

INTRUMENTOS ÓPTICOS

- El ojo humano
- La lupa o microscopio simple

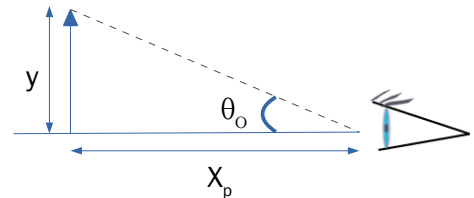
Instrumento óptico de visión próxima, diseñando para ver objetos pequeños y cercanos. Consta de un lente convergente de distancia focal pequeña (para obtener un aumento significativo del objeto).

Forma de uso:

- ✓ La lupa se coloca a una distancia tal, que el objeto se encuentre a una distancia menor que la longitud focal. De este modo la imagen formada es virtual, derecha y aumentada.
- ✓ Acercaremos el ojo a la lupa lo más posible.
- ✓ Desplazamos el sistema ojo+lupa hasta obtener una imagen nítida
- ✓ El aumento de una lupa depende de la distancia del objeto a la lupa. Los aumentos que aparecen en la lupa, cuando se adquieren en un comercio, se denominan aumento angular comercial y se calcula suponiendo que el objeto está colocado a una distancia de la lupa+ojo igual a la distancia focal de la lupa.

Aumento angular comercial:

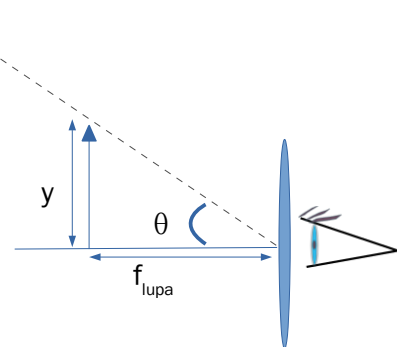
- ✓ Se define como el cociente entre el ángulo con que se observa el objeto sin la lupa, y el que se observa con el instrumento óptico.
Para ver un objeto pequeño lo que hacemos es acercar el ojo para que la imagen que se forme en la retina sea lo más grande posible. Esta distancia tiene un límite que se denomina punto próximo, si nos acercamos más la imagen se ve borrosa. La distancia del punto próximo varía con la edad y con las características del ojo, sin embargo se toma como una distancia de punto próximo habitual la de 25 cm ($X_p = 0,25$ m).
Para determinar el aumento angular se toma como referencia el ángulo con el que se observa el objeto sin la lupa (el objeto visto a la distancia de punto próximo).



Sea θ_o el ángulo con que se observa el objeto sin la lupa. Dado que se trata de ángulos pequeños, podemos aproximar el valor del ángulo al valor de su tangente. Mirando el dibujo se observa que:

$$\theta_o \approx \tan \theta_o = \frac{y}{X_p}$$

Sea θ el ángulo con que se observa el objeto con la lente interpuesta. Para determinar el aumento angular comercial, la lupa se coloca a una distancia tal, que la imagen se forme en el infinito, de manera que el ojo está relajado para formar la imagen y no acomoda su lente. Para ello al tratarse de una lente convergente, **la distancia objeto debe coincidir con la distancia focal**, es decir, está situado en el punto focal objeto del ocular. (θ es un ángulo del primer cuadrante, por tanto de tangente positiva, para cumplir con este requisito, en la expresión siguiente se pone la focal imagen)



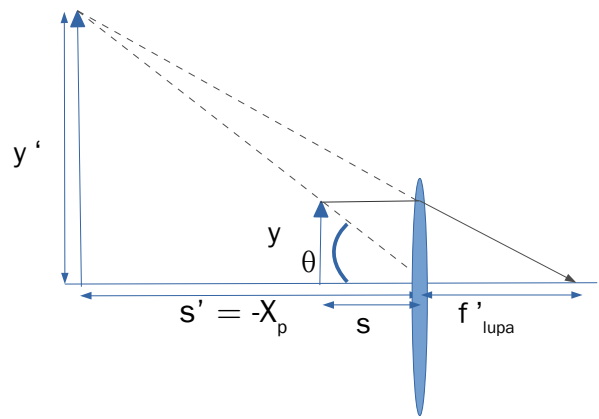
$$\theta \approx \tan \theta = \frac{y}{f'_{lupa}}$$

El aumento angular (comercial) se define como el cociente entre los dos ángulos θ y θ_o :

$$A_{\text{angular}} = \frac{\theta}{\theta_o} = \frac{X_p}{f'_{lupa}} = \frac{0,25}{f'_{lupa}}$$

Otro ejemplo de aumento angular: Se puede conseguir un mayor aumento angular que el que indica el aumento comercial con la misma lupa. Si la lupa+ojo se sitúa a una distancia tal que **la imagen se forme en el punto próximo del ojo**, el objeto estaría más cerca de la lupa que la distancia focal.

$$\left. \begin{aligned} \theta &\approx \tan \theta = \frac{y'}{X_p} = \frac{y}{-s} ; \\ \theta_o &\approx \tan \theta_o = \frac{y}{X_p} \Rightarrow \end{aligned} \right\} \frac{\theta}{\theta_o} = \frac{X_p}{-s}$$



De la ecuación de las lentes delgadas: despejamos $1/(-s)$ y sustituimos s' por $-X_p$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'} \Rightarrow -\frac{1}{s} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{X_p}$$

Sustituyendo en el aumento angular se obtiene:

$$A_{\text{angular}} = \frac{\theta}{\theta_o} = 1 + \frac{X_p}{f'}$$

■ El microscopio compuesto

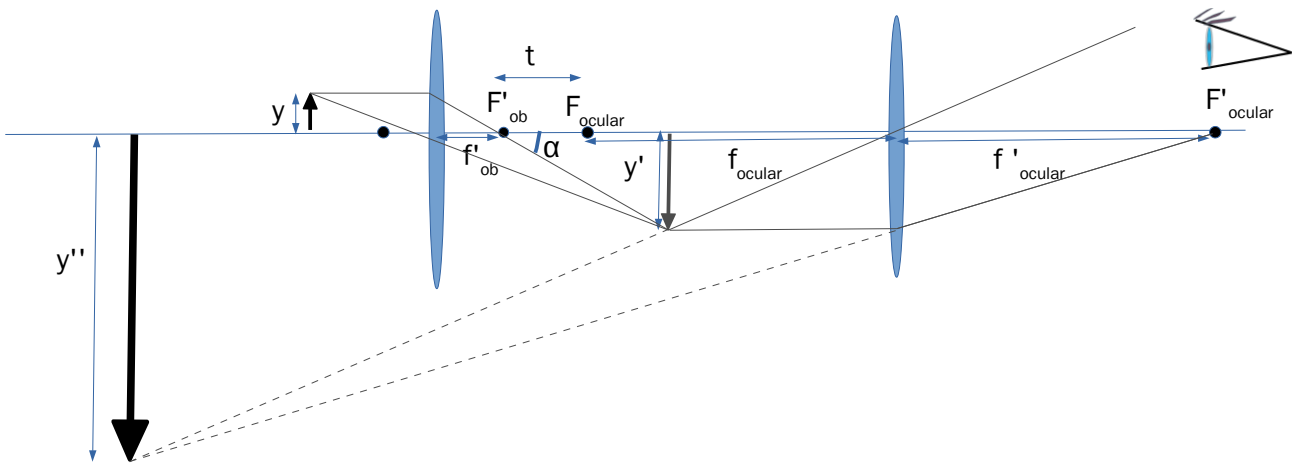
Instrumento óptico de visión próxima, diseñando para ver objetos no visibles a simple vista y cercanos. Básicamente consiste en dos sistemas ópticos, el objetivo y el ocular perfectamente alineados. Ambos están formados por una lente convergente. La del objetivo tiene menor distancia focal que la del ocular, éste último funciona igual que una lupa.

Forma de uso:

- ✓ La muestra preparada en el portaobjetos y con el cubreobjetos se sitúa sobre la platina. Es iluminada por su parte inferior con un haz de luz procedente de una lámpara y convenientemente focalizada sobre la muestra con un sistema de diafragma+lentes. Si la fuente original de luz no se encuentre alineada con el sistema, se necesita también de un espejo. El haz de luz atraviesa la muestra y llega por un tubo hasta el ocular y finalmente al ojo.
- ✓ El microscopio puede venir equipado por más de un objetivo, seleccionando uno u otro haciendo girar la plataforma que contiene a todos ellos y alinear con el ocular el objetivo seleccionado.
- ✓ La preparación de la muestra a inspeccionar y su correcta iluminación es esencial para obtener la imagen nítida y enfocada.
- ✓ El ojo se debe colocar muy cerca del ocular.

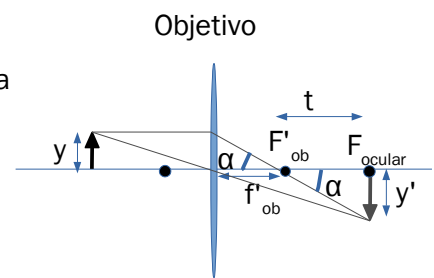
Funcionamiento

- ✓ El objetivo forma una imagen real e invertida del objeto (para ello el objeto debe de estar a una distancia mayor que su focal). Esta "primera imagen" debe formarse a una distancia menor que la focal del ocular o en la propia focal del ocular.
- ✓ El ocular actúa como una lupa y produce una imagen virtual y aumenta, la cual finalmente forma una imagen en la retina.
- ✓ La distancia entre la focal imagen del objetivo y la focal objeto del ocular, t , se denomina longitud óptica del microscopio .



- ✓ El aumento del microscopio es el producto del aumento lateral del objetivo, A , y el aumento angular, A_{angular} , de ocular (que actúa como lupa). Para que el ojo no acomode la primera imagen debe formarse en la focal objeto del ocular: Del dibujo se observa, con la aproximación paraxial:

$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{y}{f'_{ob}} = -\frac{y'}{t} \Rightarrow A = \frac{y'}{y} \Rightarrow A = -\frac{t}{f'_{ob}}$$



El aumento del ocular que actúa como lupa es: $A_{\text{angular}} = \frac{0,25}{f'_{ocular}}$

El aumento del microscopio es el producto de ambos:

$$\text{aumento del microscopio} = -\frac{0,25}{f'_{ocular}} \cdot \frac{t}{f'_{ob}}$$

Aberraciones de un sistema óptico

- Las aberraciones consisten en la pérdida general de la calidad de la imagen, bien por pérdida de nitidez, contraste, deformación, aparición de colores en los bordes producidas por un sistema óptico.
- No se producen por un defecto de fabricación del sistema óptico. Son producto de las leyes de la reflexión (espejos) y refracción (lentes). Las imágenes que construimos obedecen a varias aproximaciones: zona paraxial, lentes delgadas, luz monocromática. En la realidad estas aproximaciones no se cumplen para muchos rayos de luz.

Clasificación:

Aberraciones geométricas:

- **Esféricas:** Los rayos que inciden paralelamente al eje óptico sobre zonas alejadas del eje óptico, sufren mayor refracción que los paraxiales, convergente más cerca, tienen focos distintos. Se producen imágenes de poco contraste, difusas. Es debido a la superficie esférica de la lente. Se puede corregir en parte, con un diafragma, que sólo permita el paso de rayos paraxiales. Esto tiene el inconveniente de disminuir la luz que pasa.
- **Distorsiones:** El aumento producido depende de la distancia del punto al eje óptico, lo que produce una distorsión de la imagen en los bordes.
- **Coma:** Los rayos, procedentes de puntos fuera del eje óptico, inciden con ángulo a diferentes zonas de la lente, producen imagen de diferente escala (tienen una focal distinta), por lo que un punto adquiere forma de coma.
- **Astigmatismo:** La lente no puede enfocar todo el plano horizontal o el vertical.

- **Curvatura de campo:** Una lente esférica, produce de un objeto plano una imagen curvada. Se corrige por combinación de varias lentes.

Aberraciones esféricas:

<https://nocturnoginer.files.wordpress.com/2015/09/c3b3ptica-geomc3a9trica.pdf>