
Práctica 5: Microscopio. Anillos de Newton

5/11/2025

Universidad de Granada, Facultad de Ciencias

Grado en Físicas

Óptica I



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

JORGE DEL RIO LÓPEZ
PAULA ROCA GÓMEZ

P5

Índice

Capítulos	Página
1 Resultados	2
1.1 Medida del aumento del objetivo	2
1.2 Anillos de Newton	2
2 Conclusiones	4
3 Agradecimientos	5
4 Apéndices	6
4.1 A1: Cálculo de incertidumbres	6
4.1.1 Sensibilidad de los instrumentos	6
4.1.2 Cálculo de la desviación estándar	6
4.1.3 Incertidumbre tipo A	6
4.1.4 Incertidumbre tipo B	6
4.1.5 Incertidumbre Combinada	6
4.1.6 Incertidumbre debida a medida indirecta	6
4.2 Incertidumbre de β	7
4.2.1 Incertidumbre de R	7

Resumen

En esta práctica se trabaja con un microscopio para profundizar en el concepto de interferencia de ondas. Se ha medido con éxito el aumento del objetivo del microscopio, $\beta = 4,20 \pm 0,31$, y se han estudiado los anillos de Newton. Mediante medidas de separación entre los anillos se ha calculado el radio de curvatura de la lente esférica con dos métodos distintos, obteniéndose $R_1 = 3600 \pm 100 \text{ mm}$ y $R_2 = 3470 \pm 50 \text{ mm}$.

1. Resultados

1.1. Medida del aumento del objetivo

Comenzamos calculando el aumento del objetivo, β obtenido como

$$\beta = \frac{y'_1}{y_1} \quad (1)$$

donde y'_1 es el tamaño de la imagen intermedia y y_1 el tamaño del objeto. Para ello utilizamos el ocular micrométrico, que contiene una escala que permite medir tamaños. El tamaño a medir se trata de un número determinado de divisiones del micrómetro, las cuáles están espaciadas 0,01 cm. En concreto se midieron cuatro divisiones, ya que un mayor número de divisiones, y un mayor tamaño del objeto a estudiar, reduce la incertidumbre intrínseca de la medida con el ocular micrométrico. En nuestro caso, el tamaño del objeto es $y_1 = 0,4 \text{ mm}$. El tamaño de la imagen intermedia se calculó haciendo la equivalencia del giro del tornillo micrométrico del ocular con el desplazamiento que implica en el retículo. Se tomaron tres medidas:

y'_1 (mm)
1,52
1,55
1,98

Cuadro 1: Medidas tomadas del tamaño de la imagen intermedia del microscopio (mm)

La desviación estándar entre ellas es del 21 %. Se tomaron 3 medidas por falta de tiempo, pero dada la dispersión obtenida, lo correcto sería tomar al menos 10 medidas para poder sacar conclusiones sólidas sobre los datos. Calculamos el promedio de los datos y obtenemos $y'_1 = 1,60 \pm 0,12 \text{ mm}$. Aplicamos la expresión (1) y obtenemos un aumento de $\beta = 4,20 \pm 0,31$. Teniendo en cuenta que el aumento proporcionado por el fabricante es $4\times$, el error relativo es del 5,2 %. Así que pese al reducido número de medidas tomadas podemos afirmar que el valor obtenido es razonable, y que tanto el montaje experimental como la toma y el tratamiento de los datos ha sido correcto.

1.2. Anillos de Newton

Ahora pasamos a la segunda parte de la práctica, en la que se nos pide medir los radios de los anillos de Newton. Para ello, utilizamos un microscopio para observar los anillos y medir sus radios correspondientes a diferentes órdenes.

En la tabla (2) se muestran los valores medidos en el laboratorio de los radios de los anillos de Newton r_1 y r_2 correspondientes a los órdenes $k = 1$ y $k = 7$, respectivamente. Cada medida se realizó tres veces para obtener un valor más preciso, y la incertidumbre asociada a cada medida es de $u_C(r_1) = 0,02 \text{ mm}$ y $u_C(r_2) = 0,02 \text{ mm}$.

$r_1(\text{mm})$	$r_2(\text{mm})$
1,16	3,87
1,17	3,83
1,19	3,59

Cuadro 2: Valores medidos en el laboratorio de los radios de los anillos de Newton r_1 y r_2 correspondientes a los órdenes $k = 1$ y $k = 7$, respectivamente. La incertidumbre asociada a cada medida es de $u_C(r_1) = 0,02 \text{ mm}$ y $u_C(r_2) = 0,02 \text{ mm}$.

Una vez obtuvimos los promedios de los datos medidos con sus incertidumbres, procedimos a calcular el radio de curvatura R de la lente esférica mediante la fórmula proporcionada en el informe de prácticas[1]:

$$R = \frac{r_{k1}^2 - r_{k2}^2}{\lambda (k_1 - k_2)} \quad (2)$$

Donde r_{k1} y r_{k2} son los radios medios de los anillos de Newton correspondientes a los órdenes k_1 y k_2 , respectivamente, y λ es la longitud de onda de la luz utilizada (en este caso, la luz amarilla del sodio con $\lambda = 589,3 \text{ nm}$). Los valores de k_1 y k_2 son los órdenes de los anillos medidos, en nuestro caso $k_1 = 1$ y $k_2 = 7$.

Sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula, calculamos R , obteniendo así el siguiente resultado, $R_1 = 3600 \pm 100 \text{ (mm)}$.

También se nos pedía obtener el valor de R mediante otro método, este era un ajuste por mínimos cuadrados de los datos obtenidos. Para ello, representamos gráficamente r^2 frente a $k\lambda$ y realizamos un ajuste lineal de los datos. La pendiente de la recta ajustada nos permite calcular el radio de curvatura R mediante la relación:

$$R = \frac{1}{\text{pendiente}} \quad (3)$$

Nosotros decidimos realizar 5 órdenes de anillos, desde el $k = 1$ hasta el $k = 5$ y también medimos los radios de los anillos correspondientes tres veces para obtener un valor más preciso, los valores de CV en los 5 casos son inferiores al 2%, por lo que podríamos haber tomado alguna medida más para reducir la incertidumbre, pero de nuevo por falta de tiempo no pudimos, llegando así a los siguientes resultados:

$r^2 \text{ (mm)}$	$u_C(r^2) \text{ (mm)}$
1,42	0,06
2,3	0,1
4,1	0,2
6,4	0,3
11	1

Cuadro 3: Valores medidos en el laboratorio de los radios de los anillos de Newton r correspondientes a los órdenes $k = 1$ y $k = 5$. La incertidumbre asociada a cada medida ha sido calculado mediante tipo A y tipo B.

Esto nos permite realizar el ajuste lineal de los datos, obteniendo la siguiente gráfica:

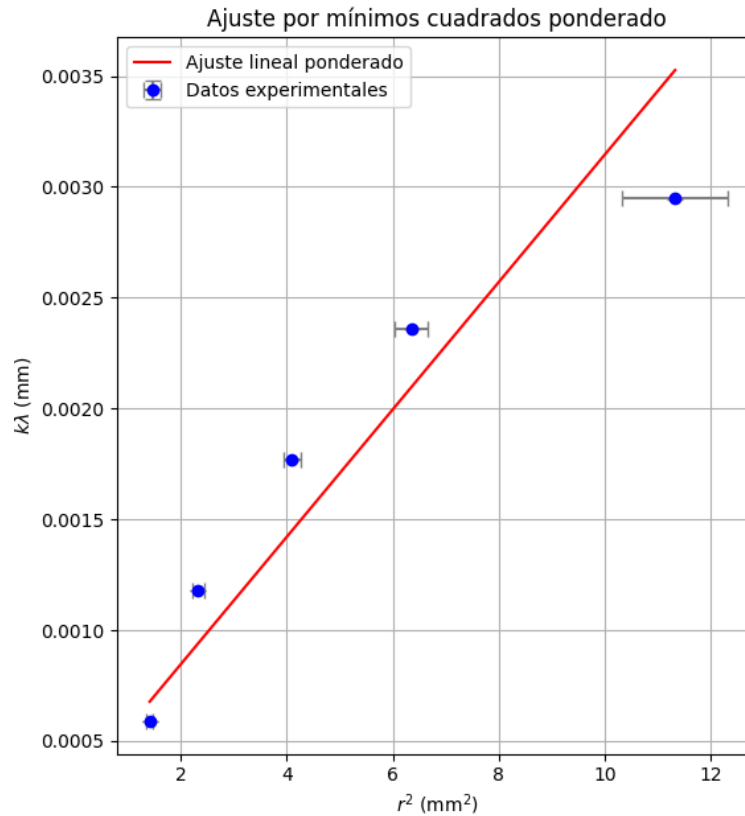


Figura 1: Ajuste lineal de los datos obtenidos en la práctica de los anillos de Newton. La pendiente de la recta ajustada nos permite calcular el radio de curvatura R de la lente esférica.

A partir del ajuste lineal, obtenemos la pendiente de la recta ajustada, que es $m = 0,00028745 \pm 0,00000004$ (mm)⁻¹. Utilizando esta pendiente, calculamos el radio de curvatura R mediante la relación mencionada anteriormente, obteniendo así el siguiente resultado, $R_2 = 3470 \pm 50$ (mm).

Al no tener un valor de referencia para el radio de curvatura de la lente esférica, no podemos calcular un error relativo entre los dos métodos. Sin embargo, podemos observar que ambos valores obtenidos son bastante cercanos entre sí, lo que sugiere que ambos métodos son válidos y proporcionan resultados consistentes.

Lo que si podemos hacer es una comparación con la "t de student" para ver si los resultados son compatibles entre sí. Para ello, calculamos el valor de t como:

$$t = \frac{|R_1 - R_2|}{\sqrt{u_C(R_1)^2 + u_C(R_2)^2}} \quad (4)$$

Sustituyendo los valores obtenidos, tenemos el siguiente valor de $t \approx 1,16$. Según la tabla de la t de Student, para un nivel de confianza del 95 % y 2 grados de libertad, el valor crítico es aproximadamente 4,303. Dado que nuestro valor calculado de t es menor que el valor crítico, podemos concluir que los dos resultados son compatibles entre sí dentro del nivel de confianza del 95 %.

2. Conclusiones

En esta práctica hemos aprendido a utilizar un microscopio compuesto para observar objetos pequeños y medir sus dimensiones con precisión. Hemos calibrado el microscopio para observar el micrómetro y

hemos medido el tamaño de varias muestras, obteniendo resultados consistentes con las dimensiones conocidas de los objetos. Además, hemos estudiado los anillos de Newton formados por la interferencia de la luz reflejada entre una lente esférica y una superficie plana. Hemos medido los radios de los anillos correspondientes a diferentes órdenes y hemos calculado el radio de curvatura de la lente utilizando dos métodos distintos: mediante la fórmula directa y mediante un ajuste lineal de los datos obtenidos. Ambos métodos nos han proporcionado resultados semejantes, lo que confirma la validez de nuestras mediciones y cálculos, además se ha comprobado la compatibilidad entre ambos resultados utilizando la t de Student.

3. Agradecimientos

Nos gustaría agradecer al Departamento de Óptica de la Universidad de Granada por proporcionarnos los medios y el material necesarios para llevar a cabo esta práctica, así como a nuestro profesor por su guía y apoyo durante el desarrollo de la misma.

4. Apéndices

4.1. A1: Cálculo de incertidumbres

4.1.1. Sensibilidad de los instrumentos

En los cálculos se ha considerado la sensibilidad (resolución) de los instrumentos empleados:

- Ocular micrométrico para y'_1 y r_k : $\delta = 0,02$ mm.
- Micrómetro para y_1 : $\delta = 0,01$ mm.

4.1.2. Cálculo de la desviación estándar

La desviación estándar se utilizará para el cálculo de la incertidumbre tipo A; su expresión es:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

4.1.3. Incertidumbre tipo A

La incertidumbre tipo A se evalúa mediante análisis estadístico de datos repetidos, basada en su dispersión o desviación estándar, para lograr dar un valor que se asemeje lo máximo posible al real; su expresión es la siguiente:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

donde s es la desviación estándar y n el número de medidas realizadas.

4.1.4. Incertidumbre tipo B

La incertidumbre tipo B se debe al error que ocasiona medir con instrumentos inexactos; se calcula a partir de la resolución (δ) del instrumento utilizado:

$$u_B = \frac{\delta}{\sqrt{12}} \quad (7)$$

4.1.5. Incertidumbre Combinada

Tras obtener la incertidumbre tipo A y la tipo B, debemos combinarlas para dar un valor concreto de incertidumbre; se calcula de la siguiente forma:

$$u_C = \sqrt{(u_A)^2 + (u_B)^2} \quad (8)$$

4.1.6. Incertidumbre debida a medida indirecta

Dado que usaremos este tipo de incertidumbre en varias ocasiones, la dejaremos aquí definida para evitar tener que repetir el proceso cada vez. Sea $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ una función con n variables; la incertidumbre de esta función se calcula mediante la propagación de incertidumbres, y obtenemos la siguiente expresión:

$$u_C(f(x_1, x_2, \dots, x_n)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u_C(x_i)^2} \quad (9)$$

Donde $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ es la derivada parcial de f respecto a la variable x_i , y $u_C(x_i)$ es la incertidumbre combinada de la variable x_i . Este cálculo nos proporciona la incertidumbre de una función que depende de varias variables, teniendo en cuenta las incertidumbres individuales de cada variable.

4.2. Incertidumbre de β

Se obtuvo a partir de la incertidumbre de y'_1 , ya que se tomó y_1 como valor exacto. La expresión es:

$$u_C(\beta) = \frac{\partial \beta}{\partial y'_1} u_C(y'_1) = \frac{u(y'_1)}{y_1} \quad (10)$$

Y $u_C(y'_1)$ es la incertidumbre combinada de la incertidumbre tipo A de las medidas, y la incertidumbre tipo B.

4.2.1. Incertidumbre de R

La incertidumbre de R se calcula mediante la propagación de incertidumbres, considerando la función $R = \frac{r_{k1}^2 - r_{k2}^2}{\lambda (k_1 - k_2)}$, donde λ es una constante sin incertidumbre. Por tanto, aplicando la fórmula de propagación de incertidumbres, obtenemos:

$$u_C(R) = \frac{1}{\lambda(k_1 - k_2)} \sqrt{((2r_{k1} - r_{k2}^2)u_C(r_{k1}))^2 + ((r_{k1}^2 - 2r_{k2})u_C(r_{k2}))^2} \quad (11)$$

Referencias

- [1] Departamento de Óptica. Universidad de Granada. *Microscopio. Anillos de Newton. Práctica 5 de Óptica.*