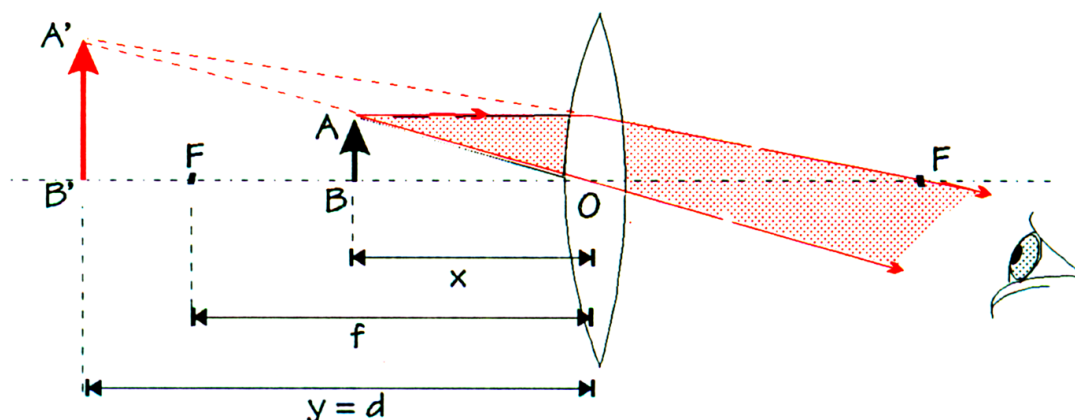


# Przyrządy optyczne - lupa i mikroskop

## 1. Lupa

Lupa jest to pojedyncza soczewka skupiająca, która umożliwia oglądania powiększonych obrazów. Gdy oglądamy małe przedmioty („gołym okiem”) zbliżamy je do oka. Robimy tak dlatego, że zwiększa się wtedy kąt, pod którym widzimy przedmiot, a jego obraz na siatkówce oka staje się większy. Soczewka znajdująca się w oku ludzkim ma zdolność akomodacji, tzn. zmienia swoją grubość i krzywiznę powierzchni wraz ze zmianą przedmiotu od oka. Dzięki temu soczewka oczna zmienia swoją ogniskową dostosowując ją tak, aby obraz otrzymany na siatkówce był ostry. Odległość między soczewką oczną a siatkówką może być natomiast uważana za stałą. Oko nie ma nieograniczonej zdolności do akomodacji, przy zbliżaniu przedmiotu do oka osiąga się w końcu taką odległość (zwaną odległością dobrego widzenia), po przekroczeniu której oglądany przedmiot staje się nieostry, gdyż jego obraz wychodzi za gałkę oczną. Zatem **odległość dobrego widzenia jest to najmniejsza odległość przedmiotu od oka, przy której widzimy go „ostro”**. Dla oka zdrowego wynosi ona około 25 centymetrów.

Bieg promieni w lupie został pokazany na poniższym rysunku, gdzie  $f$  jest ogniskową lupy,  $x$  jest odległością oglądanego przedmiotu od lupy, a  $y$  oznacza odległość otrzymanego obrazu od lupy. Ponieważ oko jest „trzymaane” blisko lupy, to największe powiększenie zostanie uzyskane, gdy odległość otrzymanego obrazu od lupy będzie równa odległości dobrego widzenia. Jak widać otrzymano obraz pozorny, prosty i powiększony.



**Powiększenie** definiujemy jako **stosunek wysokości otrzymanego obrazu** (wysokości strzałki A'B') **do wysokości przedmiotu** (wysokości strzałki AB), tzn.:

$$p = \frac{A'B'}{AB}$$

Z **twierdzenia Talesa** zastosowanego do **trójkątów OAB i OA'B'** wynika, że:

$$\frac{A'B'}{y} = \frac{AB}{x} \Rightarrow \frac{A'B'}{AB} = \frac{y}{x} \Rightarrow p = \frac{y}{x}$$

Z **równania soczewki** mamy ponadto:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y} \\ y < 0 \text{ dla obrazu pozornego} \end{array} \right\} \frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{y} \Rightarrow \frac{y}{f} = \frac{y}{x} - \frac{y}{y} \Rightarrow \frac{y}{f} = p - 1 \Rightarrow p = \frac{y}{f} + 1 \quad [1]$$

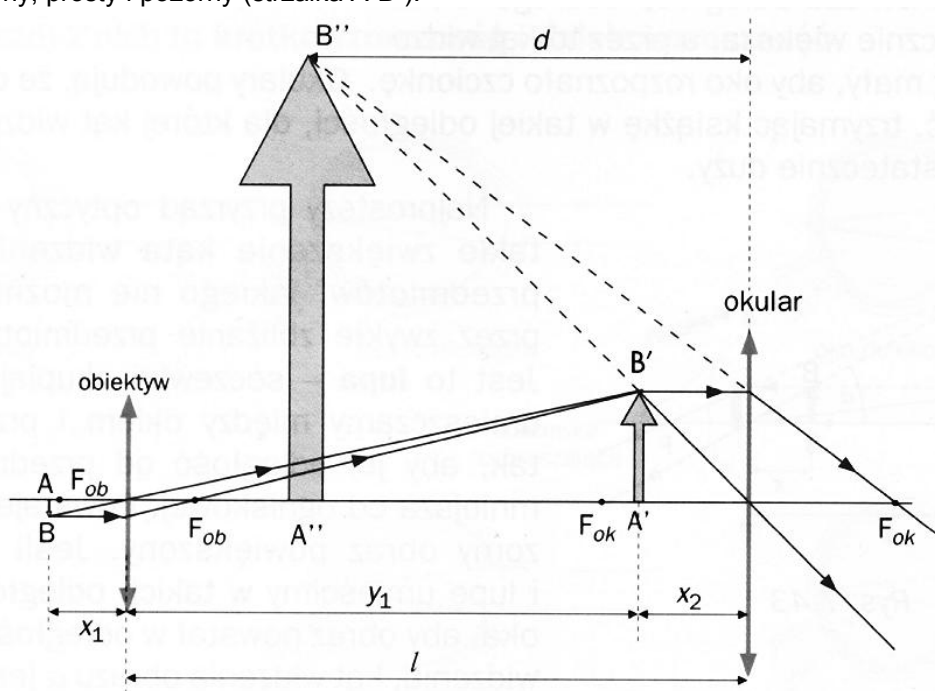
Z przedstawionego powyżej opisu i rysunku wynika ponadto, że:  $y = d$ . Uwzględniając to we wzorze [1] otrzymujemy ostatecznie:

$$p = \frac{d}{f} + 1 \quad [2]$$

Z wzoru [2] wynika, że duże powiększenie można uzyskać stosując soczewki o małych ogniskowych. Jednakże wyprowadzony wzór jest słuszny dla soczewek cienkich. W przypadku soczewek o małych ogniskowych, są one grube. Ponadto soczewki grube są obciążone pewnymi wadami, typu aberracja chromatyczna i sferyczna. W praktyce za pomocą lupy otrzymuje się powiększenia rzadko przekraczające wartość 10.

## 2. Mikroskop.

Do uzyskania znacznie większych powiększeń, niż jest to możliwe za pomocą lupy, używa się **mikroskopu**. W najprostszym przypadku jest to układ dwóch soczewek skupiających, z których jedna zwana obiektywem ma bardzo krótką ogniskową (rzędu kilku milimetrów) a druga zwana okularzem ma ogniskową dłuższą (rzędu kilkudziesięciu milimetrów). Oglądany **przedmiot** (strzałka **AB**) ustawia się w odległości  $x_1$  nieco większej od ogniskowej obiektywu  $f_{ob}$ . W efekcie za pomocą obiektywu otrzymuje się obraz rzeczywisty, powiększony i odwrócony (strzałka **A'B'**) obserwowanego przedmiotu. Ogniskowe obiektywu i okularu oraz odległość między nimi  $l$  (tzw. długość tubusa) dobiera się tak, aby obraz otrzymany za pomocą obiektywu leżał w odległości od okularu mniejszej niż jego ogniskowa. Dzięki temu okular działa jak lupa dając obraz powiększony, prosty i pozorny (strzałka **A''B''**).



Zgodnie z definicją powiększenia można napisać:

$$p = \frac{A''B''}{AB} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{A''B''}{A'B'} = p_{ob} \cdot p_{ok} = \frac{y_1}{x_1} \cdot \frac{y_2}{x_2} \quad [3]$$

gdzie:  $p_{ob}$  – powiększenie uzyskane za pomocą obiektywu,  $p_{ok}$  – powiększenie uzyskane za pomocą okularu  
Aby otrzymać przybliżony wzór na powiększenie otrzymane za pomocą mikroskopu można przyjąć, że:

$$x_1 \approx f_{ob} \quad x_2 \approx f_{ok} \Rightarrow y_1 = l - x_2 = l - f_{ok} \Rightarrow p_{ob} = \frac{y_1}{x_1} = \frac{l - f_{ok}}{f_{ob}} \quad [4]$$

Ponieważ okular działa jak lupa, więc można napisać, że:

$$p_{ok} = \frac{d}{f_{ok}} + 1 \approx \frac{d}{f_{ok}} \quad \text{gd}y\ \frac{d}{f_{ok}} \gg 1 \quad [5]$$

Wstawiając wzory [4] i [5] do [3] mamy:

$$p = \frac{(l - f_{ok}) \cdot d}{f_{ob} \cdot f_{ok}} \quad [6]$$

Zazwyczaj długość tubusa (około 20 cm) jest znacznie większa od ogniskowej okularu, tzn.  $l \gg f_{ok}$ . Można wtedy skorzystać z jeszcze grubszego przybliżenia:

$$p = \frac{l \cdot d}{f_{ob} \cdot f_{ok}} \quad [7]$$

Powiększenia zwykle stosowanych obiektywów wynoszą 8÷90, a okularów 7÷15. Na podstawie wzoru [7] można stwierdzić, że całkowite powiększenie mikroskopu mieści się zwykle w granicach 56÷1350. Obecnie dzięki zastosowaniu technik komputerowych można za pomocą mikroskopu optycznego uzyskać wyraźnie obrazy powiększone do około 7000 razy. Do uzyskania jeszcze większych powiększeń używa się tzw. mikroskopów elektronowych.