

Fisica Experimental IV

Práctica I Determinación de la velocidad de la luz

Funes, Gustavo
Giordano, Leandro
Gulich, Damian
Sotuyo, Sara

Departamento de Fisica – Facultad de Ciencias Exactas – UNLP

Sinopsis

En el presente informe se detalla el método para medir la velocidad de propagación de la luz en el aire utilizando el método de diferencia de fase.

Introducción

El objetivo del experimento aquí descrito es medir, mediante el empleo de un método relativamente sencillo, la velocidad de la luz en el aire.

En los comienzos formales de la física se consideraba que la luz se propagaba instantáneamente por el espacio. Sin embargo, no todos estuvieron de acuerdo, y ya en el siglo XVII Galileo intentó, aunque infructuosamente, medir su velocidad. Aunque su experiencia falló, demostró que la velocidad de la luz era demasiado grande para que su paso a través de distancias tan cortas (como la que separa dos colinas) fuese medida con los medios mecánicos de la época.

Más tarde Roemer, en 1676, observando las aparentes variaciones del período de Io alrededor de Júpiter, incrementó la distancia sobre la cual se midió el intervalo de tiempo que le lleva a la luz recorrerla. Roemer demostró que la luz se propagaba con velocidad finita y obtuvo el primer valor aproximado de c .

La primera determinación de la velocidad de la luz en una distancia bastante corta para poderla medir en la superficie de la Tierra, fue realizada por Fizeau en 1848 utilizando una rueda dentada y espejos.

Desde entonces se han hecho numerosos intentos, más o menos fructíferos, para medir la velocidad de la luz, lo que indica la importancia para la física de poseer un valor lo más exacto posible acerca de esta magnitud.

Procedimiento Experimental

Esta experiencia se realizó mediante el empleo de un osciloscopio capaz de comparar señales provenientes de dos canales diferentes, uno de ellos (de referencia) conectado al diodo emisor de luz o LED (a esta señal la consideramos como señal de salida), que emite luz roja de longitud de onda de 660nm. El otro canal (señal de entrada) mostraba la señal de llegada al diodo fotosensible. Cabe destacar que la frecuencia de emisión del LED no era la frecuencia mostrada por el osciloscopio, ya que las señales provenientes de los diodos transmisor y receptor fueron adaptadas (mediante un sistema heterodino) para ser medidas por el osciloscopio. La fase de la señal de salida podía ser ajustada mediante un control en el instrumento emisor.

Cada diodo se encontraba en el punto focal de una lente, colimando el haz emitido, y concentrando el haz recibido sobre el sensor luego de reflejarse en dos espejos dispuestos en un ángulo de 90° entre sí, y colocados a 45° respecto del eje de la lente.

Estos dos espejos estaban colocados sobre un riel que permite desplazarlos, de manera tal que el camino óptico que produce la diferencia de fase pueda ser alterado.

Las señales, en su forma sinusoidal, fueron analizadas en el mismo sistema, de manera tal que podíamos ajustar la diferencia de fase ajustando la distancia. Considerando la fase de salida igual a 0, los espejos eran trasladados sobre el riel de forma tal de obtener entre ambas señales una diferencia de fase igual a π . Esto se apreciaba al encontrar que los máximos de una se las señales coincidían con los mínimos de la otra. Se midió la distancia entre las posiciones de los espejos para las cuales las diferencias de fase eran las buscadas, repitiendo el proceso de medición diez veces a fin de poder calcular un valor promedio.

El intervalo de tiempo que le lleva a la luz recorrer la distancia $2d$ es

$$\Delta t = 2d/c$$

La diferencia de fase producida por la diferencia de caminos es

$$\Delta\phi = 2\pi/\lambda \cdot \Delta x = 2\pi v/c \cdot \Delta x = 2\pi l/T \cdot \Delta t$$

Como se movieron los espejos de modo que $\Delta\phi = \pi$, se deduce que:

$$c = 4dv$$

Tomando el valor promedio de las distancias medidas, y conociendo la frecuencia obtuvimos el valor de c .

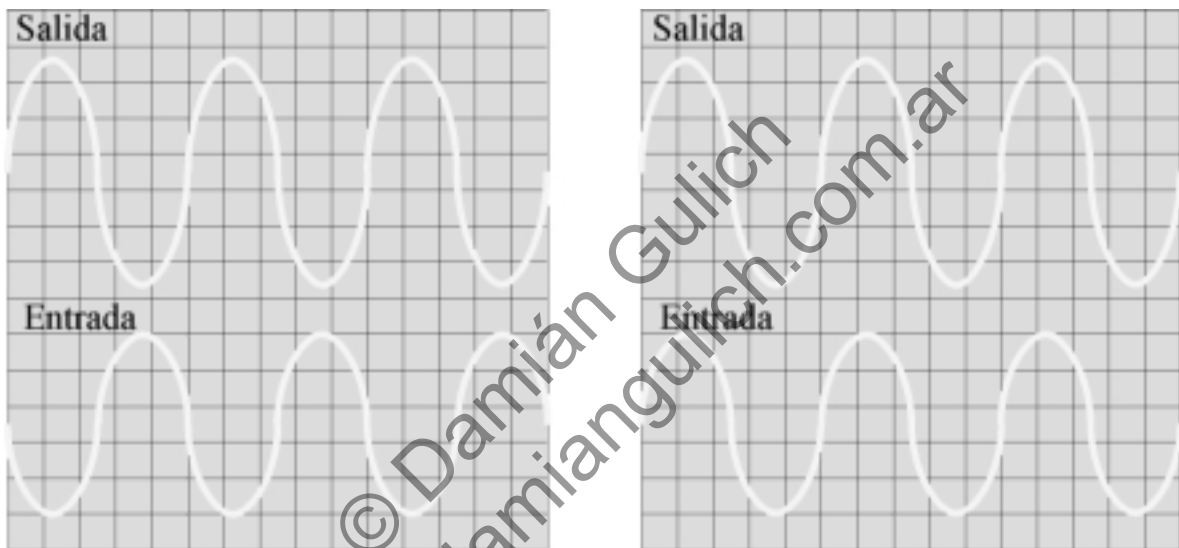


Figura 1: A la izquierda, la configuración de las señales sinusoidales cuando las mismas están a una diferencia de fase igual a π ; a la derecha, cuando la diferencia de fase es 0.

Luego se realizó el mismo procedimiento, pero en esta ocasión se utilizaron los gráficos de Lissajous. Esta situación se da cuando se produce interferencia de dos ondas que se grafican en ejes perpendiculares de igual frecuencia. En estos gráficos la figura resultante depende de la diferencia de fase. Para realizarlo se seleccionó en el osciloscopio la opción que grafica un voltaje en función de otro. De este modo se puede observar una recta de pendiente positiva cuando $\Delta\phi$ es igual a cero, y otra de pendiente negativa cuando $\Delta\phi$ es igual a π . Ver Figura 2.

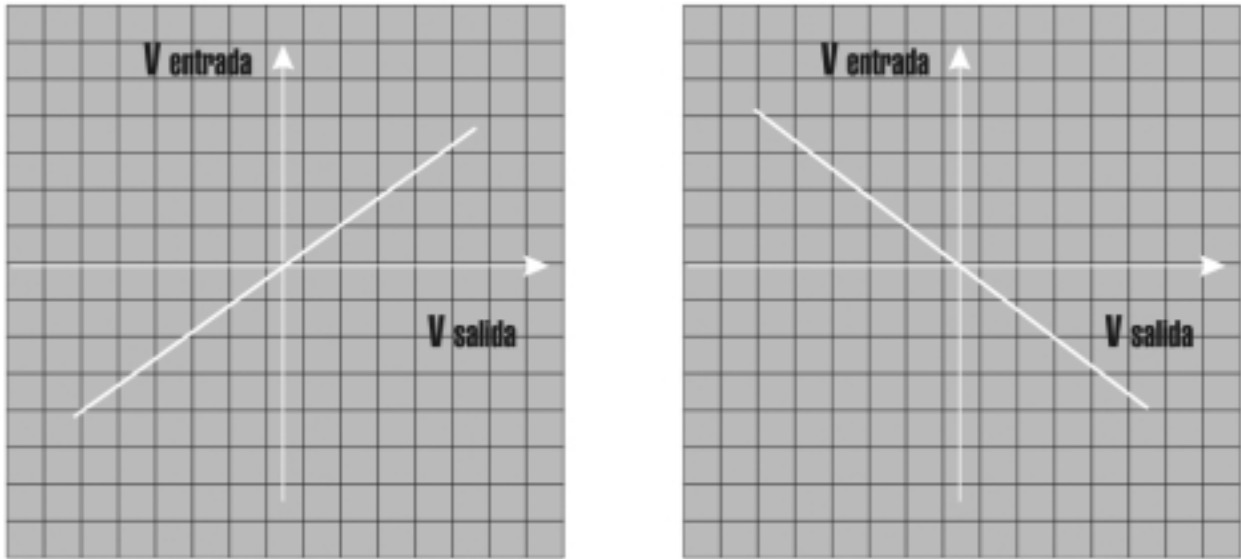


Figura 2: Graficos de Lissajous



Figura3: Esquema del equipo utilizado

Resultados

Primera Variante		Segunda Variante		
$d (m)$	Δd	$d (m)$	Δd	
1,44	0,005	1,462	0,005	
1,447	0,005	1,44	0,005	
1,452	0,005	1,455	0,005	
1,46	0,005	1,439	0,005	
1,474	0,005	1,472	0,005	
1,441	0,005	1,463	0,005	
1,46	0,005	1,472	0,005	
1,463	0,005	1,466	0,005	
1,471	0,005	1,483	0,005	
1,427	0,005	1,475	0,005	
1,454		1,463		
n= 50 Mhz ±2,5				
Primer Variante		error		
	c= 290800000 m/s	15540000	5,34%	
Segunda Variante				
	c= 292600000 m/s	15630000	5,34%	

Donde el error está dado por:

$$\Delta c/c = \Delta d/d + \Delta v/v$$

Discusión

El valor de tabla la velocidad de la luz (en el aire), calculada por Jennings en 1987 utilizando técnicas de láser es igual a 299705.543 km/s. Este valor se encuentra dentro del margen de error de las medidas.

Teniendo en cuenta la calidad del instrumental utilizado puede decirse que los resultados constituyen una buena aproximación. Dado que en el error propagado, la frecuencia tiene una influencia mayor comparado con el error aportado por la medida del desplazamiento, se recomienda utilizar algún tipo de instrumento rectificador para reducir la incerteza en la medida.

Conclusiones

Con este método se pudo lograr un valor de la velocidad de la luz (en el aire) cuya diferencia al valor de tabla es un 2.9% del mismo.