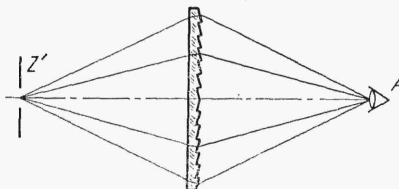


li za lub przed ekranem wstawiona zostanie soczewka kolektywowa (zaznaczona linią przerywaną), która odwzorowuje źrenicę Z' w punkcie A , wówczas charakterystyki rozproszenia przyjmą kształt zaznaczony linią przerywaną i luminancja obrazu będzie zależała od położenia oka, ale w sposób jednakowy dla całej powierzchni ekranu. Z uwagi na wymiary ekranu soczewki kolektywowe mają dość znaczne grubości, co wiąże się również z ich ciężarem. Uniknąć tego można przez zastosowanie soczewki *Fresnela* (rys. 5.41) składającej się z pierścieniowo wyciętych fragmentów



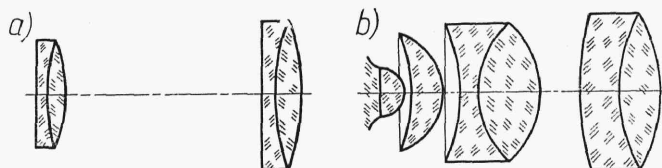
Rys. 5.41

soczewki sferycznej. Szerokość pierścieni pokazana w przesadzie powinna być taka mała, aby była niedostrzegalna przez oko i wtedy zarys powierzchni sferycznej można aproksymować za pomocą fragmentów powierzchni stożkowej.

5.3.8. Podstawowe zespoły mikroskopów

W zależności od rodzaju mikroskopu i metody badania podstawowe zespoły, takie jak obiektywy, okulary, czy kondensory, mają różną budowę, rodzaj korekcji i wymagania.

Do najprostszych obiektywów przeznaczonych w zasadzie do obserwacji wizualnej należą *achromaty*. Mają one skorygowaną tylko aberrację sferyczną, odstępstwo od warunku sinusów, komę, chromatyzm położenia i chromatyczną różnicę aberracji sferycznej. Stopień ich skomplikowania rośnie wraz ze wzrostem powiększenia z uwagi na zwiększenie się kąta aperturowego. Na rys. 5.42 pokazano typowe rozwiązania dla obiektywu



Rys. 5.42

o powiększeniu $10\times$ i aperturze $A = 0,25$ (rys. 5.42a) oraz dla obiektywu $100\times$ i $A = 1,3$ (rys. 5.42b). Obiektywy o aperturze większej niż 1 muszą być oczywiście obiektywami immersyjnymi.

Preparaty biologiczne umieszczone są na *szkiełku podstawowym* i zabezpieczone z góry *szkiełkiem nakrywkowym*, którego grubość wynosi zazwyczaj 0,17 mm. Przedmiot jest więc obserwowany również, oprócz obiektywu i okularu, przez płytkę płasko-równoległą, która zgodnie z p. 2.4.3 i 2.6.2 wnosi aberrację sferyczną i chromatyczną. Korekcja

obiektywów przeznaczonych do tego typu obserwacji powinna kompensować wpływ szkiełka nakrywkowego, co jest szczególnie istotne przy powiększeniach obiektywu powyżej $10\times$. Próbkę metalograficzną nie wymagają zabezpieczenia i stąd korekcja obiektywów mikroskopowych metalograficznych różni się od korekcji obiektywów mikroskopów biologicznych.

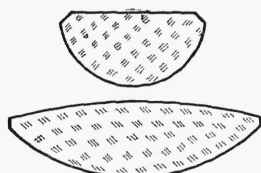
Obiektywy, które oprócz korekcji typu achromatycznego mają dodatkowo skorygowany chromatyzm wtórny, nazywane są *apochromatami*, natomiast przy korekcji krzywizny pola — *planachromatami*. Obiektyw planapochromat osiąga najwyższy stopień korekcji, a więc charakteryzujący się najbardziej złożoną budową, ma szczególne zastosowanie przy wykonywaniu fotografii barwnej, gdyż daje obraz płaski i wierne odwzorowanie barw preparatu.

Przy omawianiu mikroskopów pomiarowych na schemacie układu (rys. 5.37) przedstawiono również przekrój typowego obiektywu $3\times$. Mimo tak małego powiększenia ma on dość złożoną budowę, wynikającą z bardzo wysokich wymagań dotyczących dystorsji i krzywizny pola, telecentrycznego biegu w przestrzeni przedmiotowej, a także zachowania dużej odległości między przedmiotem i pierwszą powierzchnią obiektywu.

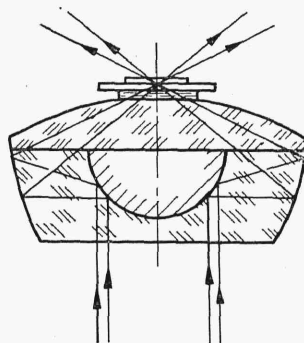
Okulary mikroskopów, dla których spełniony jest warunek maksymalnego wykorzystania możliwości przyrządu, zgodnie z p. 5.3.3 mają małe średnice źrenic wyjściowych i tym samym są układami, w których drugorzędą rolę grają aberracje zależne od otworu, a więc aberracja sferyczna i chromatyzm położenia. Są one przede wszystkim korygowane na astygmatyzm i chromatyzm wielkości. W przypadku projekcji dodatkowym warunkiem będzie korekcja krzywizny pola. Jeżeli kąt pola widzenia również nie jest duży, wówczas wymagania stawiane tym układom nie są wysokie i mają one wtedy dość prostą budowę. Przy obserwacji wizualnej najczęściej spotykanym rozwiązaniem są *okulary Huygensa* opisane w p. 2.6.2. Przy współpracy z takimi obiektywami jak achromaty, czy apochromaty, które są korygowane przede wszystkim na aberracje osiowe, można przy konstrukcji okularu uwzględnić kompensację aberracji pozaośiowych obiektywu. Okular nosi wtedy nazwę *kompensacyjnego*. Elementem warunkującym realność takiego podziału roli między okular a obiektyw jest jednakowy charakter korekcji obiektywów współpracujących z tym okulem. Do celów wizualnych kompensowany jest przede wszystkim chromatyzm z obiektywem apochromatycznym. W przypadku układu projekcyjnego, ponieważ poza planachromatami, obiektywy mikroskopowe obciążone są znaczną dodatnią krzywizną pola, z warunku *Petzvala* (6.18) wynika, że okulary powinny mieć wtedy moc ujemną. Na rys. 5.39 pokazany jest przykład zastosowania takiego okularu do nasadki fotograficznej.

Kondensory przy małych powiększeniach obiektywów, a więc i małych ich aperturach mogą być zbudowane z jednej soczewki (rys. 5.37). W zastosowaniu do mikroskopów biologicznych muszą one umożliwiać dopasowanie apertury oświetlacza do apertury stosowanych obiektywów i najczęściej spotykanym rozwiązaniem jest układ dwusoczewkowy (rys. 5.43) o maksymalnej aperturze 1,2, którą można odpowiednio zmniejszać za pomocą irysowej przysłony aperturowej. Przy współpracy z obiektywami apochromatycznymi stosowane są kondensory bardziej złożone z korekcją aberracji chromatycznej (*kondensory achromatyczne*). Przy obserwacji metodą ciemnego pola, zwłaszcza za pomocą obiektywów o dużych powiększeniach, przesłanianie środkowej części przysłony aperturowej daje

niską intensywność obserwowanego obrazu i dlatego w tych przypadkach stosowany jest *kondensor typu zwierciadlanego* (rys. 5.44). Na rys. 5.45 pokazana jest realizacja ciemnego pola w mikroskopie metalograficznym.

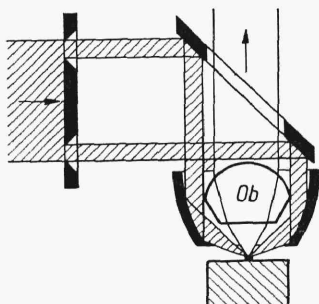


Rys. 5.43

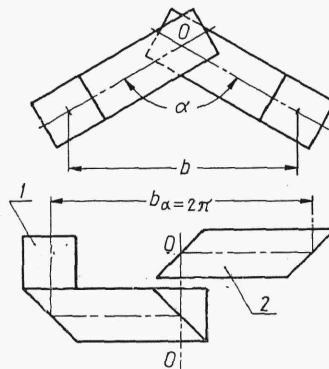


Rys. 5.44

Dotychczas omawiane konstrukcje mikroskopów były typu monokularowego. Obserwacja jednooczna jest jednak dość uciążliwa zwłaszcza w jasno oświetlonym pomieszczeniu i co ważniejsze, ciągła praca przy takim przyrządzie może prowadzić do poważnego ograniczenia czynności fizjologicznych oka drugiego. Z tego powodu mikroskopy przeznaczone do badań naukowych wyposażone są w nasadki dwuoczne, które za pomocą płaszczyzny światłodzielącej i układu pryzmatów pozwalają na dwuoczną obserwację tego samego obrazu. Przykład takiego rozwiązania pokazano na rys. 5.46. Zmianą kąta α przez obrót elementów 1 i 2 wokół osi O-O



Rys. 5.45



Rys. 5.46

regulowane jest rozstawienie b źrenic wyjściowych przyrządu. Nasadka dwuoczna nie daje obrazu stereoskopowego, gdyż dla lewego i prawego oka obrazy są identyczne.

5.3.9. Mikroskopy stereoskopowe

Jeżeli niezbędna jest ocena przestrzennego rozmieszczenia pewnych elementów w przedmiocie wówczas najwygodniej jest go obserwować za pomocą mikroskopu stereoskopowego złożonego z dwóch układów z roz-