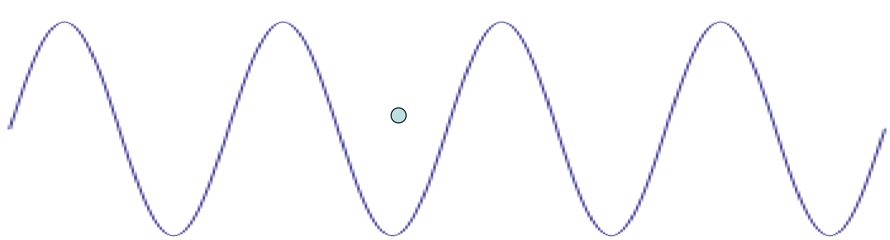
Física III
clase 22 (09/06/2011)

Profesor: M. Antonella Cid
Departamento de Física, Facultad de Ciencias
Universidad del Bío-Bío

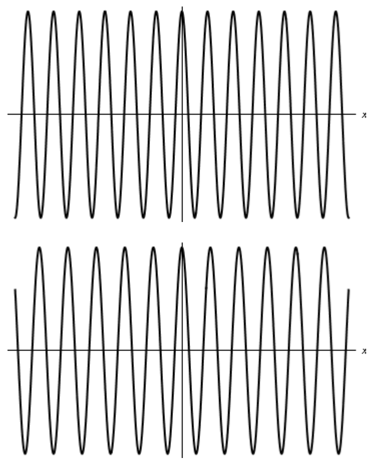
Carreras: Ingeniería Civil Civil, Ingeniería Civil Mecánica, Ingeniería Civil Industrial

Partícula cuántica

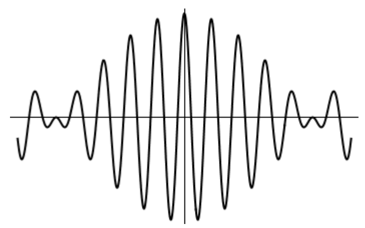
- La luz y las partículas tienen naturaleza ondulatoria y corpuscular a la vez.
- El comportamiento que se escoja depende del fenómeno que se desee estudiar
- Se pueden construir partículas utilizando ondas
- La partícula está localizada en el espacio, la onda…



Partícula cuántica

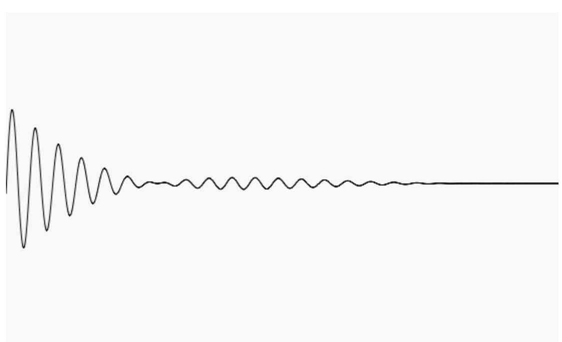


Superposición de dos ondas con frecuencias ligeramente diferentes



Si se agregan más ondas con frecuencias ligeramente diferentes…

Partícula cuántica



La región de interferencia constructiva se denomina ***paquete de ondas***
Podemos identificar el paquete de ondas como una partícula puesto que se trata de una región localizada del espacio

Partícula cuántica

- Podemos construir una onda localizada en el espacio -un paquete de ondas- superponiendo un gran número de ondas de diferentes frecuencias que tengan uno de los máximos en un punto particular

- El paquete de ondas se comportará como una partícula

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Partícula cuántica

- Consideremos la superposición de dos ondas de igual amplitud pero diferente longitud de onda y frecuencia:

$$y = y_1 + y_2 = 2y_m \underbrace{\cos\left(\frac{\Delta k}{2}x - \frac{\Delta\omega}{2}t\right)}_{\text{onda envolvente}} \cos\left(\frac{k_1+k_2}{2}x - \frac{\omega_1+\omega_2}{2}t\right)$$

- La onda envolvente se mueve a través del espacio con una rapidez distinta a la rapidez de las ondas componentes.
- Hemos visto que la velocidad de fase se define como:

$$v = \frac{\omega}{k}$$

Partícula cuántica

- La rapidez de un paquete de ondas es dada por la velocidad de grupo, la cual corresponde a la velocidad con la cual se mueve la resultante de la superposición de todas las ondas componente:

$$y = y_1 + y_2 = 2y_m \cos\left(\frac{\Delta k}{2}x - \frac{\Delta\omega}{2}t\right)\cos\left(\frac{k_1+k_2}{2}x - \frac{\omega_1+\omega_2}{2}t\right)$$

$$\Rightarrow \quad v_g = \frac{\Delta\omega/2}{\Delta k/2} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k}$$

- Para un gran número de ondas: $v_g = \dfrac{d\omega}{dk} = \dfrac{dE}{dp}$
lo cual corresponde a la rapidez de una partícula

Principio de incertidumbre

- Cuando realizamos medidas de magnitudes físicas (posición, velocidad, tiempo,…) siempre hay una incertidumbre experimental asociada, la cual está relacionada con la sensibilidad del instrumento utilizado.
- En principio, mejorando la tecnología de un instrumento podemos disminuir indefinidamente la incertidumbre asociada a una medida
- Sin embargo, la mecánica cuántica nos dice que es imposible medir simultáneamente la posición y el momentum de una partícula con precisión infinita (sin incertidumbre)

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Principio de incertidumbre

- En 1927 W. Heisenberg introdujo este principio, el cual se denomina ***principio de incertidumbre de Heisenberg***

"Si se realiza una medición con una incertidumbre Δx en la posición de una partícula y de manera simultánea se realiza una medición con incertidumbre Δp_x en la componente x del momentum de la partícula, el producto de esas incertidumbres no puede ser nunca menor que $h/4\pi$"

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$$

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Principio de incertidumbre

- Físicamente es imposible medir de manera simultánea la posición exacta y el momentum exacto de una partícula. Las incertidumbres inevitables no se deben a imperfecciones en los instrumentos de medición sino que a la estructura cuántica de la materia
- Una forma alternativa del principio de incertidumbre es:

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

Ejemplos

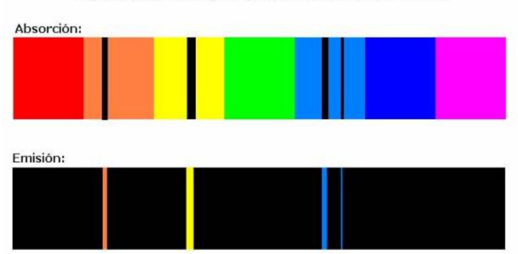
- La rapidez de un electrón es 5×10^3 [m/s] con una precisión de 0.00300%. Encuentre la incertidumbre mínima en la determinación de la posición de este electrón.

- Demuestre que la energía cinética de una partícula no relativista se puede escribir en función del momentum. Determine la energía cinética mínima de un protón confinado en el interior de un núcleo de 10^{-15} [m] de diámetro

Espectros atómicos

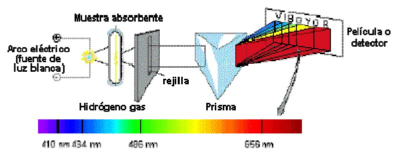
- Cuando a los elementos en estado gaseoso se les suministra energía (descarga eléctrica, calentamiento...) éstos emiten radiaciones en determinadas longitudes de onda.
- Estas radiaciones dispersadas en un prisma de un espectroscopio se ven como una serie de rayas, y el conjunto de las mismas es lo que se conoce como ***espectro de emisión***.
- Igualmente, si una luz continua atraviesa una sustancia, ésta absorbe unas determinadas radiaciones que aparecen como rayas negras en el fondo continuo (***espectro de absorción***).

Espectro de emisión y de absorción de un mismo elemento



Tipos de espectro

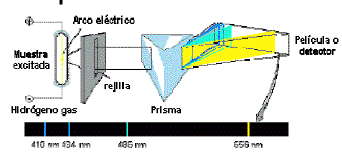
Espectro de absorción



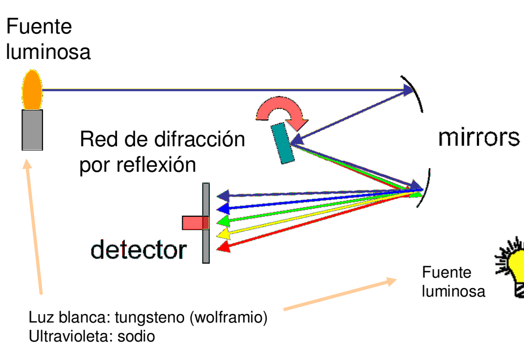
Cuando un elemento irradia energía no lo hace en todas las longitudes de onda. Las longitudes de onda de la energía que irradia un elemento sirven para caracterizar a cada elemento.

Cuando un elemento recibe energía no absorbe todas las longitudes de onda. Las bandas del espectro en las que un elemento emite radiación coincide con las líneas negras del espectro de absorción de la radiación, como si un espectro fuera el negativo del otro.

Espectro de emisión

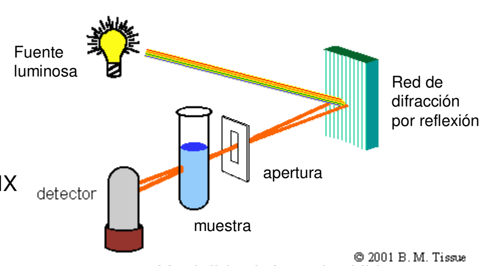


Espectroscopio



Un espectrómetro es utilizado para producir líneas espectrales de un determinado elemento, las cuales caracterizan al elemento

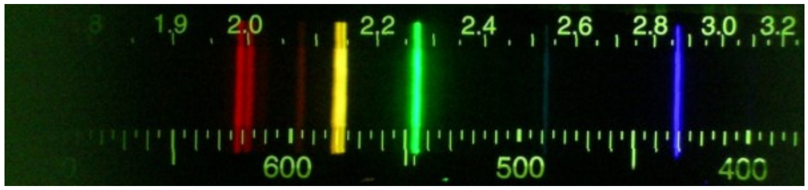
Inventado por Joseph von Fraunhofer sXIX

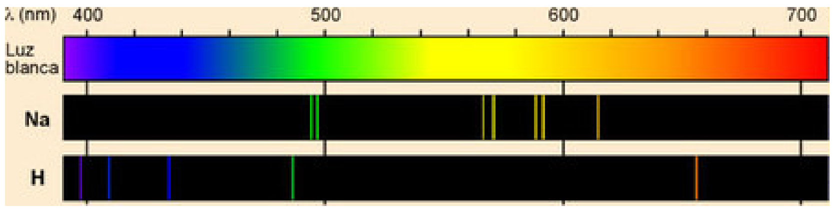


Un espectrómetro puede operar en rayos gamma, rayos X, visible, infrarrojo, UV

Espectros

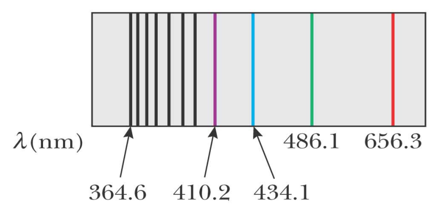
Hg





Serie de Balmer

- En 1885 un profesor de escuela J.J. Balmer encontró una relación empírica que predecía correctamente las longitudes de onda de cuatro líneas de emisión visibles del hidrógeno



$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)}$$

$$n = 3, 4, 5, \ldots$$

$R_H = 1.097 \times 10^7 [m^{-1}]$: constante de Rydberg

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Series espectrales del H

Lyman $$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 2, 3, 4, \ldots$$

Paschen $$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 4, 5, 6, \ldots$$

Brackett $$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad n = 5, 6, 7\ldots$$

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

Ejemplos

- ¿Qué valor de n se asocia con la línea espectral 94.96 [nm] en la serie de Lyman del hidrógeno?
- Calcule la longitud de onda más corta para las series de: Lyman, Balmer, Paschen y Brackett. Calcule la energía del fotón con la mayor energía en cada caso.