DEMO 58 ONDAS ESTACIONARIAS EN UN ALAMBRE CIRCULAR (y analogía con modelo atómico de Bohr-De Broglie)

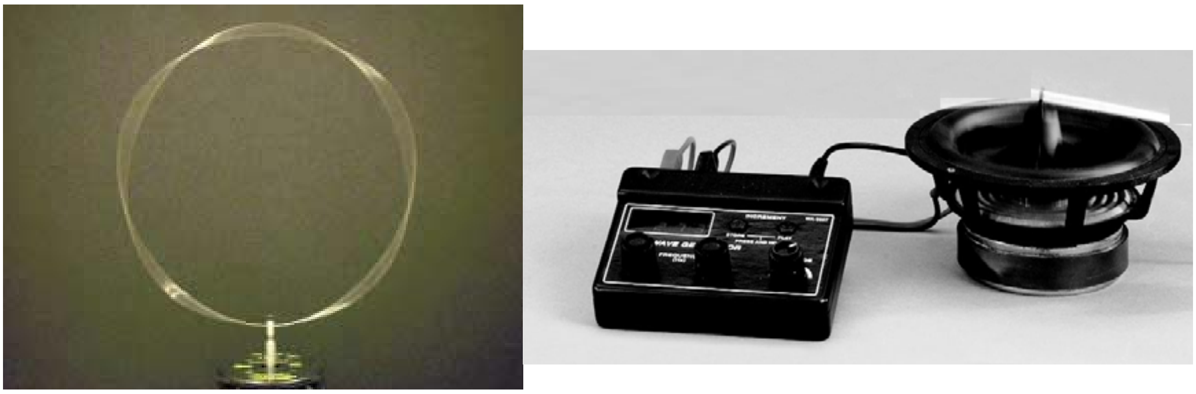

Figura 1

Autor/a de la ficha	Ana Cros, Chantal Ferrer Roca
Palabras clave	Mecánica, Ondas, Ondas Estacionarias
Objetivo	Observar la formación de ondas estacionarias en un alambre con geometría circular. Resaltar las similitudes con el modelo atómico de Bohr-de Broglie.
Material	Vibrador mecánico, generador de ondas, alambre circular con banana, cables. (es el mismo material que se utiliza en la demostración de ondas estacionarias en la cuerda: Demo 22)
Tiempo de Montaje	El tiempo de conectar los cables al vibrador y el generador a la red.
Descripción	1. Conectar el generador de ondas a la red eléctrica y los cables desde el vibrador al generador de ondas. 2. Introducir la banana del alambre circular en el vibrador de forma que el plano del alambre quede vertical. 3. Encender el generador de ondas e ir aumentando la frecuencia hasta encontrar la onda estacionaria que se desee. A modo de ejemplo, una onda con tres nodos aparece alrededor de 20 Hz y una con cinco nodos para 80 Hz (L = 0,79 m, d = 1 mm, $E = 20\times10^{10}$ Pa, ρ = 7900 kg/m^3). Con estos datos, $f = 3.16\, n^2$ Hz. <u>Fundamento teórico:</u> La relación de dispersión de las ondas estacionarias en este sistema es cuadrática: $\omega = Ak^2$, donde A está relacionado con el grosor d del alambre, su densidad ρ y su módulo de Young E a través de la ecuación $A = \frac{\pi^2 d}{4}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$. A su vez el vector de ondas k puede obtenerse a partir de las dimensiones del alambre y el número de nodos n como $k = \frac{n}{L}$. Debido a la disposición del sistema, que sujeta el alambre por un punto, el número de nodos n debe ser IMPAR, ya que el sistema es simétrico con respecto al eje que pasa por el punto de sujeción y el centro del círculo, y el punto de sujeción es siempre un nodo y el punto opuesto un vientre. La relación entre la frecuencia de vibración y el número de nodos es por tanto cuadrática.

Louis de Broglie
1892 – 1987

Niels Bohr
1885 –1962

<u>Semejanzas y diferencias con el modelo de Bohr-de Broglie:</u>

En el modelo de Bohr el electrón puede encontrarse en una órbita circular. La necesaria fuerza centrípeta para mantenerlo en esta órbita es debida a la atracción electrostática entre el electrón y el núcleo. Dado que en la órbita circular el electrón tiene una aceleración normal, desde un punto de vista clásico radiaría energía en forma de onda electromagnética. Al perder energía su distancia al núcleo iría disminuyendo hasta chocar con él. Bohr sugirió que la órbita del electrón podía ser estable si su momento angular estaba cuantizado en unidades de $\hbar$:

$$\left|\vec{L}\right| = mrv = n\hbar$$

Utilizando la relación de de Broglie entre longitud de onda y momento ($\lambda = \dfrac{2\pi\hbar}{mv}$), encontramos que esta condición se cumple cuando la órbita contiene un número entero de longitudes de onda: $2\pi r = n\lambda$.

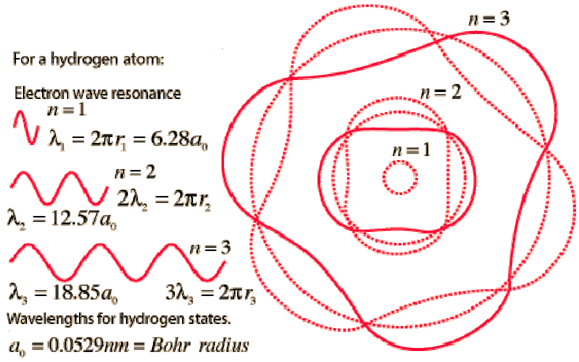

Fig. 2: Órbitas de de Broglie para *n*=1, 2, 3

(http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/bohr.html#c5)

La demostración propuesta ayuda a visualizar la formación de ondas estacionarias en una órbita circular. Sin embargo, **hay que tener en cuenta que en la órbita de Bohr el número de nodos es siempre par. En cambio, en el alambre circular, como hemos visto, es impar: es decir, hay un número entero de longitudes de onda más media longitud de onda**.

Comentarios y sugerencias

La demostración ilustra una relación de dispersión no lineal. El alambre es por tanto un medio dispersivo para las ondas transversales.