

Z uwagi na swą prostą konstrukcję najczęściej stosowany jest okular Kellnera. Układ symetryczny szczególnie nadaje się do budowy okularów krótkoogniskowych, gdyż przy względnie prostych kształtach ma dość znaczne odległości czołowe s_F i $s_{F'}$.

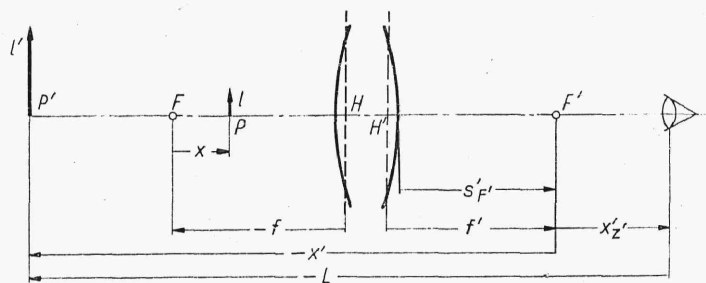
Tablica 5.1. Okulary lunetowe i ich typowe parametry konstrukcyjne

Rysunek	Typ okularu	s_F/f'	$s_{F'}/f'$	$2w'$
5.25a	Kellnera	-0,3	0,3-0,4	50°
5.25b	symetryczny	-0,75	0,75	40°
5.25c	Erfle I	-0,2	0,5	70°
5.25d	Erfle II	-0,2	0,75	70°
5.25e	z odsuniętą źrenicą	-0,3	0,9-1,2	50°

5.3. Mikroskopy

Mikroskopem (z grec. mikros — mały, skopeo — patrzeć) nazywa się przyrząd optyczny umożliwiający obserwację szczegółów blisko położonego przedmiotu pod pewnym powiększeniem. Najważniejszą cechą mikroskopu jest jego powiększenie informujące pod ilokrotnie większym kątem będzie widoczny określony szczegół przedmiotu przez mikroskop w stosunku do kąta, pod którym można go obserwować okiem nieuzbrojonym z najbliższej odległości i dlatego we wzorze (5.2) na powiększenie wizualne przyjmuje się średnio $D = -250$ mm. Ponieważ mikroskop jest układem ogniskującym, to zgodnie z rys. 5.26, jeżeli P jest przedmiotem, a P' jego obrazem danym przez układ mikroskopu

$$\frac{l'}{l} = \beta = -\frac{x'}{f'} = -\frac{L + x'_z}{f'}$$



Rys. 5.26

Po podstawieniu do wzoru (5.2) ostatecznie otrzymuje się

$$G = \frac{250}{f'} \left(1 + \frac{x'_z}{L} \right) \quad (5.29)$$

Zwraca się uwagę, że przez układ mikroskopowy rozumie się tu zarówno pojedynczą soczewkę (najprostszą lupę p. 5.3.1) jak i układ złożony np. z obiektywem i okularu (mikroskopy złożone p. 5.3.2).

5.3.1. Lupy

Najprostszym mikroskopem jest pojedyncza soczewka lub zespół soczewek leżących blisko siebie, tworzących wspólnie układ o ogniskowej obrazowej dodatniej ($f' > 0$). Układ taki nazywa się *mikroskopem prostym* lub lupą.

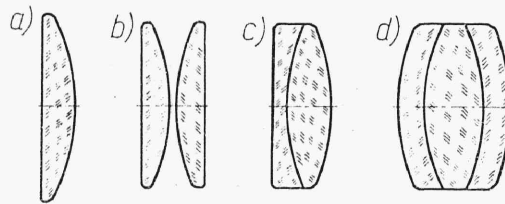
Ogólnie, zgodnie z wyrażeniem (5.29) powiększenie lupy zależy od akomodacji ($1/L$) obserwatora i odległości (x'_z) jego źrenicy od ogniska obrazowego lupy, lecz wpływ tych czynników jest istotny tylko przy małych powiększeniach G lupy, a więc w układach o długiej ogniskowej. Ponieważ L jest ujemne, to odsuwanie oka od lupy może powodować (dla $1/L \neq 0$) zmniejszenie jej powiększenia. Ponadto z rozważań nad wpływem przysłony wynika, że w tym przypadku również maleje pole widzenia lupy i dlatego maksymalne wykorzystanie jej możliwości zachodzi wtedy, gdy oko znajduje się najbliżej układu. Odległość źrenicy wejściowej oka od ostatniej powierzchni układu ze względów anatomicznych nie może być mniejsza od kilku milimetrów, co zgodnie z rysunkiem oznacza, że zawsze $-x'_z < s_{f'}$. Dla lup o dostatecznie małych powiększeniach, to znaczy o długich ogniskowych, w skrajnym przypadku można tę różnicę zaniedbać pisząc $x'_z \approx -s_{f'} \approx -f'$. Ponadto zakładając, podobnie jak dla przedmiotu, że średnio obraz nie może znajdować się na odległości bliższej od oka, niż $L = -250$ mm, wtedy zgodnie z wyrażeniem (5.29)

$$G_{max} = -\frac{250}{f'} + 1$$

Dla lup o powiększeniach znacznie większych niż 1 odległość źrenicy oka od ogniska obrazowego jest znacznie mniejsza niż f' . Poza tym wraz ze wzrostem powiększenia wpływ dodatkowego składnika na jego wartość staje się coraz mniejszy i można wtedy pominąć zależność powiększenia lupy od akomodacji obserwatora pisząc

$$G = -\frac{250}{f'} \quad (5.30)$$

Na rys. 5.27 pokazano kilka typowych przykładów konstrukcji lup o różnych powiększeniach. Ponieważ prawie zawsze przysłoną aperturową układu lupa-obserwator jest tęczówka oka, której średnica dla danych warunków oświetleniowych jest stała, to wraz ze wzrostem powiększenia lupy zmniejsza się jej ogniskowa i tym samym rośnie otwór względny układu. Konsekwencją tego jest wzrost wpływów aberracji i bardziej złożona budowa lup o dużych powiększeniach. Dla lupy pokazanej na rys. 5.27a powiększenie nie przekracza $5\times$, zaś lupy na rys. 5.27d — kilkanaście razy. Z uwagi na kłopotliwą obsługę (mała odległość między przedmiotem, lupą

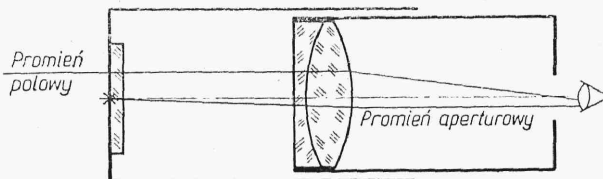


Rys. 5.27

ków oświetleniowych jest stała, to wraz ze wzrostem powiększenia lupy zmniejsza się jej ogniskowa i tym samym rośnie otwór względny układu. Konsekwencją tego jest wzrost wpływów aberracji i bardziej złożona budowa lup o dużych powiększeniach. Dla lupy pokazanej na rys. 5.27a powiększenie nie przekracza $5\times$, zaś lupy na rys. 5.27d — kilkanaście razy. Z uwagi na kłopotliwą obsługę (mała odległość między przedmiotem, lupą

i obserwatore) rzadko wykonywane są lupy o powiększeniach większych niż $20\times$.

Na rys. 5.28 przedstawiono konstrukcję lupy pomiarowej. Na płycie ogniskowej znajduje się podziałka pomiarowa obserwowana jednocześnie z przystawionym do niej przedmiotem, który może być z nią w ten sposób

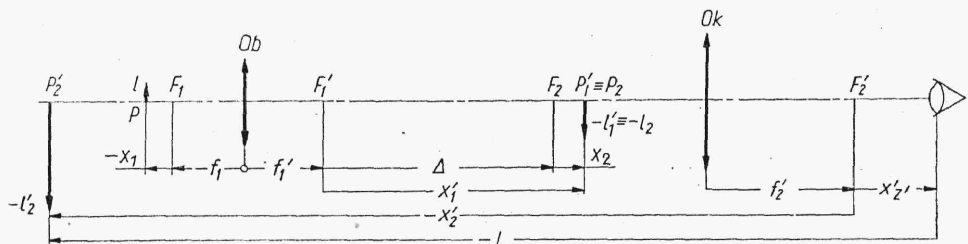


Rys. 5.28

porównywany. W płaszczyźnie ogniskowej obrazowej lupy umieszczona jest na stałe przysłona pełniąca funkcję przysłony aperturowej, dzięki czemu uzyskiwany jest telecentryczny bieg promieni w przestrzeni przedmiotowej lupy eliminujący błąd paralaksy powiększenia (p. 2.5.3).

5.3.2. Powiększenie mikroskopu złożonego. Powiększenie użyteczne

Przez mikroskop złożony rozumieć się będzie układ złożony w najprostszym przypadku z dwóch elementów (obiektywu i okularu), tworzących pośredni obraz rzeczywisty przedmiotu (rys. 5.29). Na rysunku przez P



Rys. 5.29

oznaczono przedmiot obserwowany przez mikroskop (dalej dla prostoty pomijając się będzie słowo złożony), P_1' — jego obraz rzeczywisty dany przez obiektyw i P_2' — obraz P_1' dany przez okular. Obserwowanie obrazu przez okular jest równoważne obserwacji przedmiotu przez lupę, a ponieważ $l_1' = l_o'$, gdzie β_{ob} — poprzeczne powiększenie obiektywu, to zgodnie z zależnością (5.29) powiększeniem wizualnym mikroskopu będzie

$$G = \beta_{ob} \frac{250}{f_2'} \left(1 + \frac{x_2'}{L} \right) \quad (5.31)$$

Dla osób widzących normalnie można pominąć wpływ akomodacji obserwatora na powiększenie G , ponieważ zwykle $|x_2'/L| \ll 1$ i wtedy ostatecznie z wyrażenia (5.31) pozostanie

$$G = \beta_{ob} \frac{250}{f_2'} \quad (5.32)$$