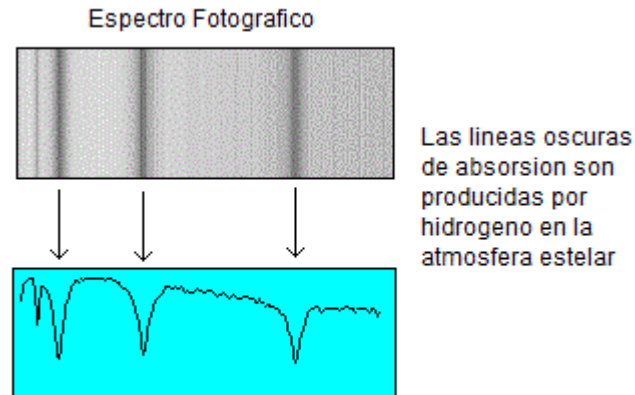


## Espectroscopia:

Readings: Schneider & Arny: Units 23, 24

La cantidad de energía emitida por las estrellas se determina midiendo su brillo o en este caso la cantidad de luz que emiten. Esto es lo que los astrónomos denominan como [fotometría](#). Sin embargo, dos acontecimientos importantes ampliaron nuestra comprensión de la composición química de las estrellas. Estos fueron:

- La invención del espectroscopio, un artefacto que separa la luz blanca en sus componentes de color, a este arreglo de colores lo llamamos espectro.
- El descubrimiento que los elementos emiten un único espectro, (un espectro por elemento) y por lo tanto producen una única huella digital química en el espectro.



Perfil de la intensidad de la línea (Line Intensity Profile)

Los dos descubrimientos combinados, produjeron un nuevo campo llamado Espectroscopia, lo cual permitió a los astrónomos medir por primera vez la composición química de las estrellas.

✧ Tres Líderes en este campo fueron:

[Fraunhofer](#) quien, a principios de 1800's, magnificó (hizo un aumento o amplió la imagen) del espectro del Sol y descubrió en este espectro líneas espectrales.



[Kirchhoff](#) que, en la década de mediados de 1800, desarrolló las tres leyes del análisis espectroscópico las cuales, a su vez, se utilizan para determinar la composición química del Sol y las estrellas.

[Lockyer](#) que, a finales de los años 1800, descubrió un elemento desconocido en el Sol, más tarde llamado helio (*helios: del sol*).

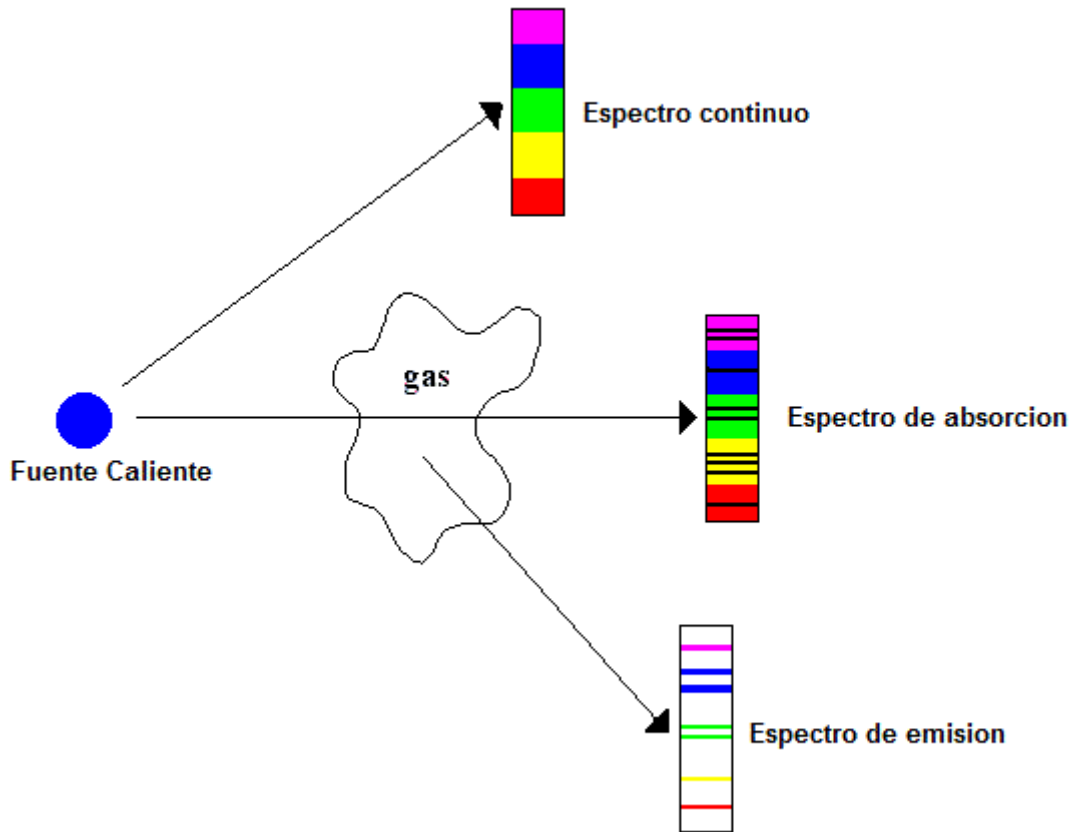


Helium

✧ Las leyes de Kirchhoff:

[Kirchhoff](#) demostró que hay tres tipos de espectros emitidos por los objetos:

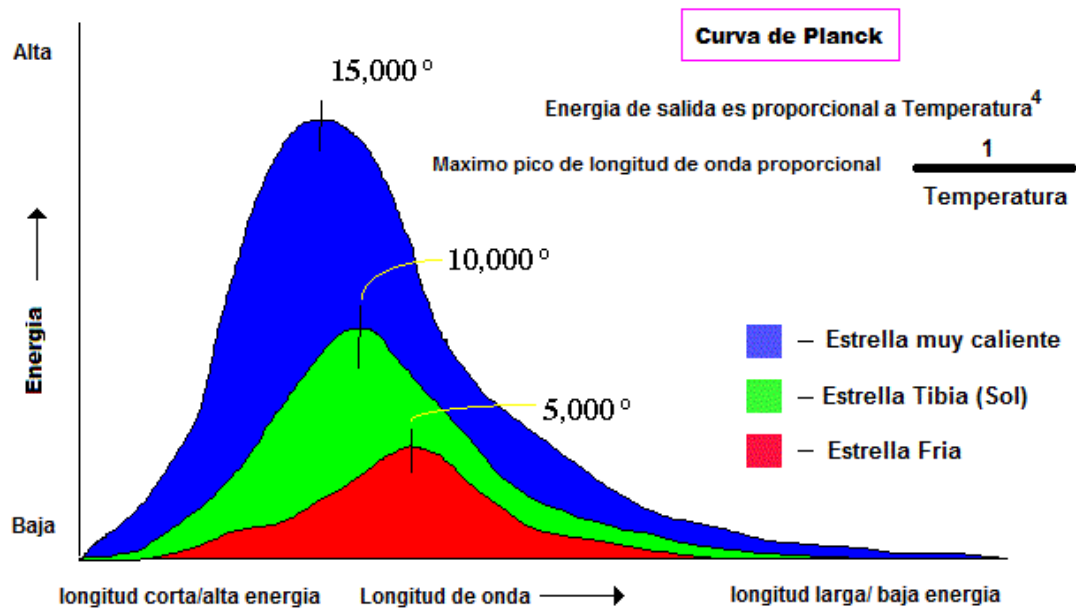
- 1) Espectro Continuo: - Un cuerpo solido o líquido radia o emite de forma ininterrumpida, un espectro suave y continuo. (Llamada [Curva de Planck](#))
- 2) Espectro de Emisión – Un gas radiante produce un espectro de líneas espectrales discretas (*líneas de color sobre fondo negro*)
- 3) Espectro de Absorción - Un espectro continuo que pasa a través de un gas frío tiene un espectro específico de líneas faltantes (es inverso al espectro de emisión, líneas negras sobre el espectro de color)



### ✿ La Curva de Planck:

Uno de los resultados primarios del campo de la espectroscopia fue el descubrimiento de cómo el espectro de un objeto cambia con la temperatura. En particular, fue la formulación de las dos [leyes de la radiación](#):

- La ley de Stefan-Boltzmann: El promedio de la energía emitida de un cuerpo incrementa a medida que aumenta la temperatura (a mayor temperatura = mayor energía emitida)
- La ley de Wien: el pico de emisión de la radiación se mueve hacia el azul (*hacia la luz azul, la luz azul se asocia con mayor energía = mayor frecuencia = menor longitud de onda*) cuando se incrementa la temperatura.



### [Tipos de Estrellas y la Curva de Planck](#)

La ley de Stefan-Boltzmann relaciona la salida de energía de un objeto luminoso, medida en ergios, con su temperatura medida en Kelvins, (note que los Kelvin son una medida de temperatura que empieza desde el cero absoluto), tal que:

$$E = \sigma T^4$$

Aquí la letra  $\sigma$  (sigma) es la constante Stefan-Boltzmann cuyas unidades y valor es  $5.67 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ seg}^{-1} \text{ Kelvins}^{-4}$ .

Retomando, a menudo es más fácil hablar en términos de relaciones de dos objetos y sus temperaturas, por ejemplo  $T_1$  y  $T_2$ , y de sus emisiones de energía  $E_1$  y  $E_2$  tal que:

$$E_1/E_2 = (\sigma T_1^4)/(\sigma T_2^4)$$

Note que las  $\sigma$ 's (sigmas) se cancelan y obtenemos:

$$E_1/E_2 = T_1^4/T_2^4$$

La ley de Wien determina el pico de la longitud de onda emitida por un objeto, y esta dado por la relación:

$$\lambda = 0.29/T$$

Así, por ejemplo, el Sol, que tiene una temperatura superficial de 5500K, emite un pico de energía en:

$$\lambda_{\text{Sol}} = 0.29/5500 = 5.5 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

Esto es luz amarilla con longitud de onda de  $5.2 \times 10^{-5} \text{ cm}$ .

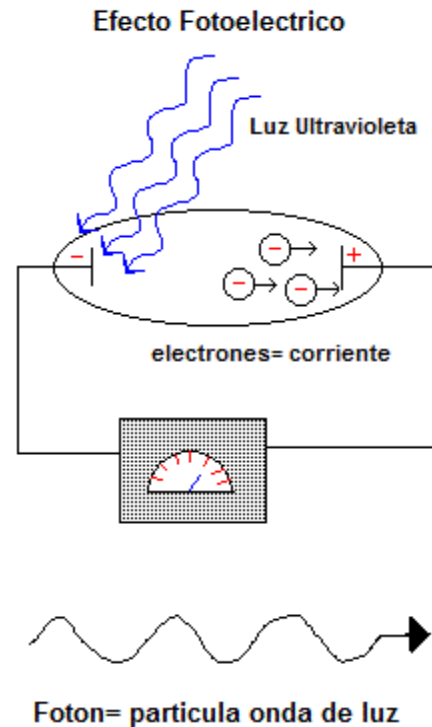
### ✧ Dualismo Onda-Partícula:

La naturaleza ondulatoria de la luz explica la mayor parte de sus propiedades:

- reflexión/refracción
- difracción/interferencia
- Transporte de energía.
- Efecto Doppler

Sin embargo, los resultados de la espectroscopia (de emisión y de absorción) sólo pueden explicarse si la luz tiene una naturaleza corpuscular, como se muestra en el modelo del átomo de Bohr y la descripción del fotón de luz.

Este dualismo de la naturaleza de la luz se demuestra mejor a través del [efecto fotoeléctrico](#), donde una luz ultravioleta débil produce un flujo de corriente (ya que esta libera electrones del metal fotosensible), pero un semáforo con una intensa luz roja



fuerte no libera electrones, sin importar la intensidad de la luz roja.

Einstein explicó que la luz existe en un estado de partícula similar a paquetes de energía (cuantos) llamados fotones. El efecto fotoeléctrico se produce porque los paquetes de energía que contienen cada uno de fotones rojos individuales son demasiado débiles para golpear a los electrones de los átomos, no importa cuántos fotones rojos se hayan transferido en el cátodo. Pero los fotones UV individuales son cada uno lo suficientemente fuertes para liberar el electrón y causar un flujo de corriente.

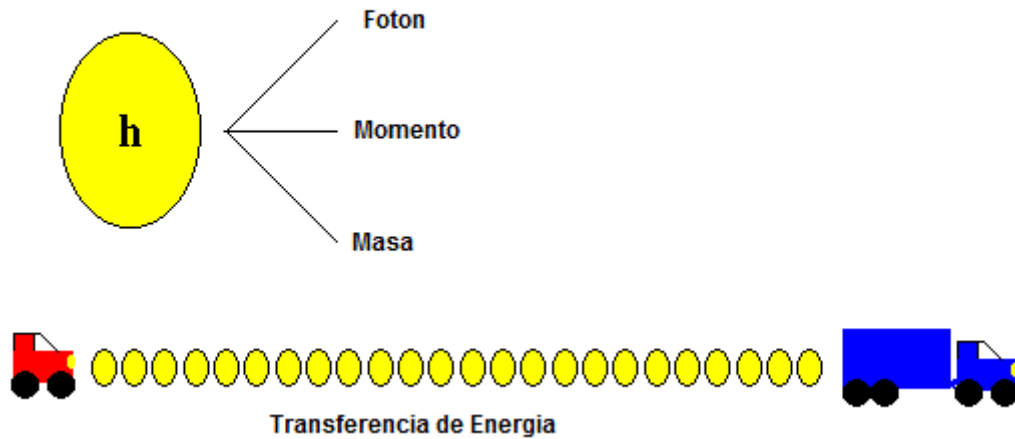
La dualidad de la luz, es uno de los más extraños, pero fundamentales conceptos en la física moderna, ahora sabemos que la luz tiene un comportamiento tanto de onda como de partícula (pero no ambos al mismo tiempo).

---

### Física Cuántica:

La palabra [quantum](#) (Cuanto) se deriva de “cantidad” y se refiere a un pequeño paquete de acción o proceso, la unidad más pequeña que ninguna otra y que puede ser asociada con un evento sencillo en el mundo microscópico.

## Paquetes de Cuantos



Los cambios en la energía, tales como la transición de un electrón de una órbita a otra, se realizan en cuantos discretos. Los cuantos no son divisibles. El término 'salto cuántico' se refiere al movimiento brusco de un nivel discreto de energía a otro, sin transición. No hay saltos intermedios.

La cuantificación, o 'salto cuántico' de la acción, como se muestra en la física cuántica, difiere marcadamente de la física clásica que representó el movimiento como un cambio suave y continuo.

El campo de acción de la mecánica cuántica está referido a la descripción de los fenómenos a pequeña escala, allí donde la física clásica colapsa, es decir falla al interpretar el fenómeno.

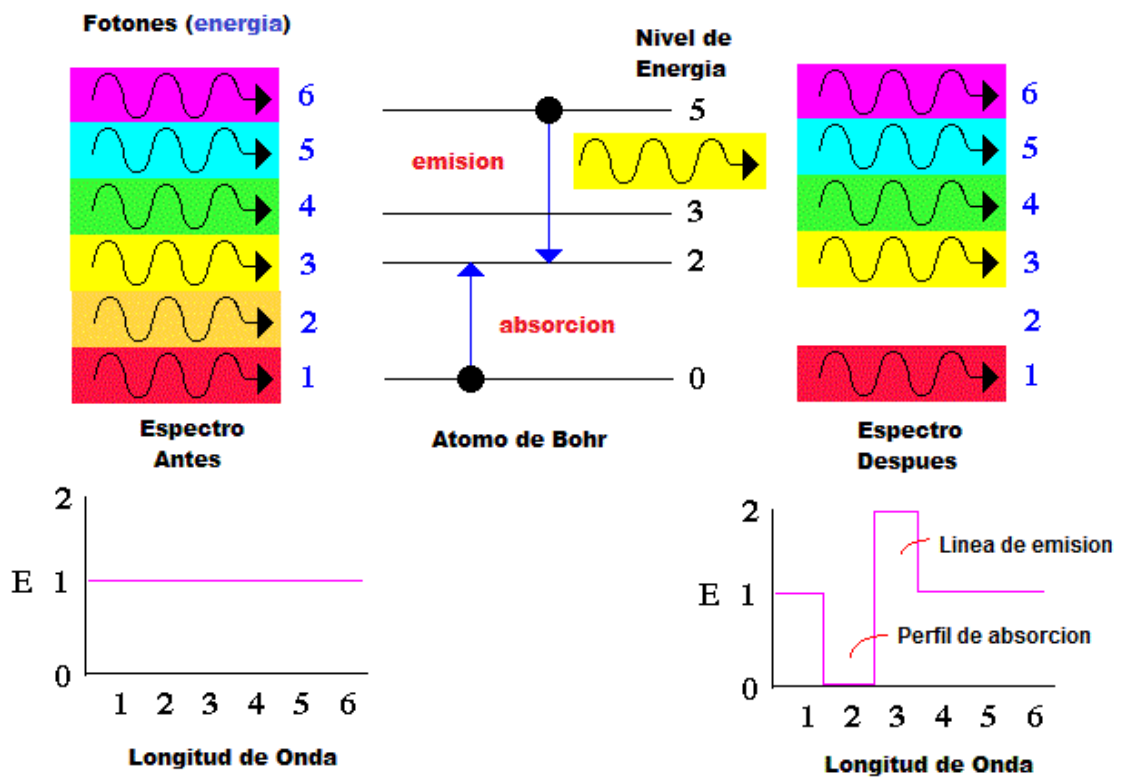
El mundo cuántico no puede ser percibido directamente, sino a través del uso de instrumentos. La cuestión de la realidad de las propiedades cuánticas sigue aun sin resolverse. Sin embargo, todos los principios de la mecánica cuántica se pueden reducir a los principios de Newtonianos a un nivel macroscópico (hay una continuidad entre la cuántica y la mecánica newtoniana).

---

## ✿ Emisión y Absorción de la luz a la explicación del átomo de Bohr:

Bohr desarrolló un modelo diferente del átomo para explicar la física cuántica, y los espectros de los elementos. El modelo atómico de Bohr es similar al átomo de Rutherford, a excepción que ahora los electrones se mueven en órbitas fijas u orbitas cuantizadas.

Las órbitas cuantizadas de los electrones permiten una sencilla explicación del origen de los fotones, y el espectro de la luz. Los fotones son producidos por la transición de electrones cuando estos bajan “hacia abajo” en sus órbitas. Una transición descendente libera energía potencial en forma de una partícula de luz, un fotón. Del mismo modo, los fotones pueden ser absorbidos por los electrones, y de esta forma los electrones “suben” se mueven en sus órbitas, al siguiente nivel.





El átomo de Bohr tuvo éxito al explicar la existencia de la 'huella digital' de la naturaleza del espectro y más tarde los avances en la física cuántica, llevaron a la comprensión de muchos de los procesos que ocurren al interior de los átomos.

---