

rozróżniania szczegółów przez odbiornik, można uważać takie przekształcenie za punktowe. Dzięki temu niekoniecznie należy konstruować układy optyczne, które będą ściśle zachowywały warunek stygmatyzmu. Wystarczy, jeżeli plamka nie będzie przekraczała dopuszczalnej wartości określonej parametrami odbiornika.

Jednak przy rozważaniach teoretycznych wygodnie jest najpierw przeanalizować prawa jakim podlegają transformacje tak zwanych *układów optycznych doskonałych*, które z definicji będą spełniały warunki przekształceń punktowych, pozostawiając na razie bez odpowiedzi pytanie, czy możliwe jest zbudowanie takiego układu. Badając następnie właściwości układów na podstawie fizycznych praw biegu promienia światła będzie można wyznaczyć różnice w przekształceniach i określić taki sposób postępowania, aby przekształcenie zachodzące w rzeczywistych układach zbliżało się, lub osiągało właściwości układu doskonałego.

W następnym podrozdziale zostaną opisane prawa jakim podlegają przekształcenia układów doskonałych, ale dla podkreślenia, że rozważania p. 2.2 są czysto teoretyczne, ograniczające się do abstrakcyjnych spekulacji geometrycznych, w miejsce pojęć źródła światła i promienia świetlnego używane będą pojęcia punktu i prostej. Pozostałą terminologię wygodniej jednak zachować ściśle optyczną, ponieważ przekształcenia w układach doskonałych, jak będzie wynikało z p. 2.3.2, są pewnym przybliżeniem przekształceń zachodzących w układach rzeczywistych.

## 2.2. Układy doskonałe z obrotową osią symetrii

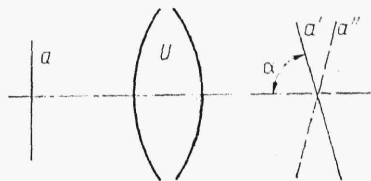
Z definicji układ optyczny będzie uważany za doskonały, jeżeli:

- 1) każdemu punktowi przestrzeni przedmiotowej odpowiada jeden i tylko jeden punkt przestrzeni obrazowej;
- 2) każdej prostej przestrzeni przedmiotowej odpowiada jedna i tylko jedna prosta przestrzeni obrazowej,

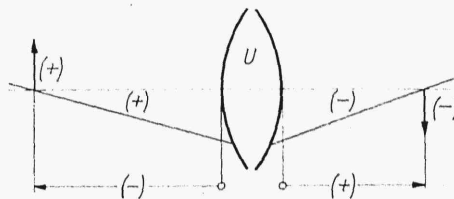
Ponieważ układ ma obrotową oś symetrii, zwaną też *osią optyczną*, to prosta w przestrzeni przedmiotowej leżąca na osi jest przekształcona na prostą w przestrzeni obrazowej pokrywającą się również z osią optyczną. Ponadto można wykazać, że prostej prostopadłej do osi optycznej odpowiada prosta również prostopadła do tej osi. Dowód będzie przeprowadzony przez zaprzeczenie. Niech w jednej z przestrzeni np. przedmiotowej znajduje się prosta  $a$  (rys. 2.7) prostopadła do osi i niech sprzężona z nią prosta  $a'$  tworzy z osią pewien kąt  $\alpha \neq \pi/2$ . Przez obrócenie układu o kąt  $\pi$  dookoła osi położenie przedmiotu nie ulega zmianie, natomiast obraz przyjmuje położenie  $a''$ , co zaprzecza właściwości obrotowej osi symetrii. A więc  $\alpha = \pi/2$ .

Przy wyznaczaniu położenia prostych, czy punktów w obu przestrzeniach wygodnie jest ustalić pewne punkty charakterystyczne układu pełniące rolę punktów odniesienia. W tym przypadku konieczne jest przyjęcie pewnej *konwencji znaków* dla odcinków skierowanych i kątów, np. w celu rozróżnienia położenia przed i za dowolnym punktem odniesienia. W układach rzeczywistych uważa się za *dodatnie* odcinki skierowane zgodnie z kierunkiem biegu światła. W przypadku układów optycznych doskonałych zakłada się, że światło przemieszcza się na rysunku z lewej strony ku prawej, stąd odcinki skierowane w prawo mają znak dodatni, a w lewo

znak ujemny. Ponieważ układ ma obrotową oś symetrii, wystarczy rozważyć przekształcenia w płaszczyźnie przechodzącej przez oś optyczną (w tak zwanej *płaszczyźnie południkowej*) i rozróżnić kierunek nad osią jako dodatni i pod osią jako ujemny. Kąt ostry między prostą a osią op-



Rys. 2.7

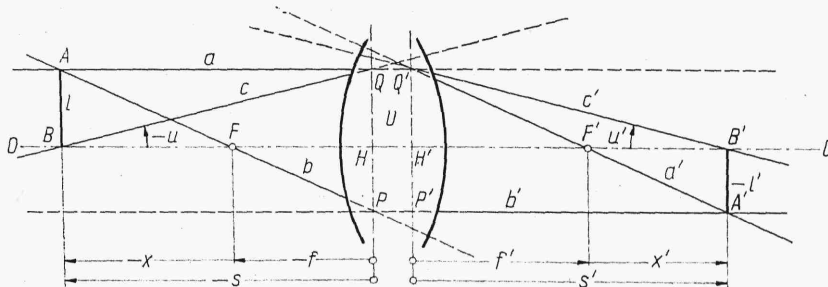


Rys. 2.8

tyczną uważa się za dodatni, jeżeli celem pokrycia osi z prostą należy obrócić oś zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Przykład znakowania odcinków i kątów podano na rys. 2.8.

### 2.2.1. Podstawowe definicje i zależności

Niech będzie dany układ optyczny  $U$  (rys. 2.9) i prosta  $a$  przestrzeni przedmiotowej równoległa do osi optycznej  $O-O$ . Półprosta leżąca w przestrzeni rzeczywistej narysowana jest linią ciągłą, natomiast pozostała



Rys. 2.9

część znajdująca się w przestrzeni pozornej linią przerywaną. Prosta w przestrzeni obrazowej sprzężona z prostą  $a$  może być równoległa do osi lub być nachylona do niej pod pewnym kątem. Pomińmy na razie pierwszy przypadek i niech  $a'$  będzie prostą sprzężoną z  $a$ . Punkt przecięcia się  $a'$  z osią jest punktem sprzężonym z punktem przestrzeni przedmiotowej wyznaczonym przez przecięcie się prostej  $a$  z osią. Oznacza to, że punkt  $F'$  jest obrazem punktu nieskończenie odległego leżącego na osi w przestrzeni przedmiotowej. Punkt  $F'$  nazywa się *ogniskiem obrazowym układu*. Analogicznie *ogniskiem przedmiotowym*  $F$  układu nazywany jest punkt przestrzeni przedmiotowej na osi sprzężony z punktem nieskończenie odległym przestrzeni obrazowej. Prosta  $b$  jest sprzężona z prostą  $b'$  równoległą do osi. Oznaczenia ognisk układu  $F$  i  $F'$  stanowią wyjątek; ogniska: przedmiotowe i obrazowe nie są punktami sprzężonymi.

Płaszczyzna prostopadła do osi i przechodząca przez ognisko przedmiotowe lub obrazowe, nazywa się odpowiednio *płaszczyzną ogniskową przed-*