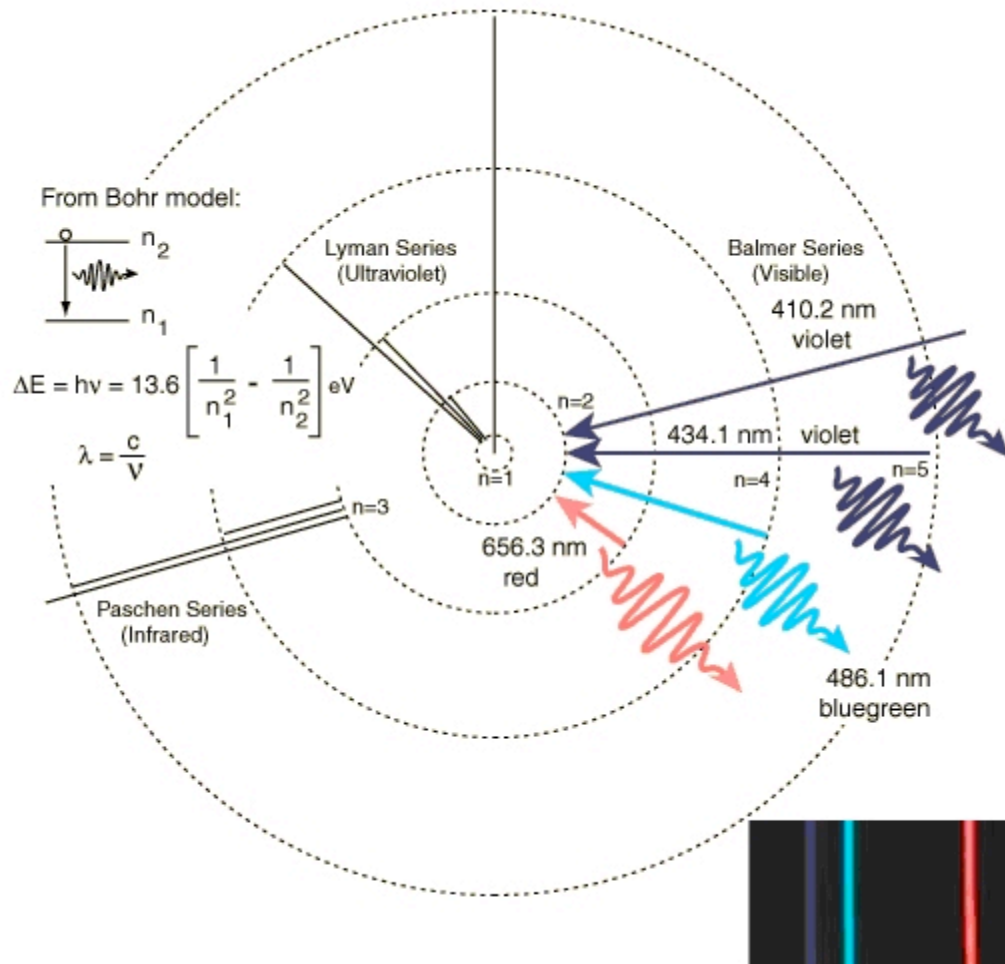
Filtros en el sistema Johnson-Cousin



Mecanismos de radiación

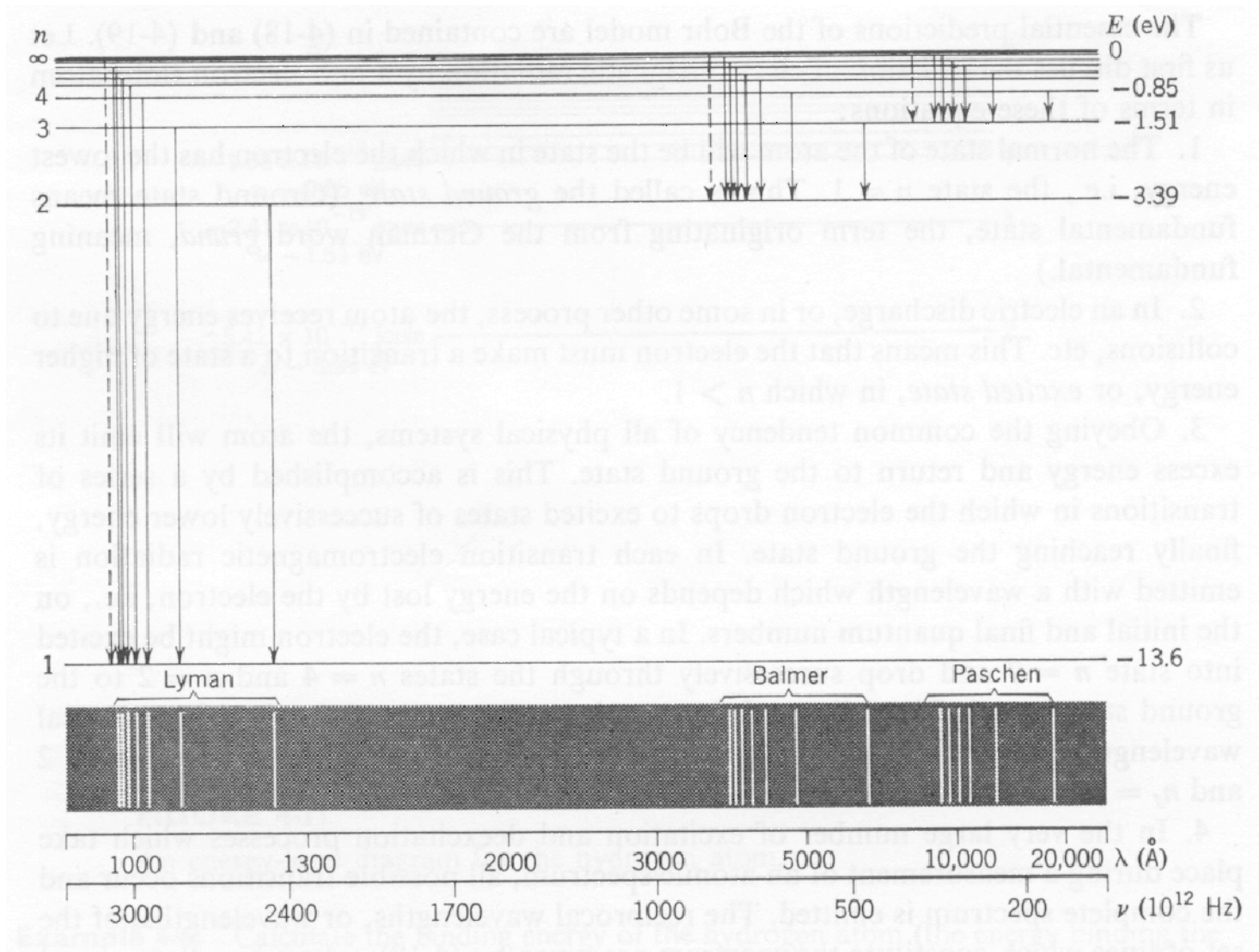
- Líneas espectrales de átomos y moléculas
- Cuerpo negro
- Otros:
 - Radiación sincrotrón
 - Emisión radio térmica

Espectros: Ejemplo de H



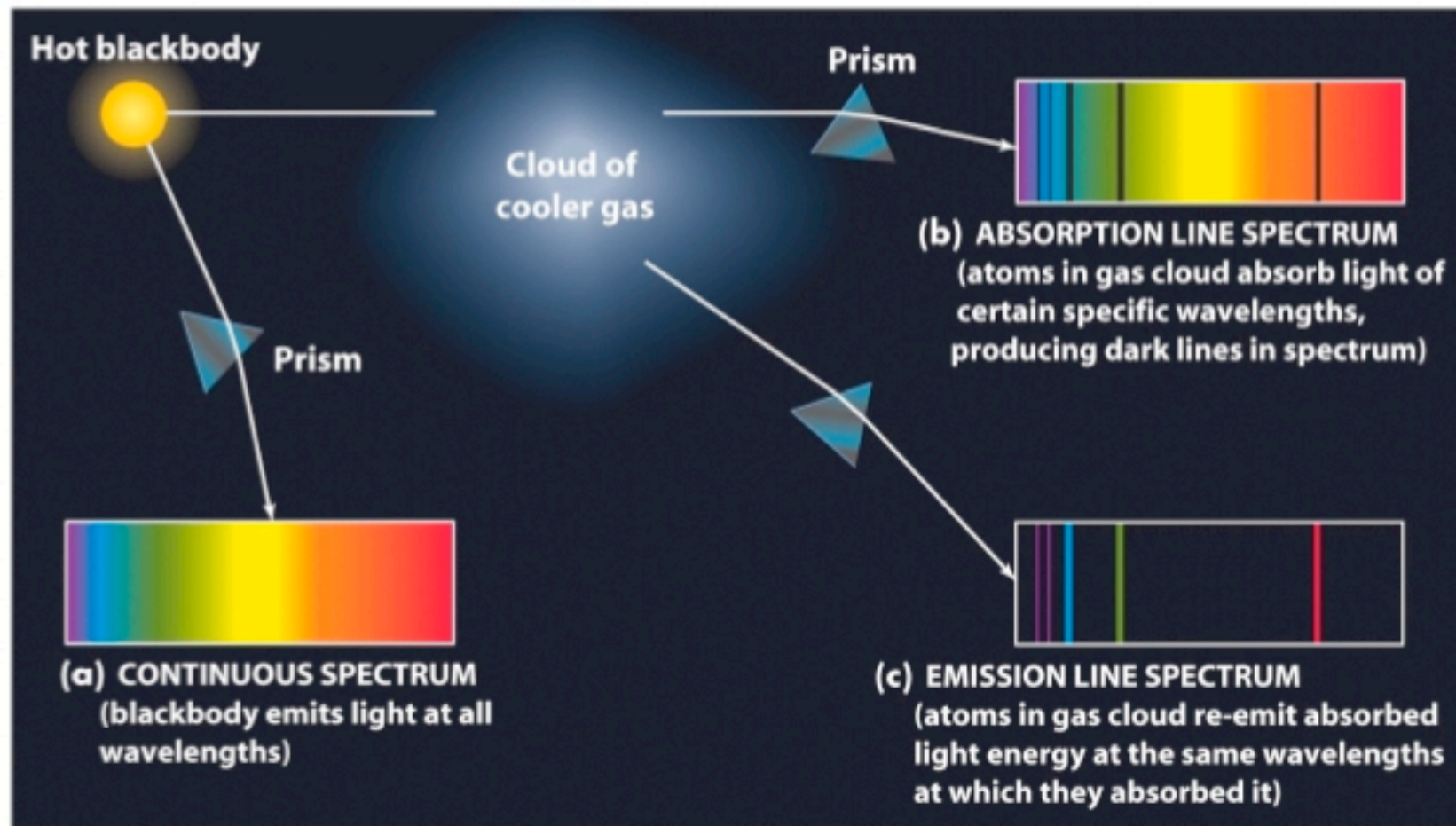
- En moléculas y átomos electrones de la envoltura pueden estar en diferentes niveles energéticos discretas
- Si pasan de un nivel a otro emiten/absorben la diferencia de energía en un fónon:

$$dE = h \nu$$

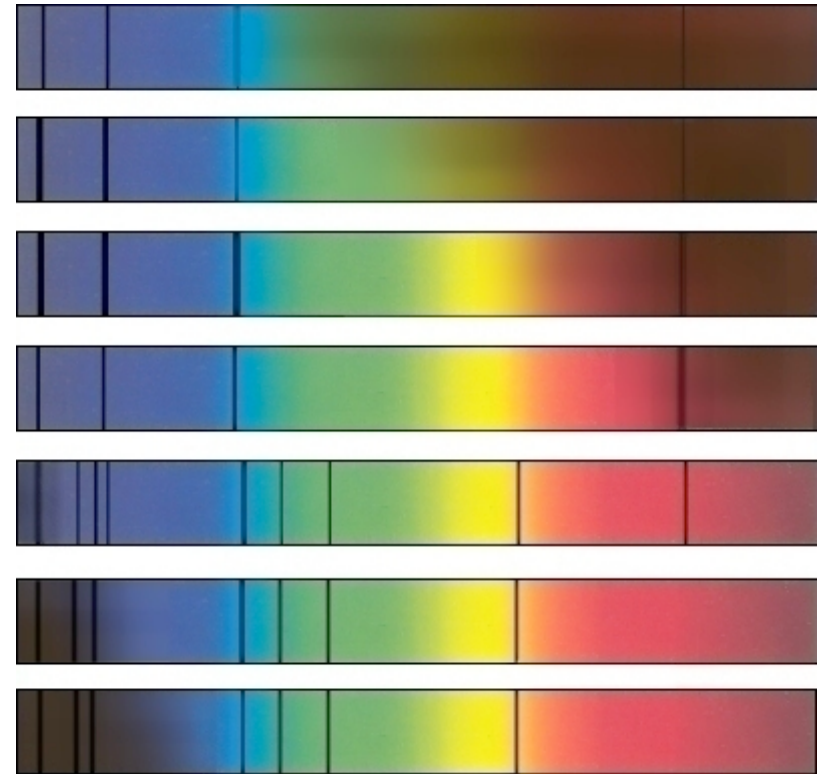
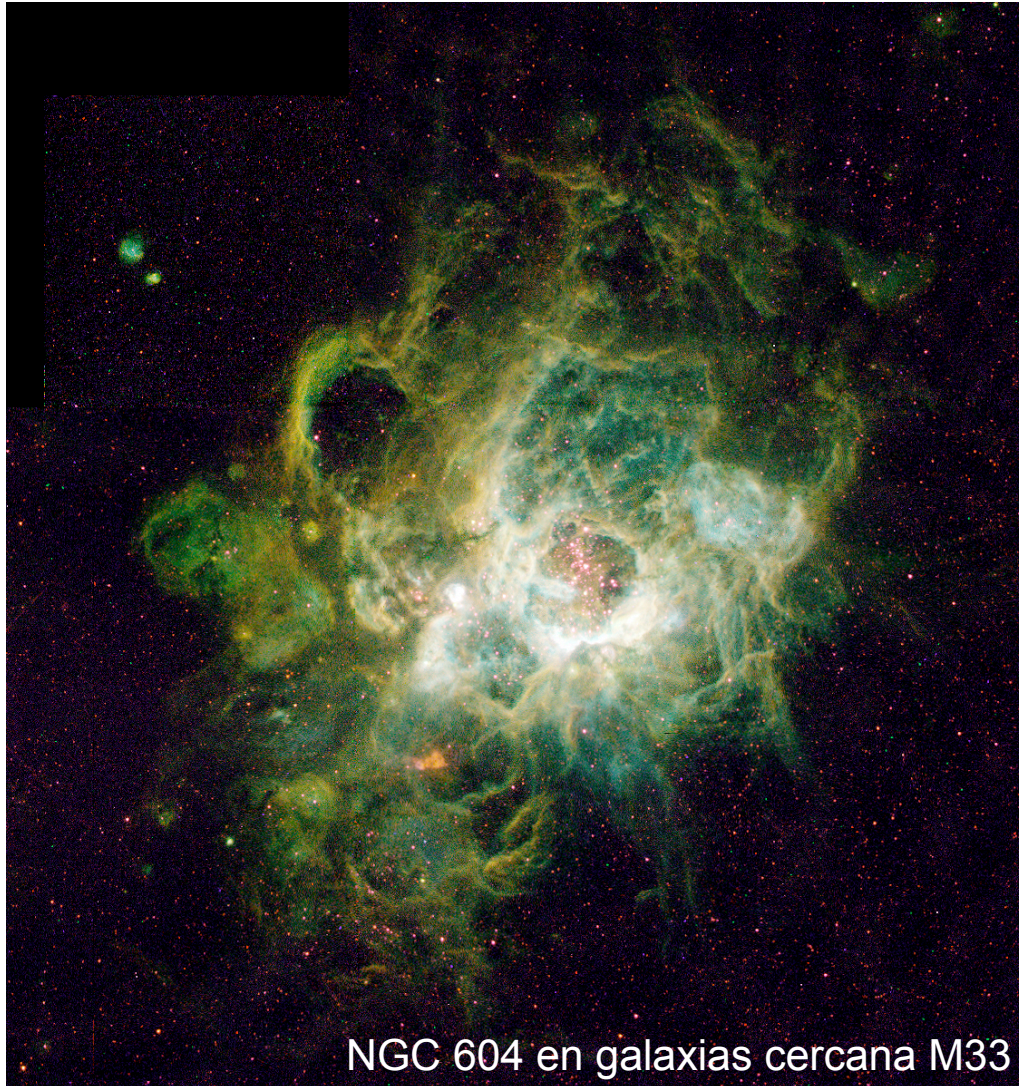


Espectro de hidrógeno: consiste de diferentes series (Lyman, Balmer, Paschen ...)

Líneas de emisión, de absorción y emisión continua



Ejemplos



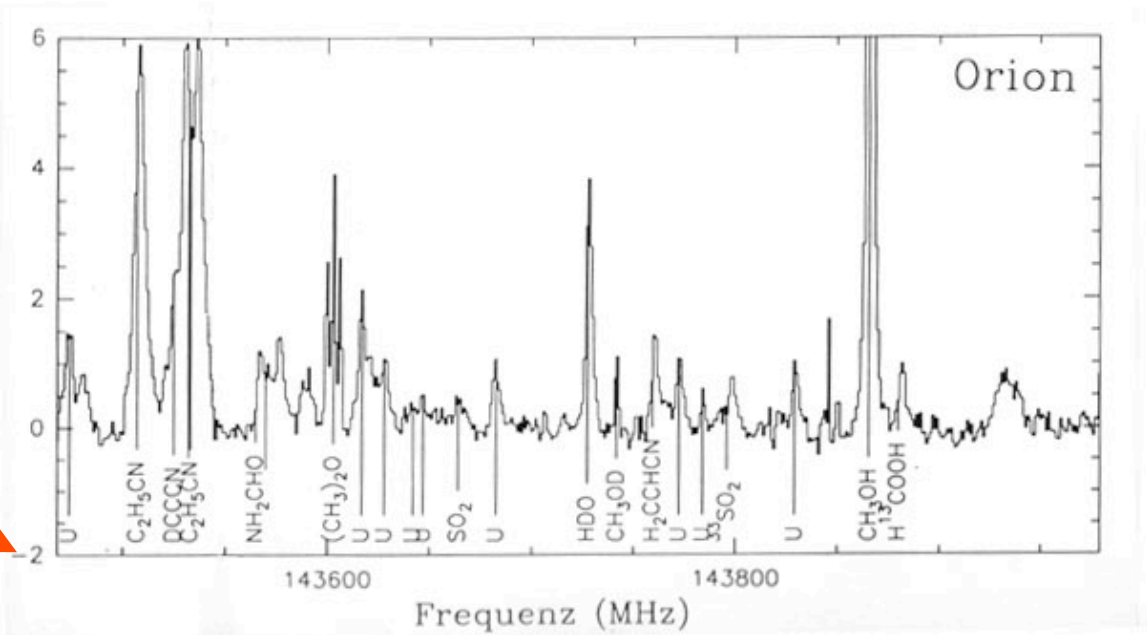
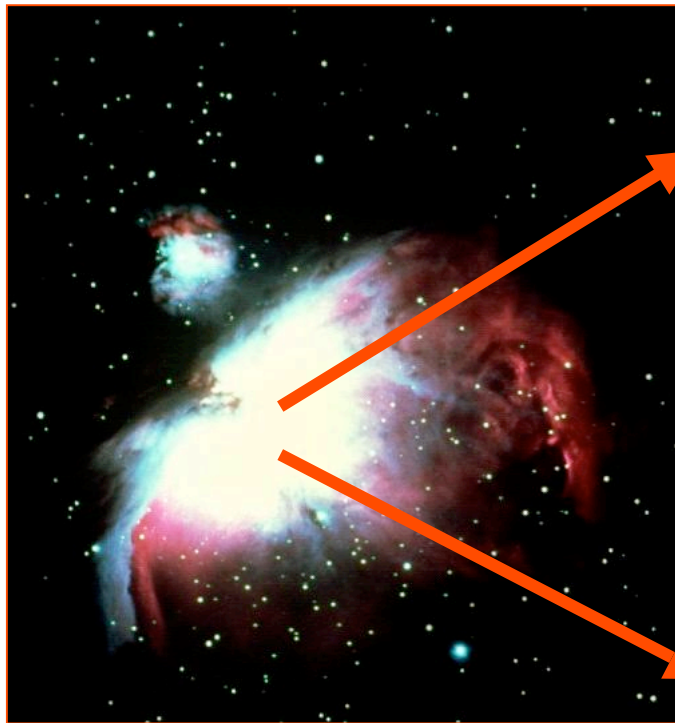
Clasificación de estrellas

Estudio de región de gas ionizado
alrededor de estrella masivas (regiones
HII)

Espectros de moléculas

- Aparte de estas transiciones electrónicas, las moléculas tienen dos tipos de transiciones más:
 - Transiciones vibracionales
 - Transiciones rotacionales
 - También se cumple: $dE = h \nu$ donde dE es la diferencia de energía entre los niveles
 - Energías son más bajas:
 - Transiciones electrónicas: IR \rightarrow UV
 - Transiciones vibracionales: IR
 - Transiciones rotacionales: milimétrico
 - Ventajas de las transiciones rotacionales:
 - Se exciten más fácilmente \rightarrow se traza gas frío
 - No sufren extinción interestelar
- \rightarrow La única forma (junto con la emisión del polvo) que tenemos para observar zona muy jóvenes de formación estelar

Ejemplo: Moléculas en en la nube de formación estelar de Orion



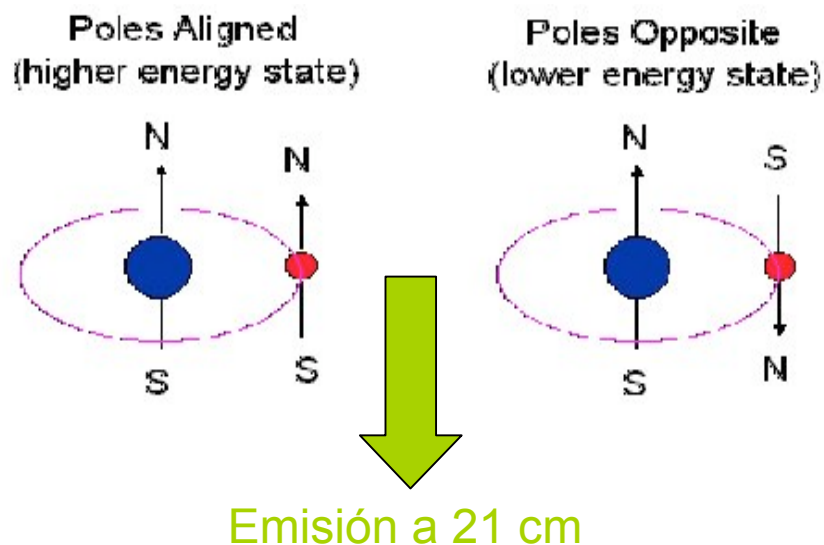
Muchas líneas, permite hacer "astroquímica"

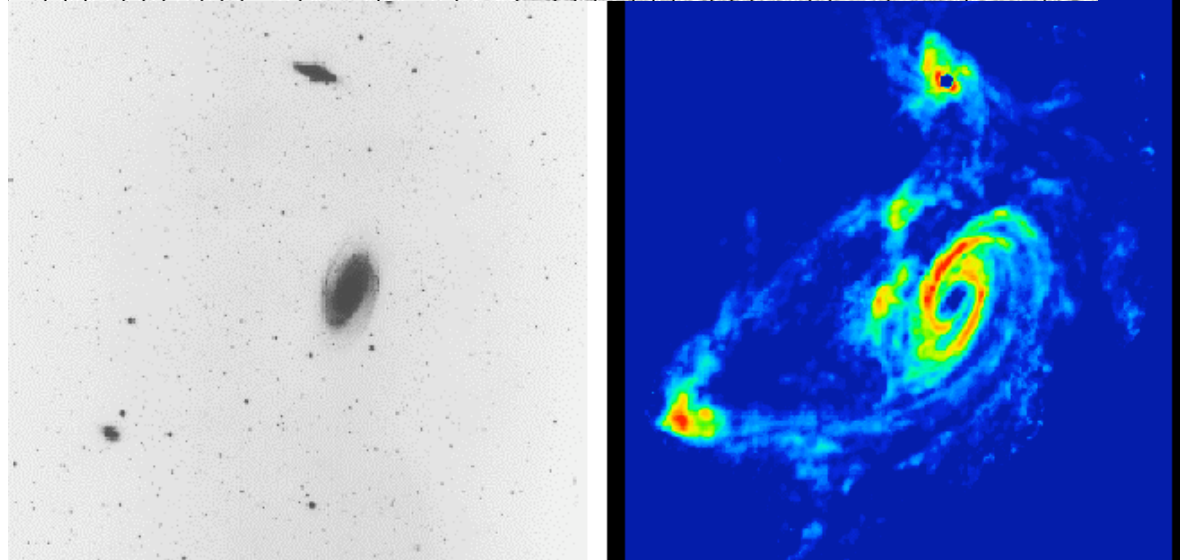
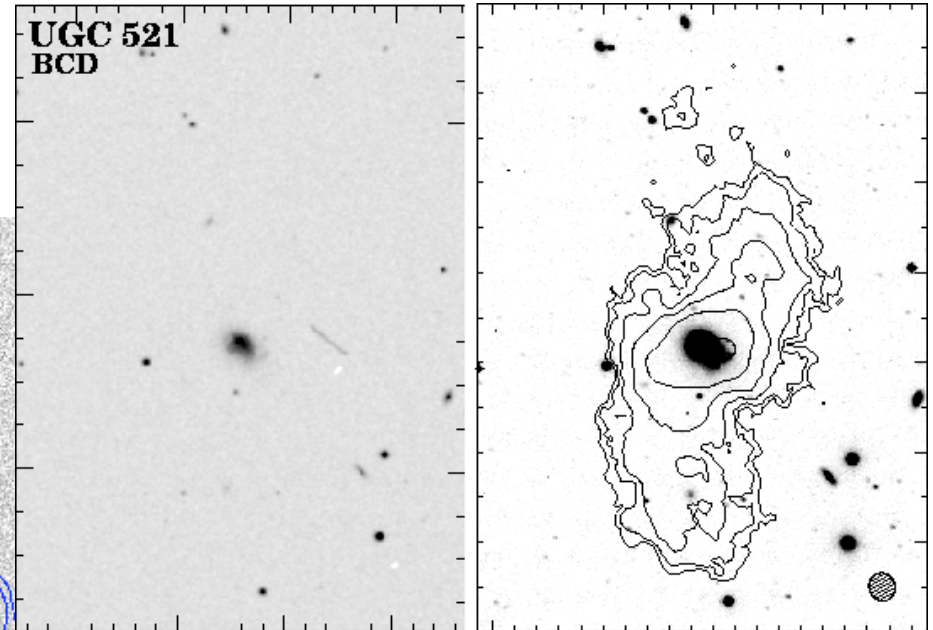
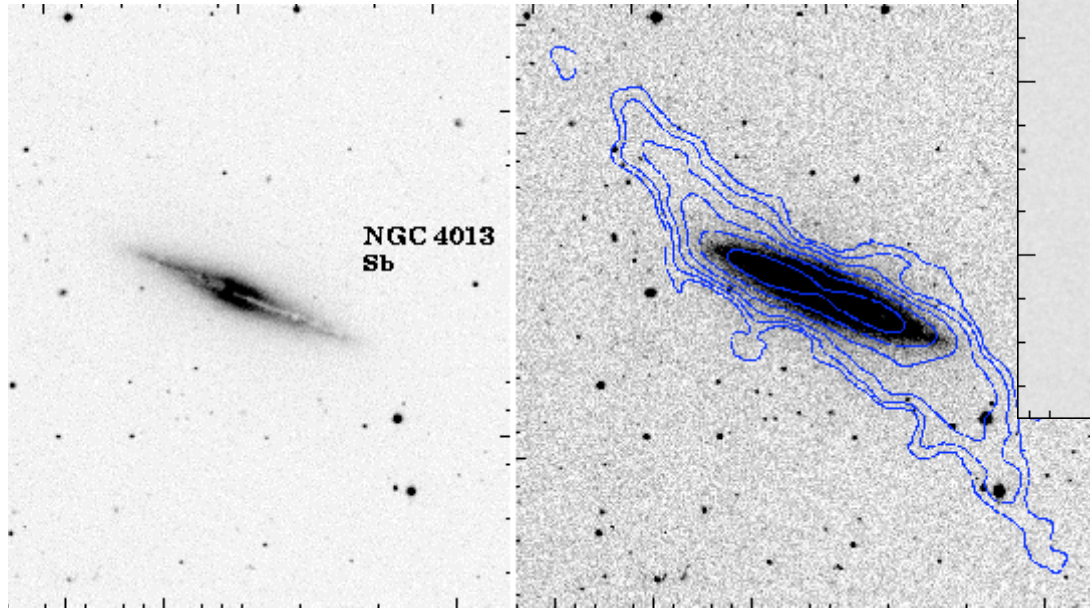
También hay líneas no identificadas

(Mauersberger et al. (Pico Veleta))

Emisión espectral de hidrógeno atómica

- 1945: Hendrik van der Hulst predijo que átomos de hidrógeno iban a emitir una línea a **21 cm** debido a energía liberado con cambio de espín relativo de protón y electrón.
- En un átomo individual: Esta transición pasa cada millón de años
- 1951: Primera observación de la línea de 21cm





Imágenes en HI pueden ser
muy diferentes de
imágenes en el visible

Información que nos dan las líneas

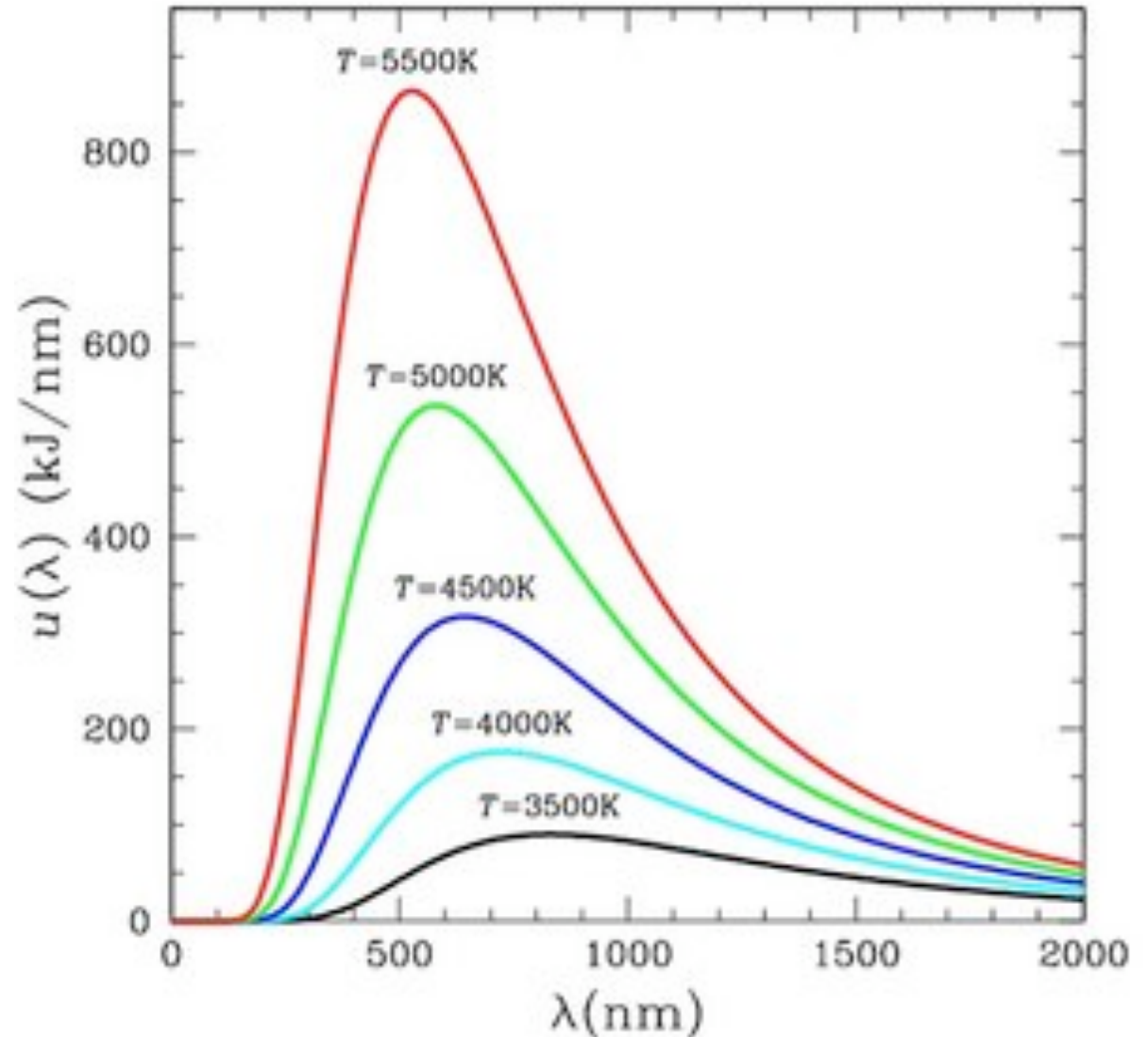
- Frecuencia/patrón de líneas: Qué átomos/moléculas hay
- Frecuencia observada de una línea conocida: con el efecto Doppler → velocidad de la fuente:
 - Determinar distancia a través del corrimiento al rojo
 - Movimiento del gas:
 - Curvas de rotación de galaxias
 - Determinación de discos en rotación
 - Movimiento de estrellas, p.e. estrellas binarias espectroscopicos
- Forma de la línea:
 - Desanchamiento: Debido al efecto Doppler (temperatura, movimiento propio, presión)
 - Asimetrías (sobre todo en HI)

Emisión de cuerpo negro

Cuerpo negro: Cuerpo que absorbe toda la radiación que entra. Es un absorbente “perfecto” (y también es un emisor perfecto).

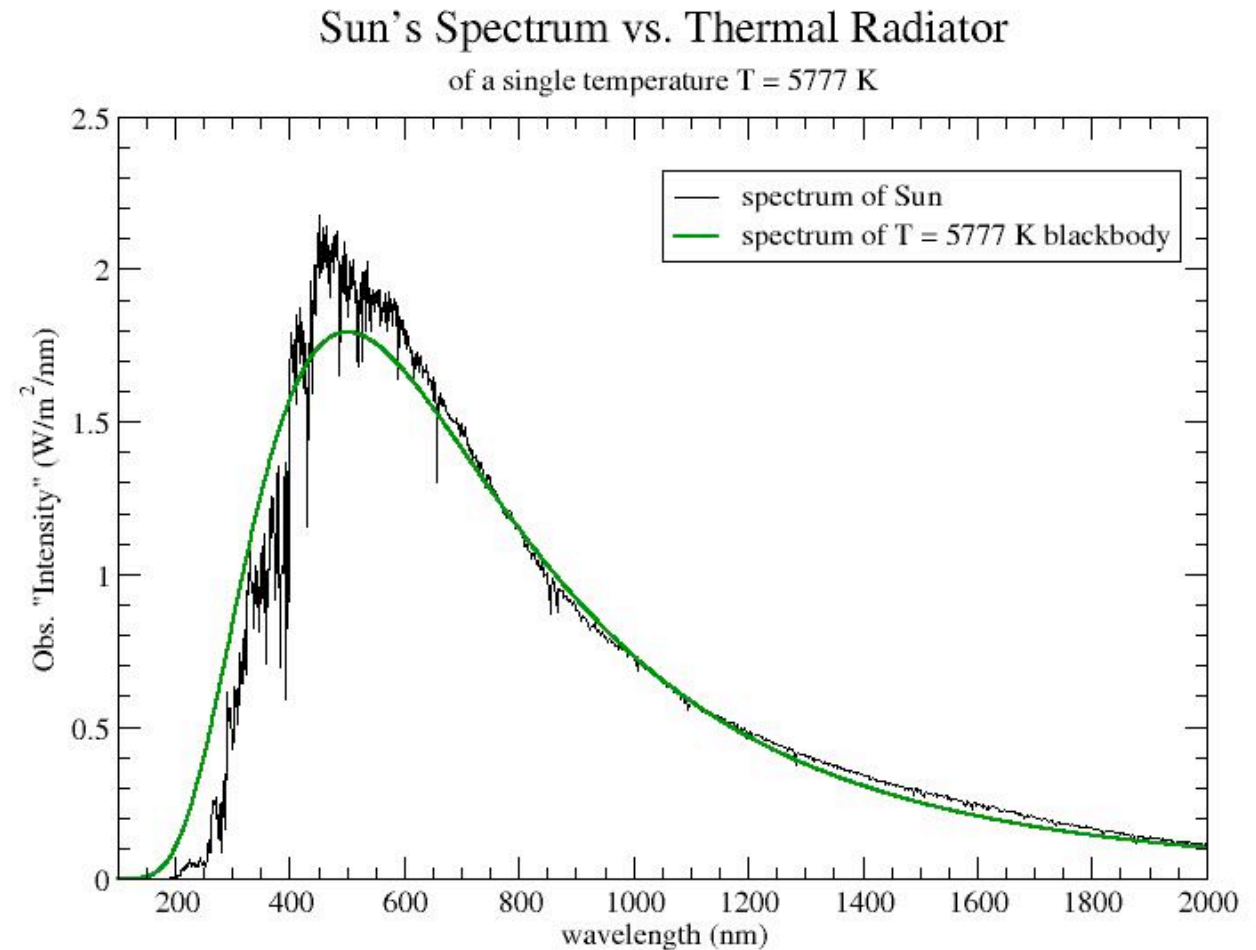
Los fotones que emite están en equilibrio termodinámico (la emisión se llama también “emisión térmica”)

El espectro depende solamente de la temperatura.



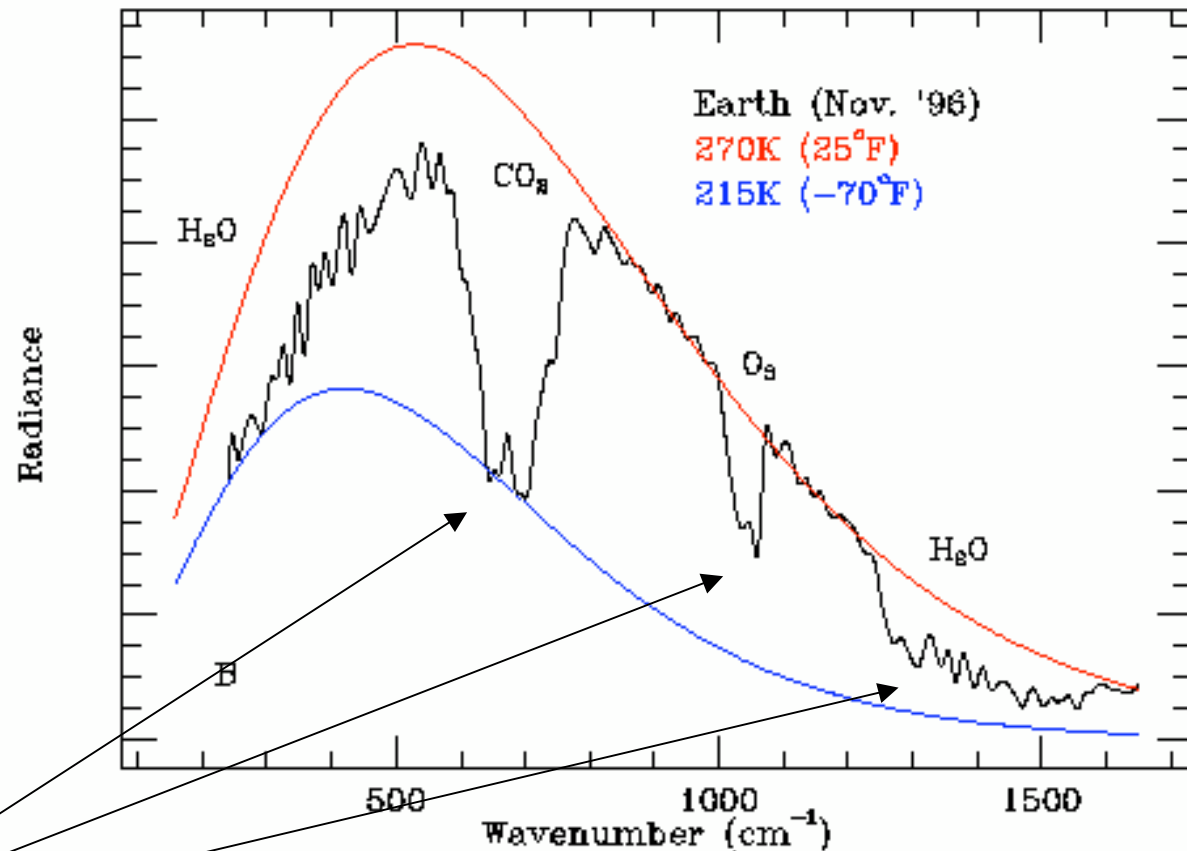
El sol como cuerpo negro

El sol está en una buena (aunque no perfecta) aproximación un cuerpo negro. La radiación que entraría en la superficie, la absorbería.



La tierra como un cuerpo negro

No se un cuerpo negro perfecto, pero se puede aproximar relativamente bien



Bandas de absorción

Otros cuerpos como cuerpos negro

- Cualquier cuerpo que es suficientemente opaco (absorbente) es en “buena” aproximacion un cuerpo negro.

