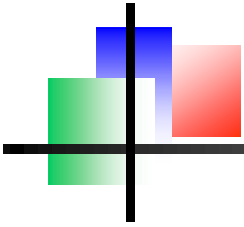


Podstawy Fizyki IV

Optyka z elementami fizyki współczesnej

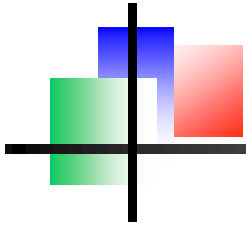
wykład 10, 16.03.2012

wykład:	Czesław Radzewicz
pokazy:	Radosław Chrapkiewicz, Filip Ozimek
ćwiczenia:	Ernest Grodner

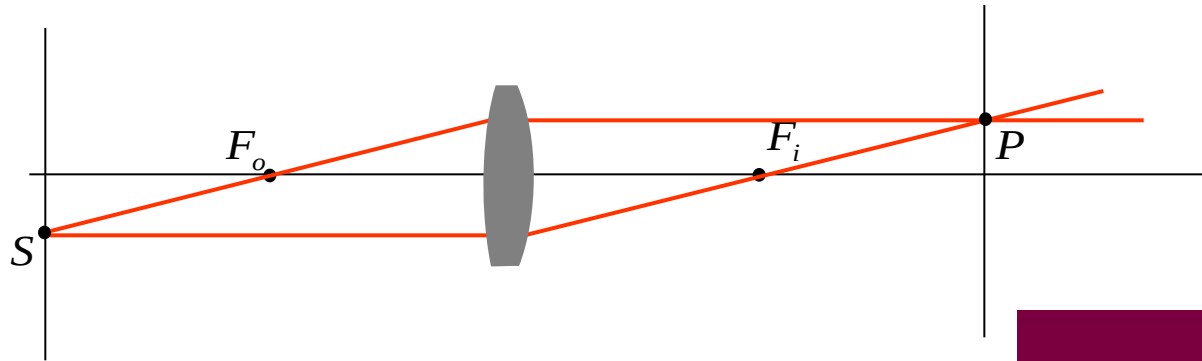


Wykład 9 - przypomnienie

- apertura, apertura polowa, źrenice, winietowanie
- apertura numeryczna oraz liczba $f/\#$ soczewki
- pryzmaty jako lustra z różnymi transformacjami
- bez przybliżenia przyosiowego ➔ aberracje geometryczne
- sumy Seidela, klasyfikacja aberracji 3-go rzędu
- aberracje chromatyczne
- dublet achromatyczny, warunek achromatyzmu, liczba Abbego
- miary jakości obrazowania: funkcja impulsowa, funkcja przenoszenia modulacji (MTF)
- oko ludzkie; budowa i podstawowe własności

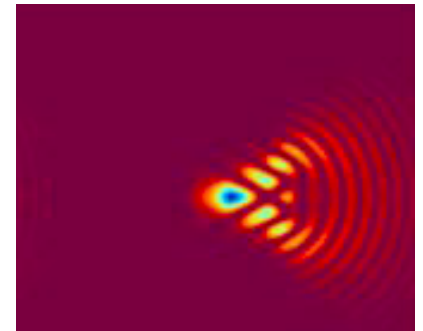
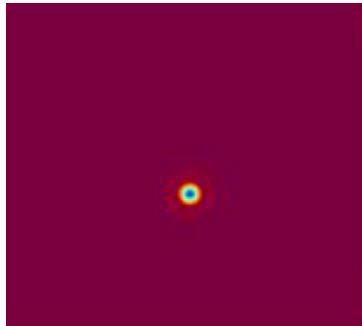


funkcja impulsowa układu obrazującego

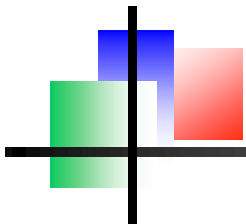


Zakładamy:

1. liniowość zagadnienia
2. niezmienniczość względem przesunięcia (?)

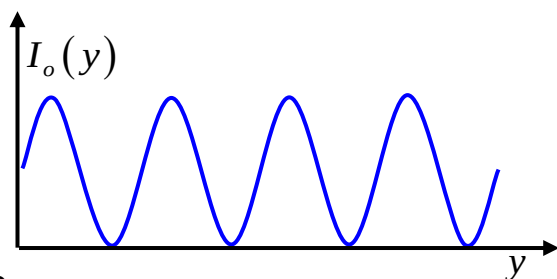
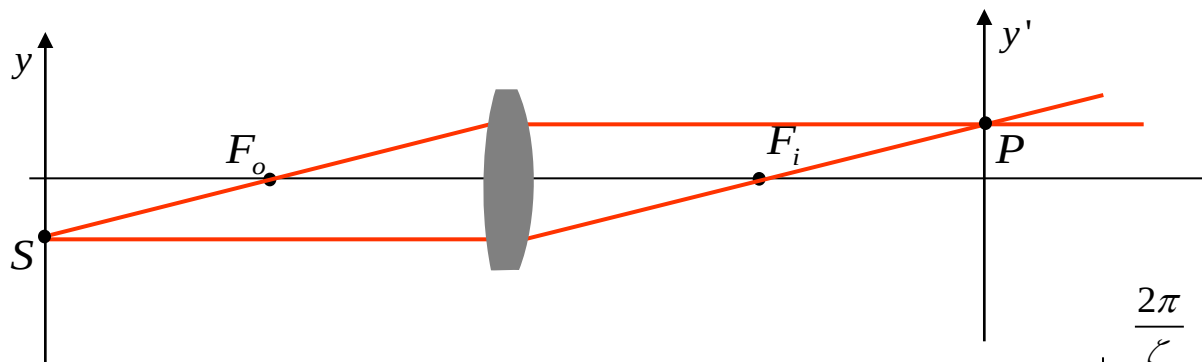
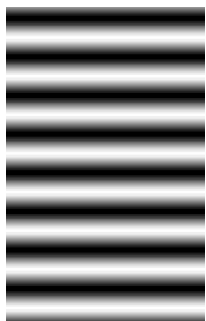


rozdzielczość układu obrazującego!

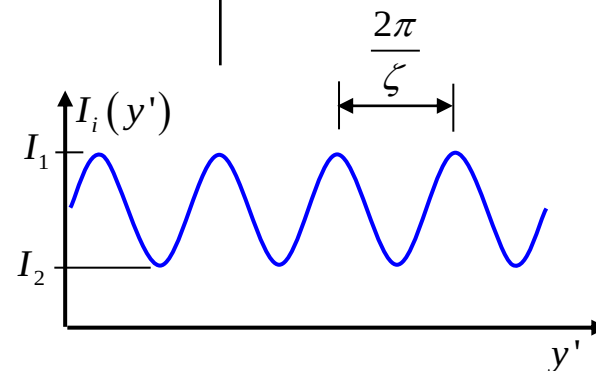
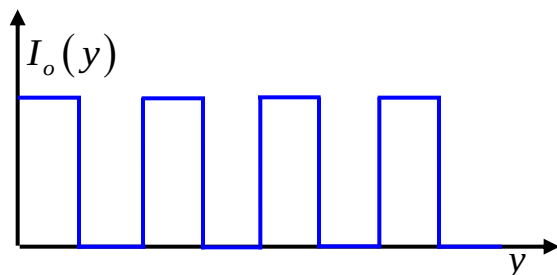


funkcja przenoszenia modulacji

MTF (Modulation Transfer Function)



albo



definiujemy **widzialność prążków**:

$$V = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$$

$$MTF(\xi) = V(\xi)$$

MTF - przykład

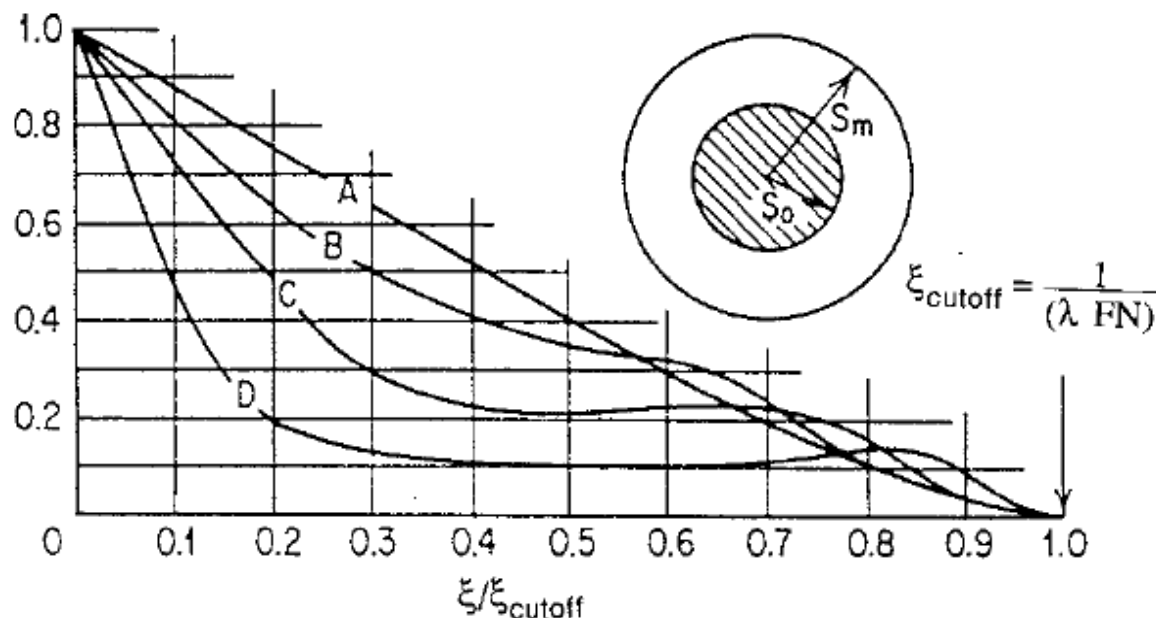
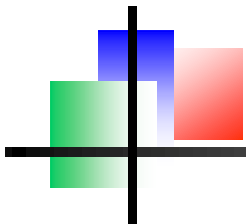


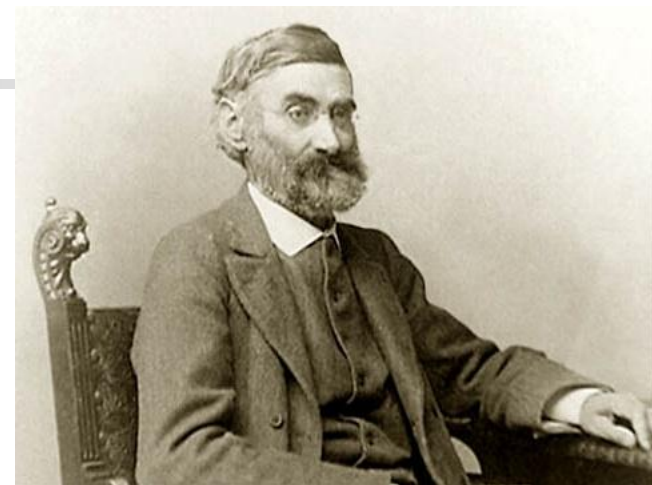
FIGURE 1 (a) Diffraction-limited MTF for system with circular pupil (no obscuration: $S_o/S_m=0$). (b) through (d) are diffraction-limited MTF for a system with an annular pupil: (b) $S_o/S_m=0.25$; (c) $S_o/S_m=0.5$; (d) $S_o/S_m=0.75$. (Adapted from W. J. Smith, *Modern Optical Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1966, p. 322.)

ograniczenie dyfrakcyjne – nawet układ
bez aberracji nie ma nieskończonej
rozdzielczości bo jest dyfrakcja

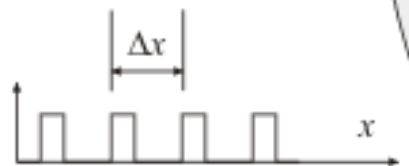
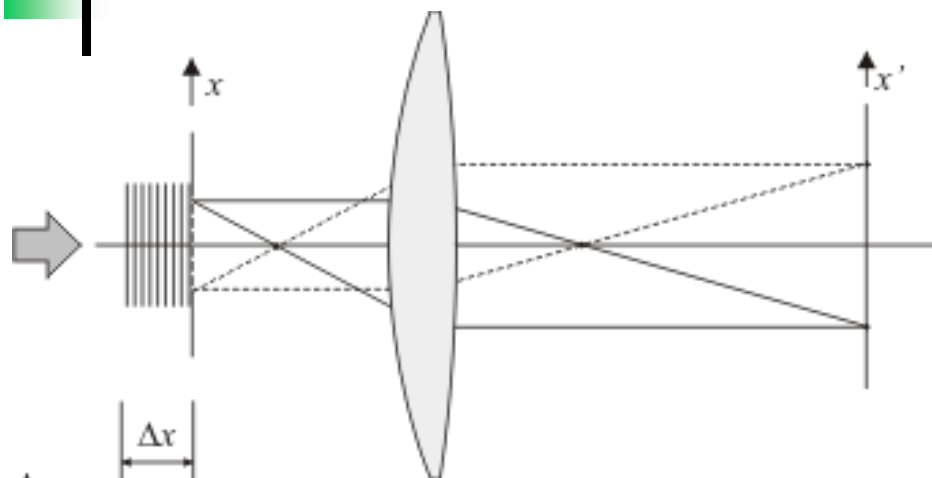
dyfrakcyjnie ograniczona rozdzielczość



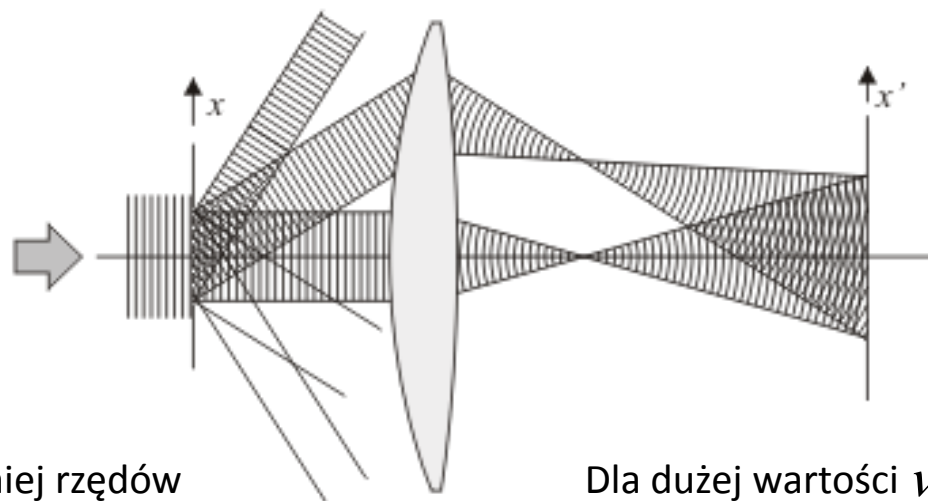
MTF - obrazek Abbego



Ernst Abbe (1840-1905)



$$\nu_x = 2\pi/\Delta x$$

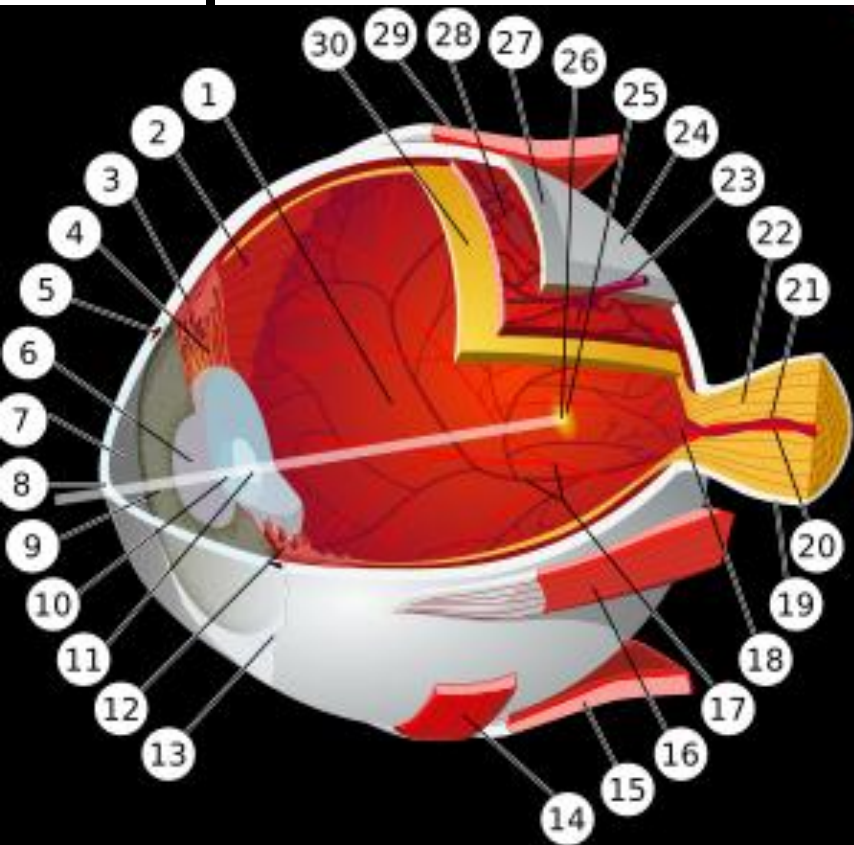


Im większa jest ν_x tym mniej rzędów ugięcia trafia na soczewkę – modulacja w obrazie coraz mniejsza.

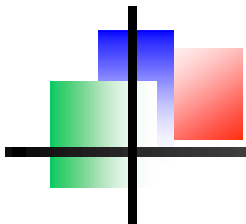
Dla dużej wartości ν_x już pierwszy rząd ugięcia nie trafia na soczewkę – modulacja w obrazie jest zerowa;

$$MTF = 0$$

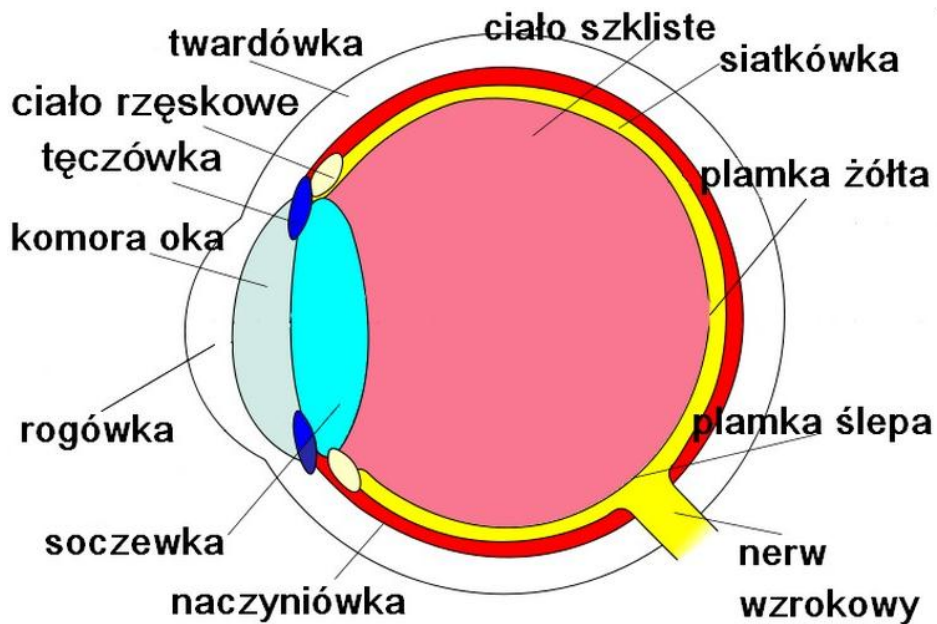
oko ludzkie - budowa



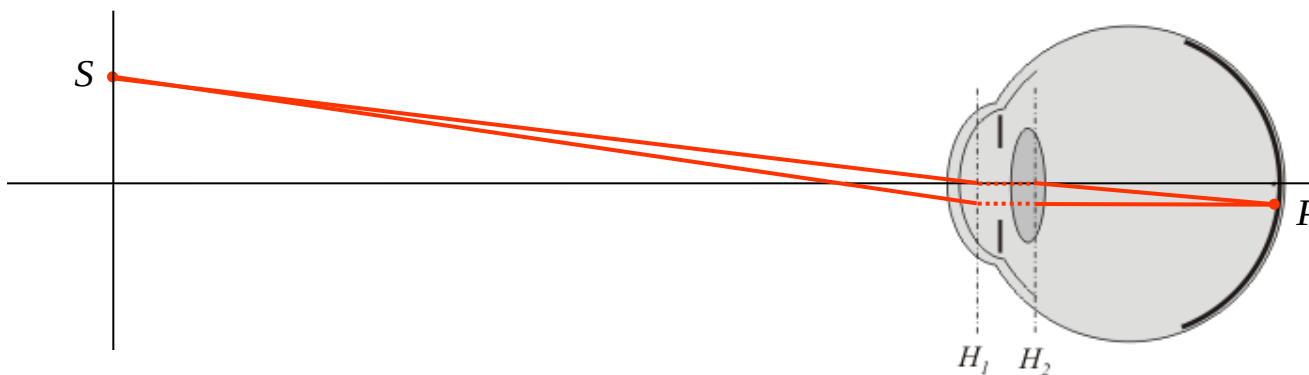
1: komora tylna oka 2: rąbek zębaty siatkówki 3: mięsień
rzęskowy 4: obwódka rzęskowa 5: kanał Schlemma 6: źrenica
7: komora przednia oka 8: rogówka 9: tęczówka 10: kora
soczewki 11: jądro soczewki 12: wyrostek rzęskowy 13:
spojówka 14: mięsień skośny, dolny 15: mięsień prosty, dolny
16: mięsień prosty, przyśrodkowy 17: tętnice i żyły siatkówki
18: tarcza nerwu wzrokowego 19: opona twarda 20: tętnica
środkowa siatkówki 21: żyła środkowa siatkówki 22: nerw
wzrokowy 23: żyła wirowata 24: otoczka gałki ocznej 25:
plamka żółta 26: dołek centralny siatkówki 27: twardówka 28:
naczyniówka 29: mięsień prosty, górny 30: siatkówka



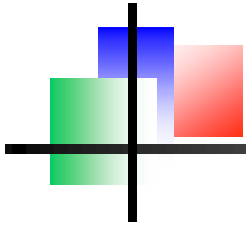
oko ludzkie - obrazowanie



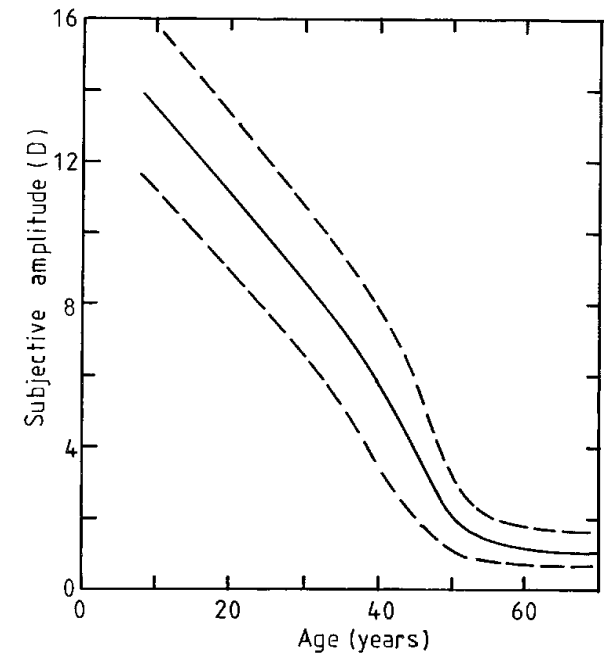
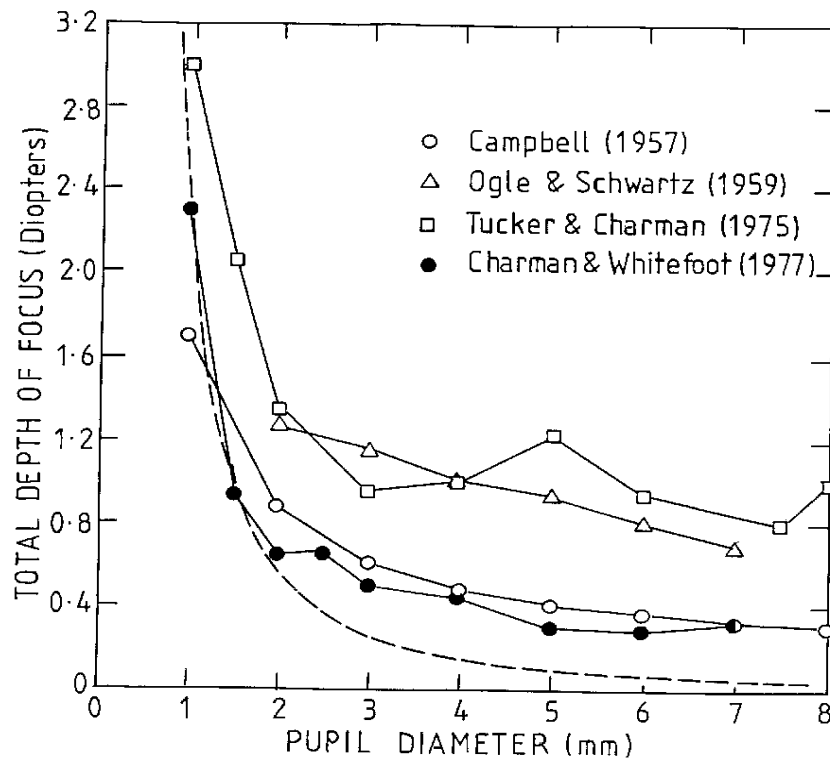
rozdzielczość kątowa = $1'$



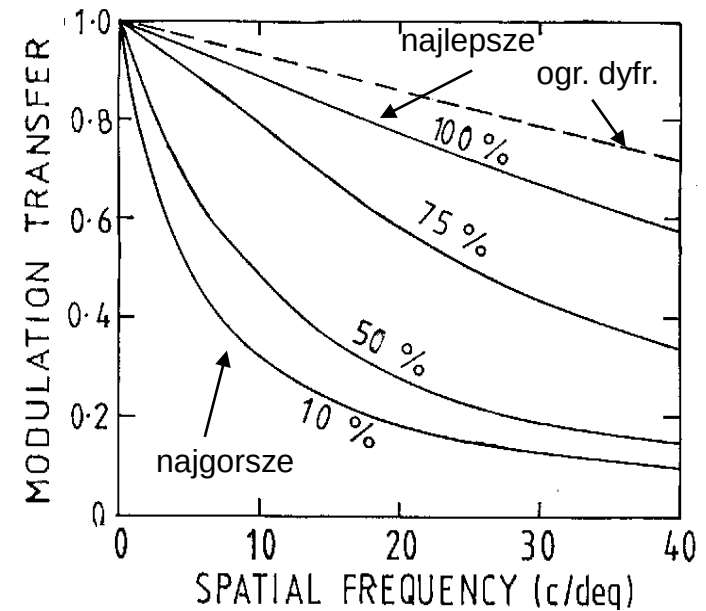
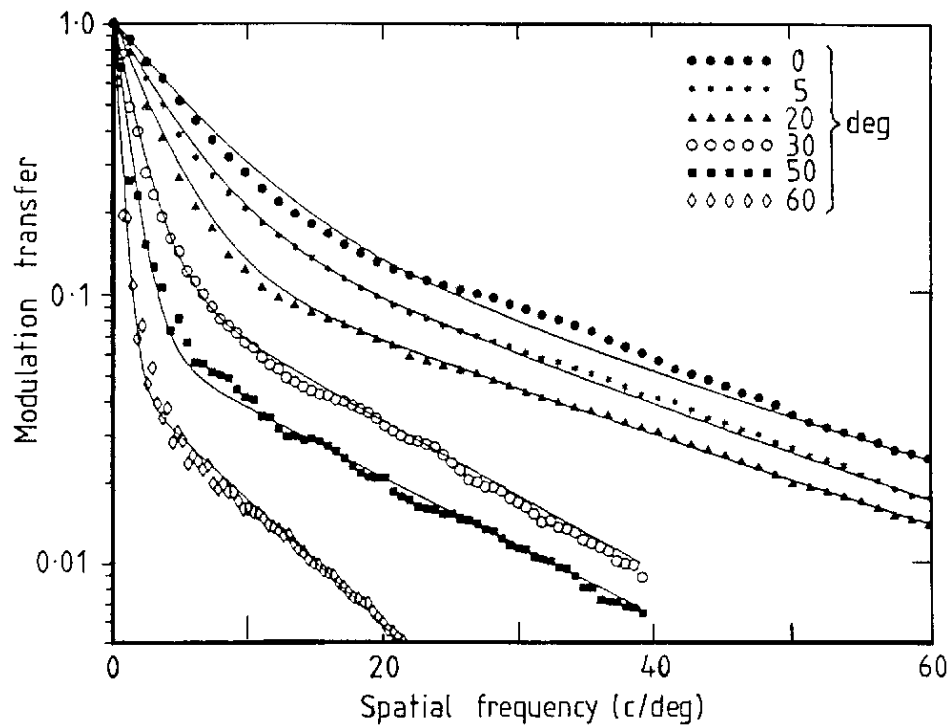
odległość dobrego widzenia: $d_0 = 25 \text{ cm}$



oko – głębia ostrości i akomodacja

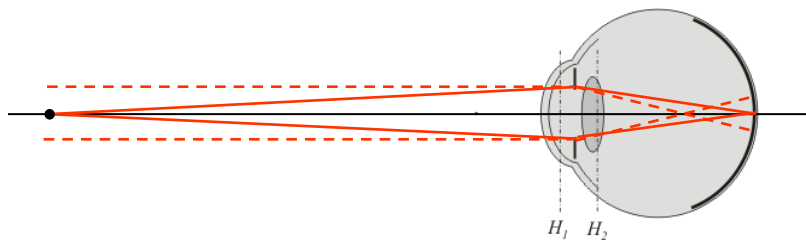


oko - jakość obrazowania

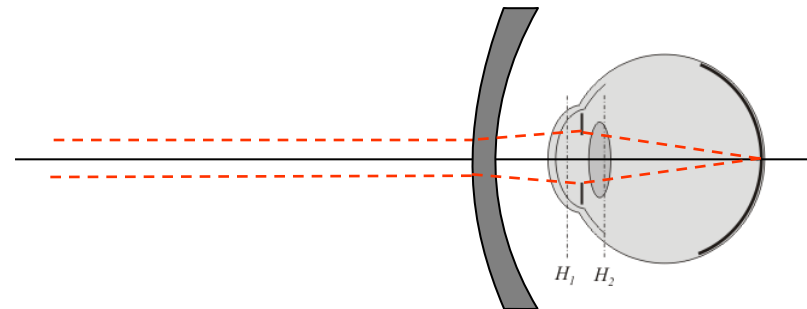


oko – wady 1

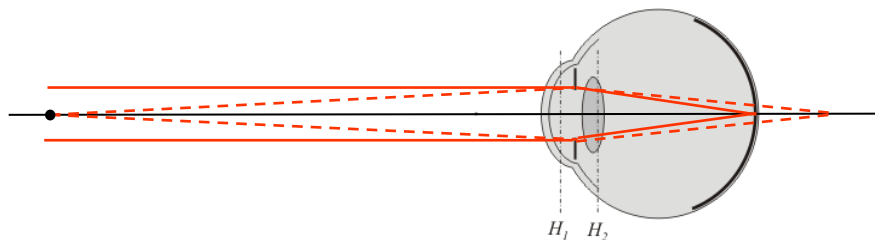
krótkowzroczność



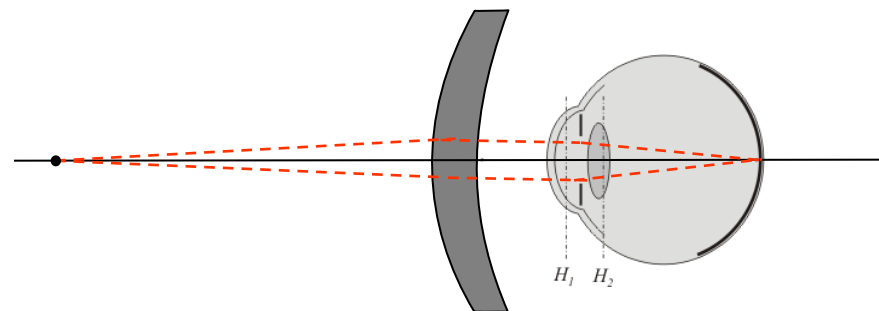
szkła korekcyjne „minusy”



dalekowzroczność



szkła korekcyjne „plusy”



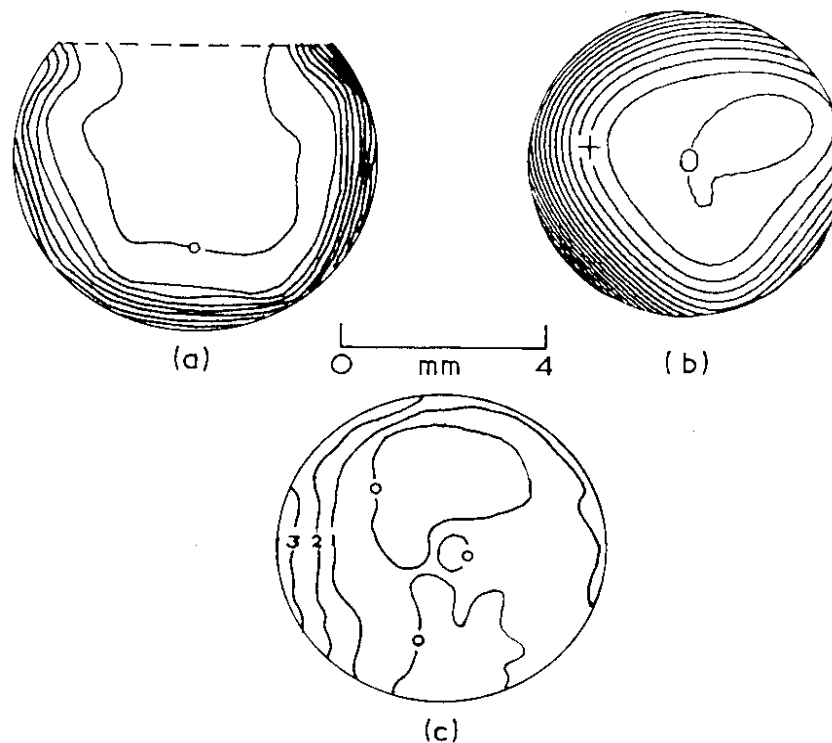
oko – wady 2

Astygmatyzm

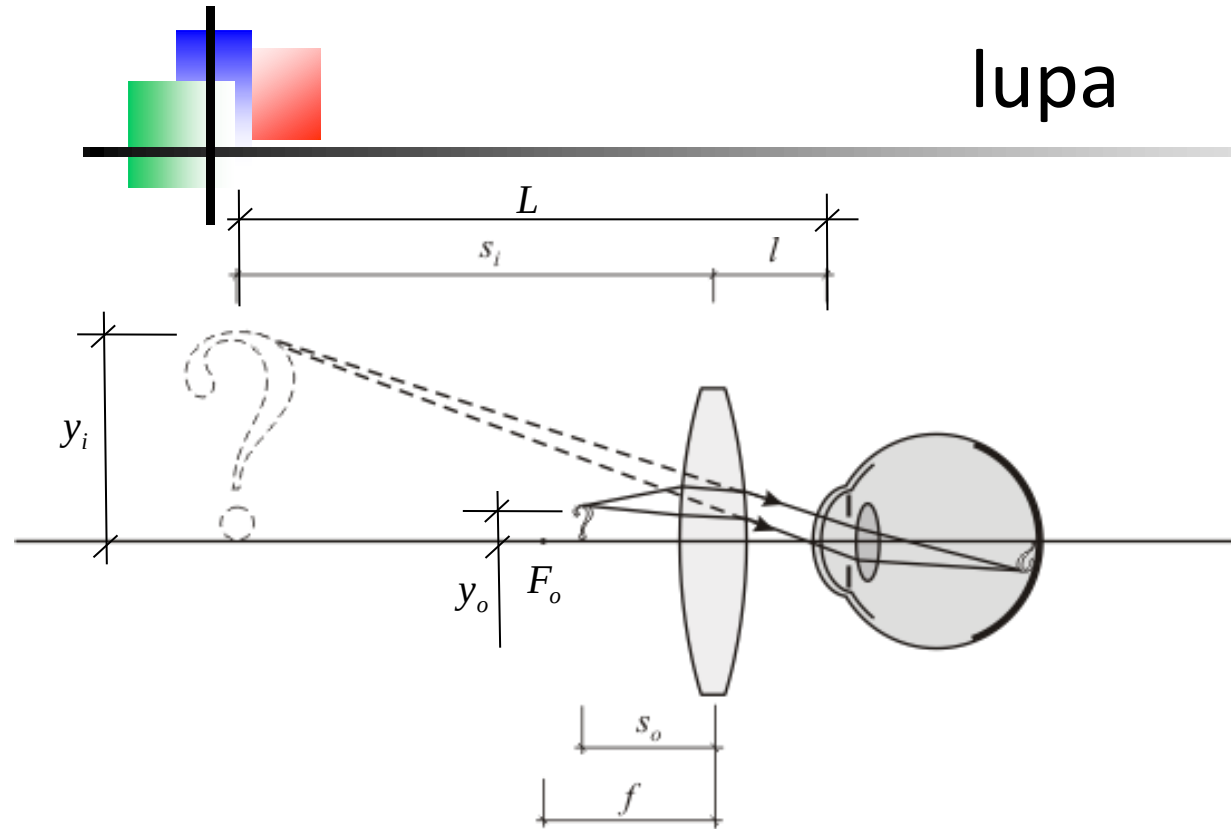
szkła cylindryczne bądź sferyczno-cylindryczne

Nieregularne deformacje rogówki

ablacja laserowa



lupa



Liczy się wyłącznie powiększenie kątowe:

$$M_L = \frac{y_i/L}{y_o/d_0}$$

gdzie d_0 to **odległość dobrego widzenia** równa ok 25cm dla przeciętnego oka ludzkiego.

Rachunki...

$$\frac{y_i}{y_o} = -\frac{s_i}{s_o} = \dots = 1 + \frac{L-l}{f}$$

skąd

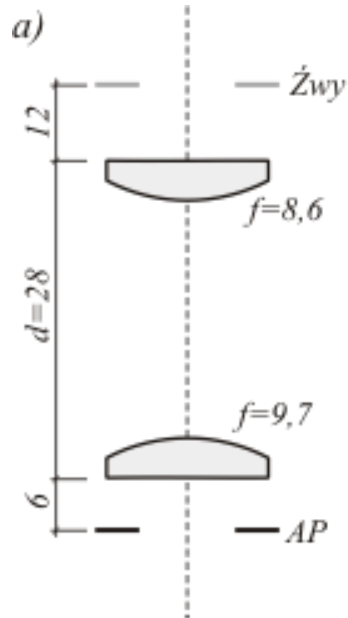
$$M_L = \frac{d_0}{L} \left(1 + \frac{L-l}{f} \right)$$

Jeśli $l = f$ to $M_L = \frac{d_0}{f}$

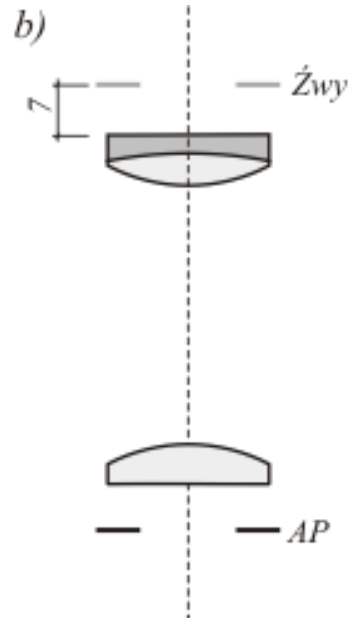
Jeśli $l = 0$ to $M_L = d_0 \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{f} \right)$; dla $L = d_0$ mamy $M_L = 1 + \frac{d_0}{f}$

Jeśli $L = \infty$ to $M_L = \frac{d_0}{f}$

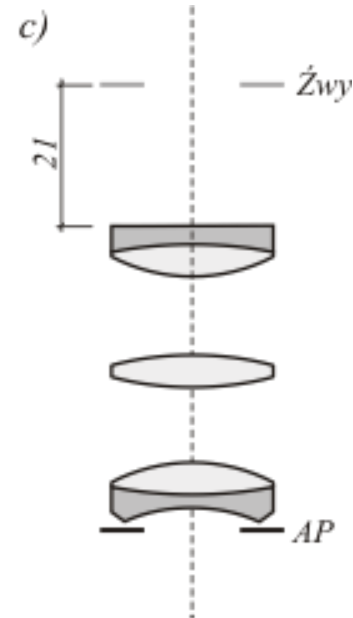
dobra lupa -okular



Ramsden



Kellner

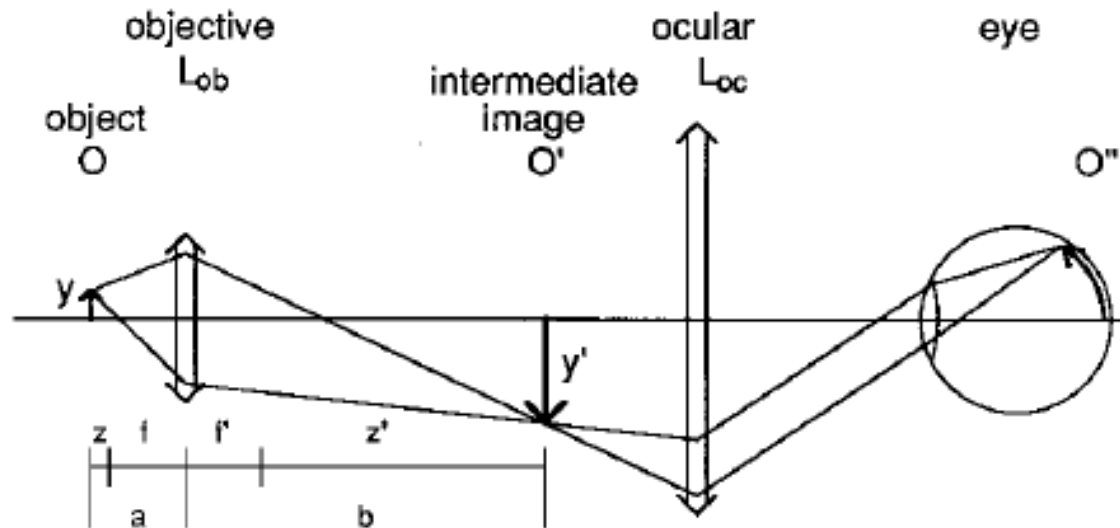


Erfle

Parametry:

- powiększenie: xN, np. x10 oznacza ogniskową 25mm
- położenie i rozmiar źrenicy wyjściowej
- kąt widzenia
- aberracje

mikroskop optyczny - klasyk



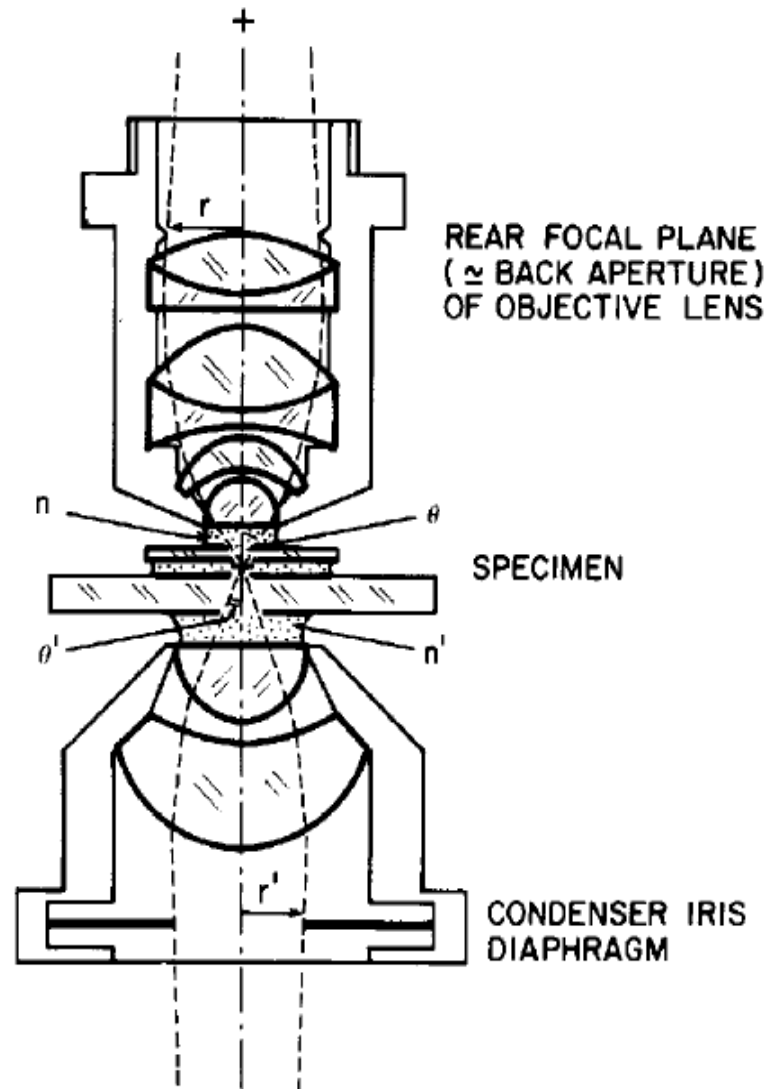
Obiektyw – soczewka złożona (refrakcyjna bądź odbiciowa)

Okular – soczewka złożona

Apertura polowa w płaszczyźnie obrazu pośredniego

$$\text{Powiększenie: } M = M_{Tob} + M_{Tok}$$

oświetlacz + obiektyw

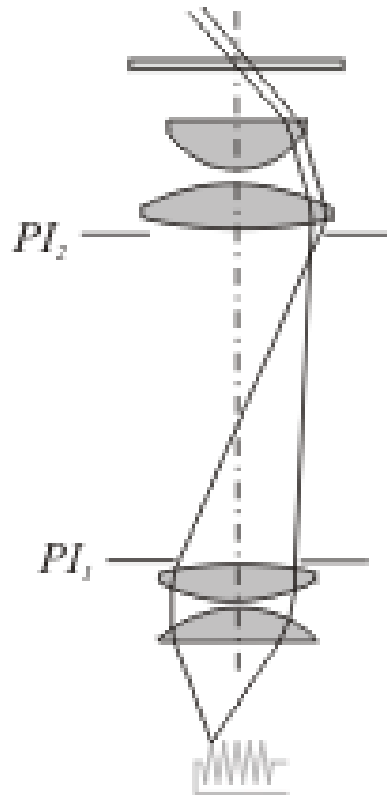


oświetlacz Köhlera

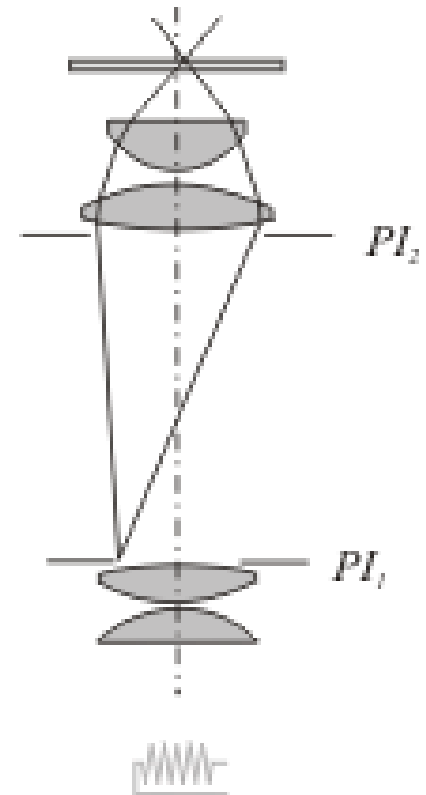
Wymagania:

- jednorodne oświetlenie
- niezależna regulacja pola i jasności

(a)



(b)



obiektywy

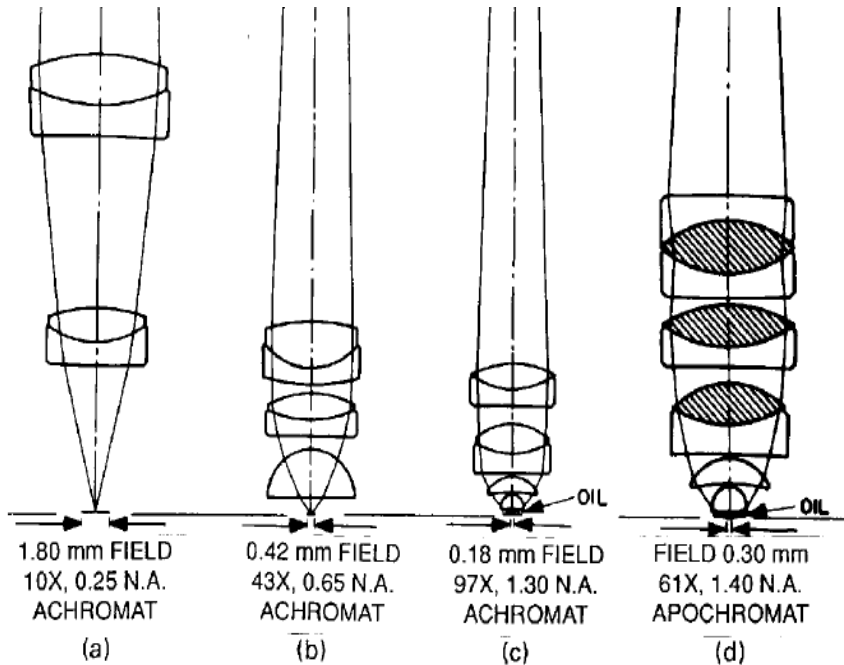
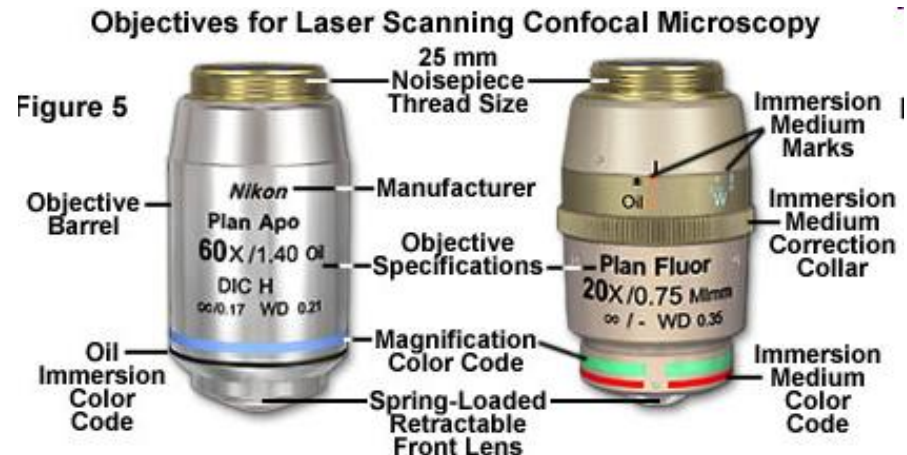


FIGURE 2 (a) Lister-type, (b) Amici-type, and (c) oil-contacted achromatic objectives. In (d) an apochromat is shown, with fluorite elements shaded.⁵⁷

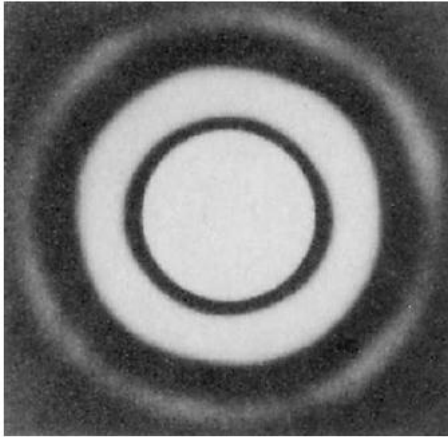
parametry obiektywów mikroskopowych:

- powiększenie Nx
- apertura numeryczna NA
- położenie płaszczyzny obrazowej:
160 mm
 ∞
- odległość robocza
- immersja (olej, woda)
- grubość szkła przykrywkowego
- achromat, apochromat
- aplanat, anastygmat

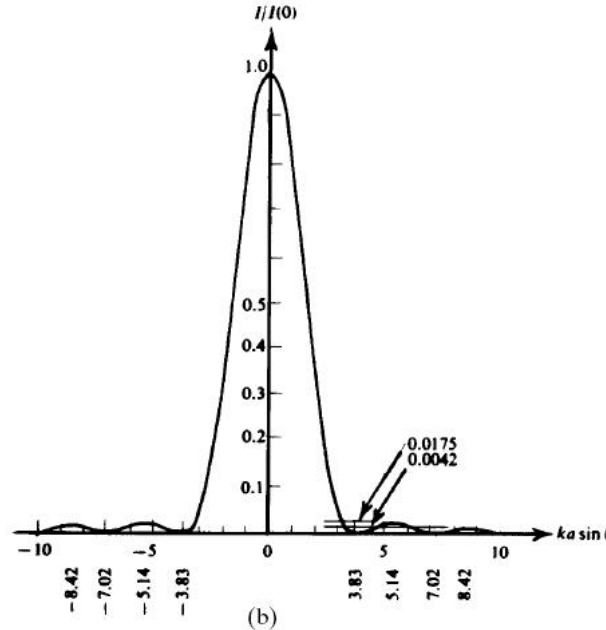


rozdzielczość mikroskopu

obraz źródła punkowego



(a)



(b)

Dyfrakcja światła na aperturze obiektywu

$$I(u) = I_0 \left(\frac{J_1(u)}{u} \right)^2$$

przy czym

$$u = 2\pi \frac{NA}{\lambda} r_o = 2\pi \frac{NA}{M\lambda} r_i$$

Promień 1. zera w rozkładzie natężenia

$$r_{Airy} = 0.61 \frac{\lambda}{NA}$$

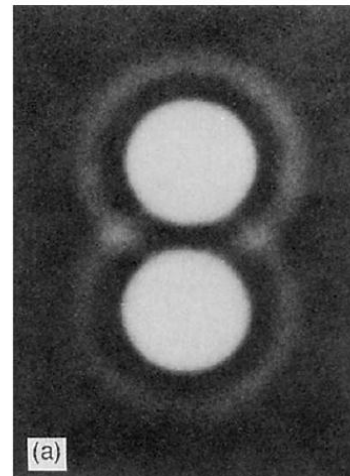
Kryterium Rayleigha:

minimalna odległość dwóch
(rozdzielalnych) punktów to:

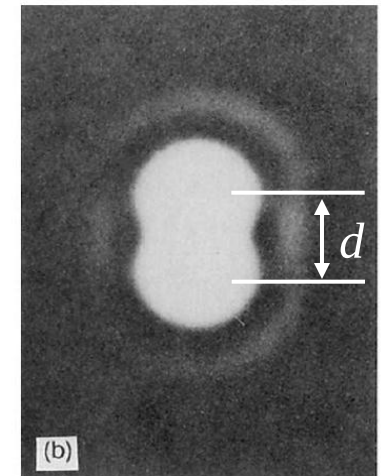
$$d = r_{Airy} \cong 0.61 \frac{\lambda}{NA}$$

Liczby:

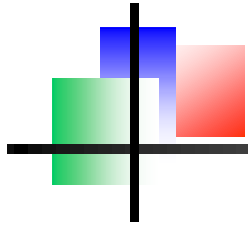
$$\lambda = 0.5\mu\text{m}, NA = 1.4 \Rightarrow d \cong 0.22\mu\text{m}$$



(a)

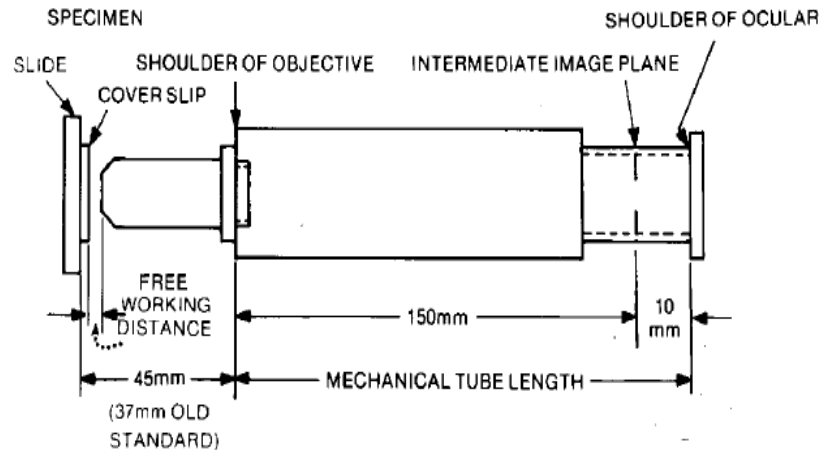
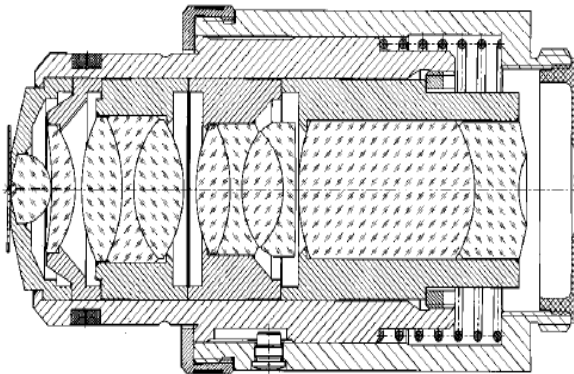
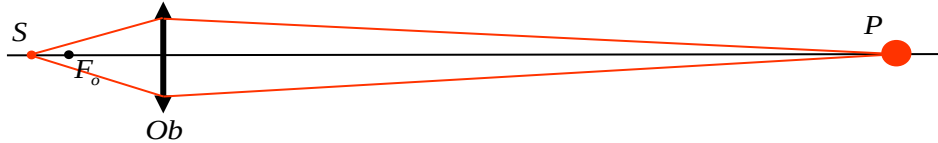


(b)

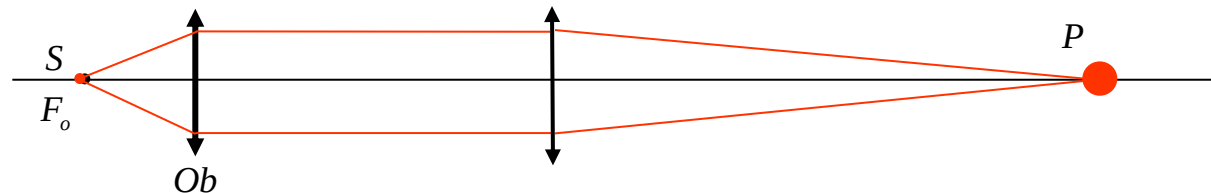


mikroskop c.d.

1. Obrazowanie w skończonej odległości



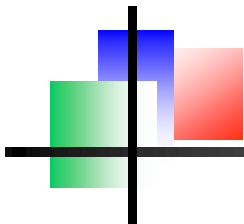
1. Obrazowanie w nieskończoności



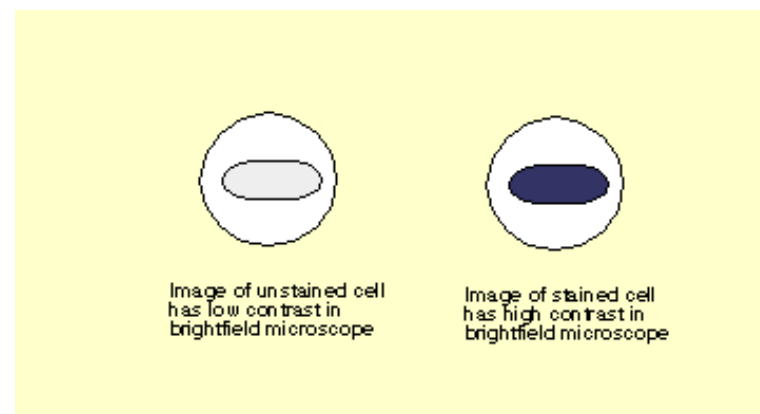
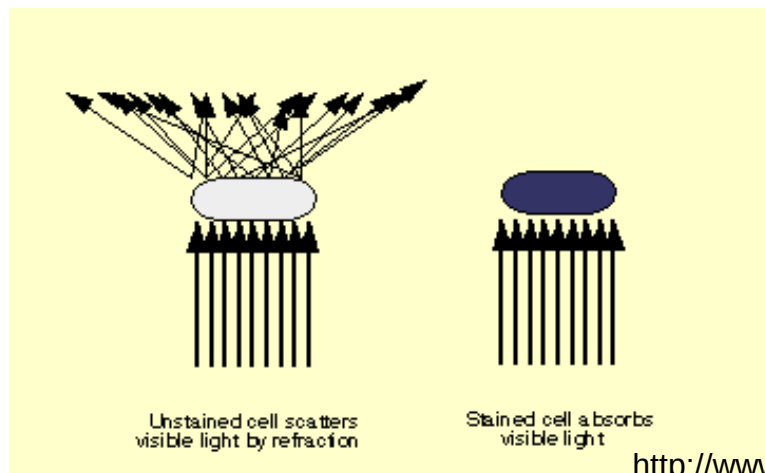
Objectives for Laser Scanning Confocal Microscopy

Figure 5

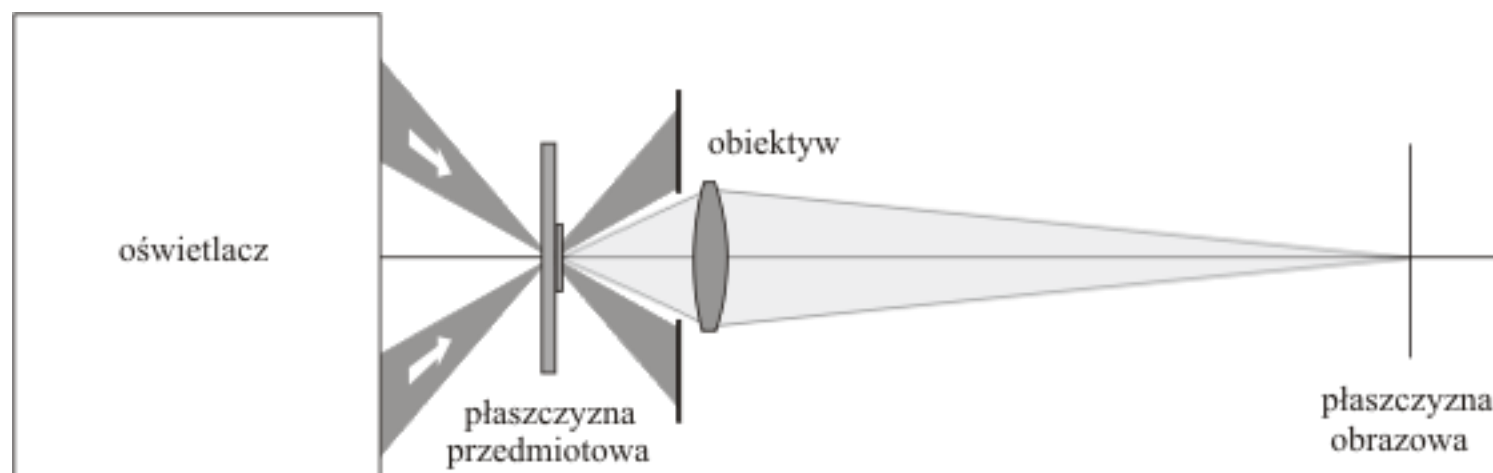


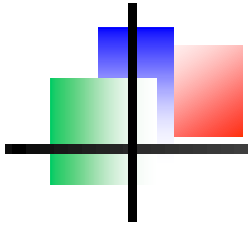


mikroskop ciemnego pola, 1

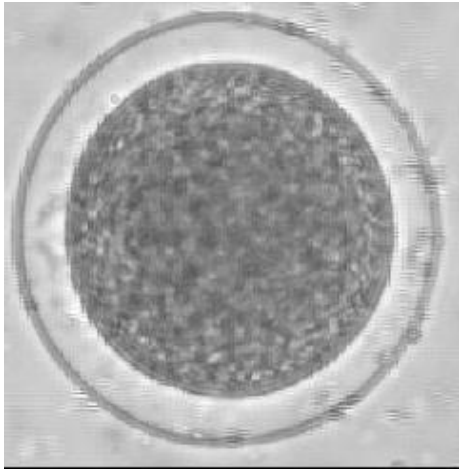


<http://www.bmb.psu.edu/courses/micro107/microscopy/extra/microscopy.htm>

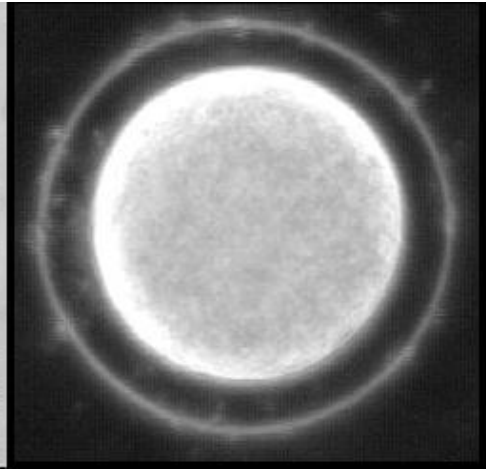




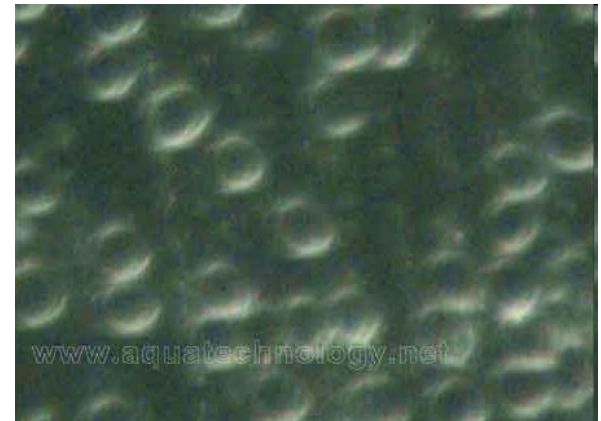
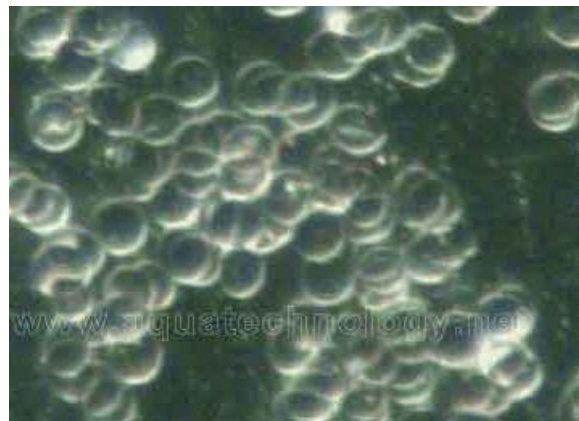
mikroskop ciemnego pola, 2

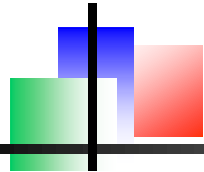


bright field

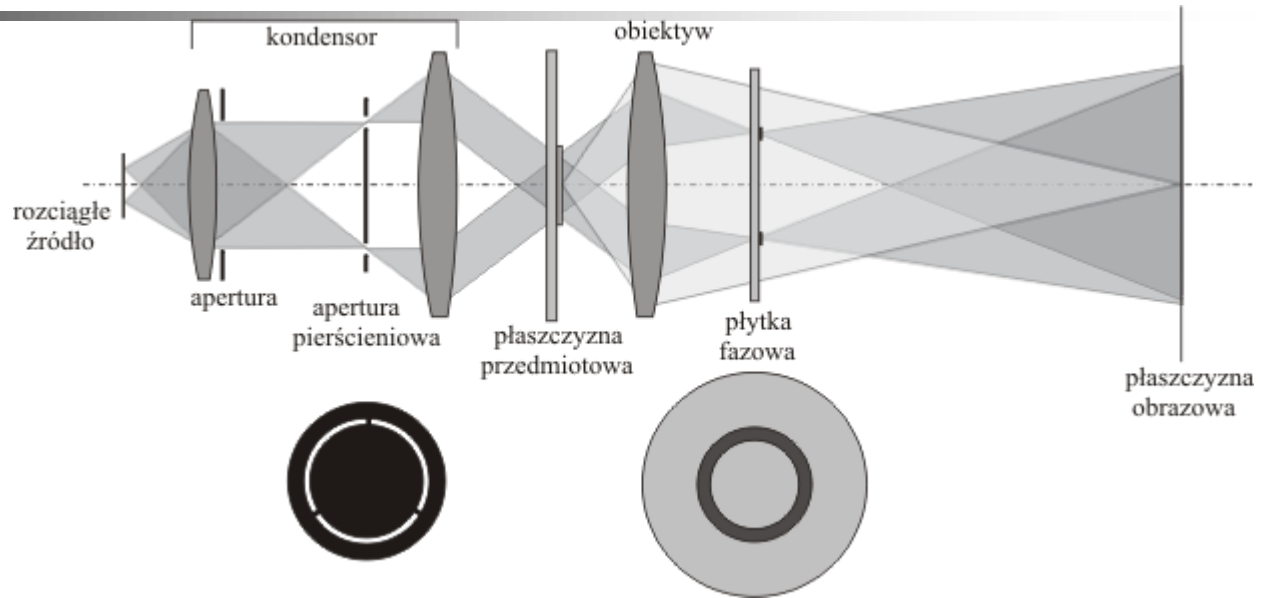
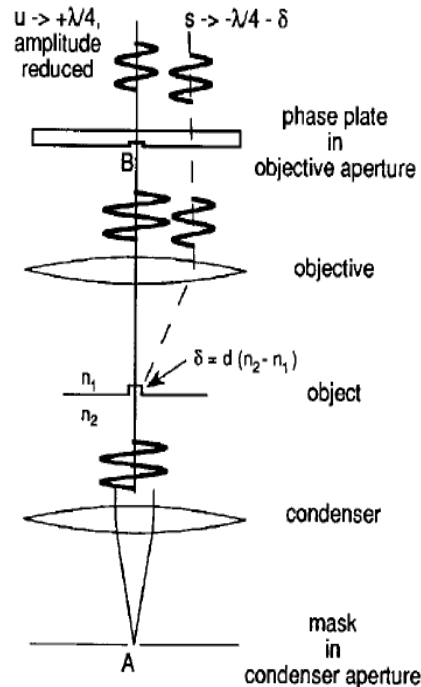


dark field





kontrast fazowy



Living Cells in Brightfield and Phase Contrast

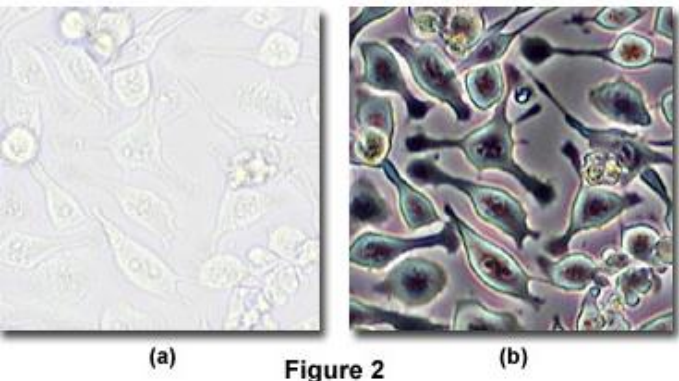
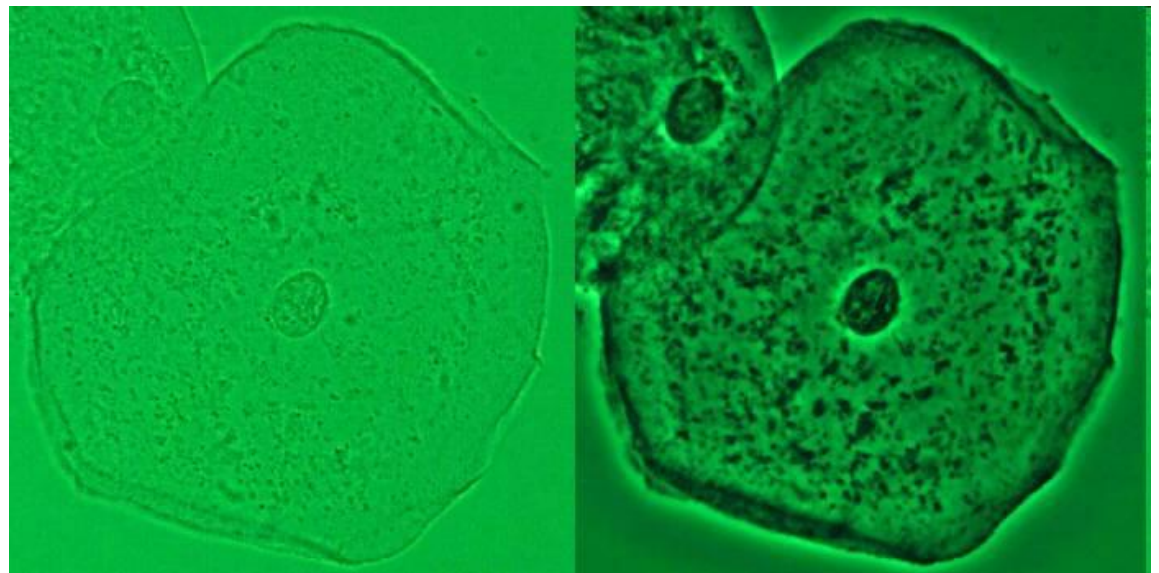


Figure 2



mikroskop konfokalny, 1

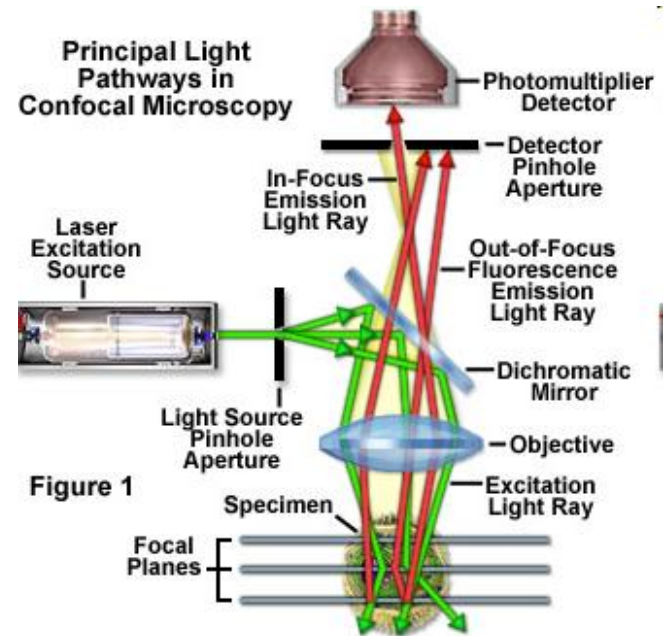
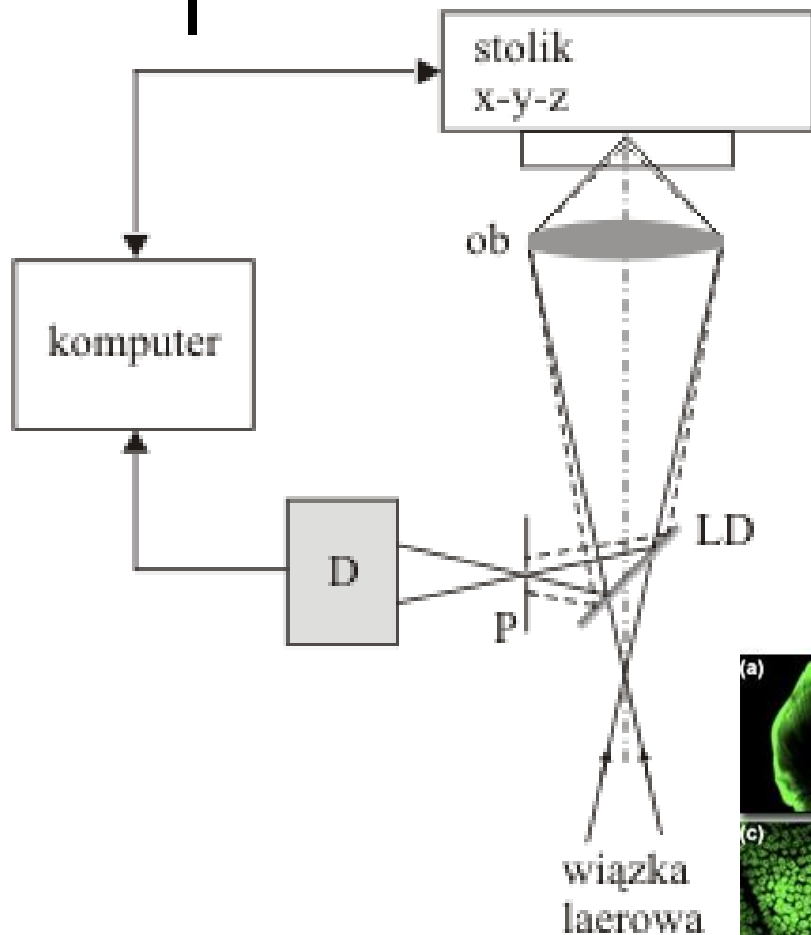


Figure 1

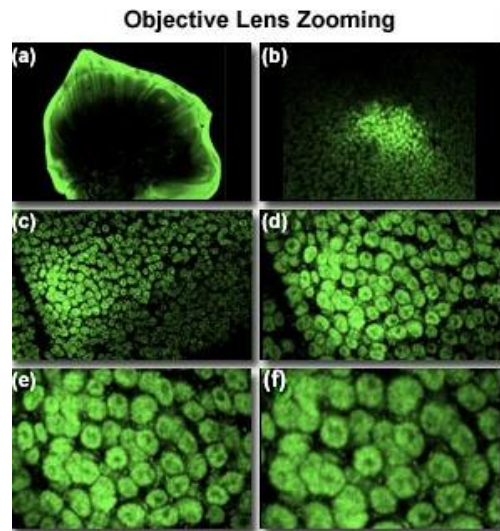


Figure 2

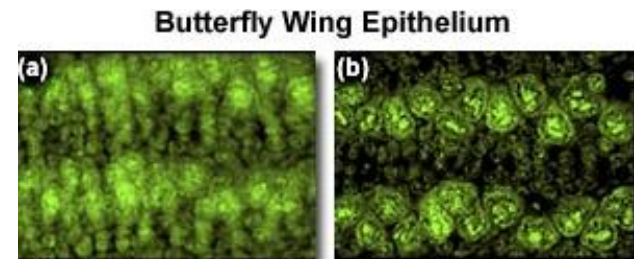


Figure 3

mikroskop konfokálny, 2

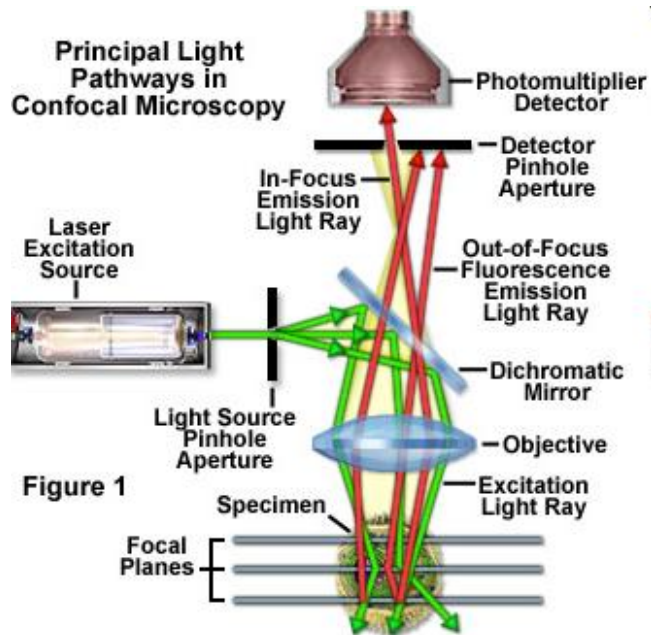


Figure 1

Butterfly Wing Epithelium

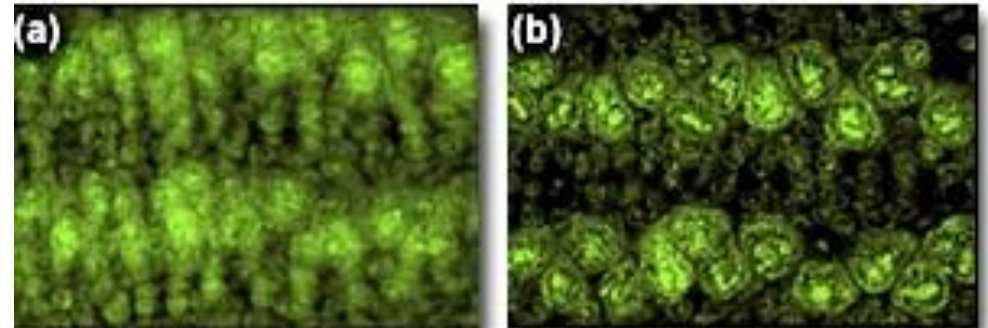


Figure 3

Objective Lens Zooming

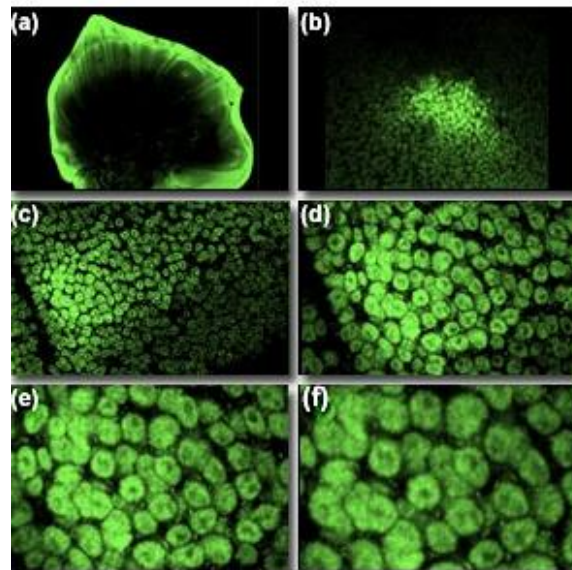
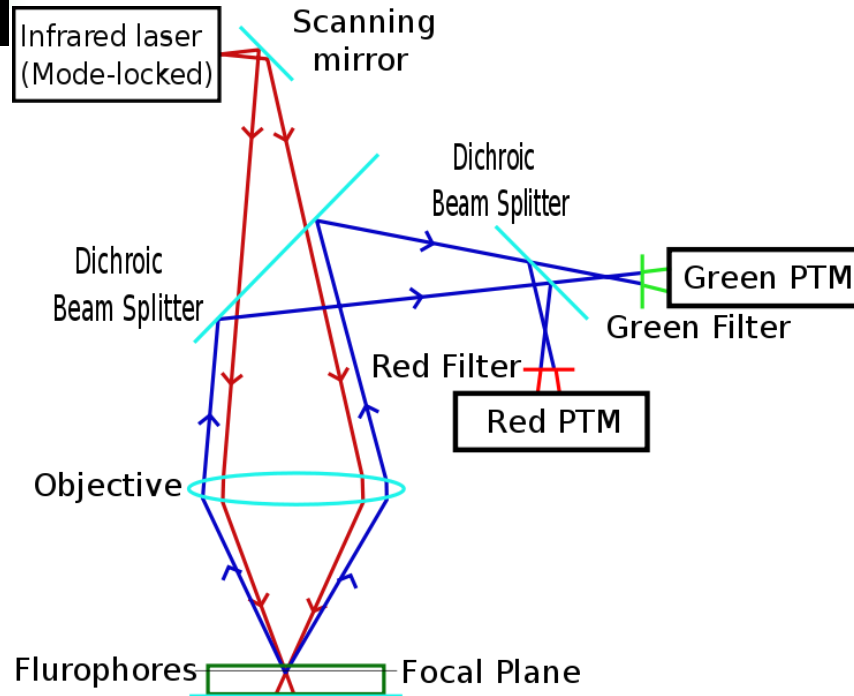
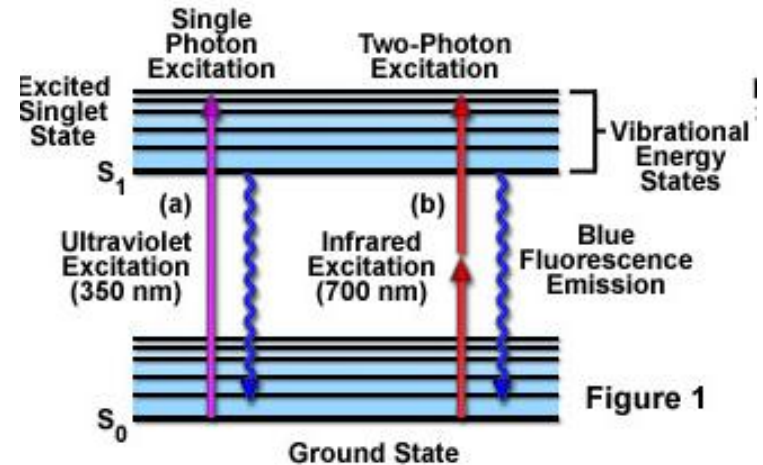


Figure 2

mikroskop dwufotonowy



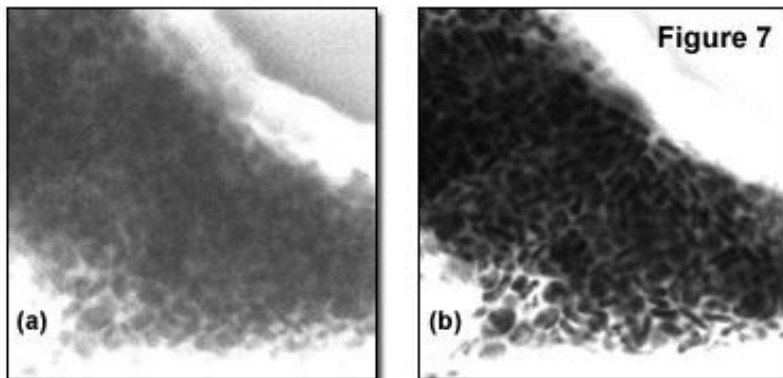
Two-Photon Jablonski Energy Diagram



wiązka gaussowska w ognisku

$$I_L(x, y) = I_{L0} e^{-\frac{x^2+y^2}{w^2}}$$

imaging Quality in Confocal and Multiphoton Microscopy I



wzbudzenie dwufotonowe

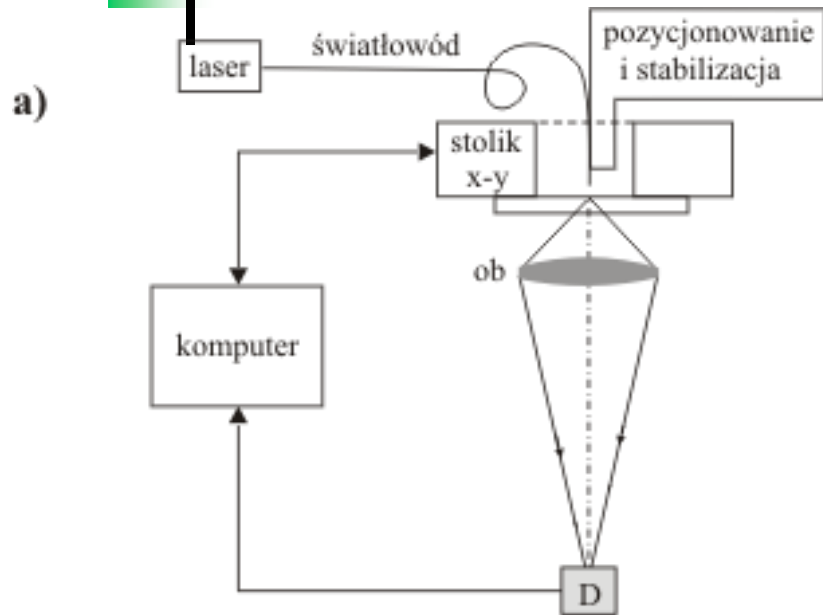
$$I_{fl} \propto I_L^2$$

rozmiar obszaru wzbudzanego

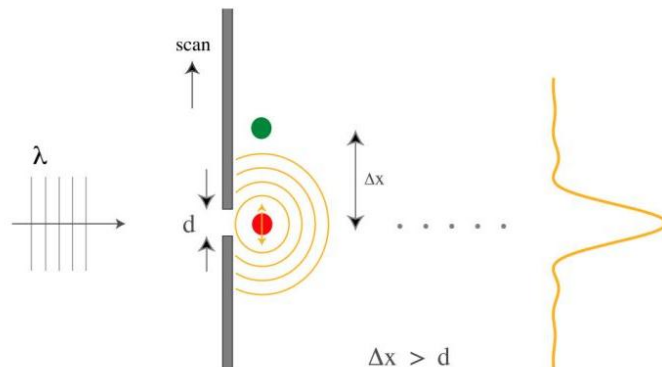
$$I_{fl} \propto I_L^2 = I_{L0}^2 e^{-2\frac{x^2+y^2}{w^2}} = I_{L0}^2 e^{-\frac{x^2+y^2}{w_{eff}^2}}$$

$$w_{eff} = w/\sqrt{2}$$

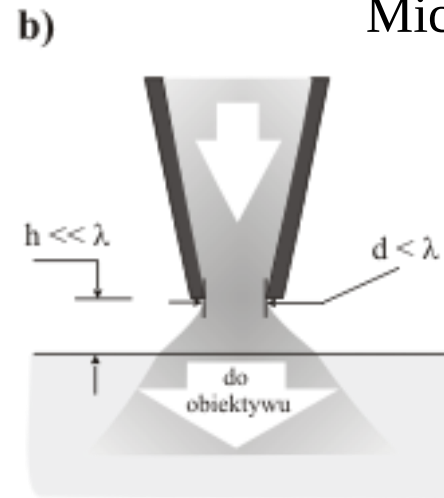
mikroskop bliskiego pola



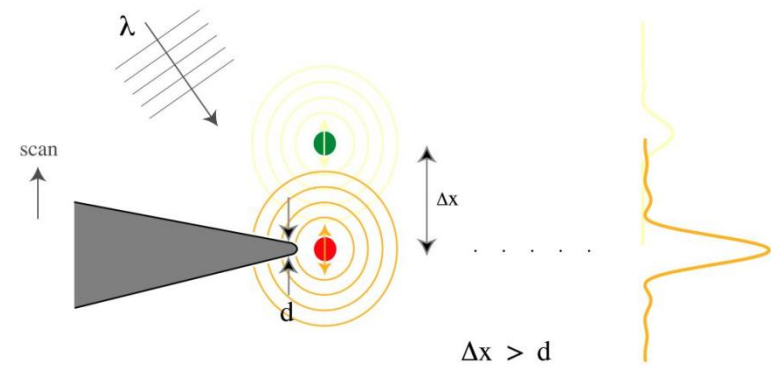
APERTURE NEAR-FIELD MICROSCOPY



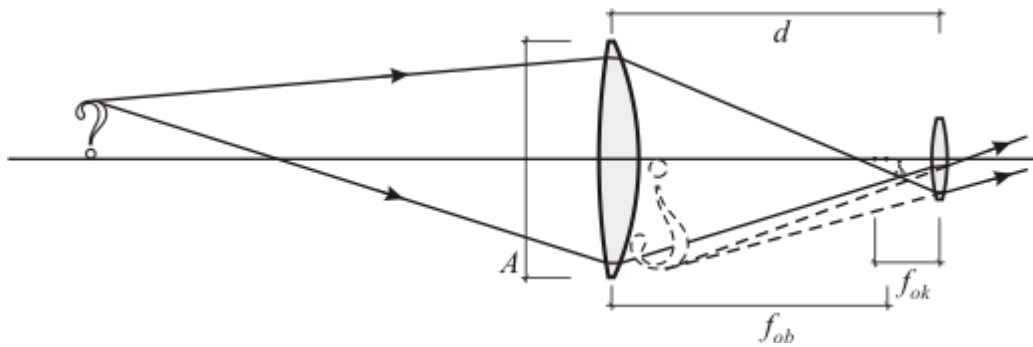
Scanning Near Field Optical Microscope (SNOM)



FIELD ENHANCEMENT MICROSCOPY

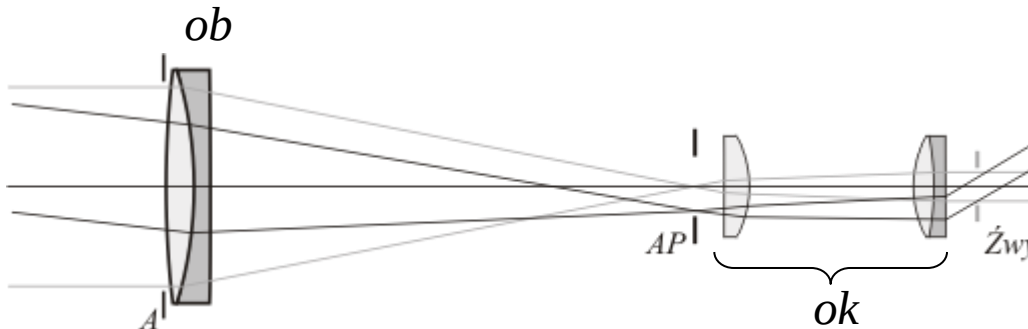


luneta refrakcyjna



Powiększenie kątowe:

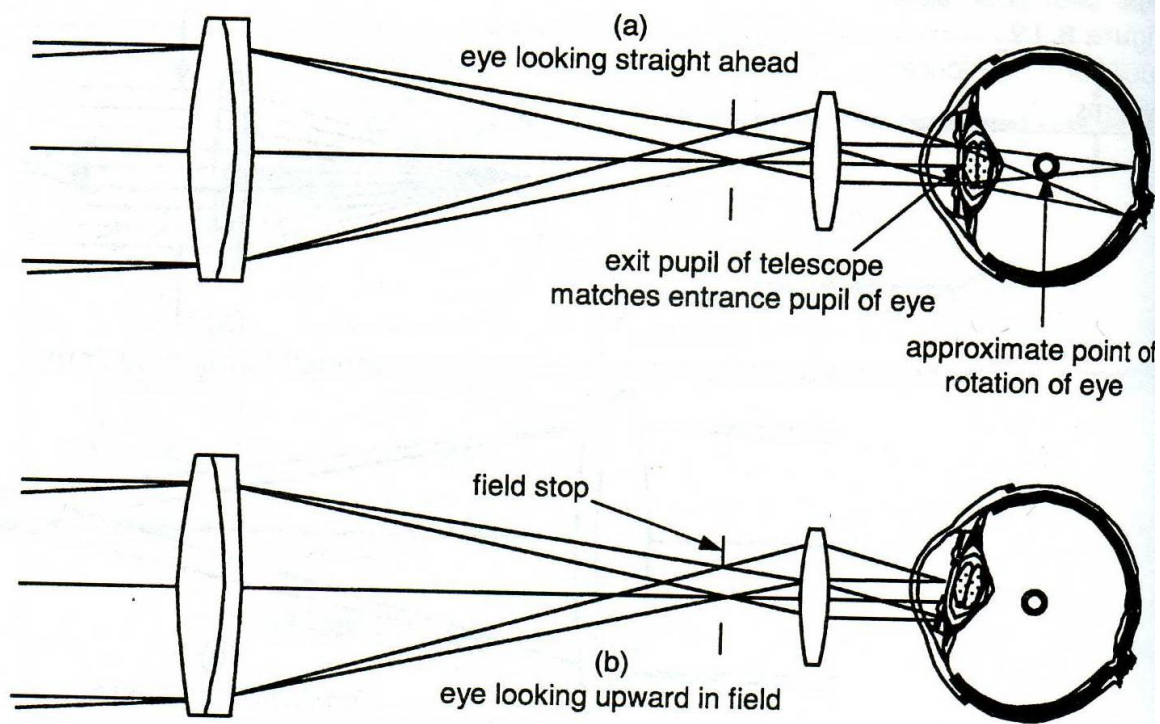
$$M_{\alpha} = f_{ob} / f_{ok}$$

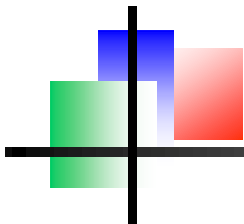


Problemy z dużymi lunetami:

- waga obiektywu
- jednorodność materiału

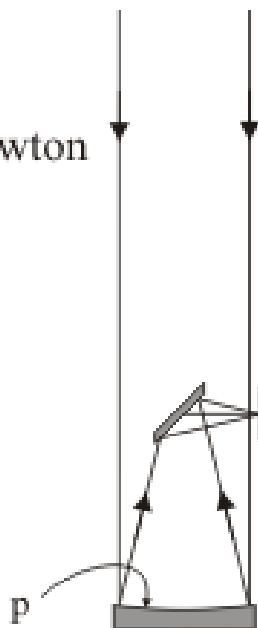
dopasowanie źrenicy wyjściowej do źrenicy oka



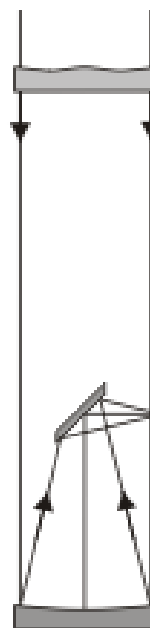


luneta odbiciowa - teleskop

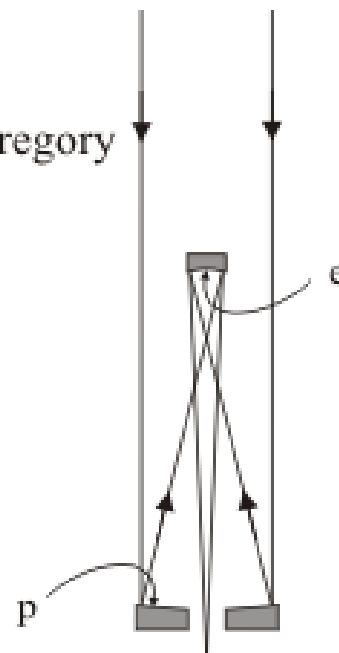
Newton



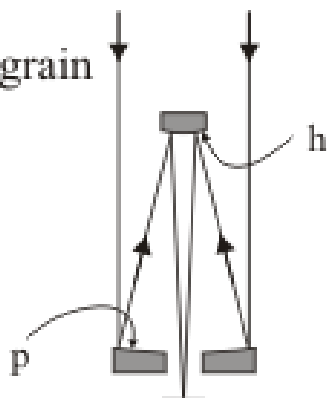
Schmidt



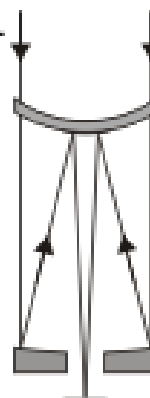
Gregory



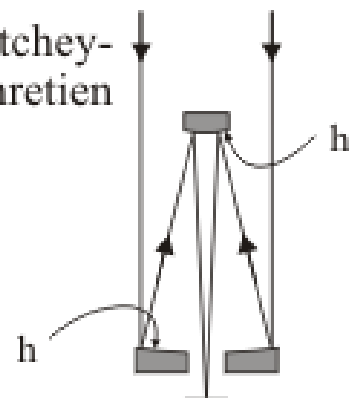
Cassegrain



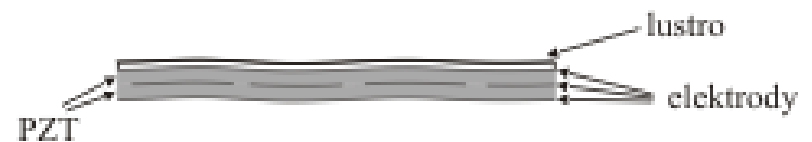
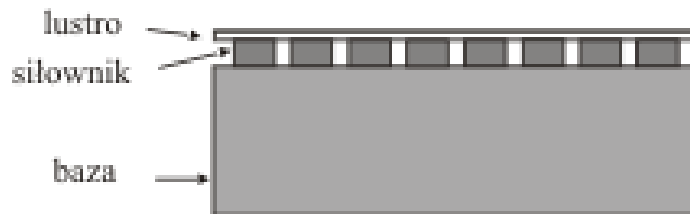
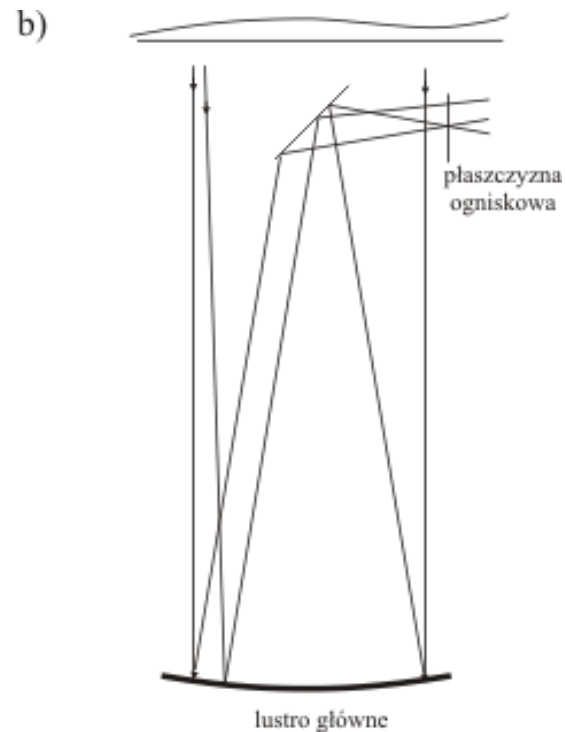
Maksutow-Cassegrain



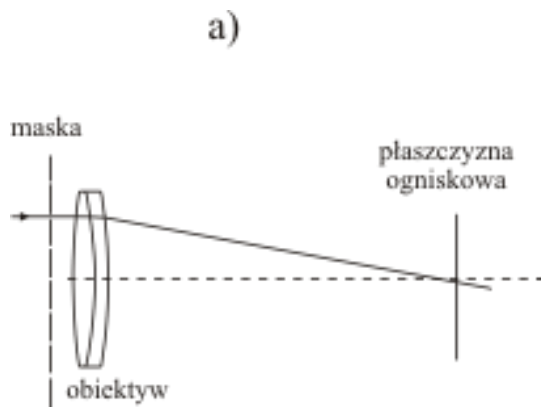
Ritchey-Chretien



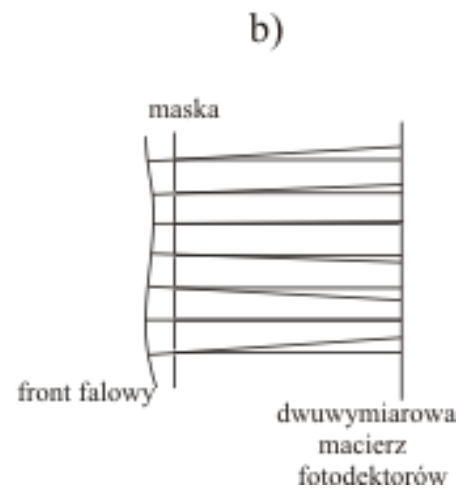
optyka adaptatywna w astronomii



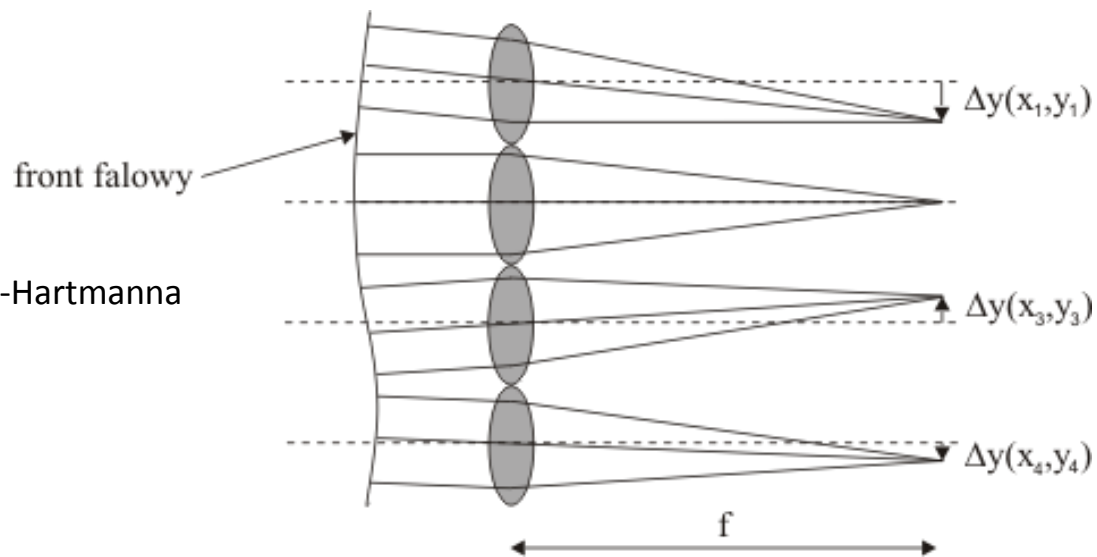
detektor Shacka-Hartmanna

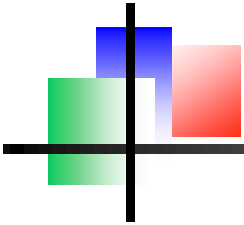


Detektor Hartmanna

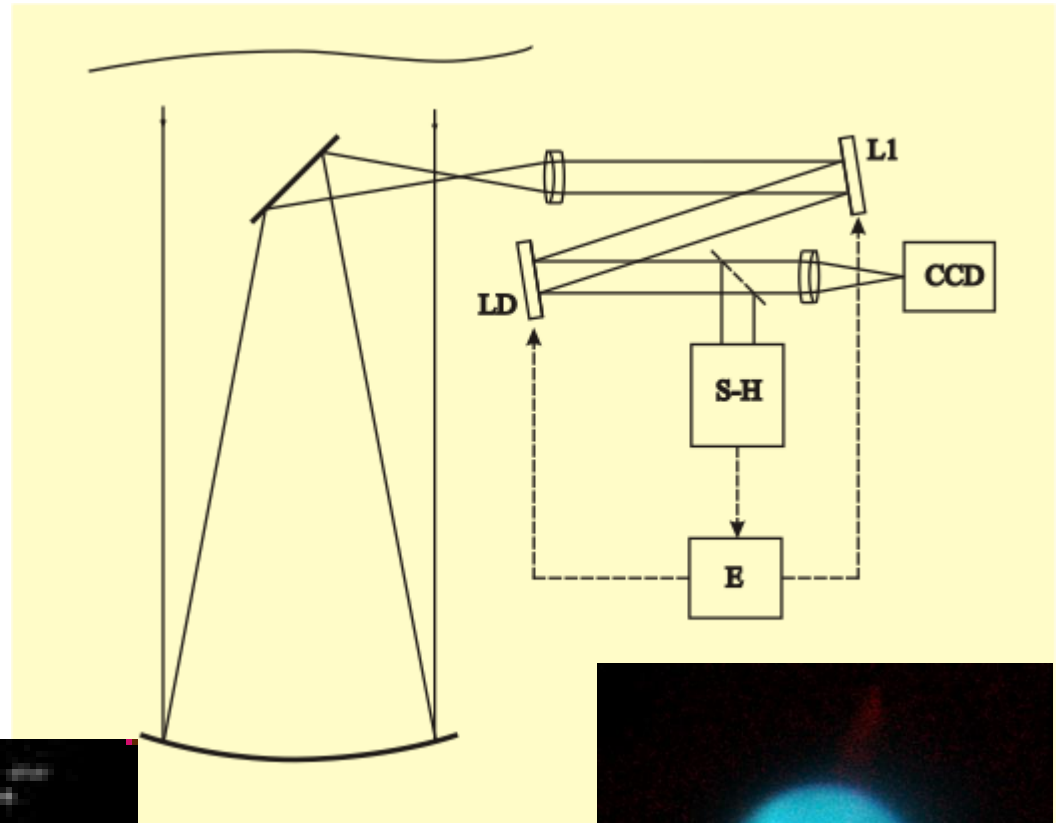
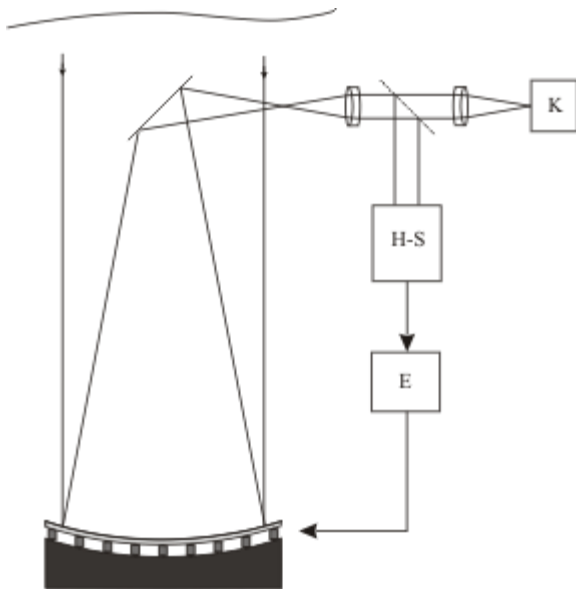


Detektor Shacka-Hartmanna

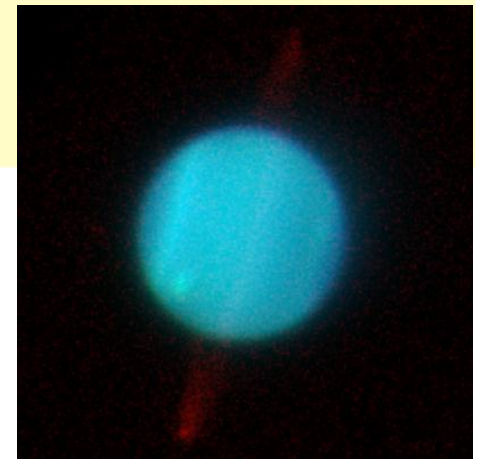




teleskop z optyką adaptatywną

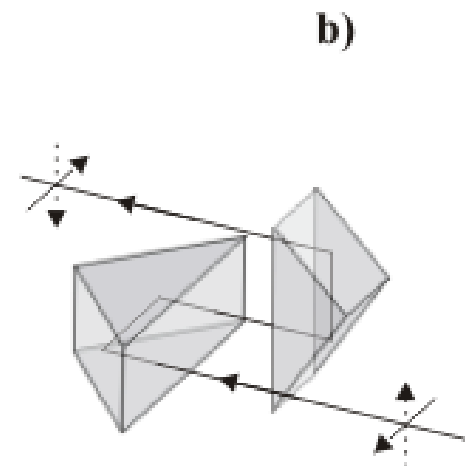
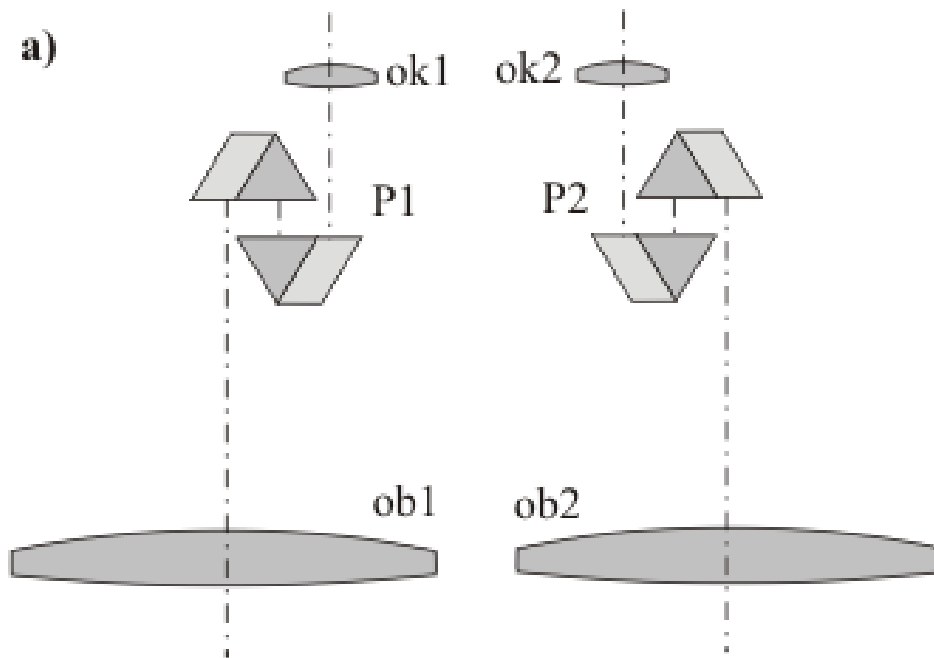


Keck Observatory



Uran, Palomar 5 m, 1-2 μ m

lornetka 1



oznaczenia: NxM

powiększenie średnica obiektywu (mm)

lornetka 2

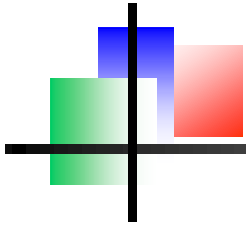
Carl Zeiss Jena

<http://www.zeiss.com>



Product Specs *based on manufacturer-supplied data*

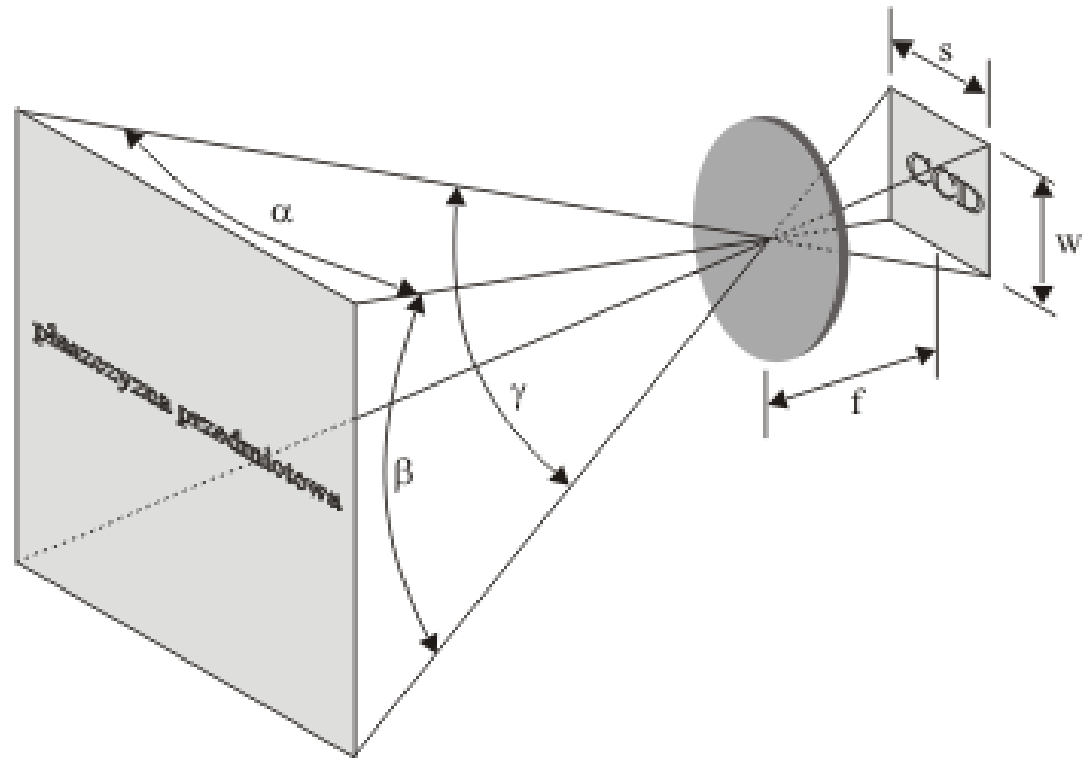
	7×42	8×42	10×42
Exit Pupil (millimeters)	6.0	5.3	4.2
Field of View (feet)	450	405	330
Eye Relief (millimeters)	16.0	16.0	16.0
Close Focus (feet)	6.6	6.6	6.6
Weight (ounces)	26.1	26.5	26.8



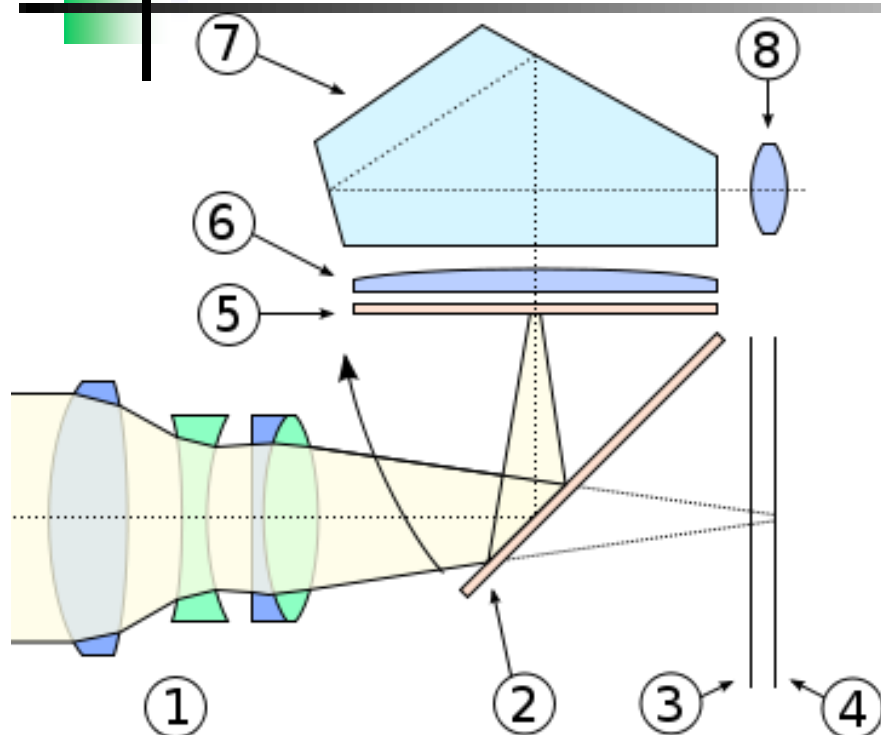
aparat fotograficzny 1

Format obrazu: 4:3, 3:2,....

- Kąt widzenia
- Jasność obiektywu
- Regulowana apertura (irys)
- Zoom
- Makro

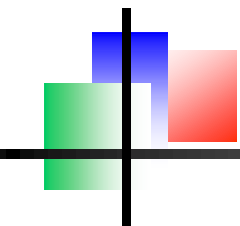


aparat fotograficzny 2



Lustrzanka jednoobiektywowa
SLR (Single Lens Reflex)

1. [Obiektyw](#)
2. [Zwierciadło](#) w dolnej pozycji (obraz widoczny w wizjerze)
3. [Migawka](#)
4. [Błona światłoczuła](#) lub [Matryca CCD](#)
5. [Matówka](#) lub zwierciadło w górnej pozycji (w momencie naciśnięcia spustu)
6. [Soczewka](#) skupiająca
7. [Pryzmat pentagonalny](#) lub pentagonalny układ zwierciadeł
8. [Wizjer](#)



autofokus

- ✓ aktywny
- ✓ bierny (pasywny)

