

Demostración experimental de las velocidades de fase y de grupo

María C. Campistrous Pérez

Instituto Superior Pedagógico "Frank País García"

RESUMEN

En el trabajo se describe una forma sencilla de objetivar la relación y diferencia entre las velocidades de fase y de grupo, utilizando un osciloscopio monocanal, proponiéndose para dicha demostración dos variantes. La primera, más sencilla, sólo requiere para su realización además del osciloscopio, dos diapasones iguales con sus cajas de resonancia y un micrófono. La otra variante, requiere dos generadores sinusoidales de frecuencia variable y permite objetivar la dispersión positiva y la negativa.

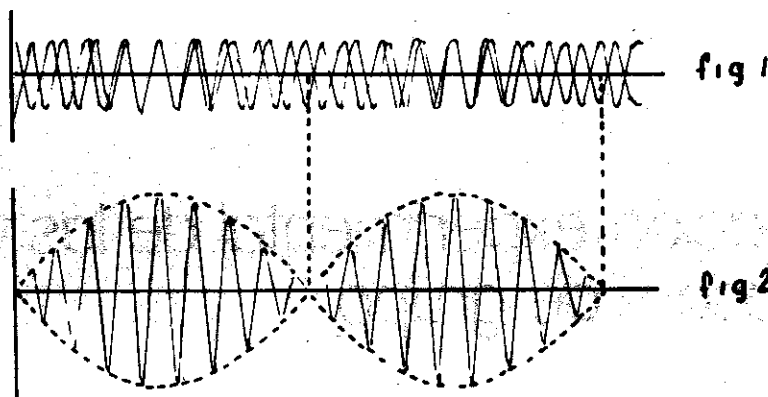
Los conceptos de velocidad de fase y velocidad de grupo tienen una gran importancia dentro de la Física.

La exposición que hace el docente suele ser muy teórica y los ejemplos clásicos que suelen aparecer en los textos, no siempre, por no decir raras veces, llegan al estudiante. El problema se reduce entonces a una disquisición matemática sentada sobre dos trenes de ondas infinitas que se propagan y la búsqueda de una expresión que nos ligue la velocidad de fase con la de grupo, es decir, la siguiente:

$$v = v - \lambda \left(\frac{d v}{d \lambda} \right)$$

Cuando se profundiza más en el análisis y se estudian la dispersión normal y la anómala, el estudiante se encuentra con que la velocidad de grupo

puede ser mayor o menor que la de fase y frecuentemente se confunde, sobre todo cuando lee en algunos textos que la radiación se propaga en la sustancia a la velocidad de grupo, y que por ello no importa que la velocidad de fase supere a la de la luz, ya que a esa velocidad no viaja la energía y esto no contradice el segundo postulado de la Teoría Especial de la Relatividad. Explicar qué sucede cuando ocurre lo contrario es posible, pero no fácil, si nos quedamos en el plano teórico y objetivamos estos conceptos sólo con la ayuda de los consabidos gráficos utilizados habitualmente:



Para objetivar estas velocidades y su diferencia, proponemos dos variantes que pueden ser realizadas fácilmente por cualquier profesor interesado si en su centro posee un osciloscopio de un solo canal, como los que existen hasta en nuestros Preuniversitarios

Primera variante: se necesitan dos diapasones con sus cajas de resonancia, un micrófono, cables de conexión y el osciloscopio.

Método: coloque los diapasones en sus cajas y ponga delante de la abertura de estas el micrófono, conecte este a la entrada vertical del osciloscopio, y la horizontal al barrido interno. Tare uno de los diapasones, de modo que al vibrar simultáneamente se produzcan pulsaciones, las cuales son percibidas por todos los estudiantes. Si ahora se enciende el osciloscopio, podrán observarse las dos ondas viajando separadamente y ligeramente desfasadas (como en la figura 1), o el movimiento del paquete de ondas, tal como se observa en la figura 2. Para tener uno u otro patrón, sólo es necesario variar el período del barrido interno, pues en dependencia de este, el equipo podrá o no resolver las señales que recibe, y así observaremos las dos separadas o su suma. A continuación damos los datos que utilizamos en nuestra experiencia:

Frecuencia fundamental de los diapasones.....440 Hz

Barrido horizontal en 1 ms / div.

Para observar las ondas separadas, el botón del ajuste fino debe encontrarse todo hacia la derecha; para observar el paquete, debe girarse entonces hacia la izquierda hasta observar el grupo de ondas propagándose. La diferencia es evidente.

Segunda variante: se necesita dos generadores sinusoidales, cables de conexión y el osciloscopio.

Método: se conecta uno de los generadores a la entrada vertical del osciloscopio a una frecuencia de, por ejemplo, 350 Hz, barrido interno 1 ms, y se ajusta la amplitud de la onda en la pantalla del osciloscopio al tamaño deseado. Se desconecta este generador y se conecta el otro, ajustando su salida hasta lograr igual amplitud que en el caso anterior. Luego se conectan ambos a la entrada vertical inyectando las dos señales simultáneamente; el botón de ajuste fino de la base de tiempo se tiene todo hacia la derecha, se mantiene fija la frecuencia de uno de los generadores (G1) y se comienza a variar lentamente la del otro (G2), a la vez que se gira hacia la izquierda el botón de ajuste fino del tiempo hasta que se ve aparecer el paquete de ondas y se observa su avance en la pantalla. Al igual que en la primera variante, variando la posición del nonio del tiempo observamos el paquete de ondas o las ondas separadas avanzando. Pero si ahora comenzamos a variar nuevamente la frecuencia del generador (G2) en sentido contrario a la vez anterior, observaremos cómo vuelve a verse el grupo de ondas, pero al prestar atención descubriremos que ahora se mueve en sentido contrario, la onda avanza de un modo y el grupo de otro: ¡hemos puesto de manifiesto la dispersión negativa y la positiva!

Si se posee un osciloscopio de doble canal se puede realizar esta segunda variante más fácilmente, pues basta conmutar el osciloscopio para obtener en la pantalla la suma algebraica de las señales inyectadas, tal como se describe en /1/. Una muy elemental demostración con un modelo mecánico se hace en /2/.

BIBLIOGRAFÍA

/1/ Hagelberg, M. Paul

"Phase and group velocity demonstration", en American Journal of Physics, New York, vol. 45 No.5, mayo 1978, p. 579-581.

/2/ Física Básica Huffield. Guía de experimentos V. Barcelona, Editorial Reverté S.A., 1974 p. 188-189.