

El microscopio, también llamado microscopio compuesto en contraposición al microscopio simple, es un instrumento óptico consistente, en su estructura más sencilla, en dos lentes convergentes. Su objetivo es permitir la observación de objetos demasiado pequeños para ser observados a simple vista. Vamos a estudiar el microscopio desde el punto de vista de la óptica geométrica, a través de los siguientes puntos:

- Su funcionamiento
- El aumento que producen
- Las partes fundamentales del microscopio óptico
- Algunos tipos muy extendidos

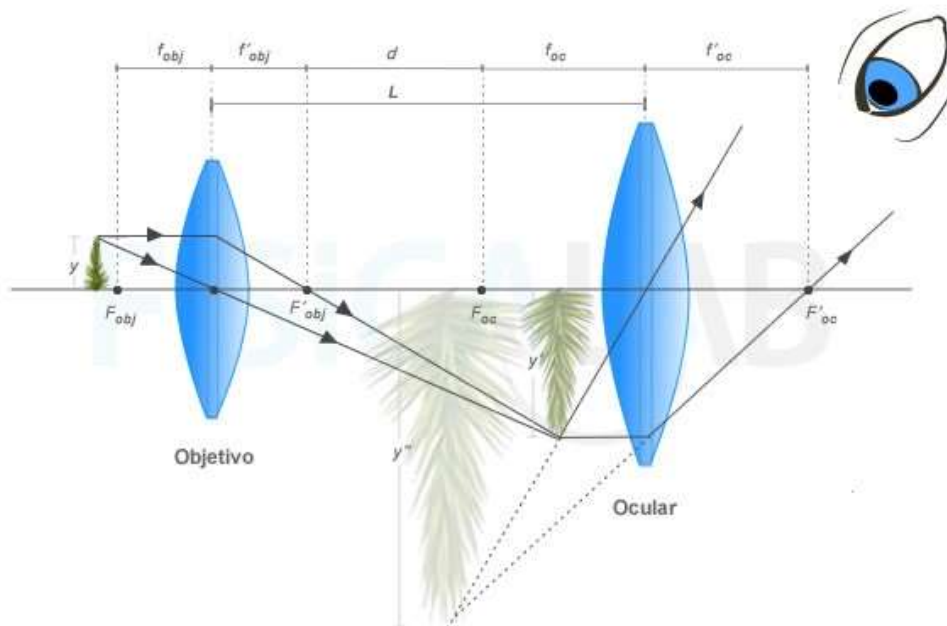
Tipos de microscopios

La invención del microscopio óptico es atribuida a Zacharias Janssen en 1590. Desde entonces los microscopios han evolucionado y a día de hoy existen distintos tipos de microscopios, como los digitales, los estereoscópicos o los microscopios invertidos. ¿Sabrías identificarlos?



Funcionamiento

En esencia el microscopio consiste en dos lentes convergentes. La lente más próxima al objeto se denomina objetivo. La lente más próxima al ojo se denomina ocular. Observa la siguiente gura.



Estructura básica del microscopio

En la imagen puedes observar la configuración óptica fundamental de un microscopio. La primera lente tiene una distancia focal, f'_{obj} , pequeña, mientras que la del ocular, f'_{oc} , es mayor. La distancia de separación entre las lentes es L y la distancia de separación de los focos la hemos llamado d .

Cuando deseas examinar un objeto, como por ejemplo la rama de pino de altura y y de la gura anterior, debes colocarlo cerca del objetivo, a una distancia ligeramente superior a su distancia focal. De esta manera, tal y como has aprendido aquí, se forma una imagen real, invertida, y de mayor tamaño que el objeto, en este caso de altura y' . Se trata de una primera ampliación del tamaño del objeto original. La distancia entre las lentes, L , debe ser tal que la imagen se forme dentro de la distancia focal del ocular.

El ocular, entonces, actúa como una lupa, produciendo una nueva ampliación, de altura y'' , de la imagen previamente formada en el objetivo.

La imagen final es invertida, virtual y de mayor tamaño que el objeto original.

Para cuantificar exactamente el aumento producido por un microscopio usamos su aumento angular.

Aumento

Definimos el aumento total de un microscopio compuesto como el producto del aumento lateral del objetivo por el aumento angular del ocular. Para su cálculo emplearemos la siguiente expresión:

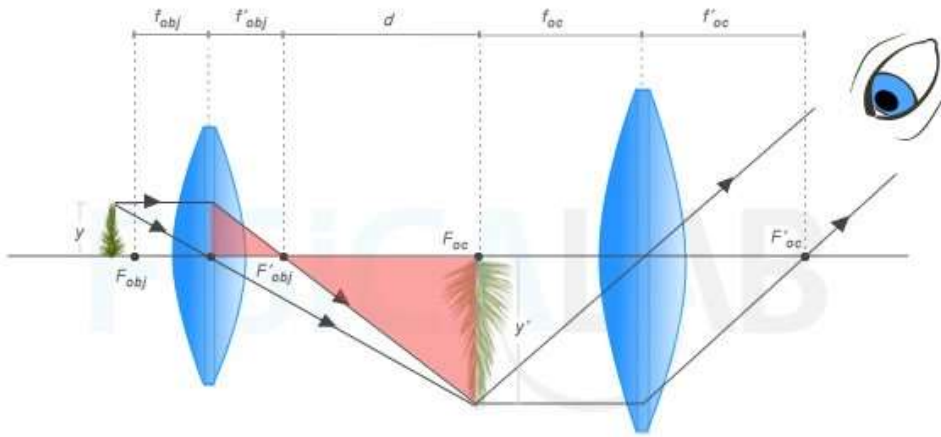
$$A = A_{obj} \cdot A_{oc} = - \frac{d}{f'_{oc}} \frac{x_p}{f'_{obj}}$$

Donde:

- A, A_{obj}, A_{oc} : Aumento total del microscopio, lateral del objetivo y angular del ocular. Son todas magnitudes adimensionales. El aumento del microscopio es negativo, indicando que la imagen final es invertida
- d : Distancia entre la distancia focal imagen del objetivo y la distancia focal objeto del ocular. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro (m)
- f'_{obj}, f'_{oc} : Distancias focales imagen del objetivo y del ocular. Su unidad de medida en el S.I. es el metro (m) x_p : Distancia del punto próximo considerada. Normalmente su valor es 0.25 metros
-

Comprobación

Para llegar a la expresión anterior asumiremos que la imagen del objetivo se produce en el foco objeto del ocular, de manera que la imagen del ocular se forma en el infinito, tal y como se pone de manifiesto en la siguiente figura.



Aumento del microscopio

Los triángulos marcados en la gura son semejantes. Observa como, con la disposición de elementos de la gura, los rayos salen paralelos en el ocular y no se produce fatiga visual al no ser necesaria la acomodación del cristalino.

$$A_{L_{obj}} = \frac{y'}{y} = -\frac{d}{f'_{obj}}$$

Por otro lado, ya sabemos que el aumento angular del ocular, que hace las veces de lupa, viene dado por:

$$A_{a_{oc}} = \frac{x_p}{f'_{oc}}$$

Dado que el aumento se define como el producto de las dos expresiones anteriores, nos queda:

$$A = A_{L_{obj}} \cdot A_{a_{oc}} = -\frac{d}{f'_{obj}} \cdot \frac{x_p}{f'_{oc}}$$

Ejemplo

Determina la distancia focal del ocular de un microscopio cuyo objetivo produce un aumento lateral de 35x si el aumento total deseado en el microscopio es de 350x. Considera que el punto próximo se sitúa a 25 cm del ojo, y es ahí donde se forma la imagen creada por el microscopio. Por otro lado, si la distancia entre el foco imagen del objetivo y el foco objeto del ocular es de 50 cm, ¿cuál debe ser la distancia focal del objetivo?

Solución

Datos

- Aumento total del microscopio: $350\times \Rightarrow A = -350$
- Aumento lateral del objetivo: $35\times \Rightarrow A_{L_{obj}} = -35$
- Distancia del punto próximo: $x_p = 25\text{ cm} = 0.25\text{ m}$
- Distancia entre los focos: $d = 50\text{ cm} = 0.5\text{ m}$

Consideraciones previas

Observa que el signo del aumento total y del aumento lateral es negativo, como corresponde al hecho de que tanto el objetivo como el microscopio en su totalidad forman imágenes invertidas.

Resolución

Sabemos que el aumento del microscopio se define como el producto del aumento lateral del objetivo por el aumento angular del ocular. De esta manera:

$$A = A_{L_{obj}} \cdot A_{a_{oc}} \Rightarrow A_{a_{oc}} = \frac{A}{A_{L_{obj}}} = \frac{-350}{-35} = 10$$

Por otro lado, a partir de la propia expresión del aumento angular podemos determinar la distancia focal del ocular:

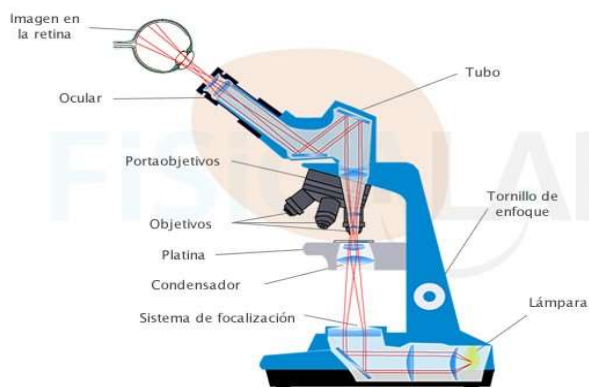
$$A_{a_{oc}} = \frac{x_p}{f'_{oc}} \Rightarrow f'_{oc} = \frac{x_p}{A_{a_{oc}}} = \frac{0.25}{10} = 0.025\text{ m} = 2.5\text{ cm}$$

En relación a la distancia focal del objetivo, identificando la parte correspondiente de la fórmula del aumento del microscopio $A = A_{L_{obj}} \cdot A_{a_{oc}} = -\frac{d}{f'_{obj}} \cdot \frac{x_p}{f'_{oc}} \Rightarrow A_{L_{obj}} = -\frac{d}{f'_{obj}}$, obtenemos:

$$A_{L_{obj}} = \frac{y'}{y} = -\frac{d}{f'_{obj}} \Rightarrow f'_{obj} = -\frac{d}{A_{L_{obj}}} = -\frac{0.5}{-35} = 0.019\text{ m} = 1.9\text{ cm}$$

Estructura del microscopio óptico

A la hora de construir un microscopio real, la estructura óptica presentada sirve de base, pero se incluyen algunas mejoras que permiten aumentar su funcionalidad. Observa el siguiente esquema:



Esquema de microscopio óptico

Además de los elementos ópticos fundamentales, englobados en la zona con fondo de color anaranjado, el microscopio cuenta con un sistema de iluminación y un sistema mecánico que mejoran su funcionalidad.

Podemos distinguir las siguientes partes:

- Sistema óptico: Su función principal es ampliar la imagen del objeto observado, tal y como ya se ha indicado. Sin embargo, el ocular y el objetivo suelen estar constituidos en realidad por varias lentes. Además, el sistema óptico cuenta con espejos que permiten la separación necesaria entre el objetivo y el ocular y que además ajustan la trayectoria de los rayos a la forma del microscopio:
 - Ocular: Es la lente o el sistema de lentes situadas en el extremo superior del tubo, cerca del ojo del observador. Multiplican el aumento logrado por el objetivo y este se suele indicar mediante un número entero acompañado de una 'x'. Por ejemplo, 6x indica que el aumento angular del ocular es 6
 - Objetivo: Es la lente o sistema de lentes situadas más próximas al objeto a observar. Algunos necesitan ser humedecidos con un líquido especial para poder funcionar (normalmente aceite de cedro) y son denominados objetivos de inmersión. A los que no necesitan ser humedecidos con sustancia alguna se les llama objetivos secos. Normalmente los objetivos se sitúan en el portaobjetivos, también llamado revolver, de manera que un solo aparato pueda utilizar objetivos de distintas características con tan solo girar el revolver. Como hemos visto, el objetivo también sirve para ampliar la imagen. Su valor también se especifica mediante un número entero acompañado de una 'x'. Por ejemplo, 100x indica que el aumento lateral del objetivo es -100.
- Sistema de iluminación: Permite la iluminación óptima del objeto a aumentar:
 - Lámpara: Es la fuente de luz utilizada para producir la iluminación. Los microscopios modernos utilizan leds
 - Sistema de focalización: Es el conjunto de lentes y espejos que dirigen los rayos de la lámpara al condensador y que regulan la cantidad de luz que llega a este
 - Condensador: Es la lente o sistema de lentes que concentran los rayos de luz sobre el objeto a observar
- Sistema mecánico: Engloba todas las piezas físicas en las que se encuentra el sistema óptico y el de iluminación. Podemos destacar los siguientes elementos:
 - Platina: Suele ser una pieza metálica en cuyo centro existe un orificio transparente. En dicho orificio situaremos el objeto a observar, normalmente transparente o tan no transparente permitiendo el paso de la luz procedente de la lámpara hacia el objetivo
 - Tornillos: Se utilizan para enfocar, variando la distancia a la que se sitúa el objetivo y el ocular del objeto. Normalmente el microscopio óptico cuenta con varios tornillos que pueden mover la platina o el tubo, que es la cámara oscura en la que se sitúa el ocular y el objetivo. Suele haber un tornillo de amplio desplazamiento, utilizado para el enfoque inicial y denominado macrométrico y otro de alta precisión que realiza desplazamientos muy cortos, denominado micrométrico
 - Revolver: Como indicamos anteriormente, el portaobjetivos o revolver es el sistema que permite incorporar distintos objetivos al microscopio y usar uno u otro sin más que girar el dispositivo para alinear el deseado con el ocular

Tipos de microscopios

Existen distintas variaciones a la estructura básica presentada que dan lugar a distintos tipos de microscopios. Algunas de ellas, a modo de referencia, son las siguientes:

- **Microscopio digital:** Esta variación incluye un sensor digital sobre el que se proyectan los rayos de luz. Dicho sensor se conecta a una pantalla LCD para visualizar la imagen
- **Invertido:** Sitúa la fuente de luz en la parte superior del microscopio, dónde también se encuentra el condensador apuntando hacia abajo. Por otro lado, el objetivo está en la inferior apuntando hacia arriba
- **Estereoscópico:** Presenta dos tubos oculares y dos objetivos. Cada ocular presenta una visión ligeramente distinta a cada ojo, lo que hace posible la visión tridimensional (también llamada estereoscópica)
- **De campo oscuro:** El condensador del microscopio es paraboloide y, en lugar de iluminar directamente el objetivo, lo ilumina oblicuamente. De esta manera los objetos aparecen claros sobre fondo oscuro, lo cual es muy útil para ciertas sustancias cuyo color claro contrasta poco con el color claro de fondo que produce la imagen del microscopio óptico convencional
- **Electrónico:** Los microscopios ópticos, al utilizar luz visible, presentan un problema con la difracción. No es posible observar objetos más pequeños que la longitud de onda usada (aproximadamente). Los microscopios electrónicos iluminan el objeto con electrones, en lugar de fotones, cuya longitud de onda es menor que la de cualquier fotón del espectro visible. Aunque requieren una preparación más compleja del objeto a observar, consiguen aumentos mucho mayores.

Autor: José L. Fernández [in](#)



Realizado con todo el cariño del mundo por el equipo de Fisicalab, con la ayuda de nuestros mecenas, para los estudiantes y docentes de todo el mundo.

© Todos los derechos reservados 2023.