



GRADO EN FÍSICA

LABORATORIO DE FÍSICA III

CURSO 2015-2016 1^{er} CUATRIMESTRE

LABORATORIO DE ÓPTICA

PRÁCTICA: Lupa y microscopio

1. Objetivos:

- Calcular y medir aumentos visuales de una lupa.
- Diseñar y montar un microscopio didáctico.
- Calcular y medir aumentos visuales del microscopio didáctico.
- Calcular y medir el poder resolutivo de un microscopio comercial.

2. Fundamentos físicos:

2.1 El ojo

El ojo humano es un sistema óptico convergente (que resume la actuación de la córnea más el cristalino) de focal variable que forma imágenes sobre la retina. En la práctica se simulará un ojo que sólo puede tener dos focales distintas. Esto se hará con dos lentes, que se intercambiarán oportunamente, y una pantalla que hará de retina a una distancia invariable de la lente. Una de las lentes simula la observación de objetos lejanos (se dice que el ojo está sin acomodación) y la otra la del objeto más cercano posible que se puede formar imagen (se dice que el ojo está en máxima acomodación) El punto más cercano de observación se denomina punto próximo y se denota como a_0 . Para un ojo humano estándar $a_0 = 25$ cm.

Para más detalles consulte la práctica de Visión y Telescopios.

2.2 Aumento visual

Podemos definir el aumento visual de un instrumento óptico como el cociente entre los tamaños y'_{con} e y'_{sin} de la imagen en la retina con y sin instrumento de visión, ver Fig. 1, o equivalentemente, como el cociente de las tangentes de los ángulos ω_{con} y ω_{sin} bajo los cuales el ojo ve el objeto con y sin instrumento,

$$M = \frac{y'_{con}}{y'_{sin}} = \frac{\text{tg}\omega_{con}}{\text{tg}\omega_{sin}}. \quad (1)$$

Para lupa y microscopio se considera que la observación sin instrumento es siempre en máxima acomodación (objeto en el punto próximo), independientemente de la acomodación que se use con el instrumento.

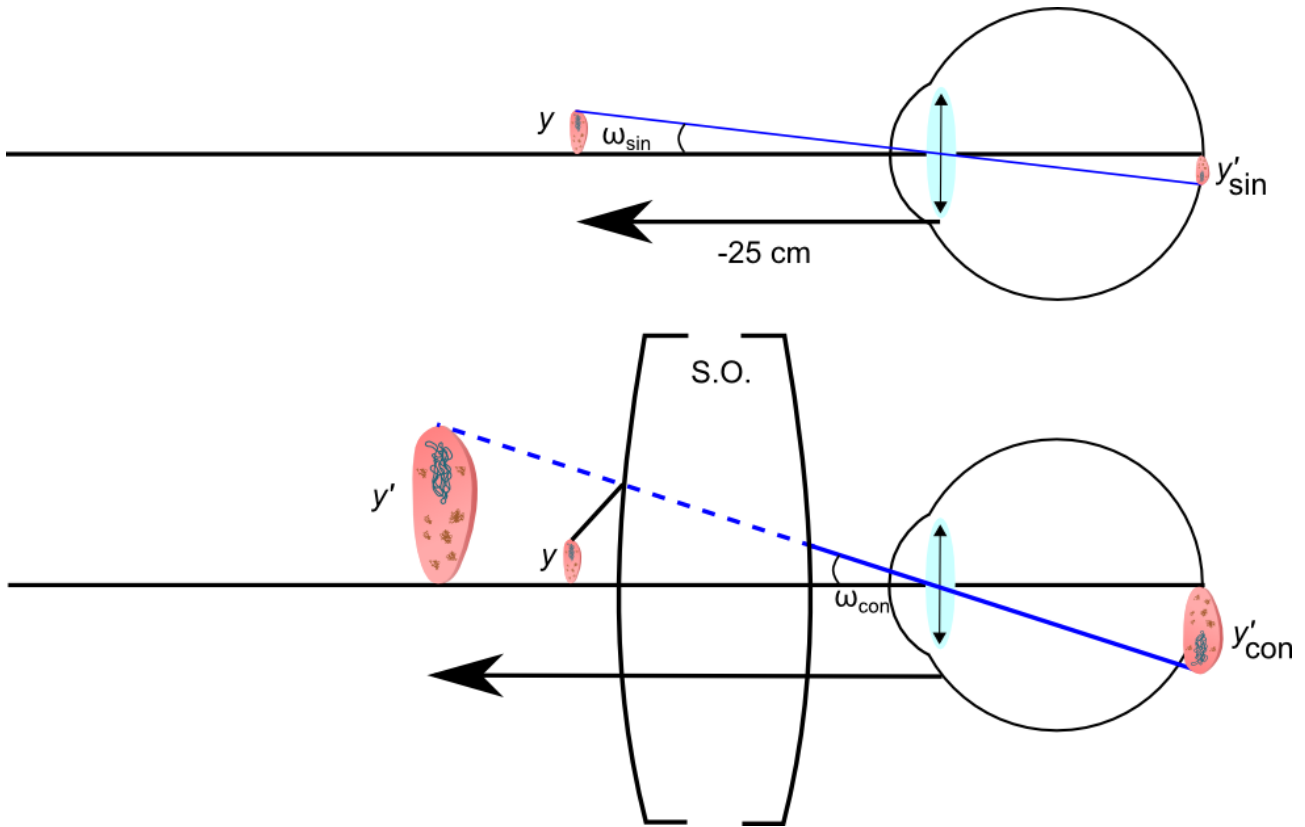


Figura 1: Aumento visual como visión sin instrumento versus con instrumento

2.2.1 Aumento visual en máxima acomodación

En este caso el ojo observa con y sin instrumento un objeto situado en su punto próximo, por lo que el aumento visual es

$$M = 1 - \frac{(a_0 + d)}{f'}, \quad (2)$$

donde f' es la distancia focal imagen del instrumento óptico, y d es la distancia del plano principal imagen del instrumento óptico al vértice del ojo. Si $d > 0$ y $M > 0$ se obtiene mayor aumento para valores menores de d .

2.2.2 Aumento visual sin acomodación

En este caso el ojo observa sin instrumento en máxima acomodación y con instrumento sin acomodación. En observación con instrumento el objeto ha de colocarse en el plano focal objeto del instrumento, y el aumento visual vale

$$M = \frac{-a_0}{f'}. \quad (3)$$

2.3 Lupa

Es una lente convergente utilizada de forma que el objeto a observar se sitúa entre el foco objeto y la lente. La imagen que la lupa presenta al ojo es virtual, derecha y aumentada, ver Fig.2.

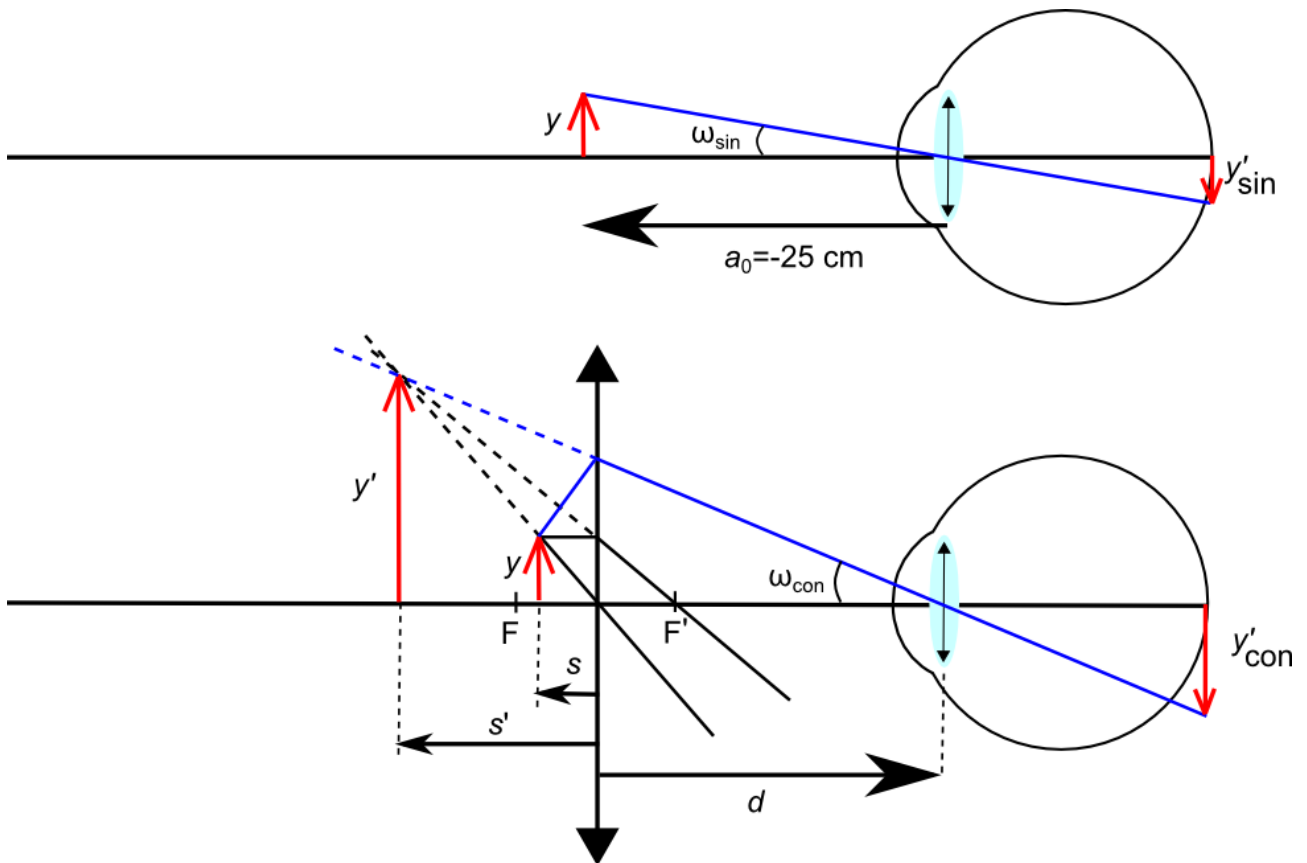


Figura 2: Aumento visual de una lupa como visión sin instrumento versus con instrumento

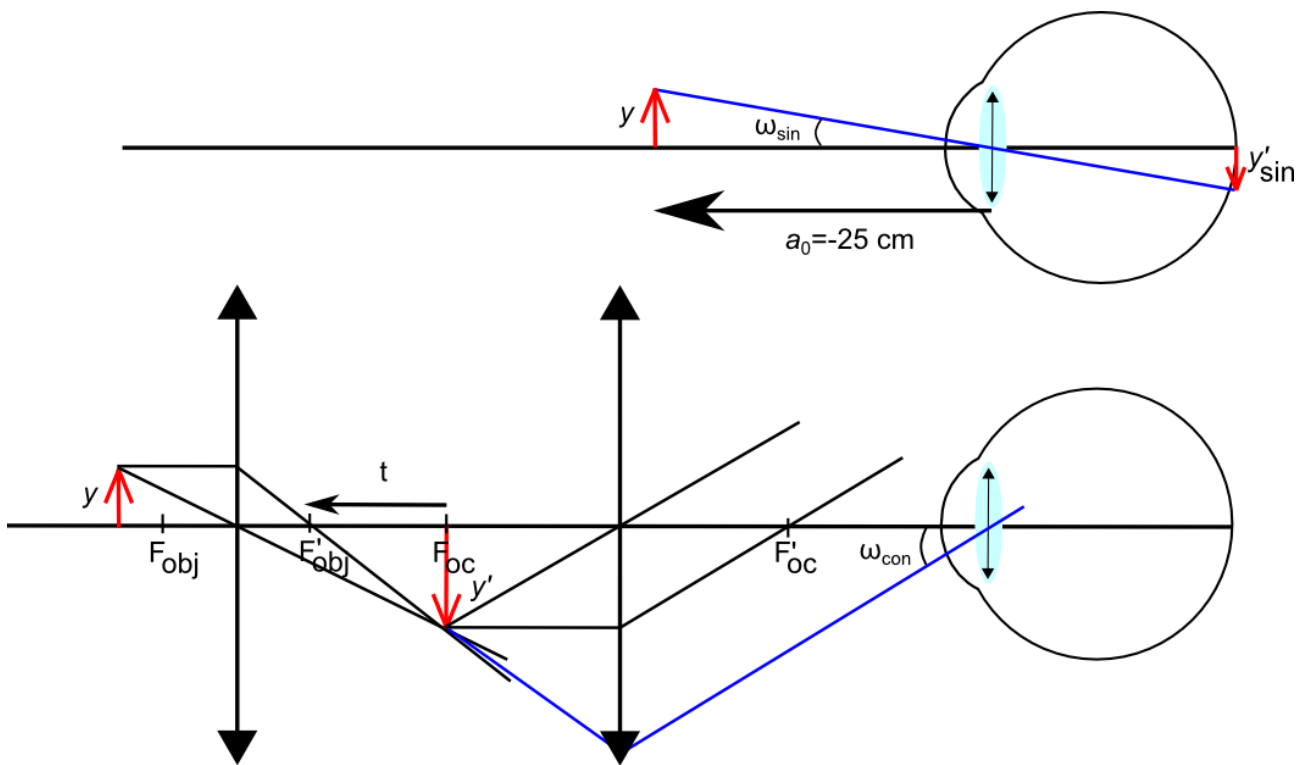


Figura 3: Aumento visual de un microscopio como visión sin instrumento versus con instrumento

2.4 Microscopio

El microscopio es un sistema de focal corta formado por dos lentes o sistemas ópticos convergentes, ver Fig. 3; el primero (objetivo) da una imagen real del objeto, que se observa con el segundo sistema (ocular) actuando como lupa. La focal del microscopio es

$$f' = -\frac{f'_{ob}f'_{oc}}{t}, \quad (4)$$

donde t es la longitud óptica del microscopio (distancia del foco imagen del objetivo al foco objeto de ocular) y $f'_{ob,oc}$ las focales imagen del objetivo y ocular respectivamente. Observando sin acomodación el aumento visual se puede escribir como el producto del aumento lateral del objetivo por el aumento visual del ocular usado como lupa.

2.5 Poder resolutivo

Hay muchos factores que limitan la capacidad de observar detalles en una imagen. Entre ellos el único inevitable es la difracción, que impone una distancia mínima δx entre dos puntos del objeto que pueden verse como dos en la imagen (y no como uno más grande) de la forma

$$\delta x = \frac{\lambda_0}{2NA} \approx \frac{\lambda}{2R} L \quad (5)$$

donde λ_0 es la longitud de onda en el vacío y λ la longitud de onda en el medio $\lambda = \lambda_0 / n$, n el índice de refracción del medio (en esta práctica siempre será el aire $n=1$), R el radio de abertura del instrumento, L la distancia del objeto al instrumento y NA la abertura numérica $NA = n \sin \alpha$, siendo α el ángulo sobre el eje del rayo con mayor inclinación que desde el objeto puede atravesar el instrumento (ver Fig. 4). La ecuación (5) es válida sólo en aproximación paraxial, que no siempre se satisface en microscopios.

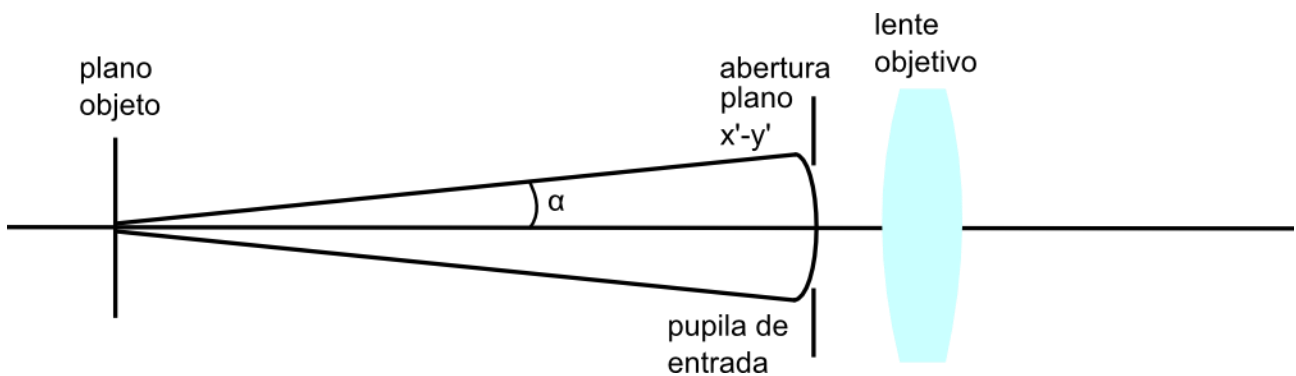


Figura 4: Definición de abertura numérica

Si detrás del instrumento óptico la luz atraviesa otro, como el ojo en nuestro caso, éste puede limitar también la resolución. Por sencillez supondremos que no es nuestro caso. Tendrá oportunidad de comprobar esta hipótesis experimentalmente y puede investigarlo teóricamente con el cálculo sencillo que se sugiere en el apartado para curiosos.

3. Método experimental.

3.1 Modo de usar un microscopio para no dañar los objetivos

Siga los siguientes pasos: Elija el objetivo; Aleje todo lo posible la platina del objetivo; Coloque la muestra sobre la platina; Acerque todo lo posible la platina al objetivo mirando desde fuera (es decir sin mirar con el microscopio). Así al enfocar siempre deberá alejar la muestra del objetivo y no podrán chocar objetivo y objeto; Mirando con el microscopio aleje la platina hasta ver enfocada la muestra; Si el objeto está protegido sólo por un cubreobjetos, para pasar de observar con un objetivo a otro simplemente gire el revólver y corrija el enfoque. La corrección debería ser mínima y en cualquier caso debe asegurarse de que el objetivo no chocará con el objeto.

3.2 Leyendas del objetivo

En la Fig. 5 tiene uno de los objetivos del microscopio indicando el significado de los números

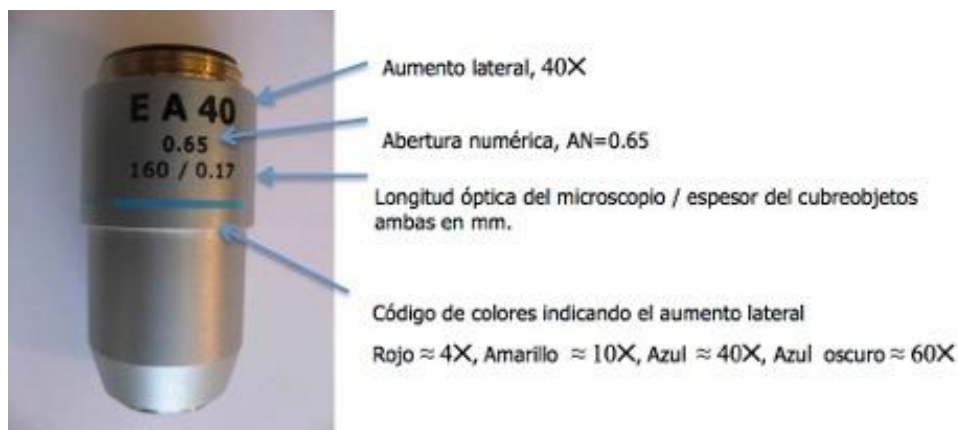


Figura 5: Leyendas de un objetivo de microscopio

4. Bibliografía:

- [1] J. Casas, *Óptica*. (Librería General, Zaragoza, 1994)
- [2] L. Pedrotti, F. L. Pedrotti, *Introduction to Optics* (Prentice Hall, Englewood Cliffs (EEUU), 1993)

Plantilla

El informe de esta práctica debe contener única y exclusivamente las respuestas solicitadas en esta plantilla. En esta plantilla no debe calcular las incertidumbres de los resultados.

Ojo simulado

- Indique qué lente simula máxima acomodación y cuál observación sin acomodación.
- Determine teórica y experimentalmente el punto próximo de este ojo.

Lupa

- Elija una lente para hacer de lupa. Anote el valor de su focal. Compruebe su valor con el método de auto-colimación que se expone en el guión de la práctica de lentes y sistemas de lentes.
- Con el ojo en máxima acomodación disponga la distancia d entre el ojo y la lupa que maximice el aumento visual. Anote el valor de d . Haga que el ojo observe una diapositiva que hará de objeto y anote el tamaño del objeto, el tamaño de su imagen en la retina con lupa y el tamaño de su imagen en la retina sin lupa.
- Haga que el ojo observe con lupa el mismo objeto del apartado anterior pero con el ojo sin acomodación y anote el tamaño de la imagen en la retina. Compruebe que el tamaño no varía al variar la distancia ojo-lupa.
- Con los datos de los dos puntos anteriores debe calcular el aumento visual tanto para la lupa en máxima acomodación como sin acomodación. Indique breve y claramente cómo ha obtenido ambos.

Microscopio académico

- Construya un microscopio utilizando dos lentes. Anote cuál hace de objetivo y cuál de ocular. Anote sus focales. Compruebe el valor de las focales de las dos lentes con el método de auto-colimación que se expone en el guión de la práctica de lentes y sistemas de lentes. Anote la separación entre objetivo y ocular que va a usar.
- Con el método de auto-colimación averigüe dónde debe poner la transparencia que hace de objeto para observarlo nítido con el ojo sin acomodar.
- Obtenga experimentalmente el valor del aumento visual sin acomodación usando una transparencia como objeto y compárelo con el valor teórico.

Microscopio comercial

- Antes de abordar ningún objetivo familiarícese con el manejo del microscopio comercial y sus componentes.
- Observe tres redes de difracción como las de la Fig. 6 con los objetivos de 4X y 10X exclusivamente. Para cada red y cada objetivo indique si es capaz de resolver las rendijas de la red. En la Fig. 7 se observa una red de difracción que sí se puede resolver con el microscopio.



Figura 6: Redes de difracción

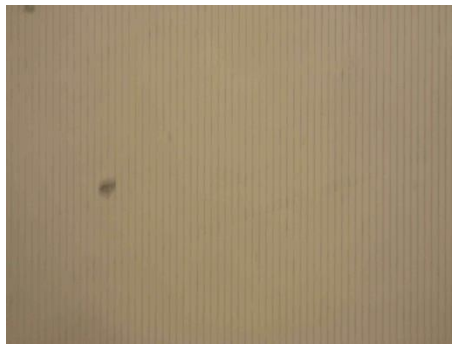


Figura 7: Red de difracción de 100 líneas/mm vista con el objetivo 10X.

- Cambie uno de los oculares por el ocular con retículo graduado. Para calibrar el valor de las divisiones del retículo del ocular elija el objetivo de 10X y observe a través del microscopio la escala graduada mostrada en la Fig. 8, en la que hay 5 mm divididos en 100 partes. Cuando mire a través del microscopio debe ver las dos escalas enfocadas simultáneamente, la que hace de objeto y la del ocular. Con esto calibre el valor de las divisiones del retículo del ocular. Indique el resultado obtenido.



Figura 8: Escala graduada para calibración

- Usando el objetivo 10X y el ocular con retículo calibrado mida la separación entre rendijas de las redes de difracción. Anote los valores obtenidos.
- Calcule el poder resolutivo teórico del microscopio para todos los objetivos considerando que la abertura numérica del microscopio completo es la del objetivo usado. Compare los valores obtenidos con la capacidad de resolver el periodo de las redes de difracción analizadas.

- Observe las preparaciones de micro-esferas de tamaños XX e YY con todos los objetivos. Preste atención a si se resuelven o no las esferas. Diga si los resultados concuerdan con los poderes resolutivos calculados para cada objetivo.

Fenómenos interesantes para los curiosos

En este apartado no se evaluarán las preguntas solicitadas

Comprobación de que todo lo que resuelve el objetivo del microscopio comercial lo resuelven el microscopio entero y el ojo.

- Para investigar si es el objetivo del microscopio el que limita el poder resolutivo puede hacer al cálculo siguiente. Considere dos objetos separados δx que sean resueltos por un objetivo del microscopio comercial. Calcule la posición y tamaño de la imagen dada por el objetivo y compruebe si serán resueltos por el ocular. Proceda después del mismo modo con el ocular para determinar si la imagen final es resuelta por el ojo. Un ojo humano estándar típicamente resuelve objetos que subtienden un minuto de arco desde el ojo.

5. Quiero saber más

Los microscopios comerciales tienen objetivos y oculares que no son lentes simples, sino sistemas de lentes de forma que sus focales sean muy pequeñas y por tanto según la ecuación (3) el aumento visual muy grande. Tanto el objetivo como el ocular se caracterizan por sus aumentos y el aumento total del microscopio es el producto de ambos aumentos. Los aumentos típicos que se pueden lograr con un microscopio son de 10x a 100x. Puedes leer más en http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_compuesto