

# Medida de la diferencia entre las longitudes de onda de las líneas del doblete de una lámpara de sodio

Abdala Álvarez, A. M.\* and Junco de Urrutia, L. D.\*\*

*Universidad Nacional de Salta.*

(Dated: 30 de septiembre de 2024)

En este trabajo medimos la separación del doblete del sodio, con un interferómetro de Michelson. Se realizaron medidas directas y se sacó un promedio de la separación de las líneas del sodio y luego se analizaron datos tomados con software, los resultados entran en el orden de  $\Delta\lambda$  publicado.

## I. INTRODUCCIÓN

El interferómetro de Michelson puede utilizarse para medir la separación de las dos líneas amarillas del espectro de sodio. Cabe recordar que el mismo está dominado por el doblete conocido como líneas D del sodio, constituido por dos líneas muy próximas entre sí de aproximadamente  $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$  y  $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$  (los valores reportados son  $\lambda_1 = 588,9950 \text{ nm}$  y  $\lambda_2 = 589,5924 \text{ nm}$ ).

Cuando se ilumina el interferómetro con una fuente de vapor de sodio, conforme uno de los espejos se mueve, la visibilidad del patrón de franjas aumenta y disminuye periódicamente. Se requiere de un desplazamiento  $\Delta d$  del espejo para generar un ciclo de variación en la visibilidad de las franjas. La separación  $\Delta\lambda$  puede determinarse midiendo  $\Delta d$  y utilizando la aproximación  $\lambda^2 \approx \lambda_1 \lambda_2$  ya que  $\lambda_1 \approx \lambda_2$ .

Eventualmente se alcanza un desplazamiento del espejo donde una franja brillante correspondiente a  $\lambda_1$  coincide con una franja oscura correspondiente a  $\lambda_2$ . En esta posición no se ven franjas claras, es decir, la visibilidad o contraste es mínimo. Con más desplazamiento del espejo  $M_1$  se encontrará una posición donde, de nuevo, una franja brillante coincide con otra brillante y la visibilidad es máxima. Entonces al desplazar el espejo se ve un cambio periódico de la visibilidad de las franjas. Por medio del período de este cambio de visibilidad se puede calcular el  $\Delta\lambda$  del doblete. Sea  $d$  la separación entre los espejos para esta situación. Si hay una franja brillante correspondiente a  $\lambda_1$  en el centro del campo visual (donde  $\theta = 0$  y  $\cos \theta = 1$ ), se puede escribir,

$$2d = \lambda_1 m_1 \quad (1)$$

Por lo que,

$$\lambda_1 = \frac{2d}{m_1} \quad (2)$$

Para la condición de mínima visibilidad, debe haber una franja oscura en el patrón de  $\lambda_2$  en este punto. De modo que,

$$2d = (m_2 + \frac{1}{2})\lambda_2 \quad (3)$$

Donde,

$$\lambda_2 = \frac{2d}{m_2 + \frac{1}{2}} \quad (4)$$

Restando, ec.(2) con la ec. (4):

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 2d \frac{m_2 - m_1 + \frac{1}{2}}{m_1(m_2 + \frac{1}{2})} \quad (5)$$

Ahora, multiplicando la ec.(2) con la ec.(4):

$$\lambda_1 \lambda_2 = \frac{4d^2}{m_1(m_2 + \frac{1}{2})} \quad (6)$$

Haciendo  $\lambda_1 - \lambda_2 = \Delta\lambda$  y  $\lambda_1 \lambda_2 = \lambda^2$  se tiene:

$$d = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda} (m_2 - m_1 + \frac{1}{2}) \quad (7)$$

Partiendo desde  $d = 0$ , la condición de mínima visibilidad ocurre para valores de  $d$  correspondientes a  $m_2 - m_1 = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  [1]

## II. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS

Vamos a utilizar el interferómetro de precisión OS-9255A (ver Figura:1) que proporciona una introducción tanto teórica como práctica a la interferometría. Se pueden realizar mediciones precisas en tres modos, nosotros lo usamos en el modo de Michelson (vea el manual:[2]).

Después de calibrar los instrumentos y armar las disposición experimental(ver Figura:2) Con el micrómetro, ajustamos el espejo  $M$  hasta alcanzar una condición de

\* maxiabdala232@gmail.com

\*\* lucianadeurrutia@gmail.com

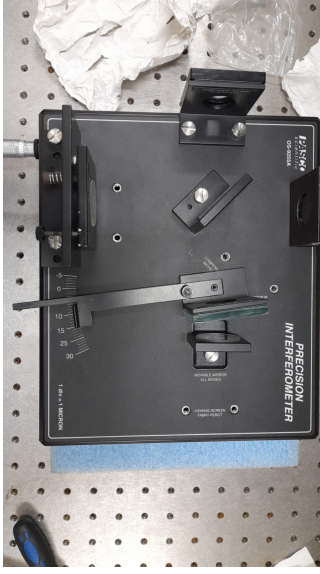


Figura 1. interferómetro de precisión OS-9255A

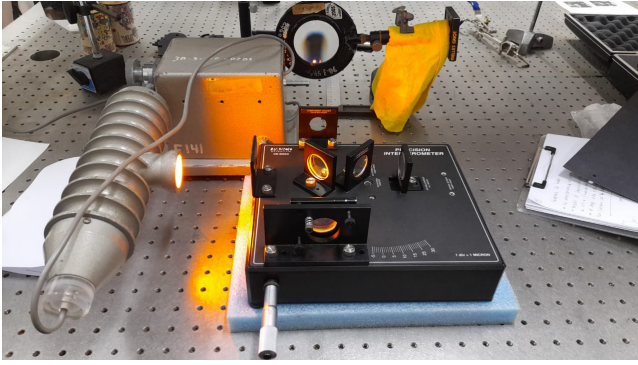


Figura 2. Disposición experimental

mínima visibilidad de las franjas. Dado que es difícil realizar esta observación de forma precisa a simple vista, optamos por tomar dos mediciones en cada mínimo observado. El primer criterio fue cuando las franjas dejaron de ser visibles, y el segundo, cuando apenas comenzaron a aparecer nuevamente. Registramos los desplazamientos  $d$  del tornillo micrométrico, tomando como referencia los  $100 \mu m$ .

Para determinar  $\Delta\lambda$ , calculamos el promedio de los extremos correspondientes a cada mínimo encontrado. En total, realizamos seis mediciones para tres mínimos, obteniendo dos medidas por cada uno. Finalmente, despejando  $\Delta\lambda$  a partir de la ecuación (7), obtuvimos el valor deseado.

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2d}(m_2 - m_1 + \frac{1}{2}) \quad (8)$$

Con estos se pudo sacar tres valores para  $\Delta\lambda$  tomando de nuevo el promedio el resultado fue  $\Delta\lambda = 0,71 nm$ . El error de este resultado, sacando un promedio de los extremos es  $\sigma = 0,03 nm$ .

Además de la medición directa, se nos proporcionaron datos de visibilidad obtenidos mediante software más sofisticado, que utilizamos para identificar los mínimos de visibilidad (ver Figura:3). A partir de estos mínimos, realizamos una regresión lineal utilizando el método de cuadrados mínimos (ver Figura:4), aplicándolo a la ecuación (7), que reordenamos de la siguiente forma:

$$d\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2}(m_1 - m_2 + \frac{1}{2}) \quad (9)$$

$$d\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2}(m_1 - m_2) + \frac{\lambda^2}{4} \quad (10)$$

definimos,

$$y = (m_1 - m_2)$$

$$x = d$$

$$\alpha = \frac{\lambda^2}{2}$$

$$\beta = \frac{\lambda^2}{4}$$

por lo tanto la ecuación (10) queda:

$$x\Delta\lambda = \alpha y + \beta \quad (11)$$

$$y = \frac{\Delta\lambda}{\alpha}x - \frac{\beta}{\alpha} \quad (12)$$

Los resultados obtenidos son:

- Con los datos medidos de forma directa (en nanómetros):

$$\Delta\lambda = (71 \pm 3) \times 10^{-2} nm \quad (13)$$

- Con los datos medidos con software (en nanómetros):

$$\Delta\lambda = (596 \pm 4) \times 10^{-3} nm \quad (14)$$

Comparando con el valor publicado  $\Delta\lambda = 0,5974 nm$ , los resultados obtenidos mediante el software difieren en un 0,23 %, lo cual es bastante satisfactorio. Con el método directo, el error relativo es del 19 %. Esta discrepancia es considerable y se debe principalmente a la escasa cantidad de mediciones; sin embargo, el valor obtenido se encuentra en el orden de magnitud correcto.

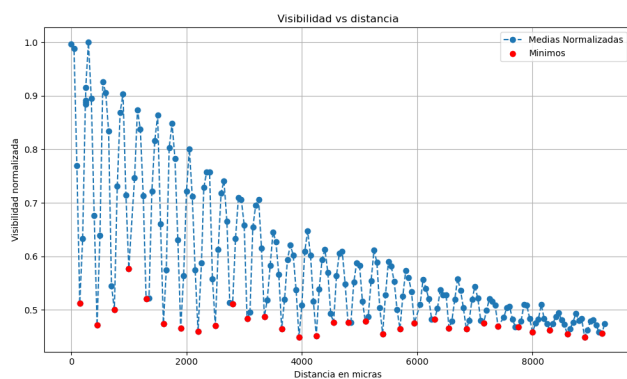


Figura 3. Gráfica de visibilidad vs distancia desplazada; los puntos rojos son los mínimos de visibilidad.

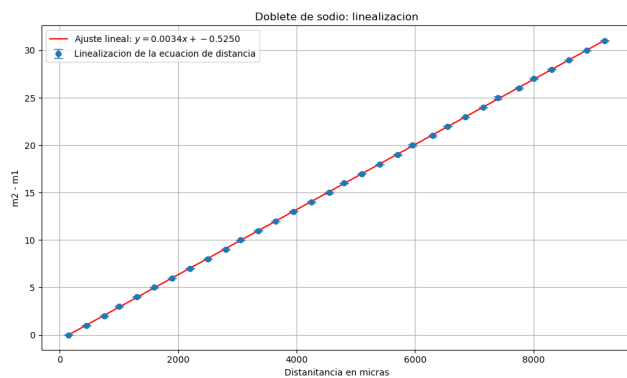


Figura 4. Regresión lineal de la ecuación, las barras de error son muy pequeñas para ser visualizadas (12)

[1] srv2.fis.puc.cl, «Doblete del sodio (fiz0311),» [http://srv2.fis.puc.cl/mediawiki/index.php/Doblete\\_del\\_Sodio\\_\(Fiz0311\)](http://srv2.fis.puc.cl/mediawiki/index.php/Doblete_del_Sodio_(Fiz0311)) (2024), [Accedido: 24-sep-2024].

[2] PASCO scientific, *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Models OS-9255A thru OS-9258A*, PASCO scientific (2024), accedido: 24-sep-2024.

