

# C.Física Moderna: Taller 9

## Velocidad de fase, de grupo y principio de incertidumbre

### 1 Velocidad de grupo: Pulsos de agua

Si usted tira una piedra a un lago, se va a crear un pulso de ondas circulares que se propagan hacia afuera del punto de perturbación. Sin embargo si usted observa bien notara que algunas se moverán hacia adentro de la propagación circular. Explique dicho fenómeno basado en que la velocidad de grupo de dichas ondas está dada por la siguiente relación:

$$v_p = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}}$$

donde  $S$  es la tensión superficial y  $\rho$  es la densidad del liquido.

---

### 2 Electrón libre

Un electrón tiene velocidad  $v_0$  NO relativista. Muestre que la velocidad de grupo del electrón es  $v_g = v_0$ .

---

### 3 Electrón libre relativista

La relación de dispersión para un electrón libre relativista está dada por:

$$\omega(k) = \sqrt{c^2 k^2 + (m_e c^2 / \hbar)^2}$$

Obtenga una expresión para la velocidad de grupo  $v_g$  y de fase  $v_p$ . Muestre que el producto de dichas cantidades es constante. Del resultado comente que le pasa a  $v_g$  si  $v_p > c$ .

---

### 4 Humano Extra-dimensional

Nicolas Jaar es un humano que vive en un universo donde  $\hbar = 2\pi J \cdot s$ . Él tiene una masa de 2.0 kg y inicialmente se sabe que se encuentra en una región de 1.0 m de largo.

1. ¿Cuál es la mínima incertidumbre de su velocidad?
  2. Asumiendo que la incertidumbre de su velocidad va a durar 5.0 s, determine la incertidumbre de su posición luego de ese tiempo.
- 

### 5 Detectores gamma

Un núcleo excitado con una vida media de 0.1 ns emite un rayo  $\gamma$  con energía de 2.00 MeV. Si los mejores detectores gamma pueden medir energías de  $\pm 5$  eV, ¿pueden estos detectores medir el ancho de energía ( $\Delta E$ ) para dicha emisión?

---

## 6 Grosor natural de las líneas espectrales

Las líneas de un espectro tienen un grosor. Este grosor en varios casos es causado por el efecto doppler. Sin embargo existe también un grosor asociado a que las transiciones ocurren en un tiempo finito, lo cual da una incertidumbre intrínseca. Para transiciones atómicas la vida media para que ocurra una transición es  $\tau = 10^{-8}s$ .

1. Calcule la incertidumbre de energía para una transición.
2. La incertidumbre de la longitud de onda  $\Delta\lambda$  de una transición de un estado excitado  $E$  al fundamental  $E_1$  es:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx \frac{\Delta E}{E - E_1}$$

Calculela para la transición 2→1 del átomo de hidrógeno.