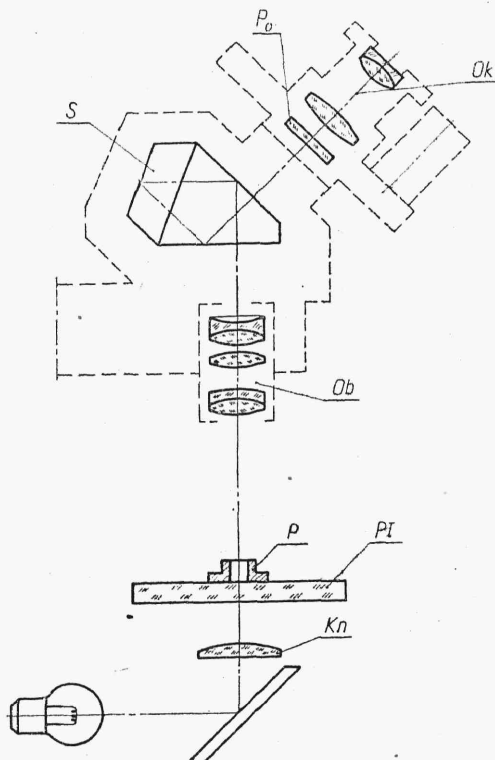


dostępnych obszarach przedmiotu, drugi ułatwia korelację elementów obserwowanego obrazu z mierzonym przedmiotem.

Najbardziej typowym przedstawicielem obydwu grup jest *mikroskop warsztatowy* (rys. 5.37), który ma wymienne główki okularowe obejmujące płytkę ogniskową P_o z okularum Ok , co w zależności od potrzeby



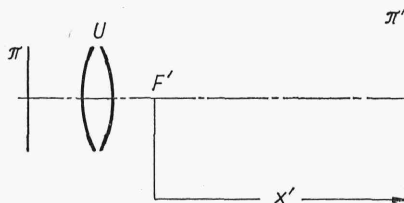
Rys. 5.37

pozwała zrealizować układ celujący, gdy płytkę ogniskową jest z krzyżem lub pomiarowy drugiego typu, gdy na płytce naniesione są na przykład profile gwintów. Przedmiot P oświetlony przez kondensor K_n umieszczony jest na szklanej płytce Pl zamocowanej w przesuwным stoliku mikroskopu. Pochylenie osi optycznej za pomocą pryzmatu *Schmidta* S , spełniającego równocześnie rolę układu odwracającego, zwiększa wygodę obserwacji.

5.3.7. Mikroskopy projekcyjne. Mikrofotografia

Obraz mikroskopowy nie musi być obserwowany bezpośrednio okiem, lecz może być metodą projekcji odwzorowany na ekranie dyfuzyjnym, co pozwala na jednoczesną jego obserwację przez większe grono osób, zwiększa wygodę pracy z przyrządem i — co jest szczególnie ważne przy projektorach warsztatowych — umożliwia porównanie obserwowanego elementu z rysunkiem wykonanym w odpowiedniej skali. Wstawiając w miejsce ekranu błonę filmową można w procesie fotograficznym utrwalić obserwowany obraz.

Płaszczyzna obrazu w tym przypadku jest rzeczywista i parametrem charakteryzującym przekształcenie będzie powiększenie poprzeczne układu między sprzężzonymi płaszczyznami ekranu lub emulsji oraz przedmiotu. Niech U (rys. 5.38) będzie układem optycznym mikroskopu, F' jego og-



Rys. 5.38

niskiem obrazowym, oraz π' płaszczyznę obrazu sprzężoną z płaszczyzną przedmiotu π . Dla prostoty rysunku pominięto układ oświetlający. Powiększeniem projekcyjnego układu będzie

$$\beta_p = -\frac{x'}{f'} \quad (5.41)$$

Mikroprojekcję można realizować za pomocą obiektywu i wtedy f' jest jego ogniskową, lecz układy tego typu stosowane są tylko przy małych powiększeniach. Przez dodanie okularu, z jednej strony można uzyskać znacznie większe powiększenie na bliższej odległości x' , z drugiej — poprawić korekcję obiektywu. Wtedy f' jest ogniskową układu obiektyw-okular i ponieważ $G = 250/f'$, gdzie G jest powiększeniem wizualnym mikroskopu, wtedy zgodnie z zależnością (5.41) ostatecznie

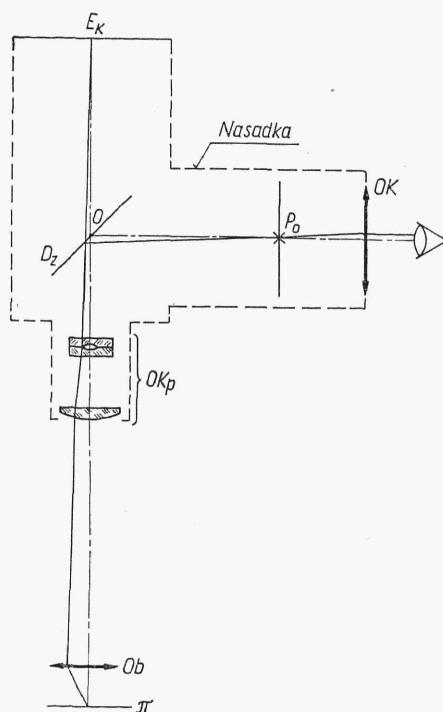
$$\beta_p = -\frac{x'G}{250} \quad (5.42)$$

gdzie x' — jest odległością płaszczyzny obrazu od ogniska obrazowego mikroskopu mierzoną w mm. Z niewielkim błędem można za x' przyjąć odległość płaszczyzny π' od źrenicy wyjściowej mikroskopu.

Warunkiem niezbędnym przy mikroprojekcji, czy technice mikrofotografii jest odpowiednia korekcja krzywizny pola układu. W tym celu stosowane są obiektywy planachromaty (p. 5.3.8) lub okulary ujemne kompensujące częściowo krzywiznę pola obiektywu. Na rys. 5.39 pokazano schemat nasadki fotograficznej z ujemnym okulem projekcyjnym Okp . Zastosowanie dodatniego kolektywu pozwoliło zmniejszyć średnicę soczewek. Okular ten po raz pierwszy został zaprojektowany przez T. Wagnrowskiego i jest produkowany w PZO.

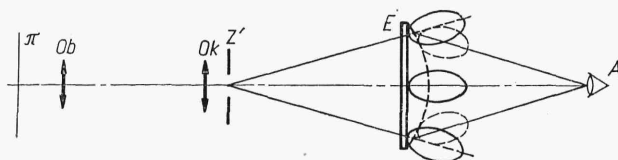
Przez E_k na rysunku oznaczono płaszczyznę emulsji, na której rejestrowany jest obraz przedmiotu π . Wstawienie płytki światłodzielącej D_z i okularu Ok umożliwia jednocześnie obserwację i ponadto kontrolę ostrego odwzorowania obrazu w płaszczyźnie emulsji. Aby wyeliminować wpływ akomodacji i wad refrakcji obserwatora, do układu wstawiono tu płytkę ogniskową P_o z krzyżem, którego ostrego widzenie jest najpierw ustalane za pomocą ruchu dioptryjnego okularu Ok . Jeżeli odległości krzyża płytki i płaszczyzny emulsji od punktu O są sobie równe, wówczas ostre widzenie obrazu przedmiotu przez obserwatora jest warunkiem właściwego odwzorowania obrazu w płaszczyźnie emulsji.

Wadą układów mikroprojekcyjnych, zwłaszcza przy dużych powiększeniach jest małe natężenie oświetlenia obrazu padającego na ekran. Konieczność stosowania ekranów dyfuzyjnych, kiedy obraz obserwowany jest z różnych kierunków zmniejsza jeszcze luminancję obrazu z uwagi na rozproszenie strumienia padającego na ekran. Stosowanie ekranów z kierunkową charakterystyką rozproszenia zwiększa luminancję ekranu w okre-



Rys. 5.39

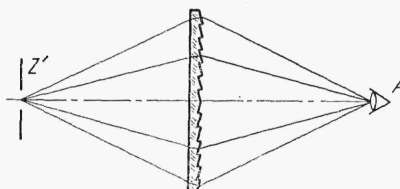
ślonych kierunkach, lecz równocześnie zmniejsza przedział kątów, pod którymi można obserwować obraz, niekiedy nawet uniemożliwia jednoczesną obserwację całego obrazu. Przykładem ekranu stosowanego przy projekcji tylnej jest płytka matowa, która w zależności od ziarnistości matu ma rozproszenie mniej lub więcej kierunkowe (rys. 5.40). Przykła-



Rys. 5.40

dowe charakterystyki rozproszenia, w przypadku gdy Z' jest źrenicą wyjściową mikroskopu, pokazano linią ciągłą. Dla oka umieszczonego w punkcie A największą luminancję będzie miał środkowy obszar ekranu E , podczas gdy obraz na jego peryferiach może być prawie niedostrzegalny. Jeże-

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



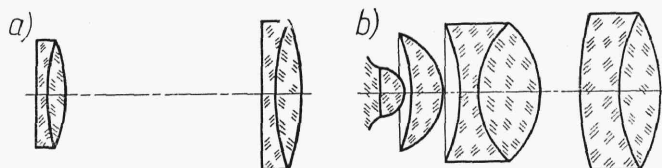
Rys. 5.41

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