

Przy wyznaczeniu elementów sprzężonych na rysunku jednocześnie znajdują się przysłony przestrzeni przedmiotowej i obrazowej. Przy prowadzeniu rozważań w jednej z przestrzeni elementy drugiej przestrzeni nie są potrzebne a utrudniają równocześnie analizę i dlatego wygodnie jest umieścić przysłony tylko w jednej z nich. Przykładem tego może być rys. 2.42 przedstawiający wszystkie przysłony w przestrzeni przedmiotowej układu z rys. 2.41.

2.5.1. Przysłona aperturowa i przysłona polowa

Przysłona realnie istniejąca, która ogranicza pęk promieni idący ze środka płaszczyzny przedmiotu π nazywa się *przysłoną aperturową*.

Obraz przysłony aperturowej odniesiony do przestrzeni przedmiotowej (przedmiot) nazywa się *żrenicą wejściową*, a do przestrzeni obrazowej — *żrenicą wyjściową*. Równoważna definicja żrenicy wejściowej (wyjściowej) jest następująca: jest to przysłona lub obraz przysłony w przestrzeni przedmiotowej (obrazowej) widoczna pod najmniejszym kątem z przedmiotu obrazu) leżącego na osi układu.

W układzie pokazanym na rys. 2.41 przysłona D_3 jest żrenicą wejściową Z , a D'_3 jednocześnie przysłoną aperturową D_a i żrenicą wyjściową Z' . Żrenica wejściowa, wyjściowa i przysłona aperturowa są elementami sprzężonymi.

Przechodząc do rozważań promieni wychodzących z płaszczyzny przedmiotu poza osią, założmy najpierw, że średnica żrenicy jest nieskończenie mała. Wtedy przez układ przejdą tylko te promienie z płaszczyzny przedmiotu π , które nie zostaną ograniczone przez pozostałe przysłony. Zgodnie z rys. 2.42 przysłoną, która ograniczy wtedy pole widzenia będzie przysłona D_1 , ponieważ widać ją pod najmniejszym kątem ze środka żrenicy wejściowej.

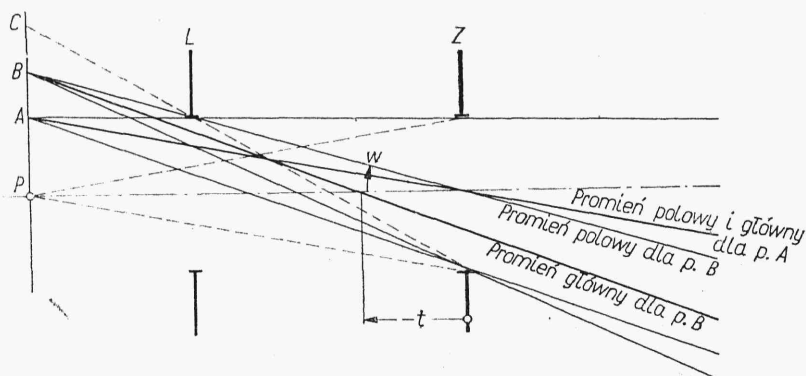
Przysłonę lub obraz przysłony w przestrzeni przedmiotowej, które widać pod najmniejszym kątem ze środka żrenicy wejściowej nazywać się będzie *luką wejściową*. Analogicznie przysłonę lub obraz w przestrzeni obrazowej, które widać pod najmniejszym kątem ze środka żrenicy wyjściowej nazywa się *luką wyjściową*. Realna przysłona, której obrazami są luki nazywana jest *przysłoną polową*. Na rys. 2.41 i 2.42 oznaczono je odpowiednio przez L , L' i D_p . W tym przypadku przysłona polowa pokrywa się z luką wejściową.

Promienie wychodzące ze środka płaszczyzny przedmiotu są *promieniami aperturowymi*, promienie zaś przechodzące przez środek przysłony aperturowej (a więc i przez środek żrenicy wejściowej i wyjściowej) *promieniami polowymi*. Kąt między promieniem aperturowym a osią nazywa się *kątem aperturowym* i oznaczany będzie dalej przez u , natomiast kąt dla promienia polowego — *kątem polowym* oznaczanym przez w .

Maksymalny kąt polowy w przestrzeni przedmiotowej (dla promienia przechodzącego przez brzeg przysłony pola) nazywa się *przedmiotowym kątem pola widzenia*.

Zjawisko przenoszenia pęków promieni przez układ przy skończonej średnicy przysłony aperturowej jest bardziej złożone. Dla uproszczenia niech w układzie będą tylko dwie przysłony (rys. 2.43), z których jedna będzie żrenicą, a druga luką wejściową. Można teraz wyróżnić część pola widzenia PA , dla którego przechodzą promienie przez całą żrenicę. Powyżej punktu A powierzchnia czynna żrenicy wejściowej stopniowo się zmniejsza, osiągając w punkcie B około 50% swej wartości początkowej,

zaś dla punktu C przez układ nie przechodzi już żadna energia. Jasność obrazu przedmiotu staje się coraz mniejsza w kierunku od A do C przyjmując w granicznym punkcie C wartość zero. Nie ma tu więc ostrego ograniczenia pola widzenia. Wystąpiłoby ono dopiero wtedy, gdyby luka wejściowa leżała w płaszczyźnie przedmiotu, do czego dąży się zwykle przy konstrukcji przyrządów.



Rys. 2.43

Zjawisko zmiany ilości energii przechodzącej przez układ dla różnych punktów przedmiotu nosi nazwę *winiutowania*. Poza wyżej opisanym *winiutowaniem geometrycznym*, istnieje również *winiutowanie naturalne* spowodowane zwiększeniem się odległości połowych punktów przedmiotu od źrenicy oraz zmniejszeniem się jej powierzchni czynnej dla tych punktów. Zagadnienie to będzie poruszone w rozważaniach punktu 2.7.

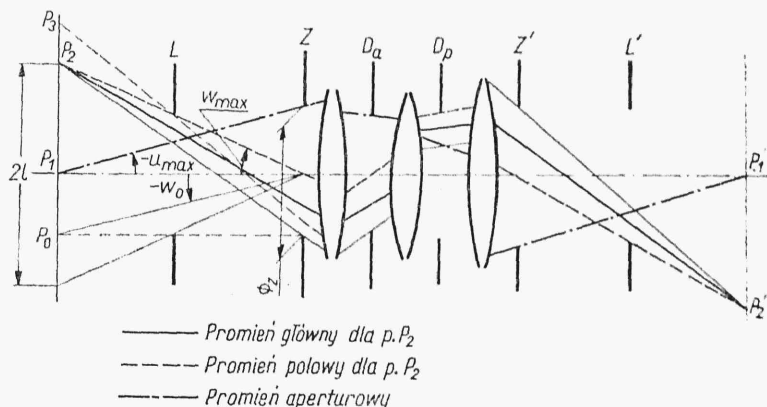
W obszarach, w których nie zachodzi zjawisko winiutowania geometrycznego, a więc np. dla punktu A (rys. 2.43) osią symetrii pęku przechodzącego przez układ jest promień polowy, który jak powiedziano, z definicji przechodzi przez środek źrenicy wejściowej. Badanie przebiegu promienia połowego przez układ z pominięciem jego aberracji pozwala więc ustalić oś przechodzącego pęku dla danego punktu przedmiotu w każdej przestrzeni. Gdy występuje winiutowanie geometryczne promień połowy przestaje być na ogół osią symetrii pęku i np. dla punktu B (rys. 2.43) jest jego brzegiem. W celu ułatwienia rozważań wprowadza się często pojęcie *promienia głównego*, który z definicji będzie osią symetrii pęku przenieszonego przez układ w przekroju południkowym¹⁾. A więc dla punktu, dla którego nie zachodzi winiutowanie geometryczne promień główny będzie pokrywał się z promieniem połowym, natomiast dla punktu B będą to już promienie różne. Odległość t przecięcia się promienia głównego z osią od środka źrenicy wejściowej jest zwykle funkcją kąta pola w .

Aby lepiej zilustrować omawiane tu zagadnienia na rys. 2.44 przedstawiono układ wieloelementowy, w którym wyróżniono przysłonę aperturową D_a , przysłonę połową D_p i ich obrazy odniesione do przestrzeni przed-

¹⁾ Ściśle biorąc kształt pęku jest wtedy dosyć złożony i nie ma on obrotowej osi symetrii. Przy rozważaniach zjawisk perspektywy poprawniej byłoby rozpatrywać promień przechodzący przez „środek ciężkości” przekroju pęku, co z kolei przy analizach aberracyjnych może w skrajnych przypadkach prowadzić do badania przebiegu promienia, który w ogóle nie przechodzi przez układ. Dla prostoty więc ograniczono się tu tylko do rozważania zmiany kształtu pęku w przekroju południkowym.

miotowej i obrazowej będące źrenicami Z i Z' oraz lukami L i L' . Dla punktu P_1 zaznaczono przez cały układ skrajny promień aperturowy, natomiast dla punktu P_2 z uwagi na istniejące winietowanie geometryczne osobno promień połowy i główny.

Pomijając zjawisko winietowania z dotychczasowych rozważań wynika, że źrenica wejściowa ustala zdolność układu do przeniesienia energii wychodzącej ze źródła światła, natomiast luka wejściowa — obszar przestrzeni przedmiotowej, który może być przez układ przekształcony. A więc parametry określające ich połączenie i średnice opisują możliwości danego układu optycznego i dlatego zawsze są wymieniane w jego charakterystyce.



Rys. 2.44

W przypadku gdy płaszczyzna przedmiotu leży w skończonej odległości podawane jest liniowe pole widzenia $2l$ (rys. 2.44) i maksymalny kąt aperturowy u_{max} lub częściej apertura numeryczna definiowana przez $A = n \sin u_{max}$, gdzie n — współczynnik załamania przestrzeni przedmiotowej. Jeżeli płaszczyzna przedmiotu leży nieskończenie daleko — podaje się maksymalny kąt pola widzenia w_{max} i średnicę źrenicy wejściowej Φ_z , lub dla układów ogniskujących — otwór względny.

Otworem względnym (1: N) układu nazywa się stosunek średnicy źrenicy wejściowej do ogniskowej obrazowej układu

$$\frac{1}{N} = \frac{\Phi_z}{f'} \quad (2.65)$$

gdzie N — liczba otworu. W przypadku obiektywów fotograficznych i projekcyjnych N jest grawerowane bezpośrednio na oprawie obiektywu.

Zwraca się uwagę, że zarówno liniowe pole widzenia $2l$, jak i kąt pola widzenia w_{max} wyznaczono tu dla winietowania geometrycznego wynoszącego około 50% energii. Przyjęcie takiej definicji kąta pola widzenia jest umowne i podyktowane raczej prostotą samego sformułowania (kąt pod jakim widać brzeg luki ze środka źrenicy). W przyrządach optycznych dopuszcza się czasami i 90% winietowania i wtedy zgodnie z rys. 2.44 wielkości pola widzenia ustalone byłyby przez parametry punktu P_3 . Ściślej należałoby mówić o liniowym czy kątowym polu widzenia dla ustalonych wartości winietowania. I tak np. kąt w_0 byłby kątem pola widzenia obszaru bez winietowania.