

Método de Foucault para la medida de índices de refracción

Rueda Parada J E, Meza G.

Facultad de Ciencias Básicas, Grupo de investigación Óptica Moderna

Universidad de Pamplona, Colombia,

E-Mail: jruedap2003@unipamplona.edu.co

Recibido 30 Agosto de 2006

Aceptado 01 Noviembre 2006

ABSTRACT

The Foucault method to measure the speed of light was used to measure refraction indexes of fluoroindated glasses synthesized with the composition – 40-x In 20Sr-16Ba-20Zn-2Gd-2Na-xm – among $x = 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4,$ and 5 mol % of Sm^{+3} . The obtained results are presented here.

KEY WORDS

Jean Foucault Method, Refractive index.

RESUMEN

El método de Foucault, para medir la velocidad de la luz, se utilizó para medir índices de refracción de vidrios fluoroindatos sintetizados con composición: (40-x)In-20Sr-16Ba-20Zn-2Gd-2Na-xm, con $x = 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4$ y 5 mol % de Sm^{+3} . Se presentan los resultados obtenidos.

PALABRAS CLAVES

Método de Foucault, índice de refracción.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que el índice de refracción es un parámetro óptico, que desde el punto de vista microscópico es una relación de las constantes físicas permitividad y permeabilidad de un medio (C. Harvey Palmer 1969; Robert W. Word 1988; Daniel Malacara 1990; D.C. Baird 1962; B.K. Johnson, 1960). Por otro lado, se conoce que el índice de refracción puede o no depender de la frecuencia de la radiación que atraviesa el medio, en el primer caso el medio se conoce como medio dispersivo y en el segundo caso no dispersivo. Formalmente, el índice de refracción está representado por dos términos, una parte real y una parte imaginaria, la parte real

es consecuencia del fenómeno de dispersión y el término imaginario de la absorción del medio; en el presente trabajo solo se determina la parte real del índice de refracción.

El dispositivo experimental utilizado es un método para medir la velocidad de la luz y a su vez el índice de refracción de una muestra transparente atravesada por un haz de una fuente láser; el arreglo es básicamente igual que el desarrollado por Foucault en 1862. Un diagrama del arreglo experimental se muestra en Fig. 1; la Fig. 2 es una imagen del arreglo experimental utilizado.

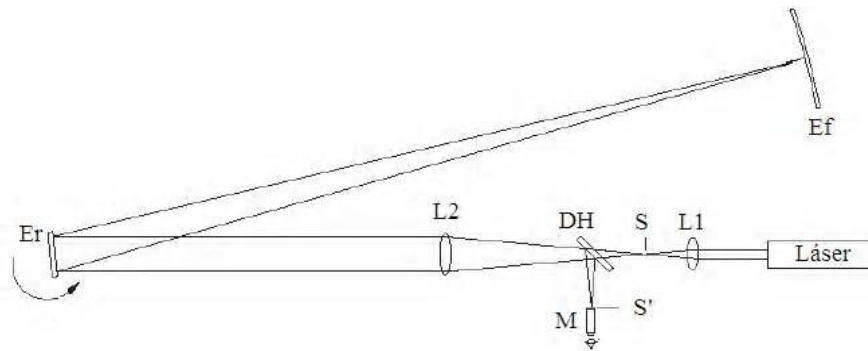
En esta modificación del método de Foucault el camino óptico es así: el haz láser se enfoca a un punto imagen S mediante la lente L1; una segunda lente L2 es posicionada para que la imagen en el punto S se refleje en el espejo rotatorio Er y se enfoque en el espejo esférico fijo Ef; este refleja el haz y lo reenfoca en el punto S; antes de enfocarse nuevamente en S el haz pasa por el divisor de haz DH, el cual permite que la imagen reflejada se enfoque en el punto S' y pueda ser vista a través de un microscopio.

$$S1 - S = \Delta S = 2D\Delta\theta \quad (1)$$

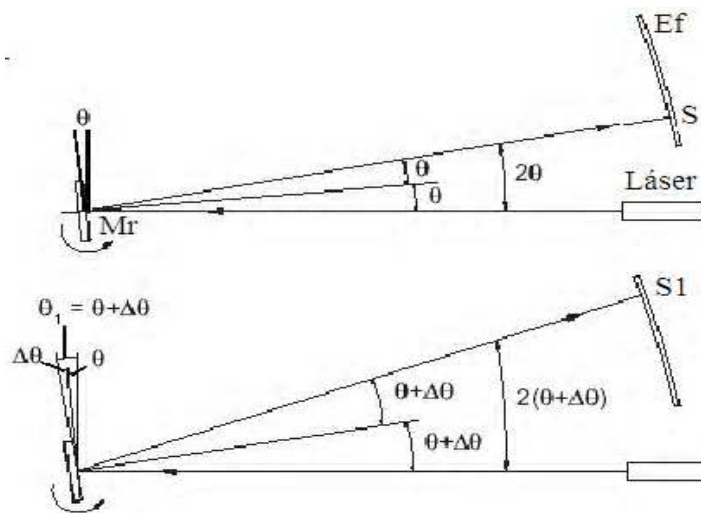
Donde D es la distancia entre Er y Ef, y $\Delta\theta$ es el desplazamiento angular de Er. Haciendo un esquema de imágenes virtuales podemos relacionar la magnitud del desplazamiento del punto en Mf con la respectiva magnitud del desplazamiento que se observa en la salida del microscopio, entonces utilizando la ley de formación de imágenes a través de la lente L2, que suponemos es delgada, entonces

Cuando Er rota ligeramente el haz reflejado llega a Ef en un punto diferente S1, de tal forma que,

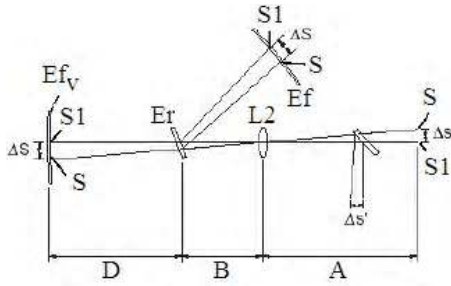
$$D_s = \left(\frac{i}{o}\right)\Delta S = \frac{A}{B_o + D}\Delta S = \frac{2DA}{B_o + D}\Delta\theta \quad (2)$$



(a). Er: espejo móvil; Ef: espejo fijo; L1: lente +48mm; L2: lente +252mm; DH: divisor de haz; M: microscopio;



(b). Esquema de rotación del espejo Mr.



(c). Esquema de imágenes virtuales.



(d). imagen con $W_o=0\text{Hz}$.

Figura 1. Diagrama del arreglo experimental.

Donde A es la distancia entre L1 y L2, B_o el camino óptico entre Er y L2, y D_s es el desplazamiento de la mancha de superposición sobre el sensor WebCam para la frecuencia W_o . Teniendo en cuenta la relación,

$$\Delta\theta = \frac{2DW_o}{C} \quad (3)$$

Donde $W_o = W_d + W_i$ es la velocidad angular de Er (rev/sec), hacia la derecha (W_d) y hacia la izquierda (W_i); C es la velocidad de la luz en el espacio libre y $2D/C$ el tiempo en que el haz va y viene de Er a Ef. Sustituyendo la Ec.(2) en la Ec.(3) se obtiene para C la relación:

$$D_s = \frac{4D^2 A}{(B_o + D)C} W_o \quad (4)$$

Si se introduce una muestra de espesor L entre Er y L2, entonces el camino óptico se modifica; así la Ec.(4) toma la siguiente forma:

$$D_s = \frac{8\pi D^2 A}{(B + D + L(n-1))C} W_o \quad (5)$$

donde n es el índice de refracción de la muestra y W_o es la frecuencia de Er en Hz.

RESULTADOS Y DISCUSION

El arreglo experimental utiliza un láser de He-Ne de 632nm de longitud de onda y 1mW de potencia; la caja de control de frecuencia de rotación del espejo móvil permite rotaciones en sentido derecho o izquierdo, de tal forma que para una frecuencia ajustada en un sentido corresponde una posición de la mancha de superposición, invirtiendo el sentido de rotación la frecuencia cambia y así mismo la mancha se desplaza en sentido opuesto, en la forma como se muestra en la Fig.3. Es de anotar, que la calidad de la imagen de la mancha y la precisión en la medida de D_s depende, en alto porcentaje, la precisión del método. Los parámetros A, B y D utilizados para la construcción del arreglo son 0.276m, 0.513m y 11.350m, respectivamente.

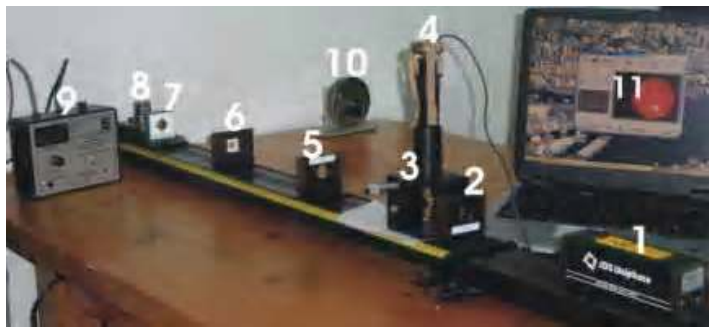


Figura 2. Arreglo experimental. 1: Láser; 2: Lente +48mm; 3: microscopio; 4: cámara WebCam; 5: Lente +252mm; 6: muestra; 7: espejo móvil; 8: motor para rotar el espejo móvil; 9: caja de control del motor; 10: espejo fijo; 11: Imagen del haz sobre la WebCam.

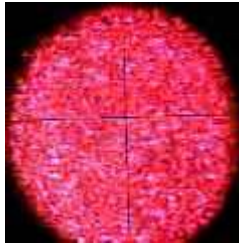
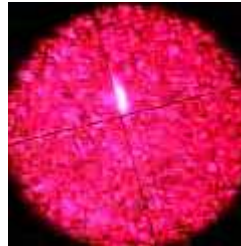
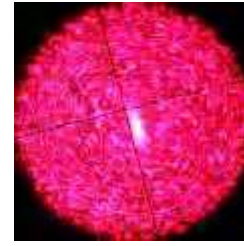
(a). Imagen con $W_o=0$ (b). Imagen con $W_o=107\text{Hz}$ (c). Imagen con $W_o=111\text{Hz}$

Figura 3. Imágenes sobre la WebCam.

En este trabajo mostramos los resultados obtenidos para cuatro muestras: vidrio ($L=5.95\text{cm}$), acrílico vidrio ($L=2.47\text{cm}$), fluoroindato ($L=2.45\text{mm}$) y fluoroindato ($L=1.9\text{mm}$). Para la determinación de los índices respectivos, se midió para cada muestra D_s y W_o , y mediante ajuste de los datos se determinó el coeficiente de correlación, el cual está relacionado con el índice de refracción de la muestra, como se puede ver en la Ec.(5). Otra parte del método es determinar la velocidad de la luz en el aire; utilizando el mismo procedimiento determinamos un valor de $C=2.9756 \times 10^8 \text{m/s}$. En la Fig.4 se muestra la correlación de los datos para las muestras indicadas anteriormente; determinados los coeficientes de correlación para cada muestra se encontraron los valores de índice de refracción mostrados en la Tabla 1.

Dados los resultados obtenidos en este trabajo, queda demostrada la posibilidad de utilizar el método de Foucault para determinar el índice

de refracción de medios transparentes de pequeño espesor; por otro lado, queda pendiente una validación rigurosa del método.

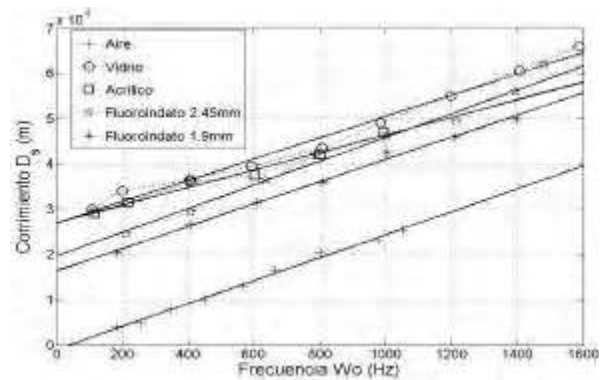


Figura 4. Correlación de los datos experimentales.

Tabla 1. Resultados experimentales.

Muestra	Índice de Refracción
Fluoroindato 2.45mm	1.6192
Fluoroindato 1.9mm	1.8764
Vidrio	1.5434
Acrílico	1.4743

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

C. Harvey Palmer, Optics, Experiments and Demonstrations, 4ª Impresión, The John Hopkins Press, Baltimore, USA (1969). Experimento A.2, pps. 6-8.

Robert W. Wood, Physical Optics, 3a. ed., Optical Society of America, Washington, DC, EUA(1988), pps. 70-72.

Daniel Malacara, Optica Básica, Fondo de Cultura Económica, México (1990), pps. 70-72.

D.C. Baird, Experimentation: An Introduction to the Measurement Theory and Experiment Design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey (1962).

B.K. Johnson, Optics and Optical Instruments, Dover, New York (1960) pps. 165-170.