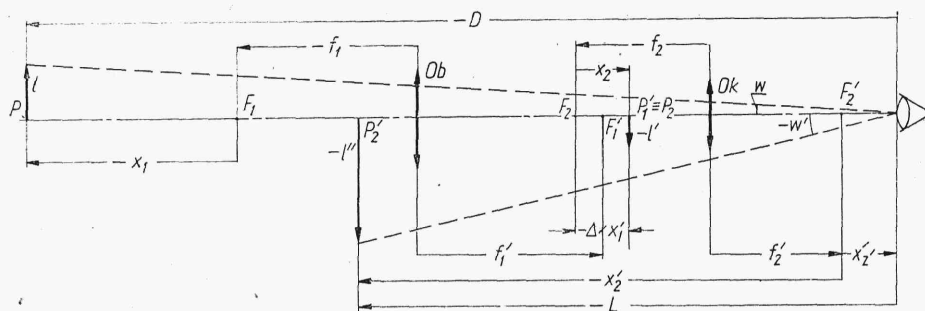


Wielkość D nie musi być równa L . Przedmiot i obraz muszą tylko znajdować się w obszarze, którego granicami są punkty bliżej i dalej obserwatora. Dla obserwatora o widzeniu miarowym zarówno D , jak i L , mogą przyjmować wartości między -200 mm i ∞ niezależnie od siebie. Jeżeli przedmiot przeznaczony jest do obserwacji mikroskopowej, kiedy szczególnie ważne jest dostrzeganie jego szczegółów, wówczas, przy obserwacji okiem nieuzbrojonym, przedmiot jest przesuwany jak najbliżej do oka i wtedy średnio zakłada się, że odległość ta wynosi $D = -250$ mm. W przypadku obserwacji przedmiotu przez lunetę z konieczności odległość D jest bardzo duża.

5.2. Lunety

5.2.1. Powiększenie lunety

Lunety przeznaczone są do obserwacji przedmiotów odległych. W najprostszym przypadku składają się one z dwóch niezależnych elementów (rys. 5.3) nazywanych odpowiednio obiektywem Ob (położonym od strony przedmiotu — obiektu) i okulem Ok (od strony oka). Ogniska i ogniskowe obiektywu wyróżniane są indeksem 1, natomiast okularu indeksem 2.



Rys. 5.3

Ponieważ dla lunet długość przyrządu jest pomijalnie mała w porównaniu z odległością od przedmiotu, to zgodnie z oznaczeniami na rysunku można przyjąć $D \approx x_1$. Uwzględniając wtedy zależności (5.2), (2.2), (2.20) i (2.21a) oraz równość $x_2' = L + x_2'$, otrzymuje się

$$G = \frac{f_1}{f_2} \left(1 + \frac{x_2'}{L} \right) \quad (5.3)$$

gdzie x_2' jest odległością źrenicy wejściowej oka od ogniska obrazowego okularu.

Składnik x_2'/L w nawiasie opisuje wpływ akomodacji czynnej obserwatora na powiększenie wizualne lunety. Odległość źrenicy wyjściowej układu pokrywającej się ze źrenicą wejściową oka jest zwykle rzędu kilku milimetrów (większa tylko dla okularów ujemnych i małych powiększeń G lunety). L może się zmieniać od -200 mm do wartości nieskończenie wielkich, stąd człon x_2'/L jest prawie zawsze pomijalnie mały wobec 1 (nie rozważa się tu wpływu wad refrakcji oka, gdyż samo pojęcie

powiększania wymaga wtedy uściślenia z uwagi na wpływ szkła okularowego na wielkość obrazu). Zakładając ponadto, że obiektyw i okular znajdują się w jednym ośrodku oraz biorąc pod uwagę wzór (2.24), zależność (5.3) przyjmie prostą postać

$$G = -\frac{f'_1}{f'_2} = \gamma_{\Delta=0} = \frac{1}{\beta_{\Delta=0}} \quad (5.4)$$

A więc powiększenie wizualne lunety równe jest jej powiększeniu kątowemu lub odwrotności powiększenia poprzecznego określanych dla układu bezogniskowego.

Wszystkie trzy zależności wynikające z równania (5.4) mogą być podstawą do pomiaru powiększenia G . Szczególnie wygodny jest związek z powiększeniem poprzecznym, gdyż wstawiając przed obiektyw przysłonę o znanej średnicy należy zmierzyć tylko średnicę jej obrazu.

Powstaje pytanie, jakie jest względne położenie okularu i obiektywu? Odległość obrazu P'_1 przedmiotu P danego przez obiektyw od ogniska obrazowego obiektywu wynosi

$$x'_1 = -\frac{f_1'^2}{x_1}$$

P'_1 jest przedmiotem dla okularu ($P'_1 \equiv P_2$) i jego położenie względem ogniska przedmiotowego drugiego elementu

$$x_2 = x'_1 - \Delta$$

skąd

$$x'_2 = L - x'_1 = -\frac{f_2'^2}{x_2}$$

Jeżeli przedmiot leży dostatecznie daleko w porównaniu z odległością ogniskową obiektywu, wówczas $x'_1 \approx 0$ i można przyjąć w przybliżeniu, że obraz leży w płaszczyźnie ogniskowej obiektywu. Ponadto ponieważ zwykle $L \gg x'_2$, to związek między rozsunieniem Δ ognisk F'_1 i F_2 i położeniem obrazu można przedstawić w postaci

$$L = \frac{f_2'^2}{\Delta} \quad (5.5)$$

lub zgodnie z równaniem (4.2) bliskość obrazu

$$X_{p'} = \frac{1}{L} = \frac{1000 \Delta}{f_2'^2} \quad (5.6)$$

gdzie $X_{p'}$ wyrażona w dioptriach, Δ i f_2' w mm. Jeżeli obserwator widzi normalnie (refrakcja $R = 0$) i akomodacja czynna jego oka $A = 0$, wówczas $L = \infty$, $X_{p'} = 0$ i $\Delta = 0$. Jeżeli więc przedmiot znajduje się dostatecznie daleko i obserwator akomoduje na punkt nieskończenie daleki, wówczas ognisko obrazowe obiektywu pokrywa się z ogniskiem przedmiotowym okularu i luneta jest wtedy *układem bezogniskowym*. Stan taki uważa się za *podstawowy*. Aby umożliwić jednak obserwację przez lunetę osobom ze sferycznymi wadami refrakcji bez nałożonych szkieł, w celu ewentualnej kompensacji akomodacji czynnej obserwatora oraz przystosowania lunety do obserwacji przedmiotów leżących na bliższych odległościach okular lunety wyposaża się w przesuw dioptryjny o zakresie wynoszącym zwykle $X_{p'} = \pm 5$ l/m. Wartości $X_{p'}$ zaznacza się na oprawie

okularu. Zależność (5.6) pozwala wyznaczyć przesuw Δ okularu dla dowolnej wielkości X_p . Gdy X_p ma wartość jednej dioptrii, odległość Δ wynosi

$$\Delta = \frac{f_2'^2}{1000} \quad (5.7)$$

5.2.2. Jasność lunety

Wrażenie odbierane przez obserwatora o luminancji danego przedmiotu zależy od ilości energii docierającej do elementów światłoczułych oka. Jest ona z reguły różna przy obserwacji z przyrządem i okiem nieuzbrojonym. Pozorna zmiana luminancji charakteryzuje jasność lunety, która z definicji będzie równa stosunkowi reakcji elementów światłoczułych siatkówki wywołanych przez ten sam przedmiot przy obserwacji z lunetą i okiem nieuzbrojonym. Oznacza to, że jeżeli nie występuje zmiana odbieranego wrażenia wówczas jasność równa jest 1. Jasność lunety zależy od tego, czy oglądany przedmiot jest przedmiotem rozciągłym, czy punktowym.

W pierwszym przypadku natężenie oświetlenia w płaszczyźnie siatkówki oka nieuzbrojonego, zgodnie z wyrażeniem (2.152), oraz zależnością $N = f'_0/\Phi_0$ i $n = 1$ wyniesie

$$E'_0 = \frac{\pi}{4} L \tau_0 (n')^2 \left(\frac{\Phi_0}{f'_0} \right)^2$$

gdzie:

- f'_0 — ogniskowa obrazowa oka,
- Φ_0 — średnica źrenicy wejściowej oka,
- n' — współczynnik załamania przestrzeni obrazowej oka,
- τ_0 — współczynnik przepuszczania układu optycznego oka.

Jeżeli przedmiot rozciągły o luminancji L obserwowany się przez lunetę znajdującą się w stanie podstawowym, wówczas układy optyczne lunety i oka tworzą wspólny układ, którego ogniskowa $f'_{lo} = Gf'_0$, gdzie G jest powiększeniem wizualnym lunety. Oznaczając przez Φ'_{lo} średnicę źrenicy wejściowej całego układu, a przez τ_l — współczynnik przepuszczania układu lunety, natężenie oświetlenia E'_{lo} w płaszczyźnie siatkówki wyniesie

$$E'_{lo} = \frac{\pi}{4} L \tau_0 \tau_l (n')^2 \left(\frac{\Phi'_{lo}}{Gf'_0} \right)^2$$

Przysłoną aparaturową wspólnego układu lunety z okiem może być przysłona lunety lub tęczówka oka zależnie od tego, czy źrenica wyjściowa samej lunety jest mniejsza, czy większa niż średnica źrenicy wejściowej oka. Oznaczając przez Φ'_{lo} w obu przypadkach średnicę obrazu przysłony aperturowej całego układu w przestrzeni obrazowej lunety, a więc i przedmiotowej oka, to ponieważ $\Phi'_{lo} = G\Phi'_{lo}$, wówczas jasność lunety dla przedmiotów rozciągłych

$$J_r = \frac{E'_{lo}}{E'_0} = \tau_l \left(\frac{\Phi'_{lo}}{\Phi_0} \right)^2 \quad (5.8)$$

Jeżeli aperturę układu luneta-oko ogranicza pierwszy element, wówczas $\Phi'_{lo} = \Phi_{z'}$, gdzie $\Phi_{z'}$ jest średnicą źrenicy wyjściowej lunety, przy czym $\Phi_{z'} < \Phi_0$. Ponieważ ponadto współczynnik przepuszczania układu τ_l jest zawsze mniejszy od jedności (straty na odbicie, rozproszenie i absorpcję), to zgodnie z (5.8) $J_r < \tau_l < 1$. Gdy średnica źrenicy wyjściowej