

1100-1BO15, rok akademicki 2018/19

OPTYKA GEOMETRYCZNA I INSTRUMENTALNA

dr hab. Rafał Kasztelanic

Wykład 9

Przyrządy optyczne - lupa

Aperturę lupy ogranicza źrenica oka.

Pole widzenia zależy od położenia oka względem lupy.

Ze względu na konstrukcję układu optycznego wyróżnia się rodzaje lup:

- Lupa prosta – składająca się z jednej soczewki – powiększenie do 7x;
- Lupa aplanatyczna – składająca się z dwóch identycznych płaskowypukłych soczewek, wypukłościami skierowanymi do siebie. Nieraz między soczewkami umieszczona jest specjalna przesłona. Koryguje aberrację sferyczną i komę – powiększenie do 12x;
- Lupa achromatyczna – składająca się z dwóch sklejonych ze sobą soczewek – dodatniej dwuwypukłej wykonanej ze szkła kron i ujemnej wykonanej ze szkła flint. Koryguje aberrację chromatyczną i sferyczną – powiększenie do 20x;
- Lupa achromatyczno-aplanatyczna – składająca się z trzech, lub większej liczby soczewek. Koryguje aberrację chromatyczną, sferyczną, dystorsję, oraz komę;
- Lupa ortoplanatyczna – składająca się z trzech soczewek, dwóch dwuwypukłych, oraz umieszczonej między nimi soczewki wklęsłej. Koryguje aberrację sferyczną, chromatyczną i dystorsję – powiększenie do 30x;
- Lupa astygmatyczna – składająca się przynajmniej z czterech soczewek. Koryguje aberrację sferyczną, chromatyczną, dystorsję, komę, oraz astygmatyzm – powiększenie do 35x

Przyrządy optyczne – lunety

Lunety służą do powiększania kąta widzenia odległych przedmiotów.

Obserwujemy przez nie przedmioty odległe, ale duże – luneta tworzy ich obraz pomniejszony, ale przybliżony, obserwowany pod większym kątem, niż „gołym” okiem.

Lunety to przyrządy obserwacyjne, ale mogą też stanowić podstawową część przyrządów pomiarowych:

- teleskopów astronomicznych
- niwelatorów
- teodolitów
- lunetcelowniczych
- lunetmontażowych
- innych.

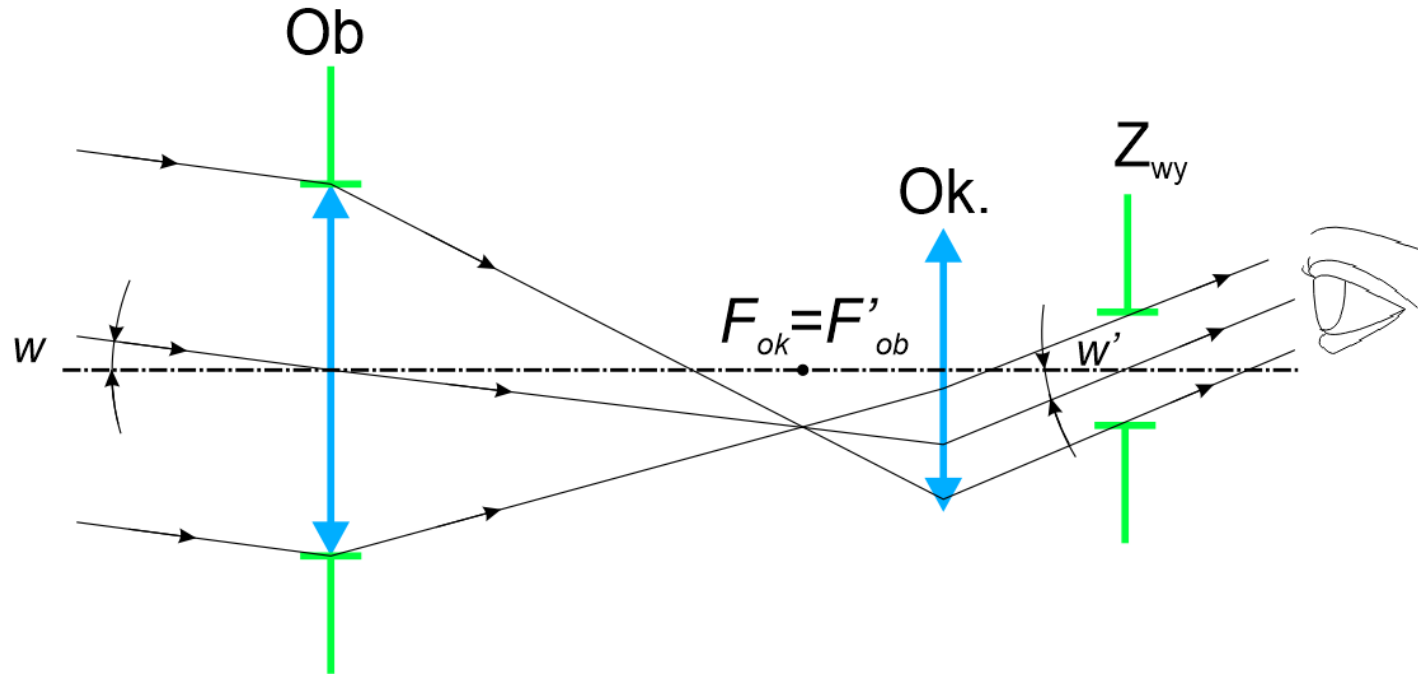
Pod względem konstrukcyjnym, lunety dzielimy na:

- soczewkowe typu Keplera i typu Galileusza (refraktery);
- soczewkowo-zwierciadlane i zwierciadlane (reflektory).



Przyrządy optyczne – luneta Keplera

2 soczewki skupiające (obiektyw i okular) o „wspólnym” ognisku



Żrenica wejściowa lunety pokrywa się z oprawą obiektywu.

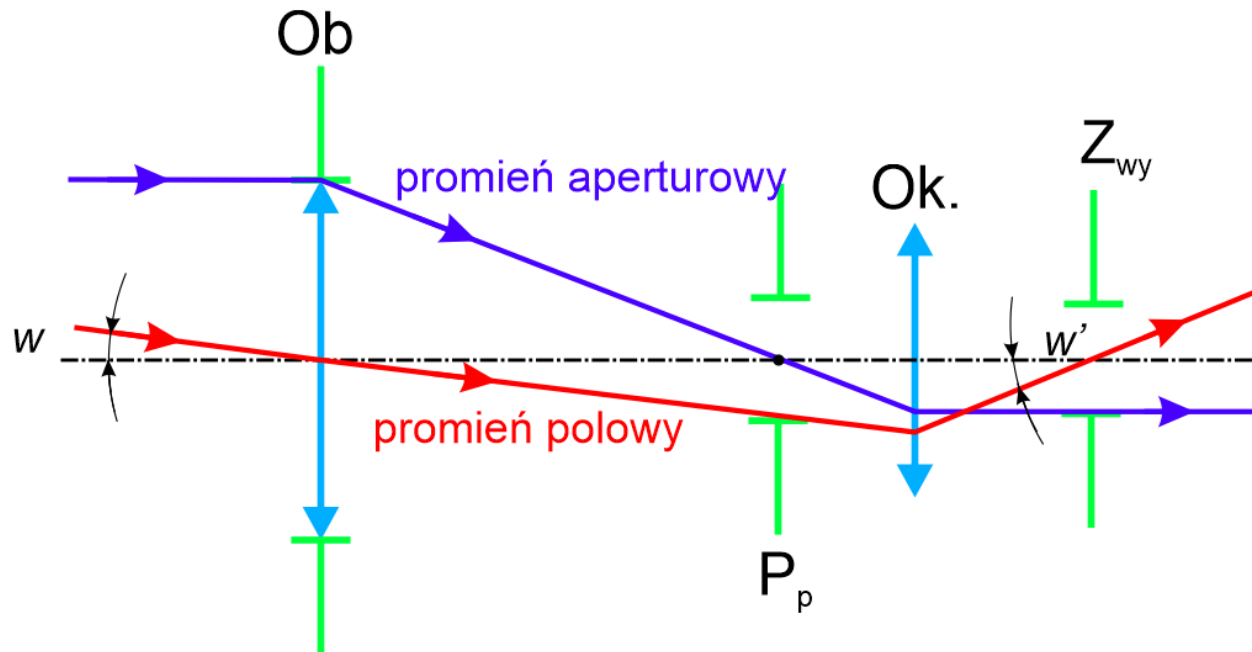
Żrenica wyjściowa znajduje się za okulem i tam właśnie umieszcza się oko obserwatora.

Żrenica oka, której średnica zmienia się od 2 do 8 mm, decyduje o aperturze lunety (jej jasności).

Przyrządy optyczne – luneta Keplera

Promień aperturowy przechodzi przez ognisko obrazowe obiektywu = ognisko przedmiotowe okularu, dalej przechodzi przez okular i wychodzi równoległe do osi optycznej i następnie pada na siatkówkę na osi oka spoczynkowego.

Promień polowy po przejściu przez okular przecina oś optyczną w środku źrenicy wyjściowej lunety = źrenicy oka. Promień ten określa wielkość obrazu na siatkówce



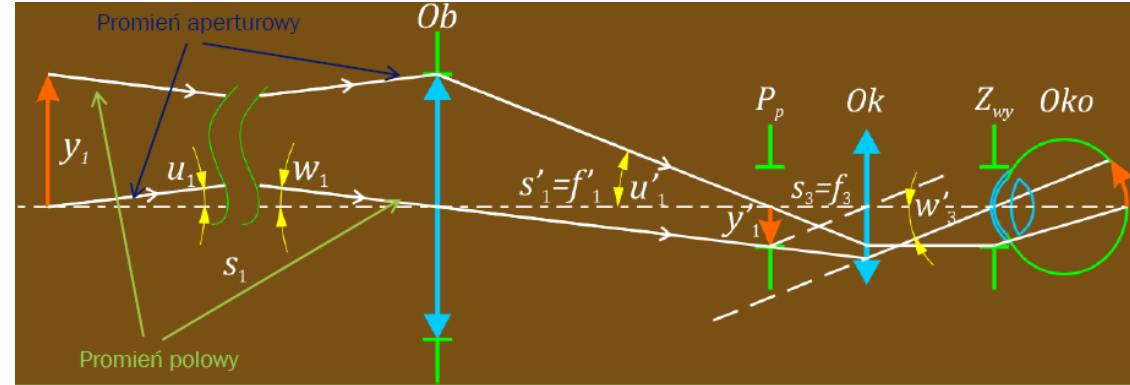
O wielkości pola widzenia decyduje przysłona polowa znajdująca się w płaszczyźnie ogniskowej przedmiotowej okularu (brak winietowania).

Przyrządy optyczne – luneta Keplera

Powiększenie wizualne lunety Keplera

$$\operatorname{tg} w_1 = \frac{y_1}{s_1} = \frac{y_1'}{s_1'} \quad \operatorname{tg} w_3' = \frac{y_1'}{s_3'}$$

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} w_3'}{\operatorname{tg} w_1} = \frac{s_1'}{s_3'}$$



Dla przedmiotów w nieskończoności: $\Gamma = -\frac{f_1'}{f_3'}$

Dla przedmiotów w skończonej odległości: $\Gamma = \frac{\operatorname{tg} w_3'}{\operatorname{tg} w_1} = -\frac{f_1'}{f_3'} \left(\frac{s_1}{s_1 + f_1'} \right)$

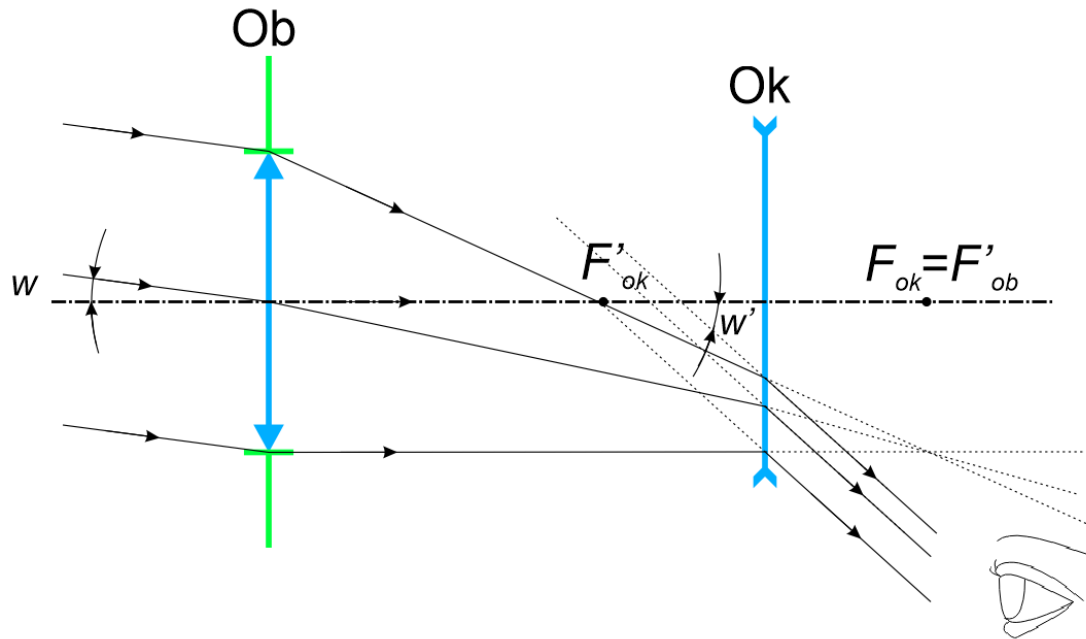
Powiększenie lunety Keplera nastawionej na nieskończoność można wyznaczyć również na podstawie średnic obu jej źrenic:

$$\Gamma = -\frac{f_1'}{f_3'} = \frac{D}{D'}$$

Przyrządy optyczne – luneta Galileusza

Obiektyw - soczewka skupiająca, okular – soczewka rozpraszająca.

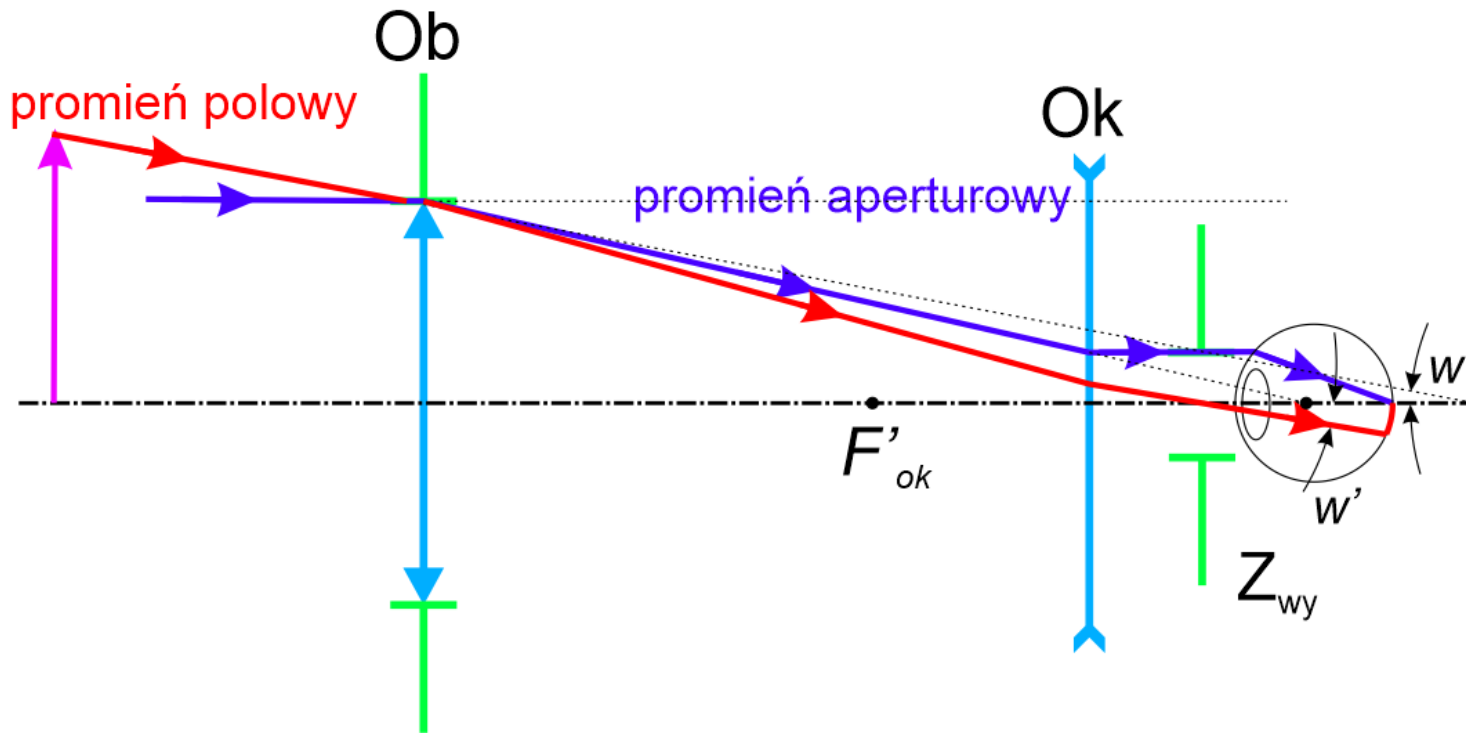
Ognisko obrazowe obiektywu pokrywa się z ogniskiem przedmiotowym okularu – ale ponieważ okular jest układem rozpraszającym, jego ognisko przedmiotowe jest „za” okulem = krótsza luneta!



Powiększenie lunety Galileusza – wzory identyczne, jak dla lunety Keplera!

Ze względu na trudności z korekcją aberracji ujemnych okularów, lunety Galileusza mają zwykle niewielkie powiększenie do 5x.

Przyrządy optyczne – luneta Galileusza

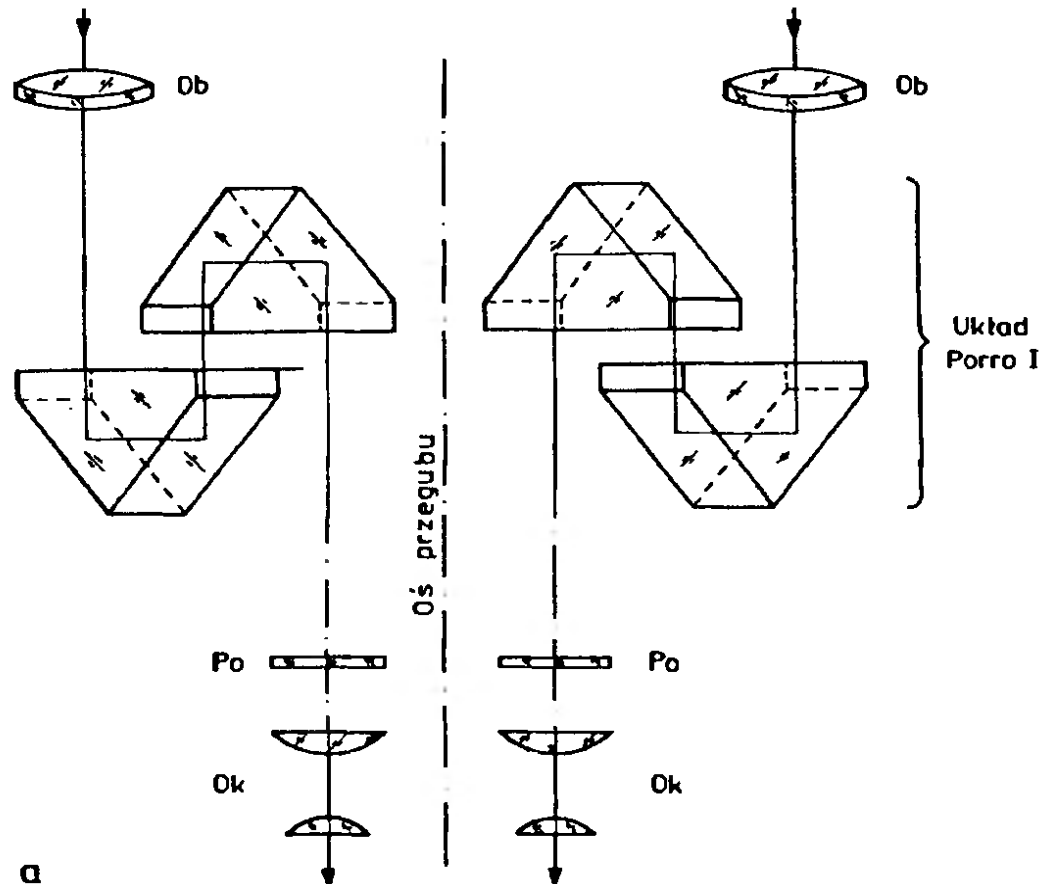


Przyrządy optyczne – lornetka

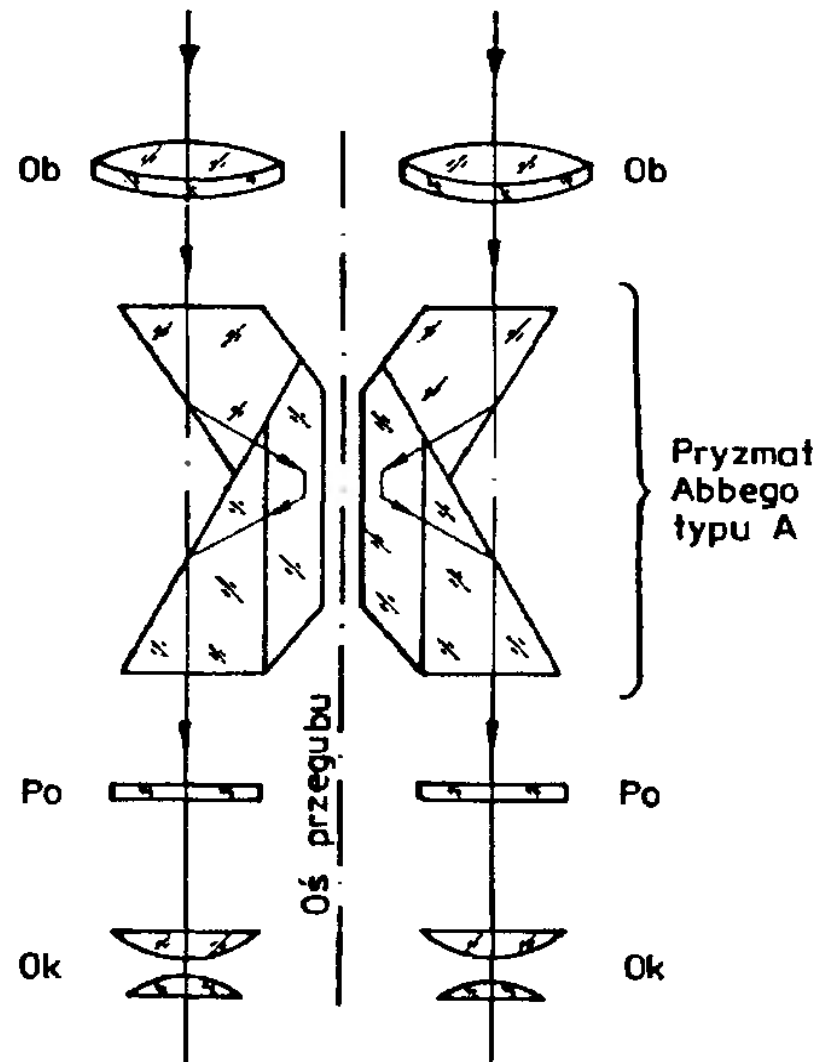
Lornetka = podwójna luneta

Dwie lunety Keplera lub Galileusza z odwróceniem obrazu i z możliwością zmiany rozstawu ich źrenic wyjściowych aby dopasować do rozstawu źrenic oczu.

Obiektywy obu lunet są zwykle bardziej oddalone od siebie niż okulary – zapewnia to lepsze widzenia stereoskopowe przedmiotów odległych i ewentualne pomiary.



Przyrządy optyczne – lornetka



Teleskop

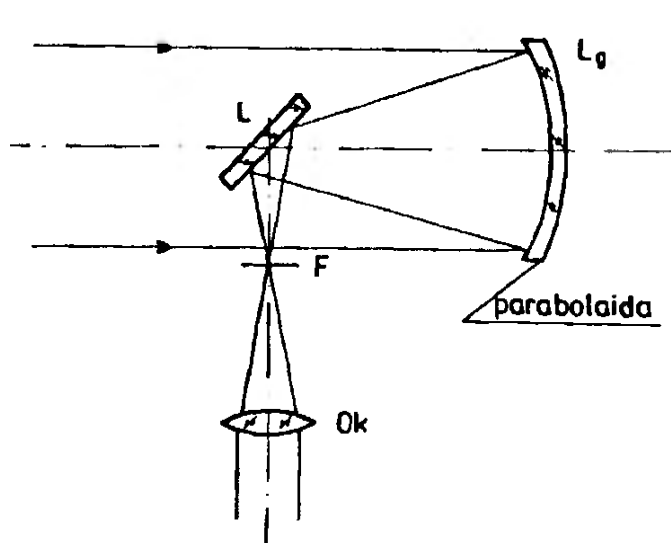
Teleskopami nazywa się lunety służące do obserwacji powiększonych wizualnie obrazów ciał niebieskich.

Teleskopy używane w astronomii dzielą się na:

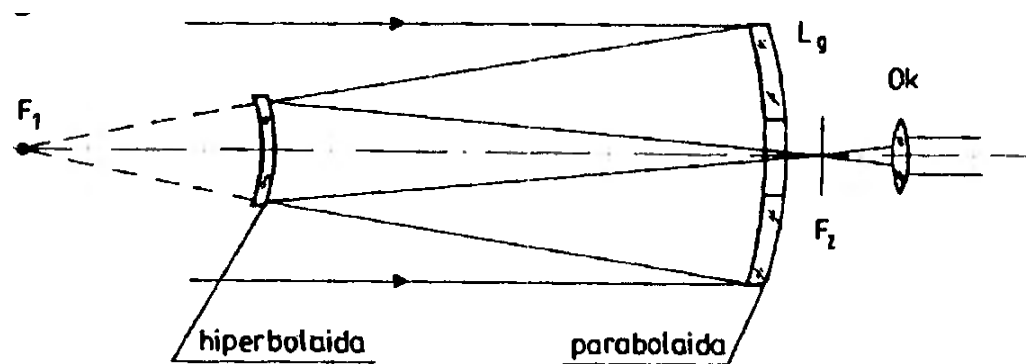
- soczewkowe (refraktery);
- zwierciadlane (reflektory);
- mieszane.

W astronomii wykorzystuje się przede wszystkim teleskopy zwierciadlane. Największy teleskop soczewkowy ma obiektyw o średnicy 102 cm.

Teleskop Newtona



Teleskop Cassegraina



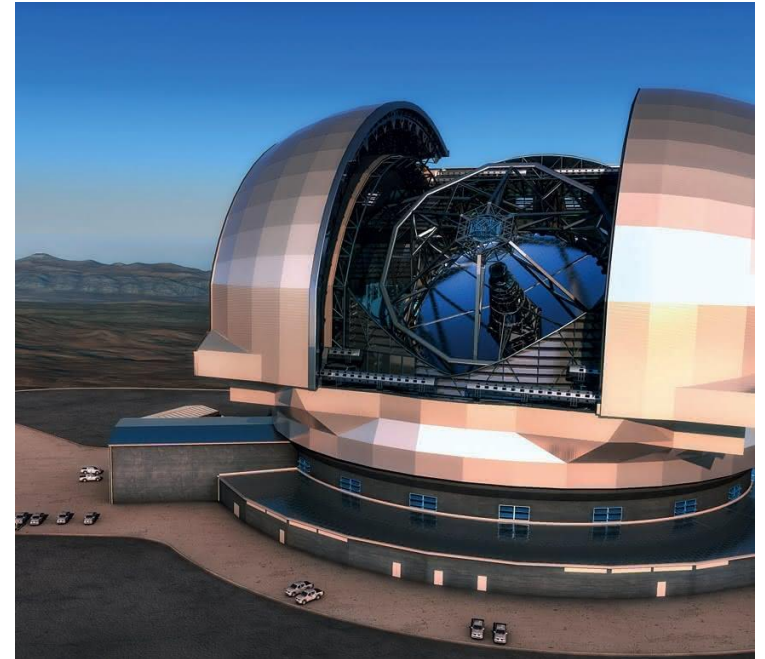
Teleskop

Teleskop Kecka: dwa wielkie teleskopy pracujące w zakresie światła widzialnego i podczerwieni na Mauna Keana na Hawajach.

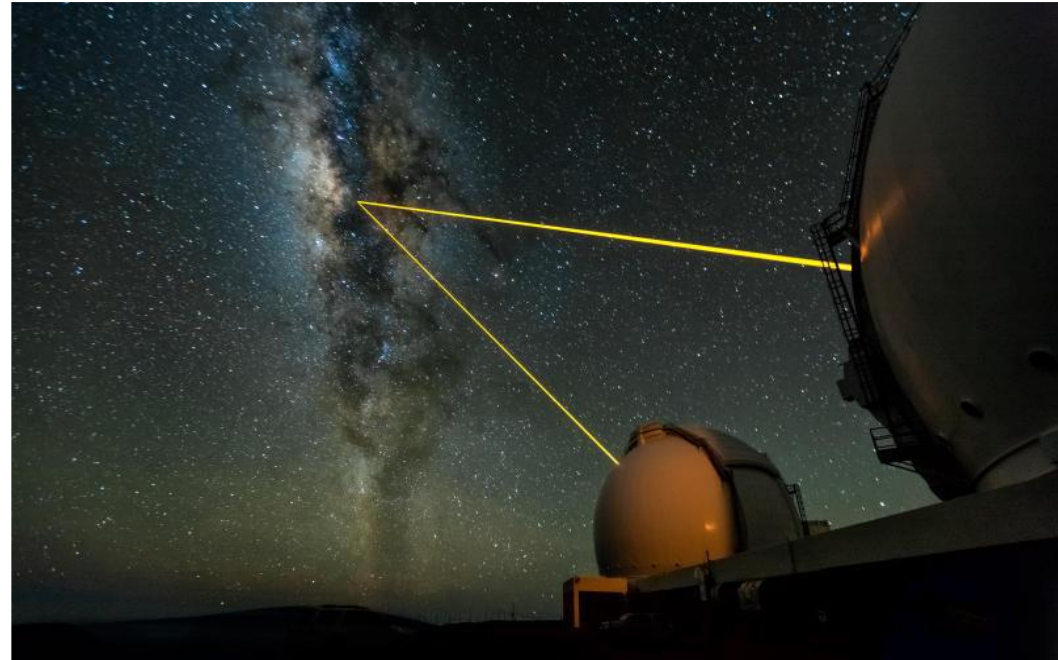
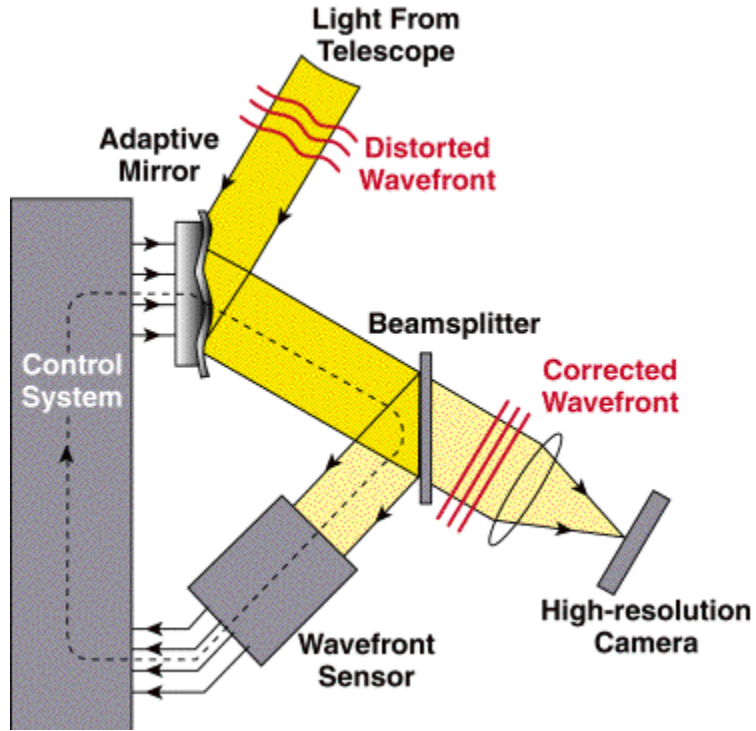
Zwierciadło główne składa się z 36 heksagonalnych segmentów tworzących zwierciadło o średnicy ok. 10 m.

Wyposażone są w optykę adaptatywną.

Rozdzielczość pozwalająca rozróżnić dwa punkty oddalone o 2 m z odległości 1600 km!.



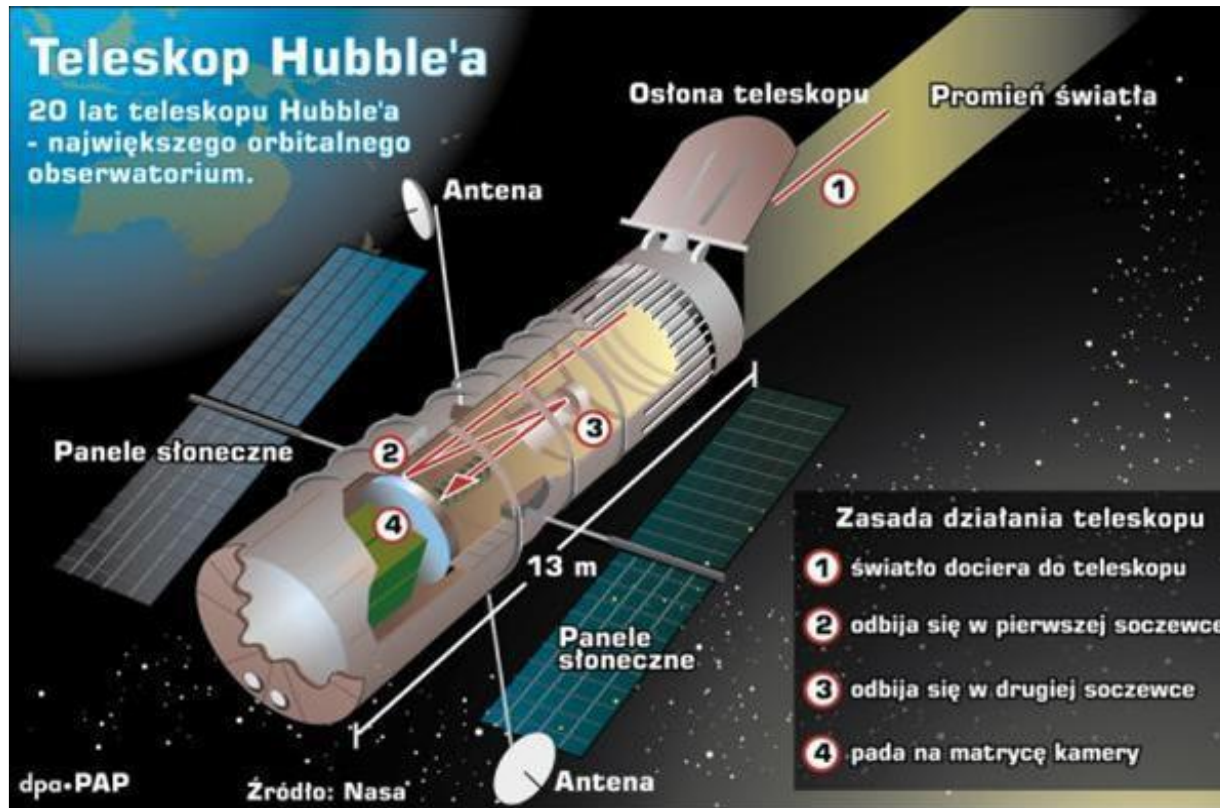
Teleskop Kecka



Teleskop

Teleskop Hubble'a: to zespół instrumentów składający się z teleskopu o średnicy zwierciadła głównego 2,4 m, dwóch kamer, dwóch spektrografów i fotometru, umieszczonych na orbicie około ziemskiej.

Zdolność rozdzielcza porównywalna z teleskopem Kecka (ok. 0,1 sekundy).



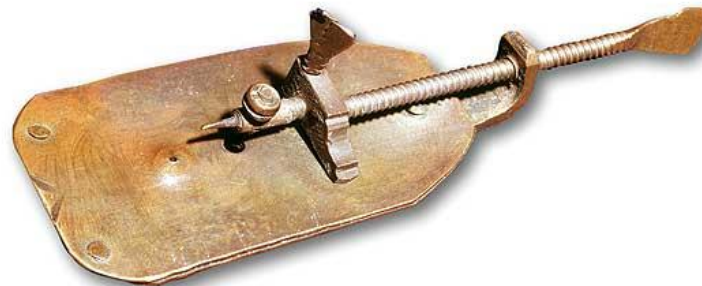
Mikroskop

Pierwszy znany mikroskop – Hans i Zacharias Janssen (1590r., ojciec i syn)

Mikroskop Hooke (1665 r.). Powiększenie 60 razy.



Pierwszy mikroskop opisany przed Towarzystwem Królewskim w Londynie – Antonie van Leeuwenhoek (1674 r.). Powiększenie 300 razy. Pierwszy obserwował żywe komórki, bakterie.



Mikroskop

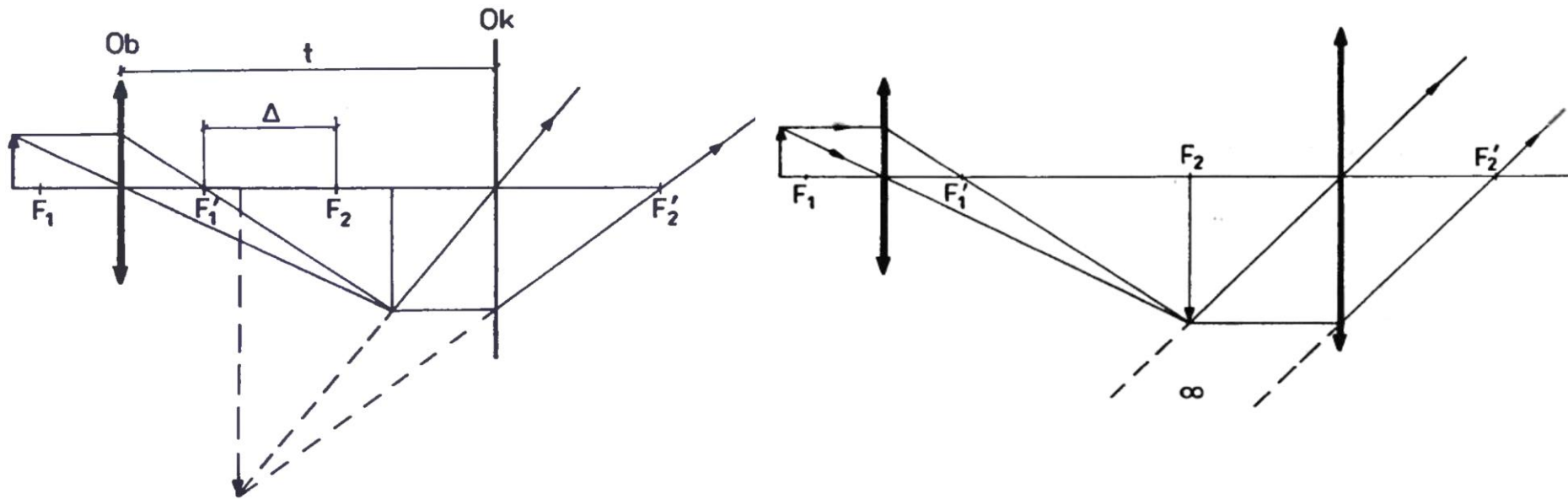
Podział mikroskopów:

- Biologiczne
- Metalograficzne
- Mineralograficzne
- Interferencyjne
- Operacyjne (w tym dentystyczne)
- Warsztatowe
- Narzędziowe
- Odczytowe
- Szkolne
- Konfokalne



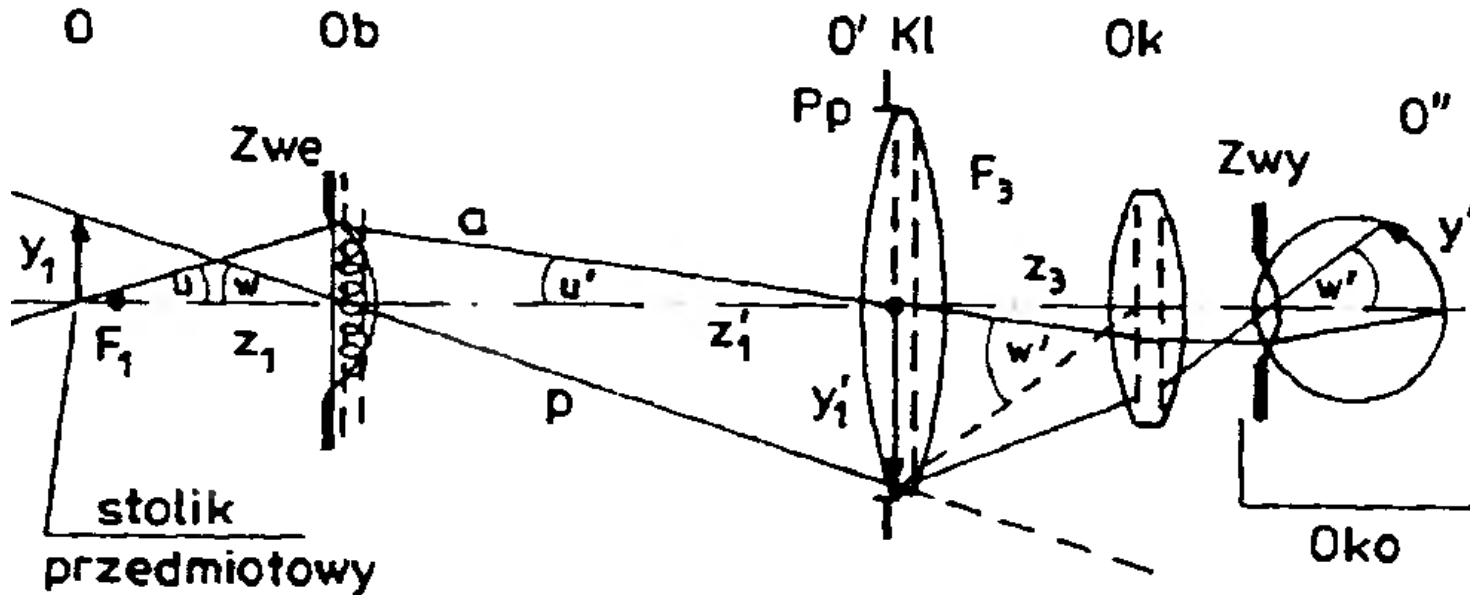
Mikroskop

Mikroskop to przyrząd do obserwacji przedmiotów małych, znajdujących się blisko obserwatora. Składa się ze skupiającego obiektywu o krótkiej ogniskowej, który daje rzeczywisty, powiększony i odwrócony obraz przedmiotu i okularu, również skupiającego, który pełni rolę lupy, przez którą oglądamy obraz dawany przez obiektyw.



Mikroskop

Powiększenie wizualne mikroskopu



$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}$$

$$\Gamma = \beta_{ob} \Gamma_{ok}$$

β_{ob} - Powiększenie poprzeczne obiektywu

Γ_{ok} - Powiększenie wizualne okularu

Mikroskop

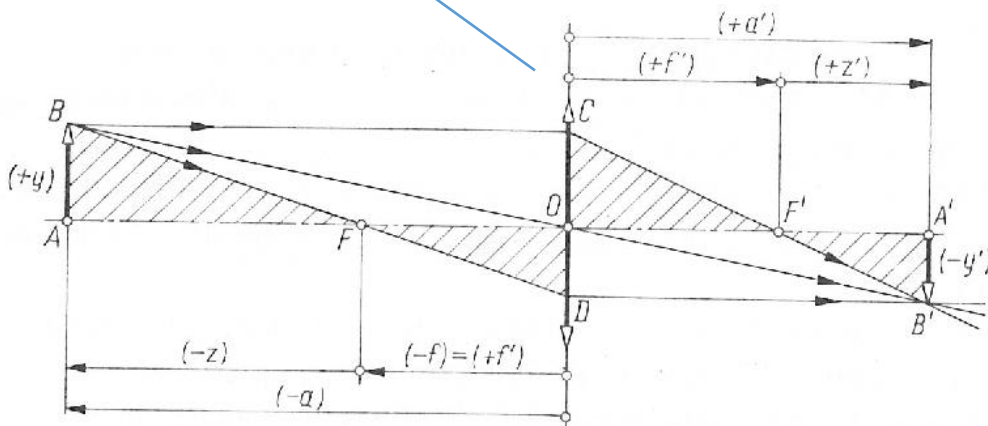
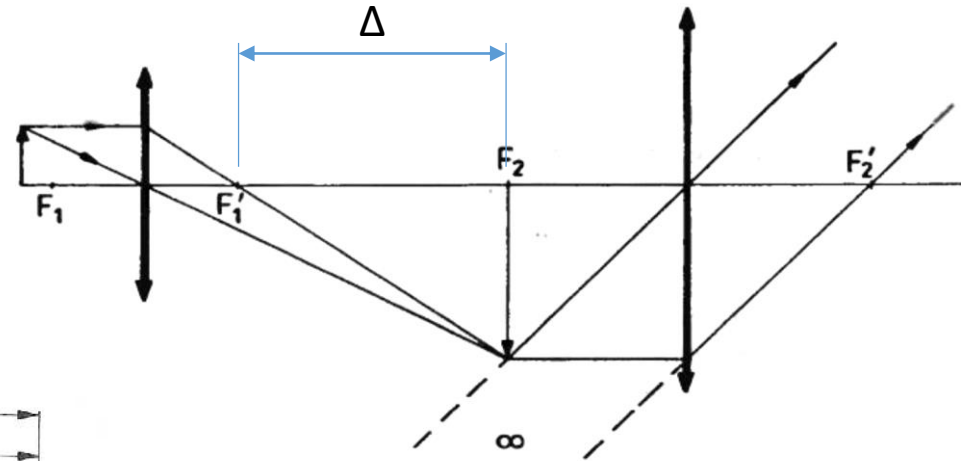
Powiększenie wizualne mikroskopu

$$\Gamma = \beta_{ob} \Gamma_{ok}$$

β_{ob} - Powiększenie poprzeczne obiektywu

Γ_{ok} - Powiększenie wizualne okularu

$$\beta_{ob} = \frac{-y'}{y} = \frac{z'}{f'} = \frac{\Delta}{f_{ob}}$$



Powiększenie wizualne mikroskopu

$$\Gamma = \beta_{ob} \Gamma_{ok}$$

β_{ob} - Powiększenie poprzeczne obiektywu

Γ_{ok} - Powiększenie wizualne okularu

$$\Gamma_{ok} = \frac{d}{f_{ok}} = \frac{250}{f_{ok}}$$

$$\Gamma = -\frac{\Delta}{f_{ob}} \frac{250}{f_{ok}}$$

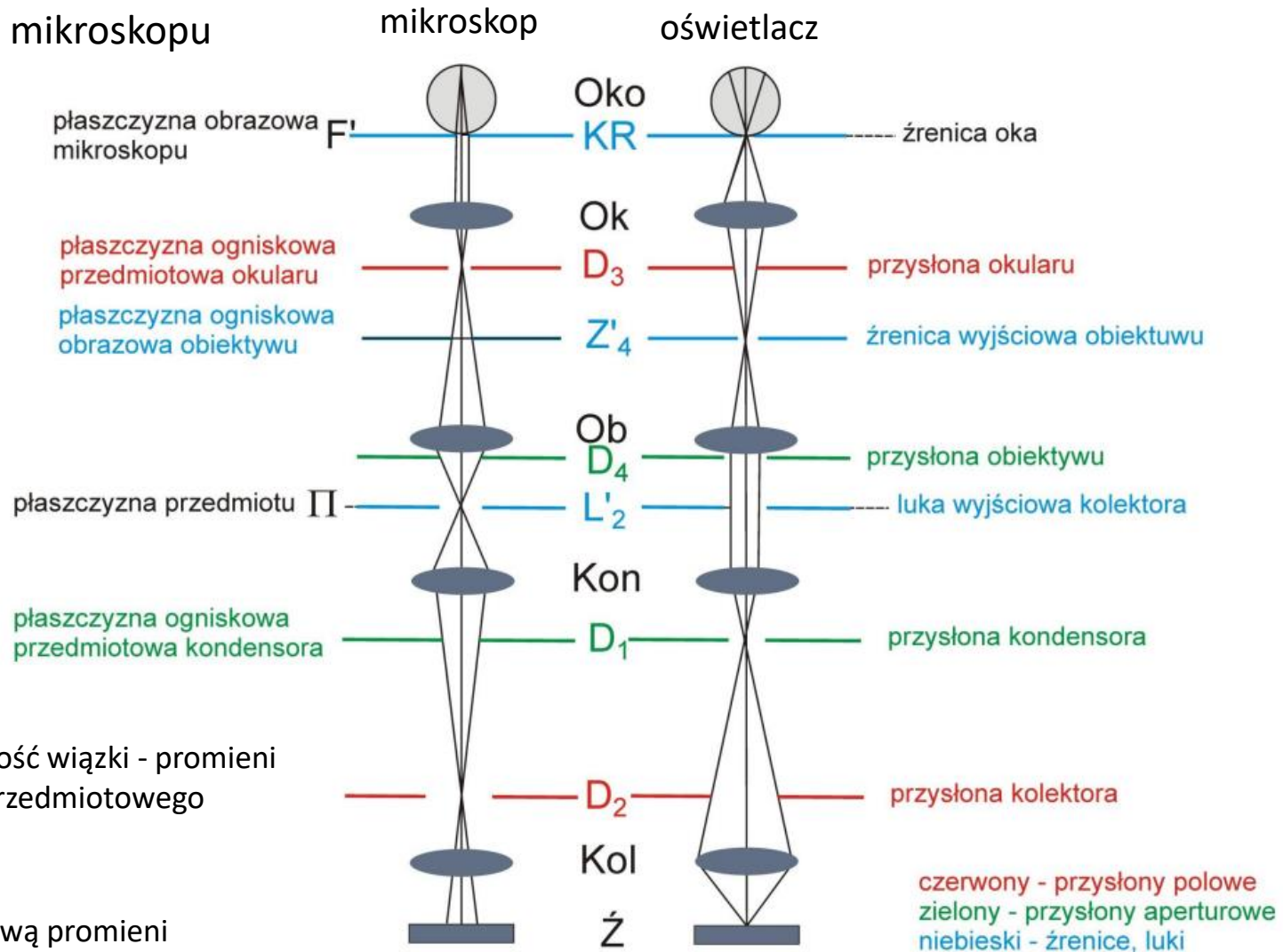
„minus” bo obraz odwrócony

$$F_{mikr} = F_{ob} + F_{ok} - dF_{ob}F_{ok} = \frac{1}{f_{ob}} + \frac{1}{f_{ok}} - \frac{d}{f_{ob}f_{ok}} = \frac{f_{ok} + f_{ob} - d}{f_{ob}f_{ok}} = -\frac{\Delta}{f_{ob}f_{ok}}$$

$$\frac{1}{f_{mikr}} = -\frac{\Delta}{f_{ob}f_{ok}} \quad \rightarrow \quad \Gamma = \frac{250}{f_{mikr}} = -\frac{\Delta}{f_{ob}} \frac{250}{f_{ok}}$$

Mikroskop

Przystony, luki, źrenice mikroskopu



Przystona aperturowa:

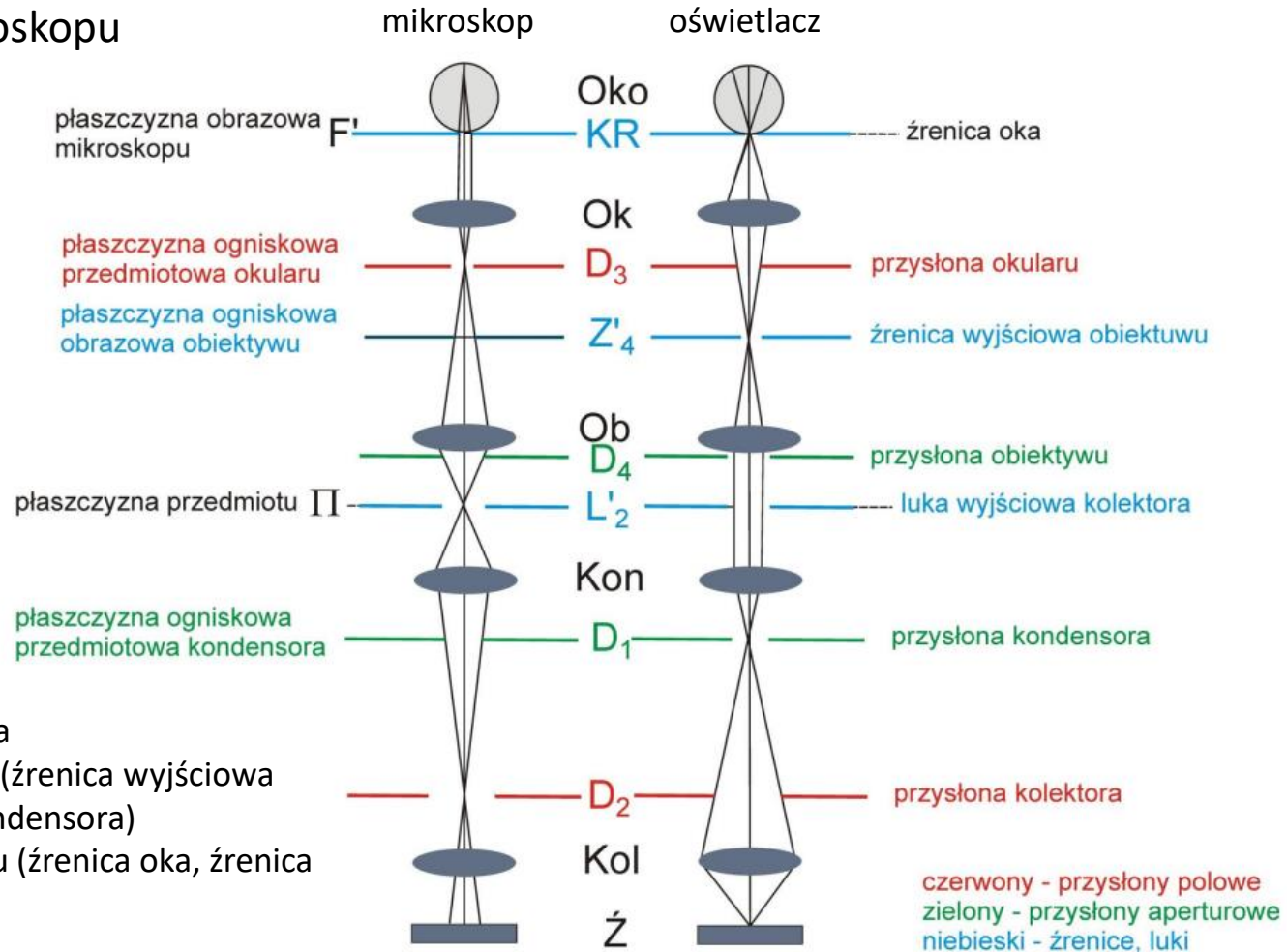
- ogranicza kątową rozwartość wiązki - promieni wychodzących z punktu przedmiotowego
- decyduje o ilości światła

Przystona polowa:

- ogranicza rozwartość kątową promieni polowych (przechodzą przez środek przystony aperturowej)
- Decyduje o wielkości odwzorowywanego pola

Mikroskop

Przystony, luki, źrenice mikroskopu



Płaszczyzny sprzężone 1:

- Źródło
- Przystona aperturowa kondensora
- Płaszczyzna obrazowa obiektywu (źrenica wyjściowa obiektywu, źrenica wyjściowa kondensora)
- Płaszczyzna obrazowa mikroskopu (źrenica oka, źrenica wyjściowa mikroskopu)

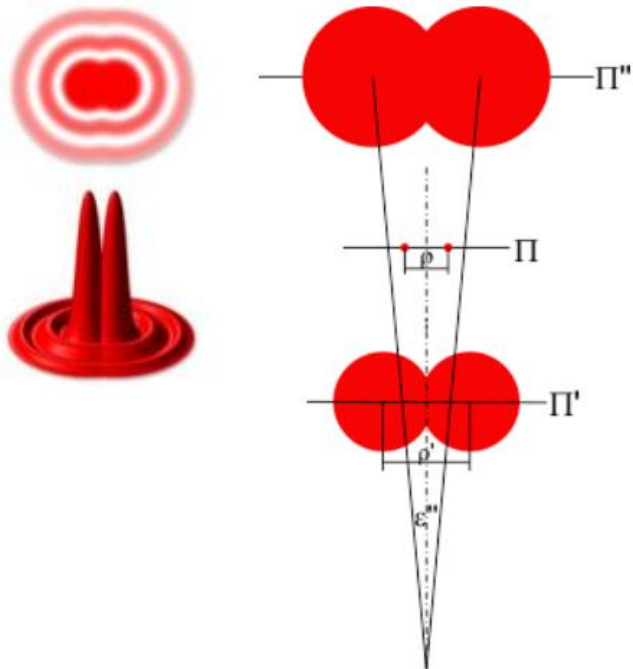
Płaszczyzny sprzężone 2:

- Przystona polowa kolektora
- Płaszczyzna próbki
- Przystona polowa okularu
- luki wyjściowa kolektora

Mikroskop

Powiększenie użyteczne mikroskopu

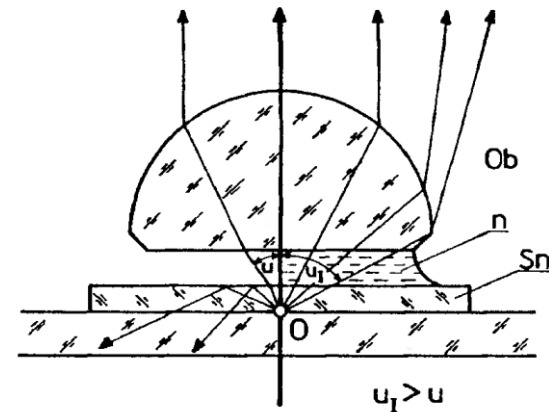
Powiększenie użyteczne mikroskopu wynika z kryterium zdolności rozdzielczej



$$\Gamma_U < 1000 NA$$

$$NA = n \sin \alpha \quad - \text{apertura numeryczna}$$

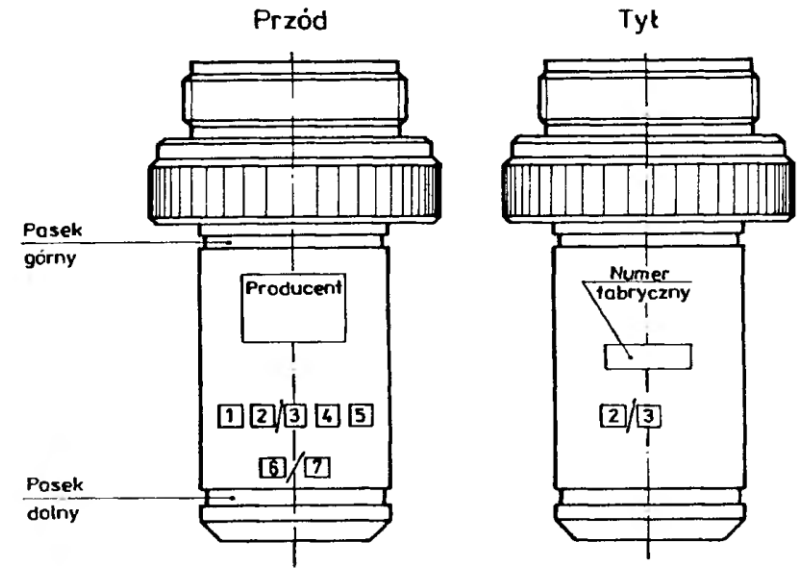
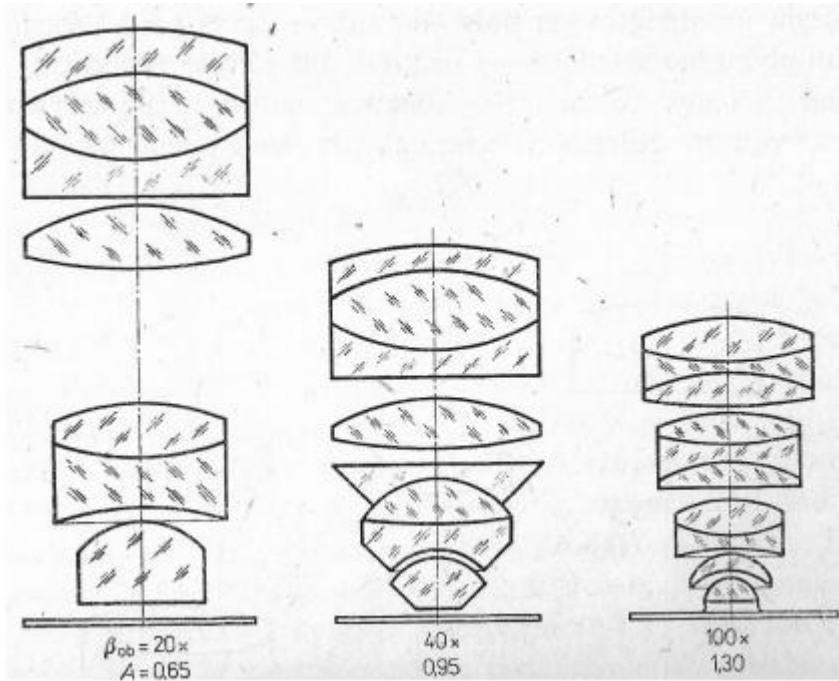
Zwiększanie zdolności rozdzielczej mikroskopu
- immersja



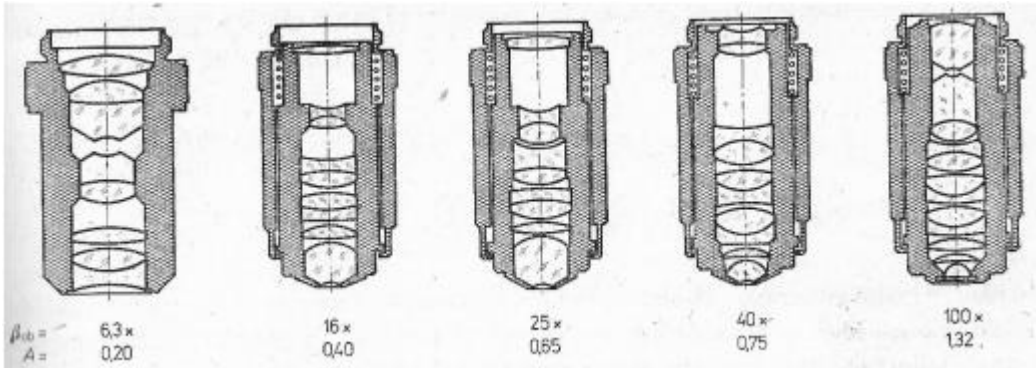
Głębina ostrości:

$$g = \frac{71,5}{\Gamma NA} \left(1 + \frac{1}{\Gamma} \right)$$

Mikroskop



Rys. 4.10. Kodowanie informacji na obudowie obiektywu: 1 – korekcja, 2 – powiększenie, 3 – apertura numeryczna, 4 – symbol immersji, 5 – przeznaczenie, 6 – długość tubusa, 7 – grubość szkiełka nakrywkowego [2]



Mikroskop

Labeling of the Objective

Objective class, special designations are used for this, e.g. LD for Long Working Distance

Magnification / Numerical Aperture

- plus additional details on
 - immersion medium (Oil /W/ Glyc)
 - adjustable cover glass correction (Korr.)
 - contrast method

Tube Length / Cover Glass Thickness (mm)

ICS optics: ∞
 Infinity Color Corrected System
 standard cover glass: 0.17
 without cover glass: 0
 insensitive: -

Mechanical Correction Collar

- cover glass thickness correction
- different immersion
- different temperature
- adjusting an iris diaphragm



Color of writing

Contrast method

- Standard (black)
- Pol / DIC (red)
- Ph 0 1 2 3 (green)

Color Coding of Magnification

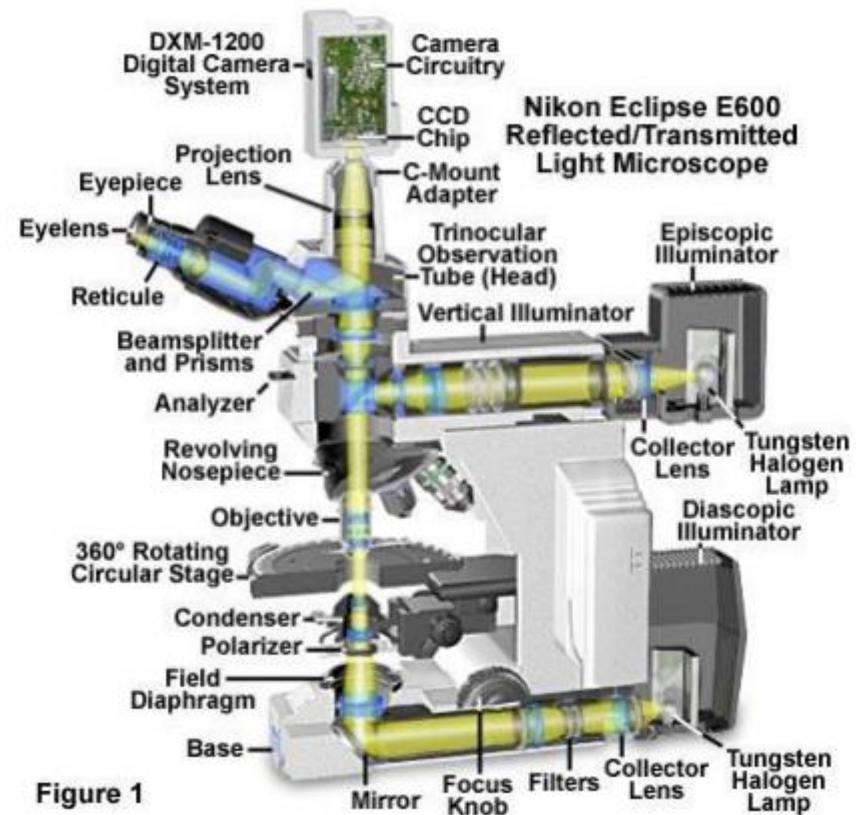
- 1.0/1.25 (black)
- 2.5 (gold)
- 4/5 (red)
- 6.3 (yellow)
- 10 (yellow)
- 16/20/25/32 (green)
- 40/50 (blue)
- 63 (blue)
- 100/150 (white)

Immersion Fluid

- Oil (black)
- Water (white)
- Glycerin (yellow)
- Oil /Water / Glycerin (red)

Mikroskop

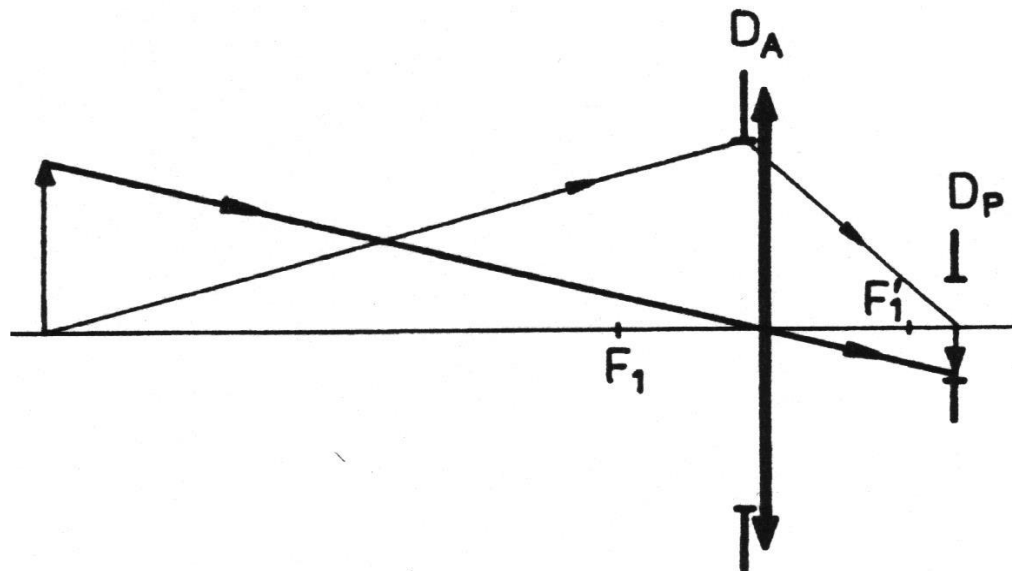
- Źródło światła
- Kolektor
- Kondensator
- Stolik mikroskopowy
- Obiektyw
- Okular
- Inne
 - Przesłony
 - Pryzmaty
 - Płytki półprzepuszczalne
 - Zwierciadła
 - Nasadki okularowe



Aparat fotograficzny

Aparat fotograficzny służy do odwzorowania przedmiotu na kliszy fotograficznej za pomocą obiektywu.

Przedmiot zwykle znajduje się daleko (tzn. odległość przedmiotowa jest dużo mniejsza niż ogniskowa obiektywu) więc obraz powstaje tuż za ogniskiem obrazowym.

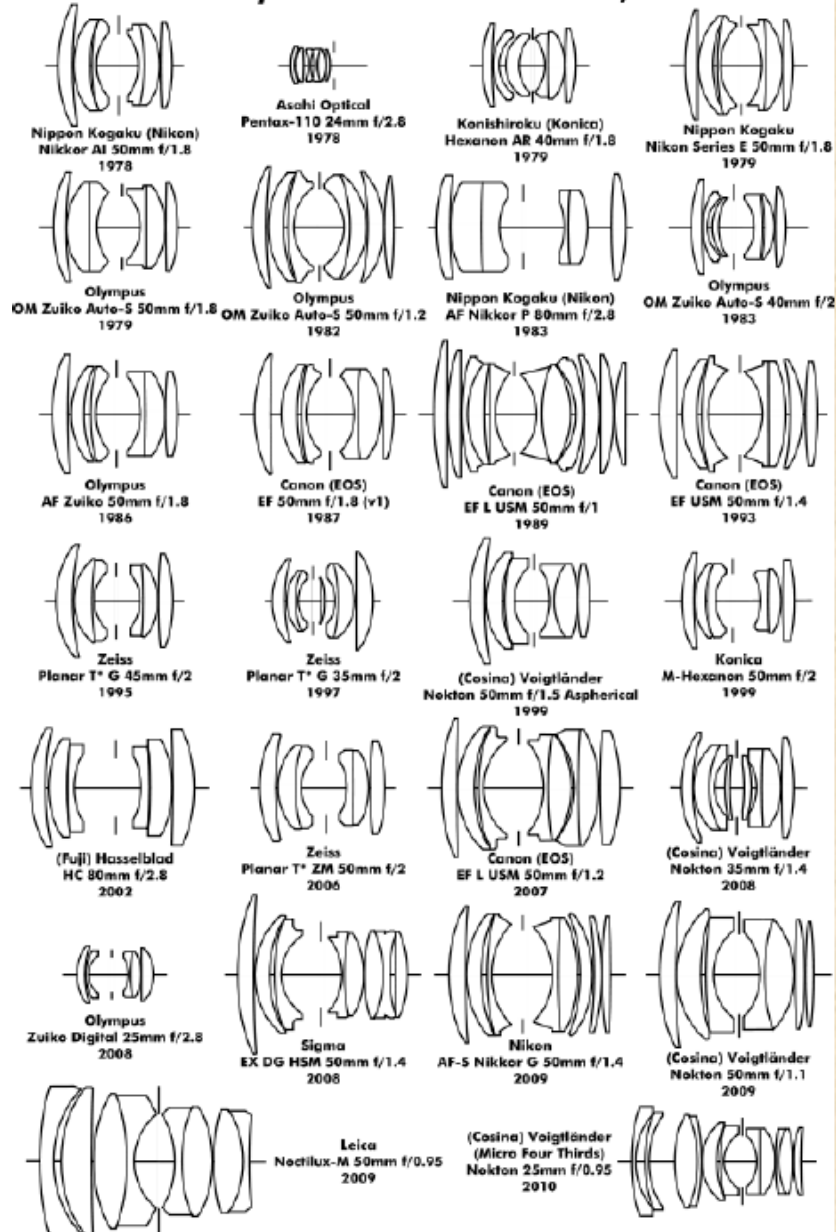


Obiektyw aparatu składa się na ogół z wielu soczewek. Umożliwia to skorygowanie wszelkich aberracji i otrzymanie „wernego” obrazu, który może być następnie powiększany („odbitki”).

Aperturę obiektywu fotograficznego ogranicza regulowana przesłona irysowa, która znajduje się zwykle wewnątrz obiektywu (czyli gdzieś „pomiędzy” licznymi soczewkami, które go tworzą). O polu widzenia decyduje wielkość kliszy.

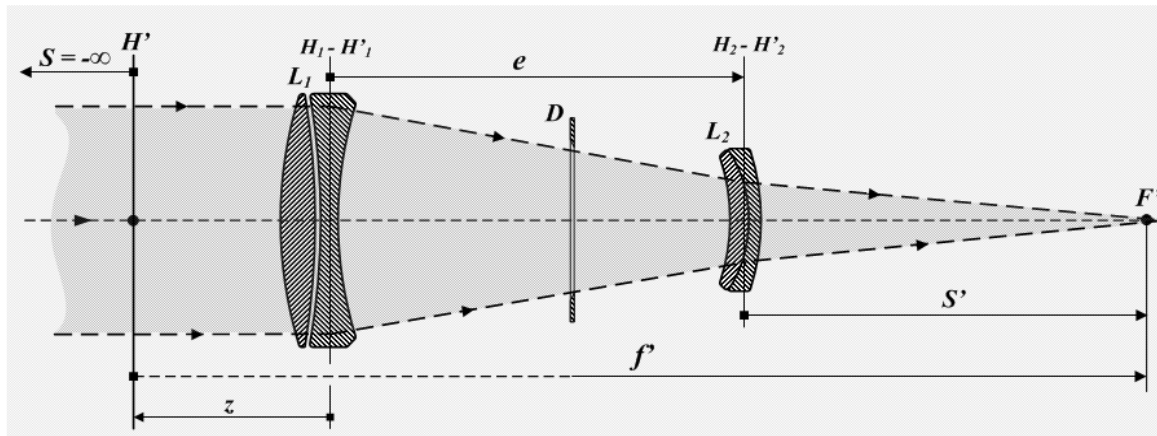
Aparat fotograficzny

Another twenty-six Double Gauss lenses, 1978-2010.



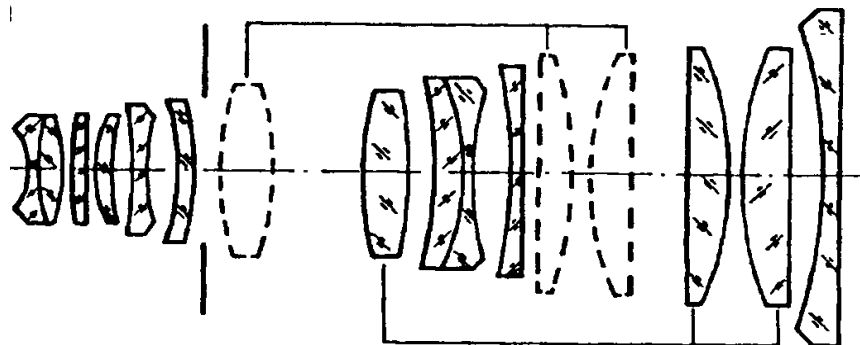
Teleobiektywy:

Obiektywy wąskokątne, długo ogniskowe (powyżej 50-70 mm), o mocno „wyrzuconych” płaszczyznach głównych, dzięki czemu mają mniejszą długość.



Obiektywy zmiennoogniskowe (zoomy):

Zmianę ogniskowej uzyskuje się poprzez przesuw jednego lub kilku zespołów soczewek. Przesuw ten powoduje zmianę powiększenia BEZ zmiany położenia płaszczyzny obrazowej (ciągłe powiększanie obrazu, tzw. „najazd” stosowany w filmie i telewizji).



Projektory służą do odwzorowania przedmiotów na ekranie.

Działają jak aparaty fotograficzne, tylko „na odwrót” – stosunkowo mały „przedmiot” ma być odwzorowany na duży ekran.

Ważna jest więc nie tylko „ostrość” odwzorowania, ale też ilość energii, która dotrze do tej dużej powierzchni ekranu!