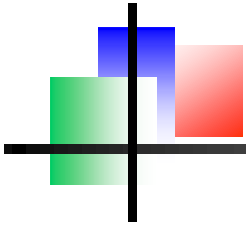


Podstawy Fizyki III

Optyka z elementami fizyki współczesnej

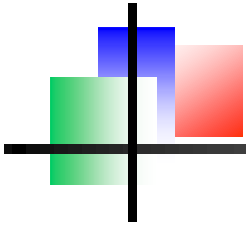
wykład 10, 03.11.2017

wykład:	Czesław Radzewicz
pokazy:	Mateusz Winkowski, Jan Szczepanek
ćwiczenia:	Radosław Łapkiewicz

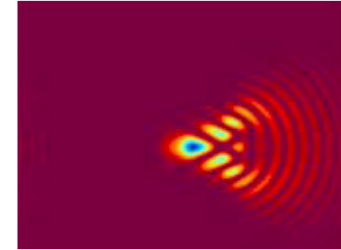
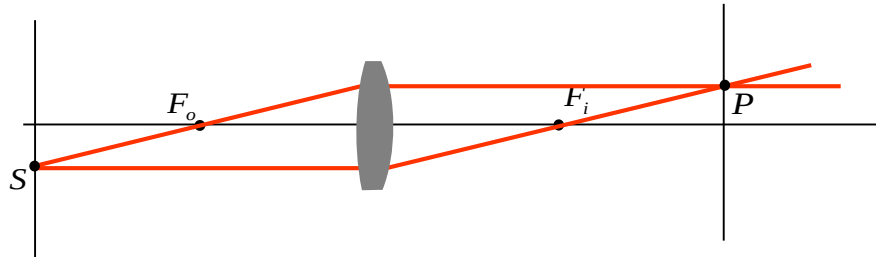
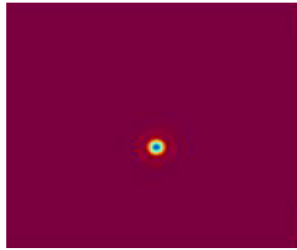


Wykład 9 - przypomnienie

- 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



funkcja impulsowa układu obrazującego



obrazowanie w polu fali spójnej:

Pole fali w płaszczyźnie przedmiotowej przedstawiamy jako superpozycję fal sferycznych pochodzących od źródeł punktowych.

Pole fali w płaszczyźnie obrazowej jest sumą pól – obrazów źródeł punktowych

Jeżeli:

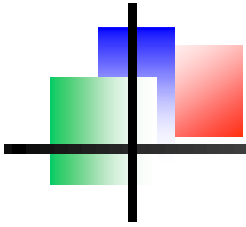
- działanie układu obrazującego jest liniowe
- obowiązuje niezmienniczość względem przesunięcia

to wystarczy znać obraz pojedynczego źródła punktowego – **funkcję impulsową układu**

uwaga: trzeba odróżniać obrazowanie spójne od niespójnego:

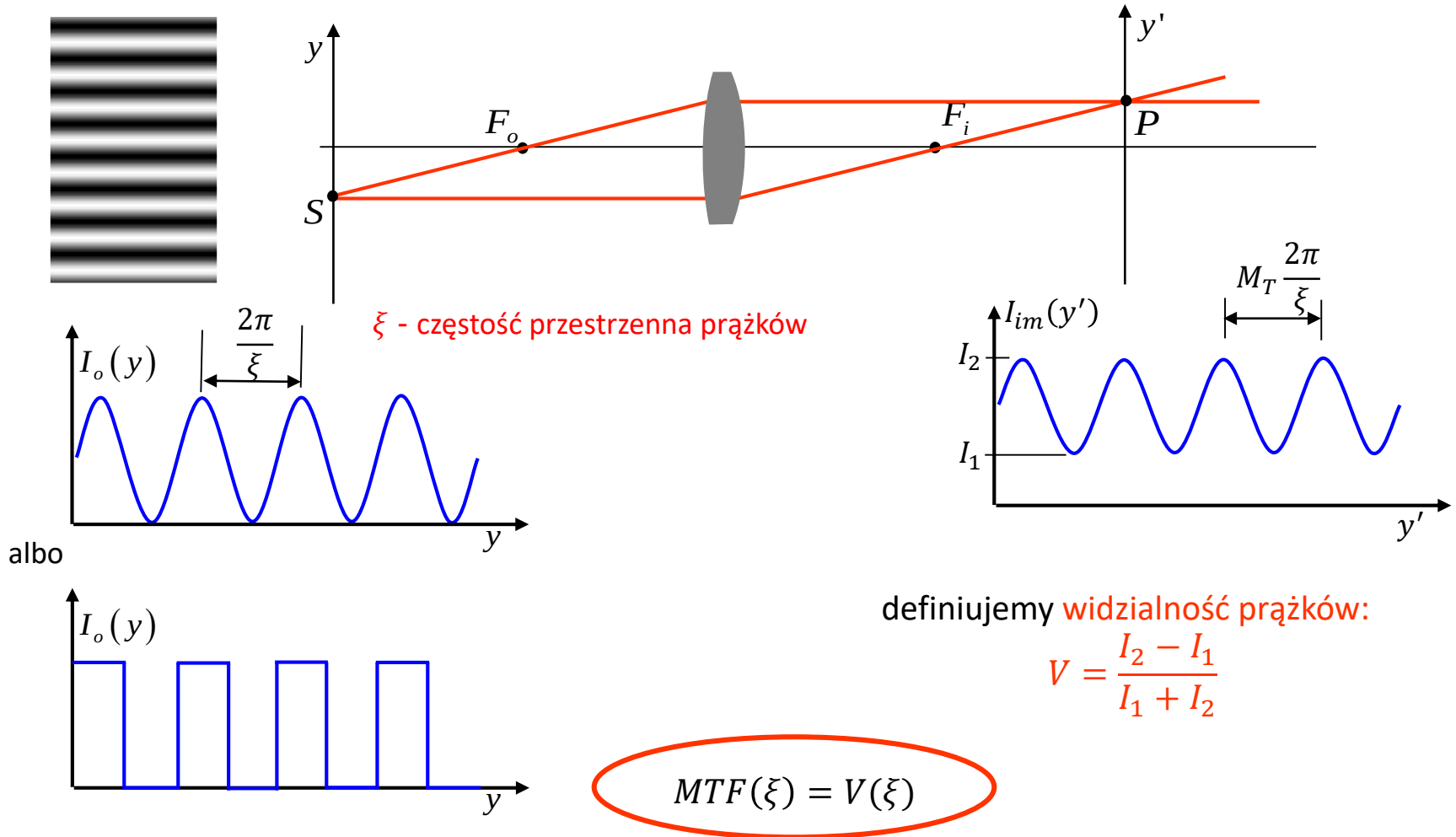
w obrazowaniu spójnym dodajemy pola

w niespójnym dodajemy natężenia



funkcja przenoszenia modulacji

MTF (Modulation Transfer Function)



MTF - przykład

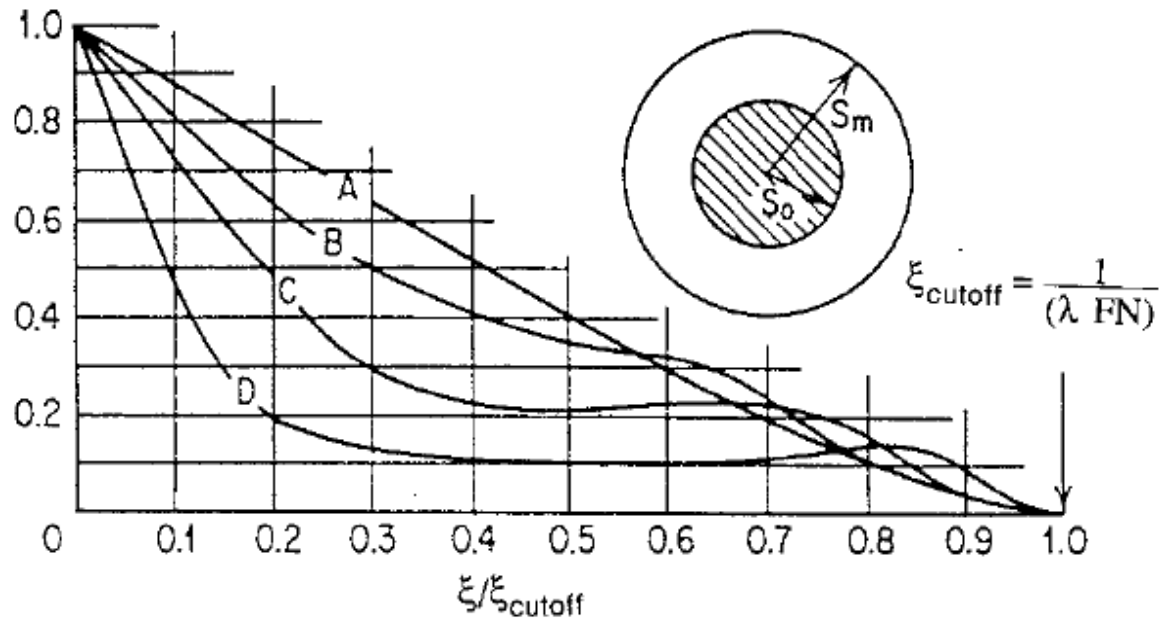
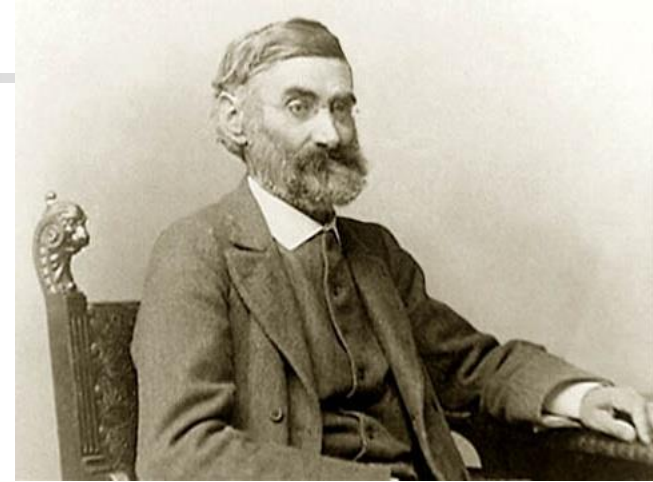


FIGURE 1 (a) Diffraction-limited MTF for system with circular pupil (no obscuration: $S_o/S_m=0$). (b) through (d) are diffraction-limited MTF for a system with an annular pupil: (b) $S_o/S_m=0.25$; (c) $S_o/S_m=0.5$; (d) $S_o/S_m=0.75$. (Adapted from W. J. Smith, *Modern Optical Engineering*, McGraw-Hill,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

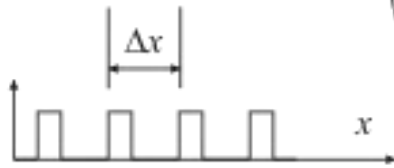
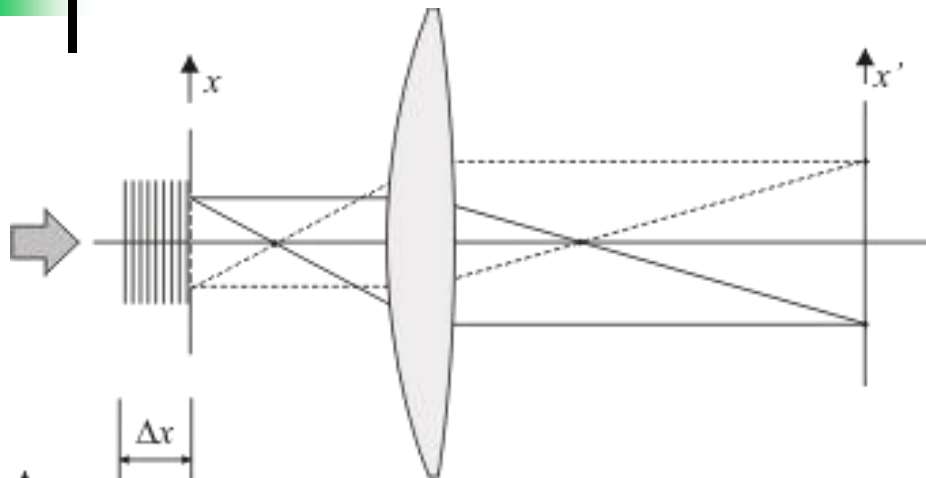
ograniczenie dyfrakcyjne – nawet układ
bez aberracji nie ma nieskończonej
rozdzielczości bo jest dyfrakcja

dyfrakcyjnie ograniczona rozdzielczość

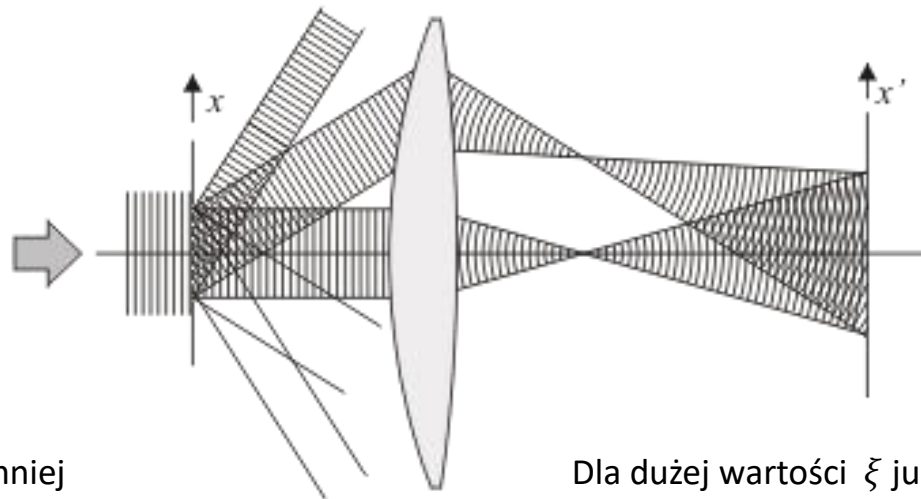
MTF - obrazek Abbego



Ernst Abbe (1840-1905)



$$\xi = \frac{2\pi}{\Delta x}$$

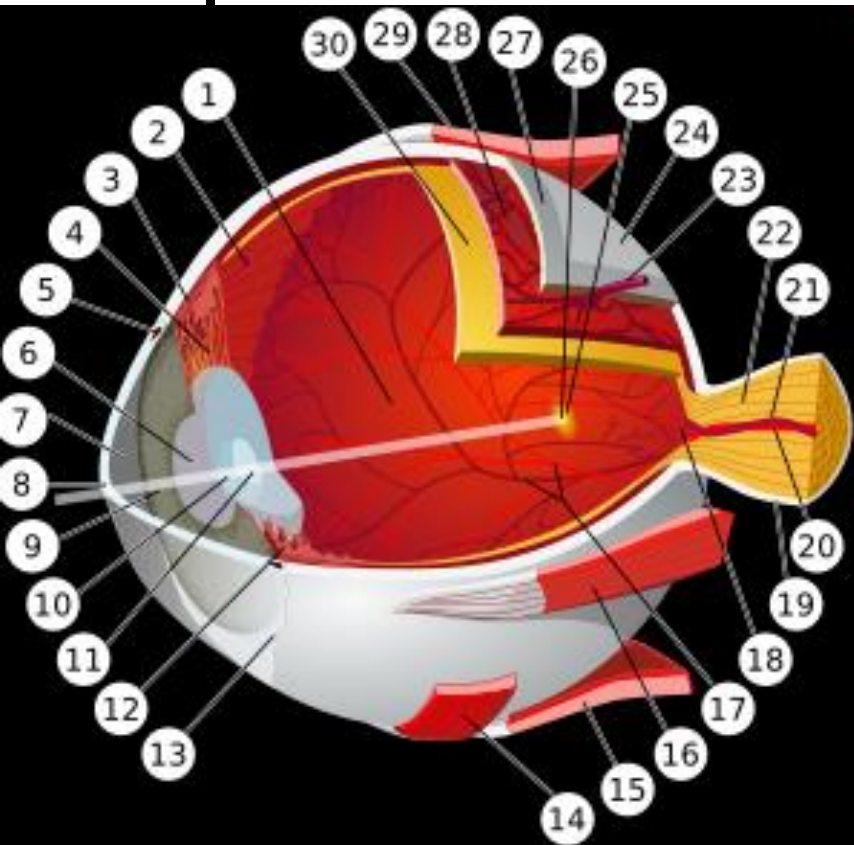


Im większa jest wartość ξ tym mniej rzędów ugięcia trafia na soczewkę – modulacja w obrazie coraz mniejsza.

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

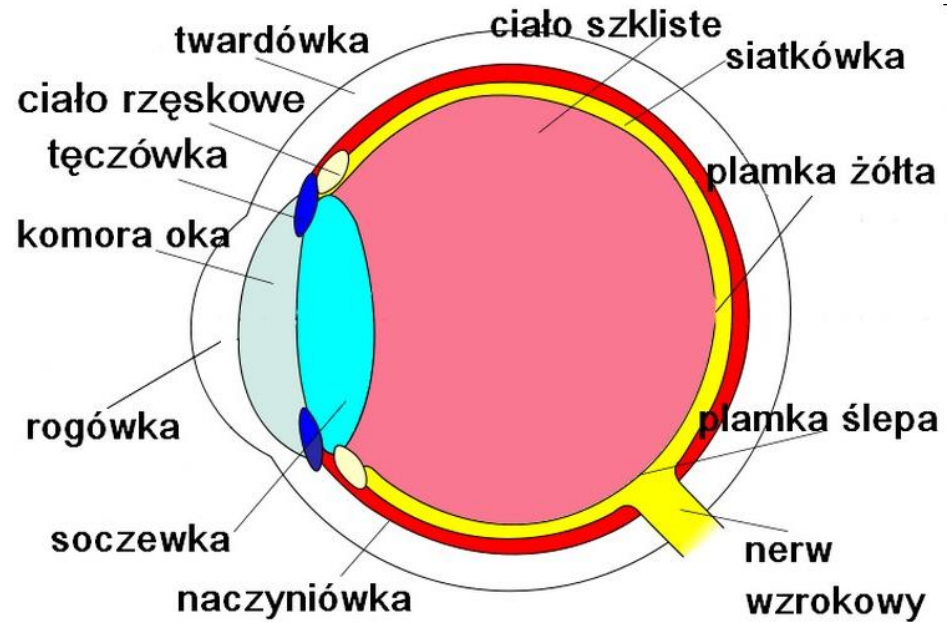
$$MTF = 0$$

oko ludzkie - budowa

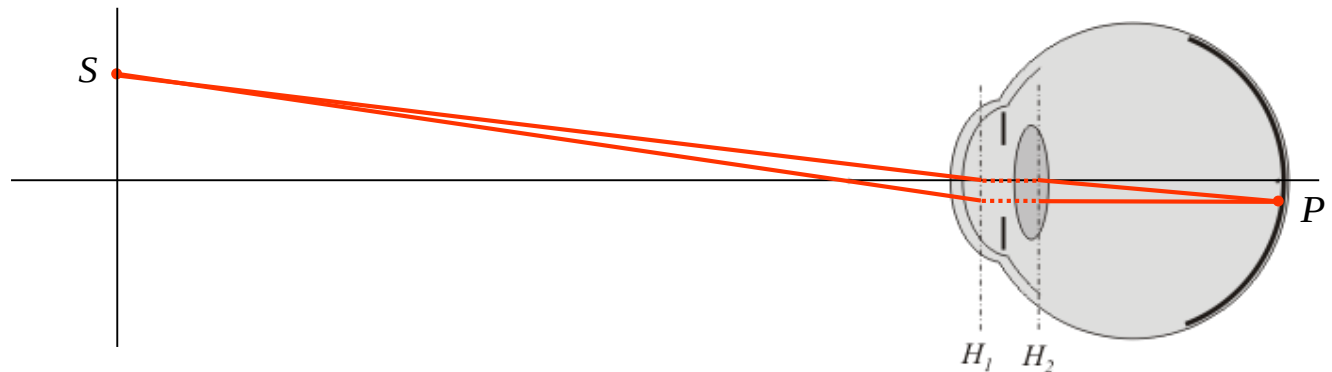


1: komora tylna oka 2: rąbek zębaty siatkówki 3: mięsień
rzęskowy 4: obwódka rzęskowa 5: kanał Schlemma 6: źrenica
7: komora przednia oka 8: rogówka 9: tęczówka 10: kora
soczewki 11: jądro soczewki 12: wyrostek rzęskowy 13:
spojówka 14: mięsień skośny, dolny 15: mięsień prosty, dolny
16: mięsień prosty, 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

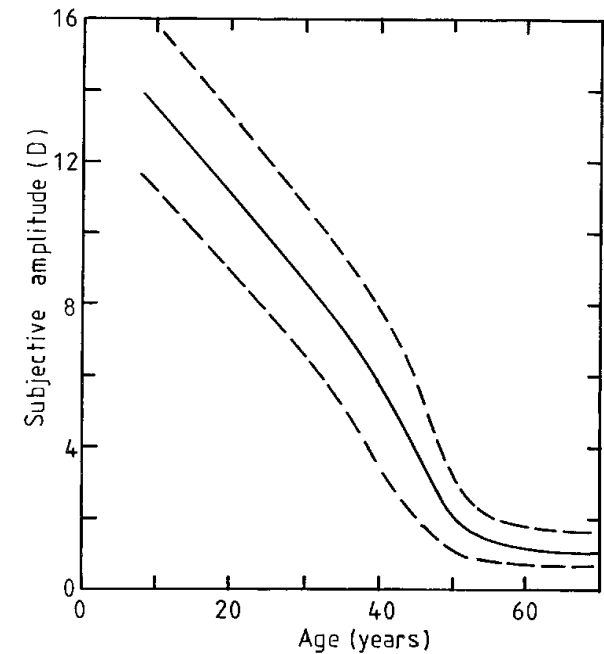
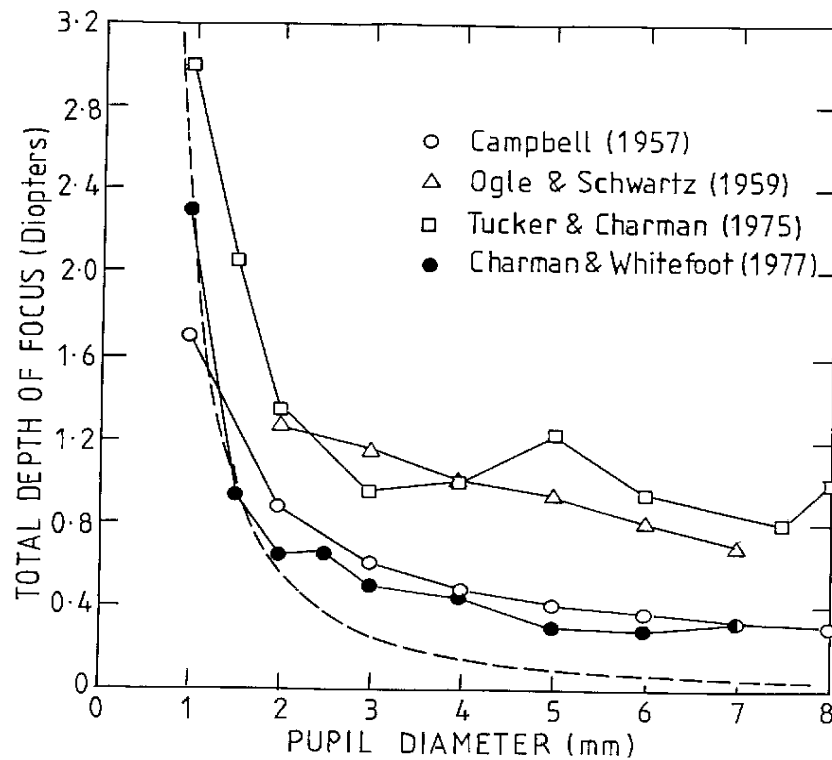


rozdzielczość kątowa = $1'$

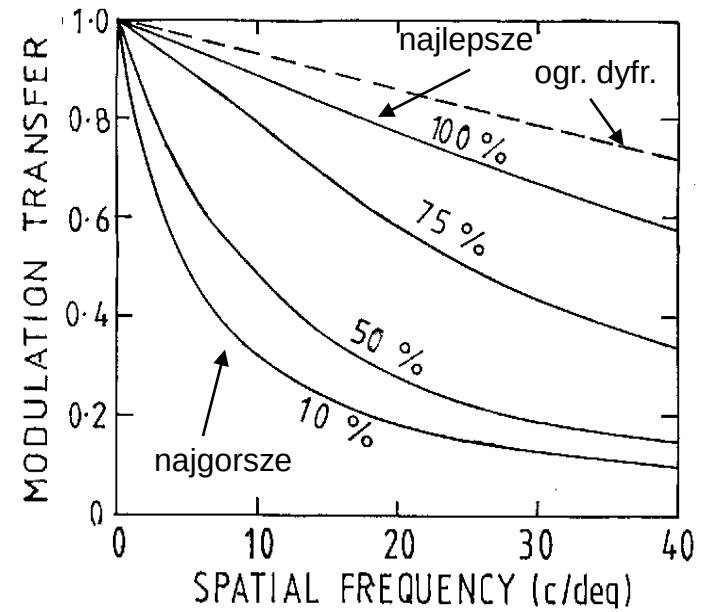
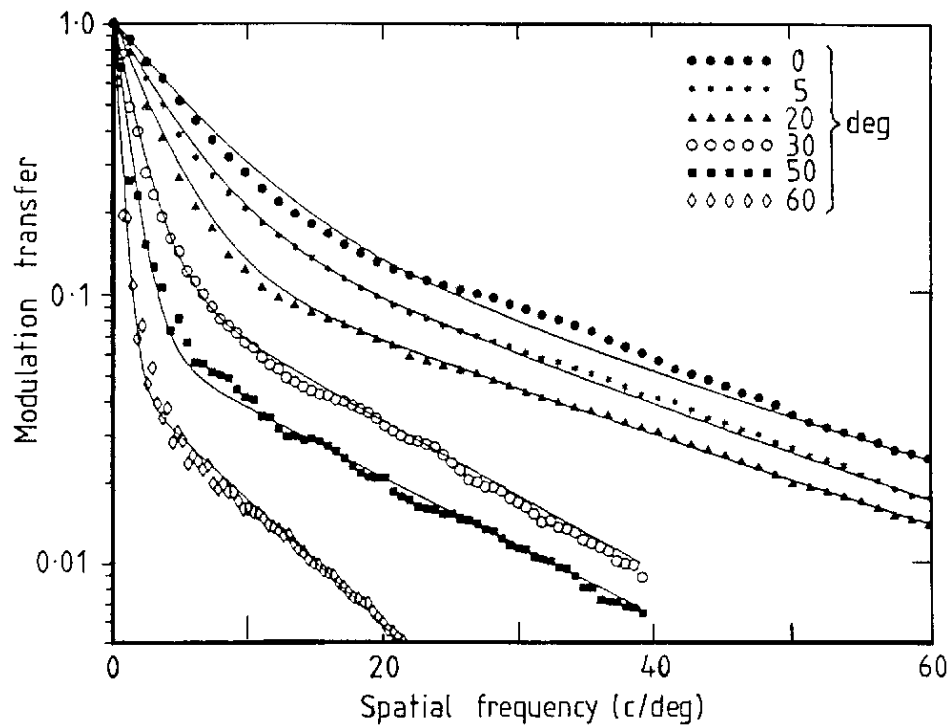


odległość dobrego widzenia: $d_0 = 25 \text{ cm}$

oko – głębia ostrości i akomodacja

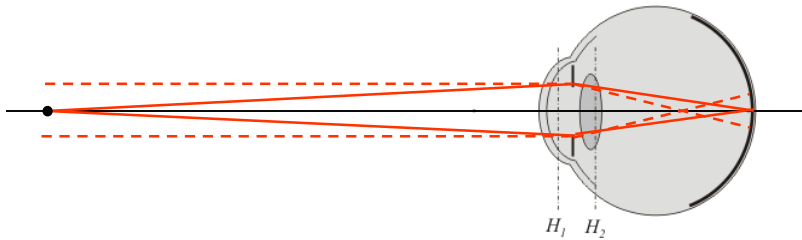


oko - jakość obrazowania

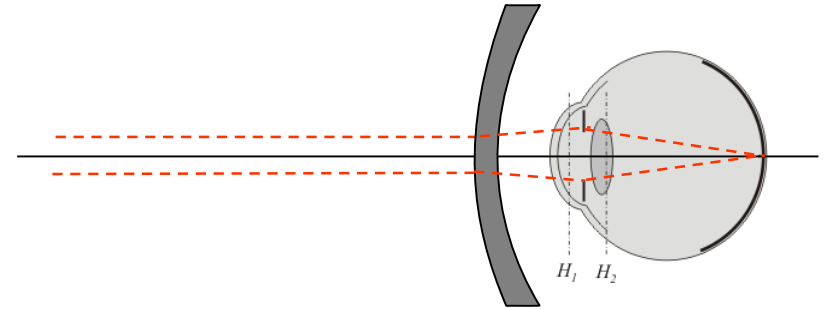


oko – wady 1

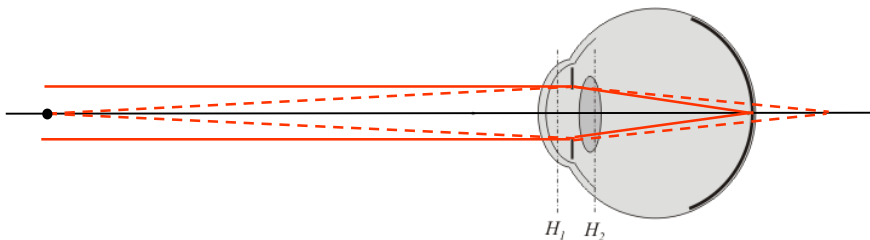
krótkowzroczność



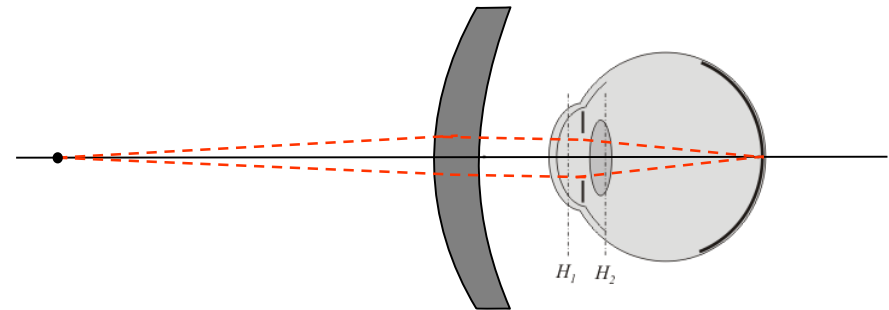
szkła korekcyjne „minusy”



dalekowzroczność



szkła korekcyjne „plusy”



oko – wady 2

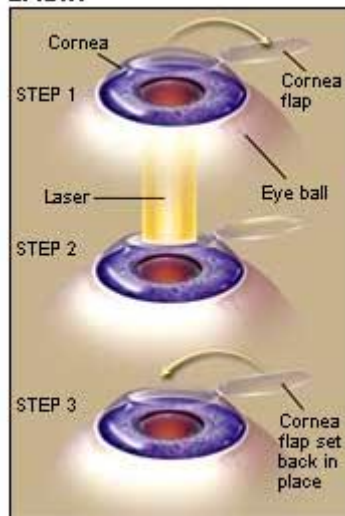
Astygmatyzm
szkła cylindryczne bądź sferyczno-cylindryczne

Nieregularne deformacje rogówki

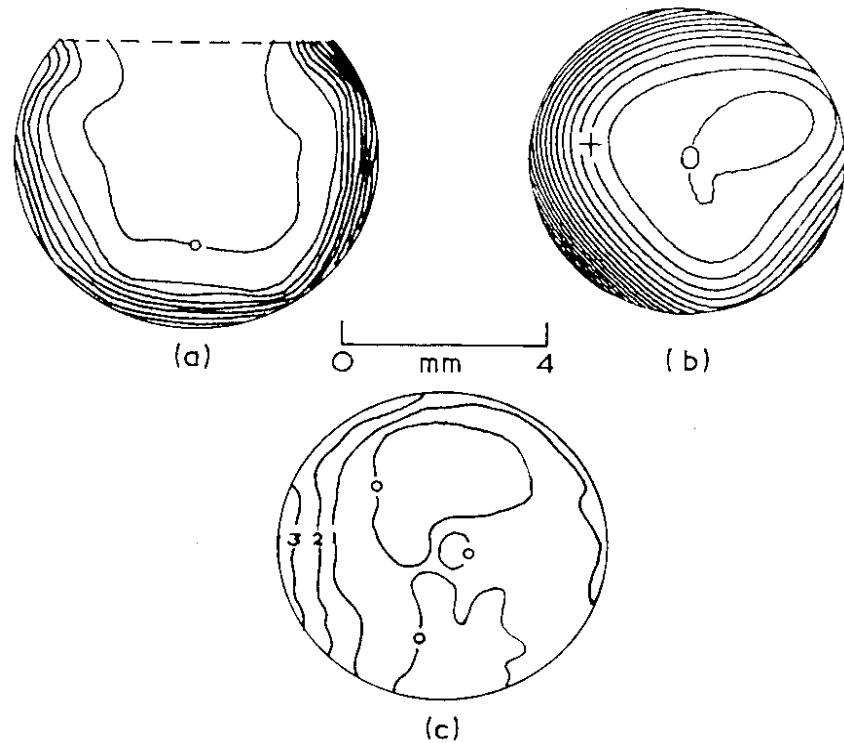
ablacja laserowa –

Laser-Assisted in situ Keratomileusis (LASIK)

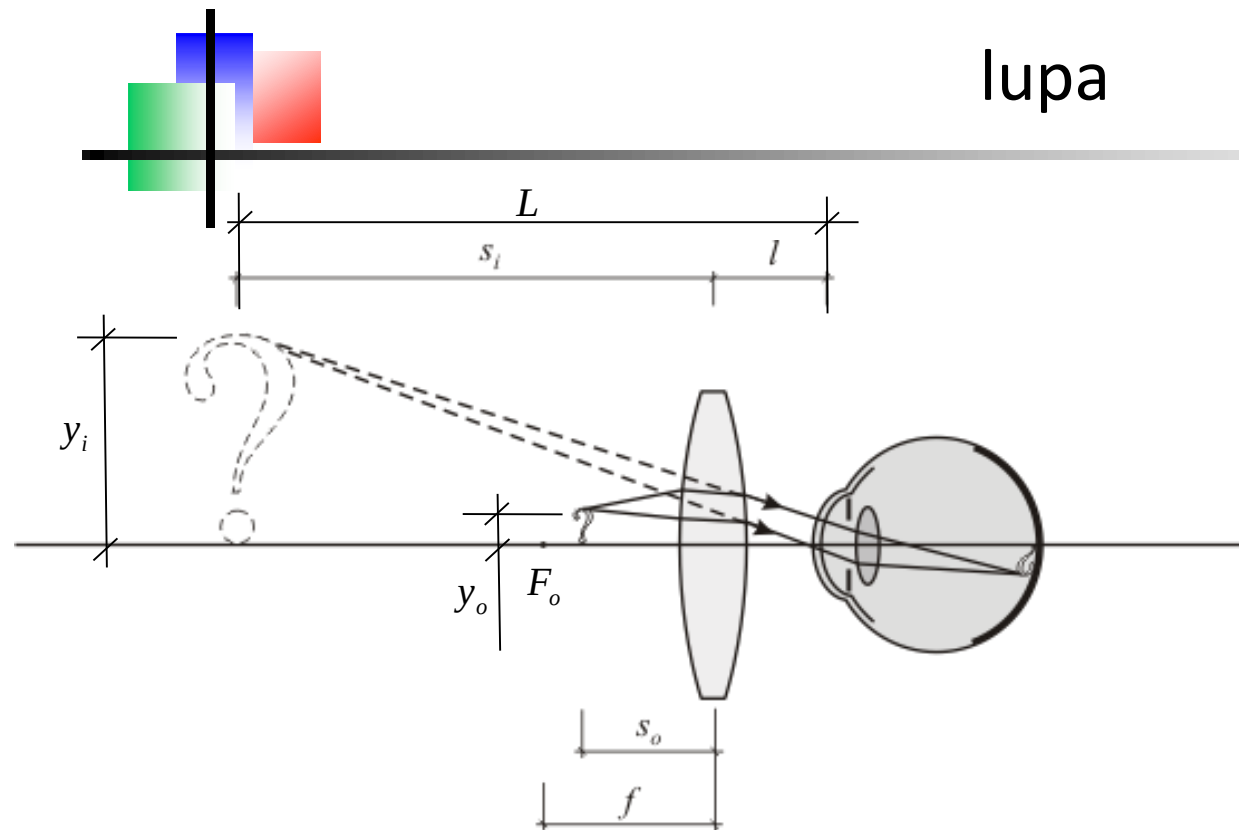
LASIK



© 2003 WebMD Inc.



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

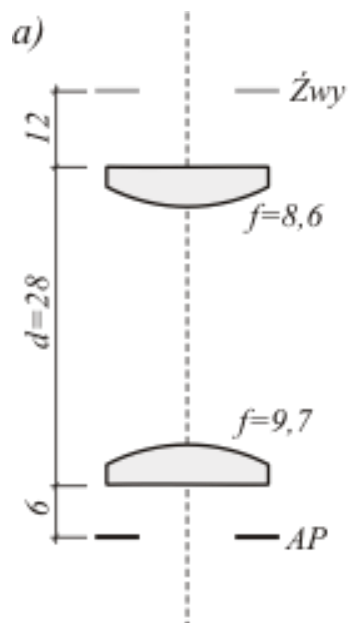
$$M_L = \frac{d_0}{L} \left(1 + \frac{L-l}{f} \right)$$

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

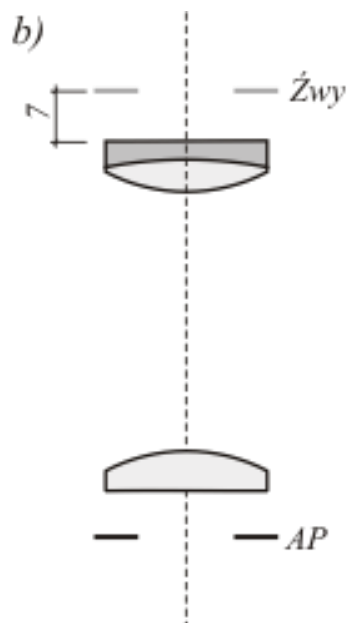
Jeśli $l = 0$ to $M_L = d_0 \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{f} \right)$; dla $L = d_0$ mamy $M_L = 1 + \frac{d_0}{f}$

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

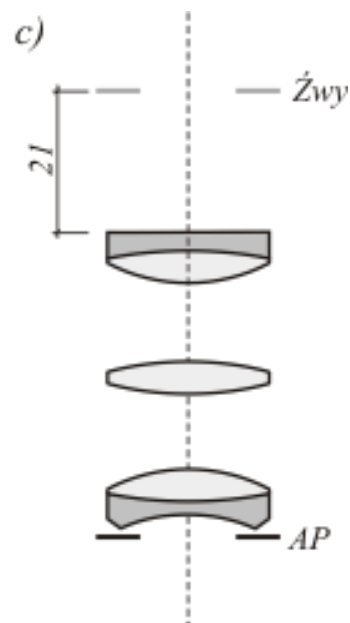
dobra lupa -okular



Ramsden



Kellner

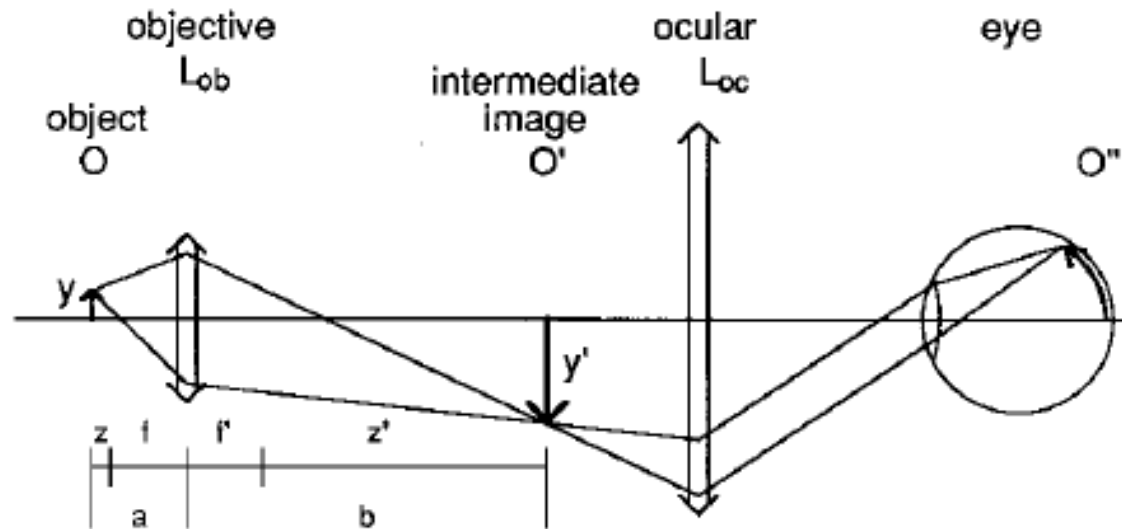


Erfle

Parametry:

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

klasyczny mikroskop optyczny



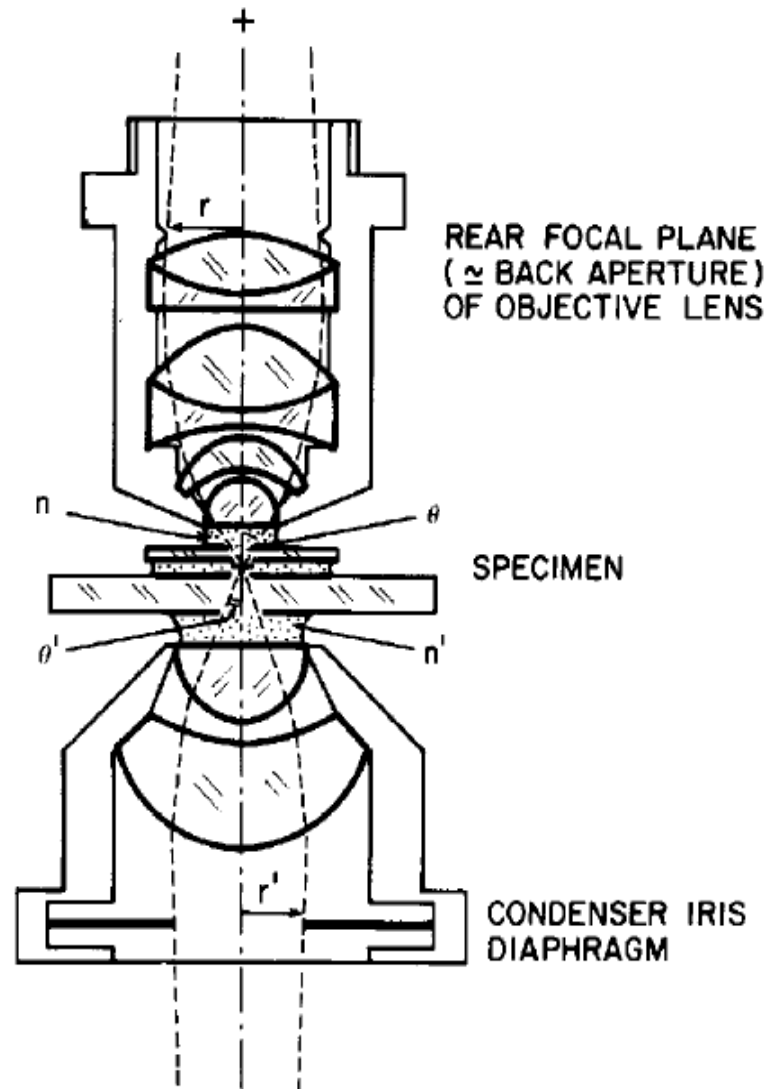
Obiektyw – soczewka złożona (refrakcyjna bądź odbiciowa)

Okular – soczewka złożona

Apertura polowa w płaszczyźnie obrazu pośredniego

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

oświetlacz + obiektyw

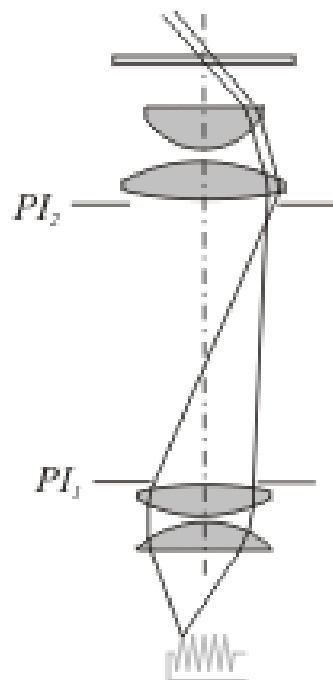


oświetlacz Köhlera, 1

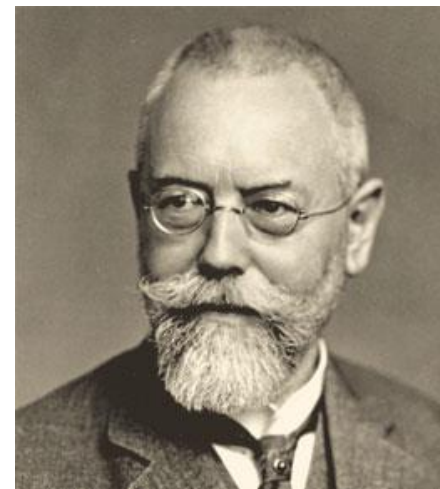
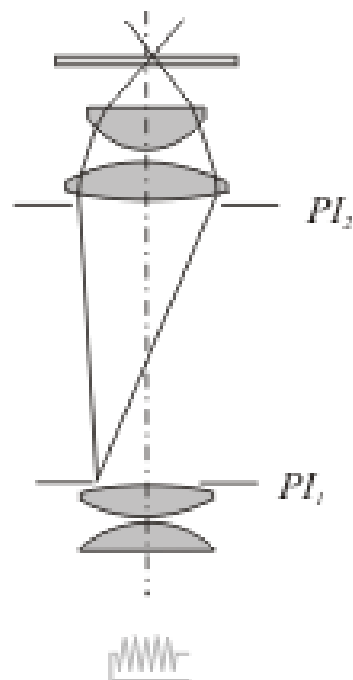
Wymagania:

- jednorodne oświetlenie
- niezależna regulacja pola i jasności

(a)

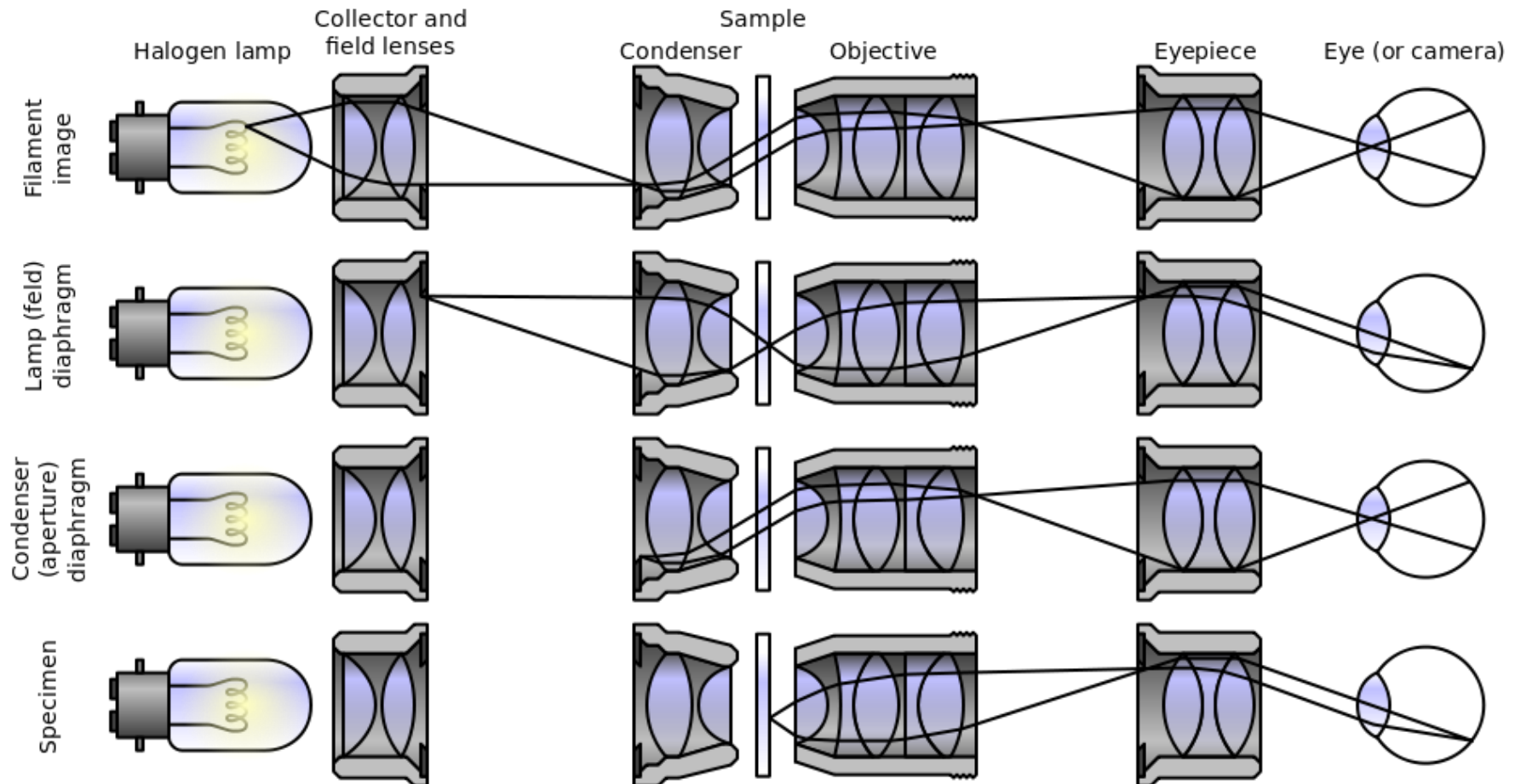


(b)



August Köhler, 1866 - 1948

oświetlacz Köhlera, 2



obiektywy

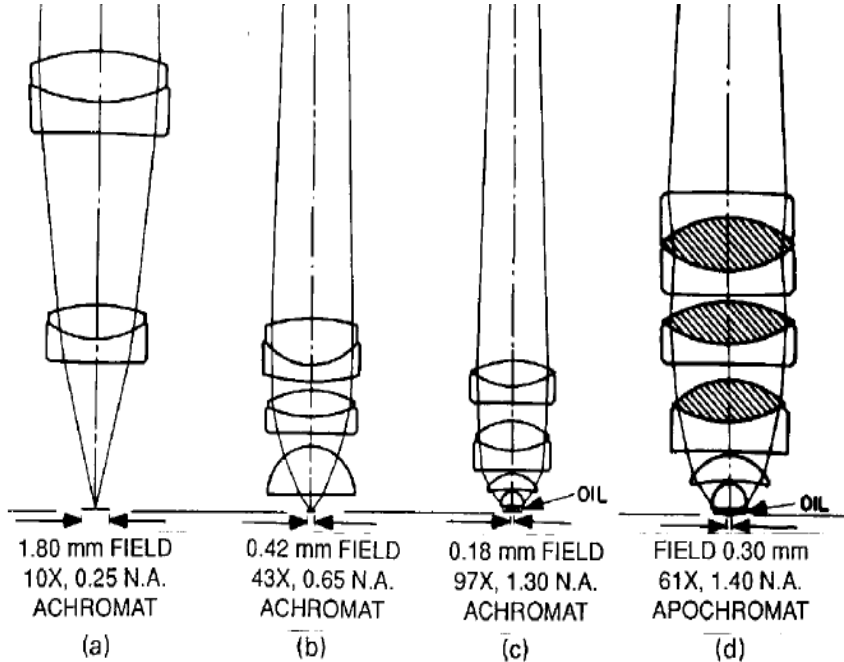


FIGURE 2 (a) Lister-type, (b) Amici-type, and (c) oil-contacted achromatic objectives. In (d) an apochromat is shown, with fluorite elements shaded.⁵⁷

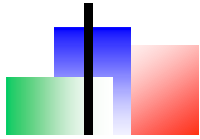
parametry obiektywów mikroskopowych:

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

Objectives for Laser Scanning Confocal Microscopy

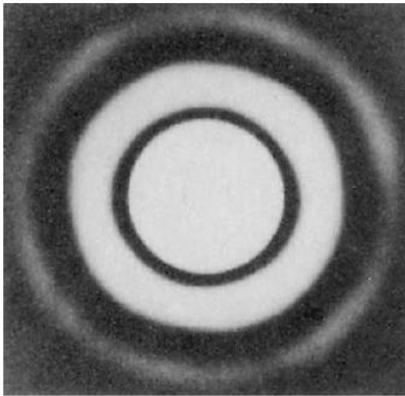
Figure 5



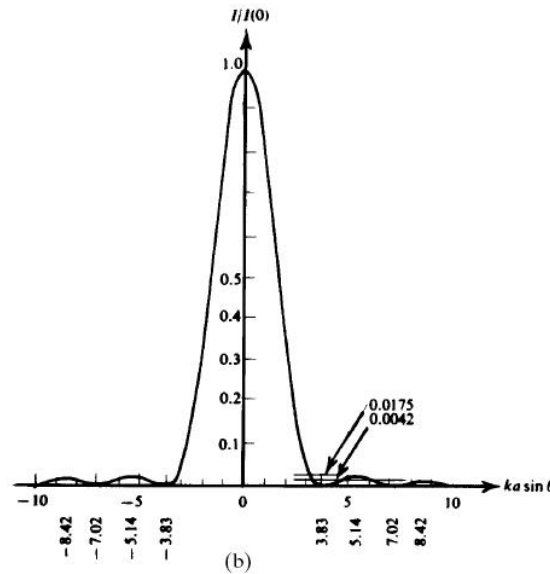


rozdzielczość mikroskopu

obraz źródła punkowego



(a)



(b)

Dyfrakcja światła na aperturze obiektywu

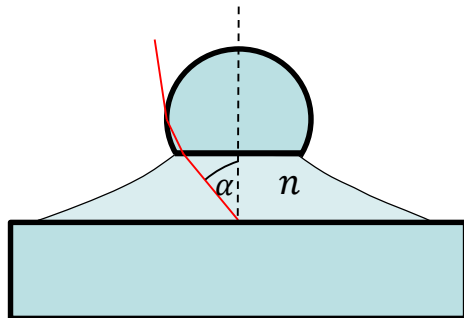
$$I(u) = I_0 \left(\frac{J_1(u)}{u} \right)^2$$

przy czym

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

Promień 1. zera w rozkładzie natężenia

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

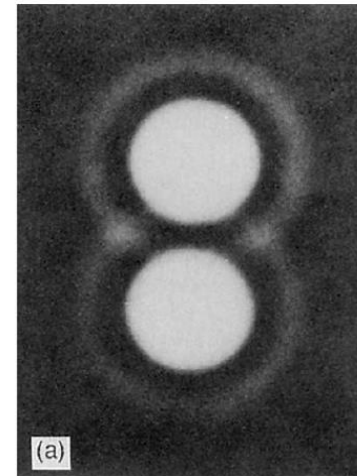


$$NA = n \sin \alpha$$

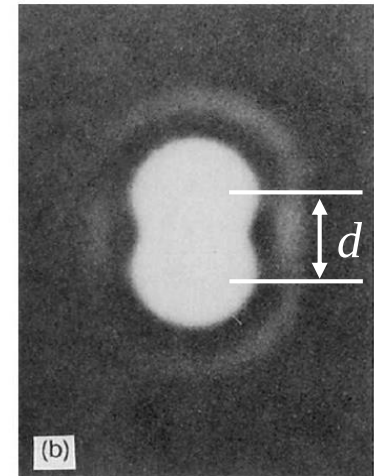
Kryterium Rayleigha:

minimalna odległość dwóch (rozróżnialnych) punktów to:

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



(a)



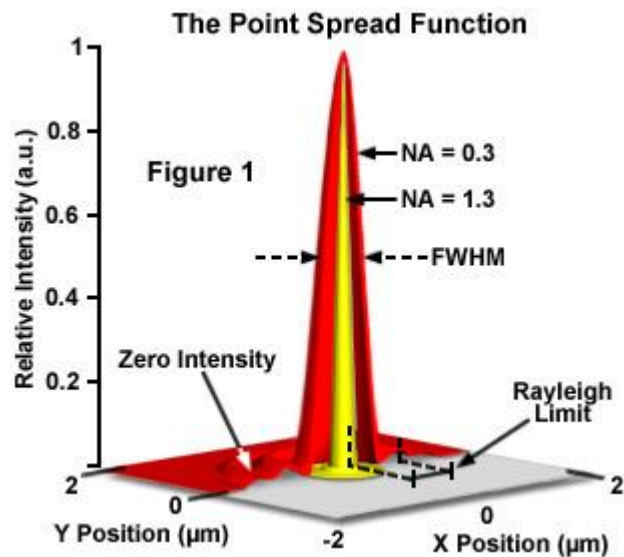
(b)

Liczby:

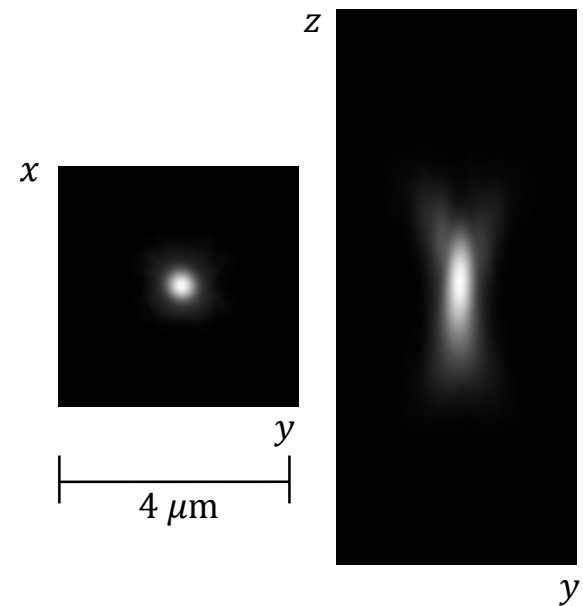
$$\lambda = 0.5 \mu\text{m}, NA = 1.4 \Rightarrow d \cong 0.22 \mu\text{m}$$

funkcja rozmycia punktu

ang. Point Spread Function (PSF)

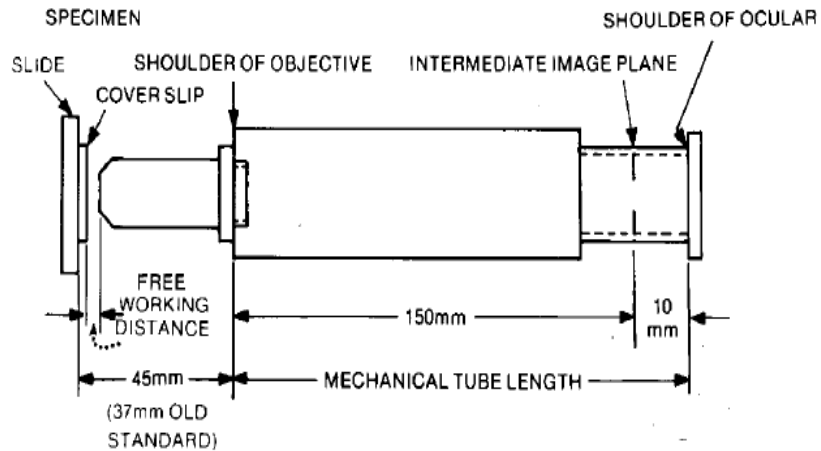
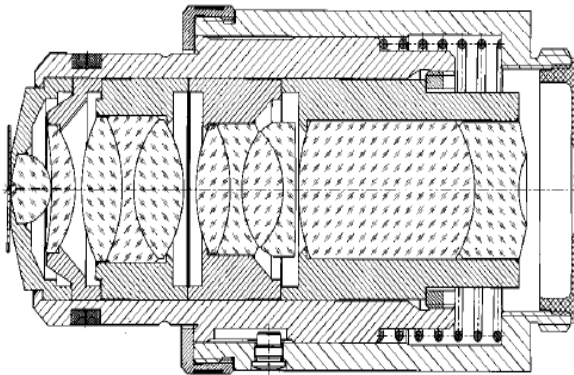
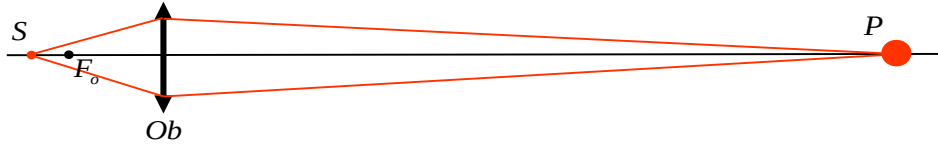


PSF w 3D

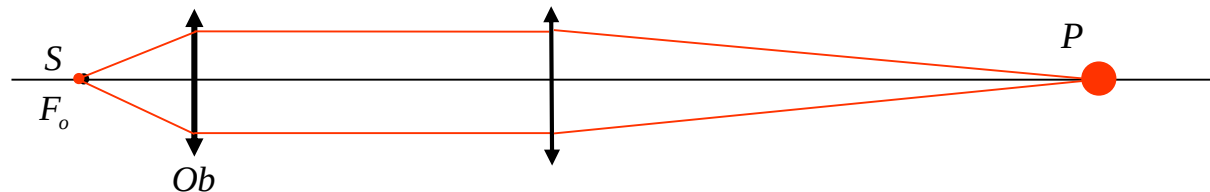


mikroskop c.d.

1. Obrazowanie w skończonej odległości



1. Obrazowanie w nieskończoności

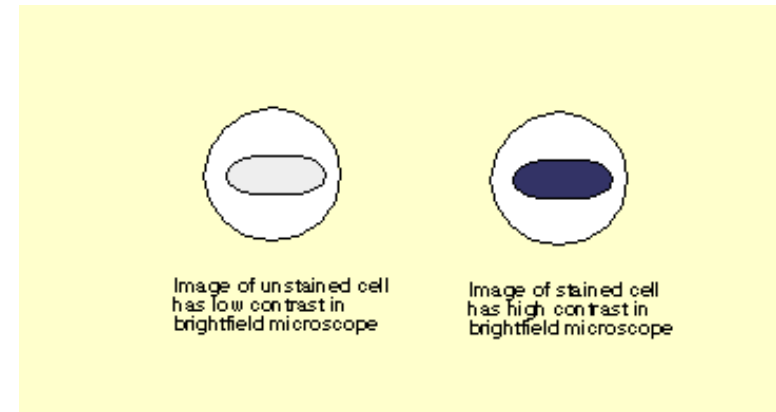
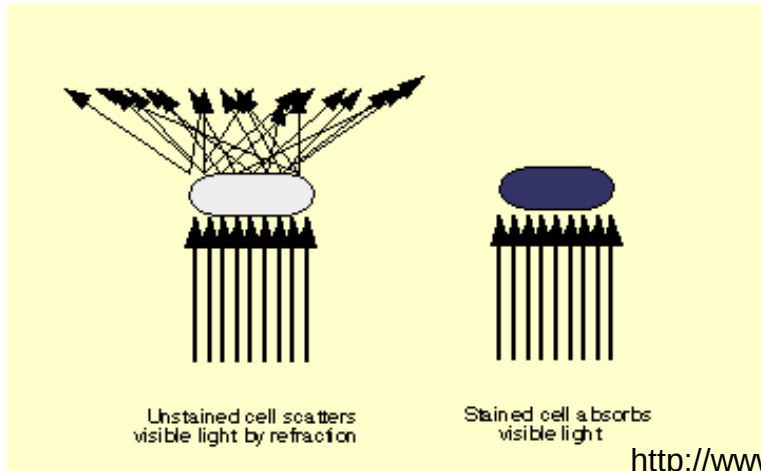


Objectives for Laser Scanning Confocal Microscopy

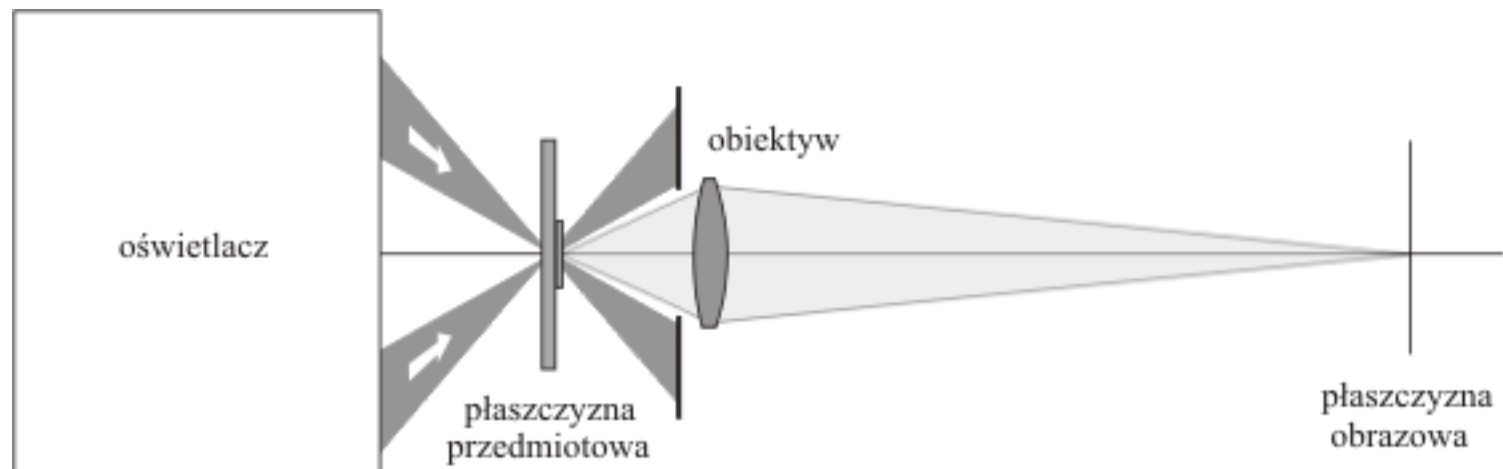
Figure 5



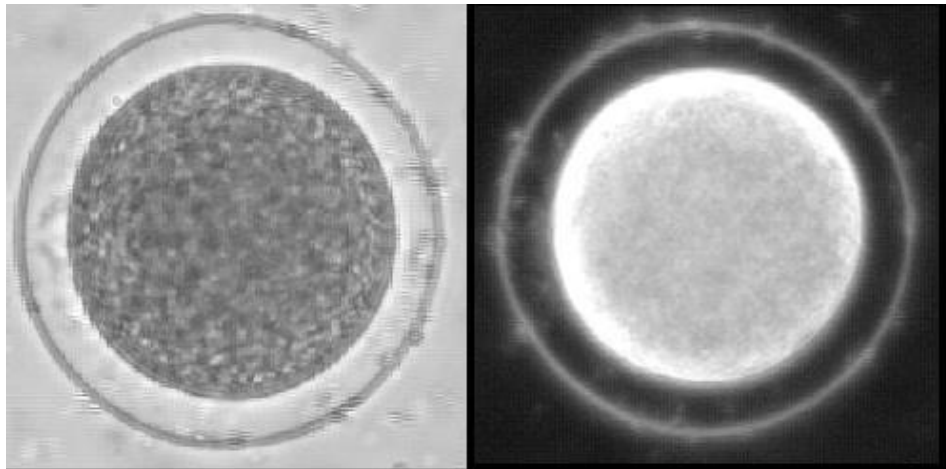
mikroskop ciemnego pola, 1



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

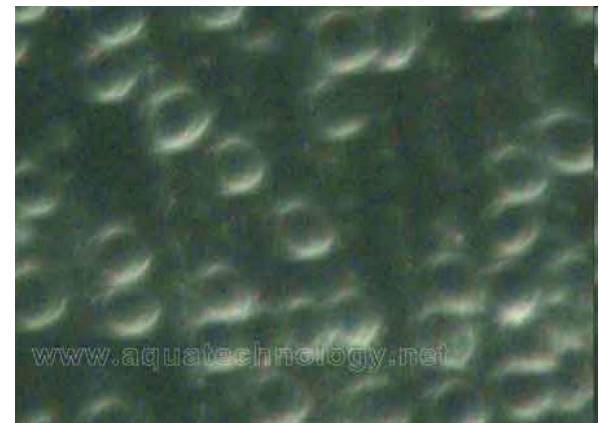
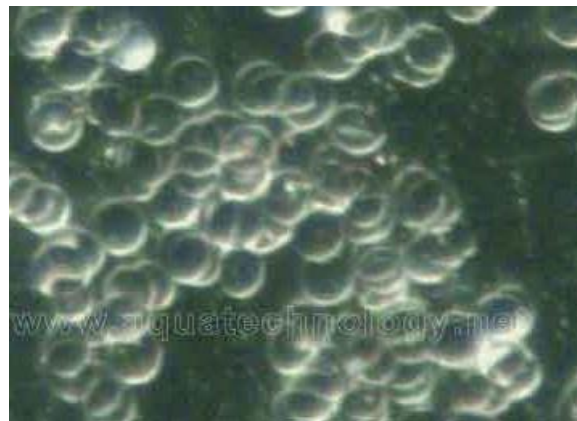


mikroskop ciemnego pola, 2



bright field

dark field



mikroskop konfokalny fluorescencyjny, 1

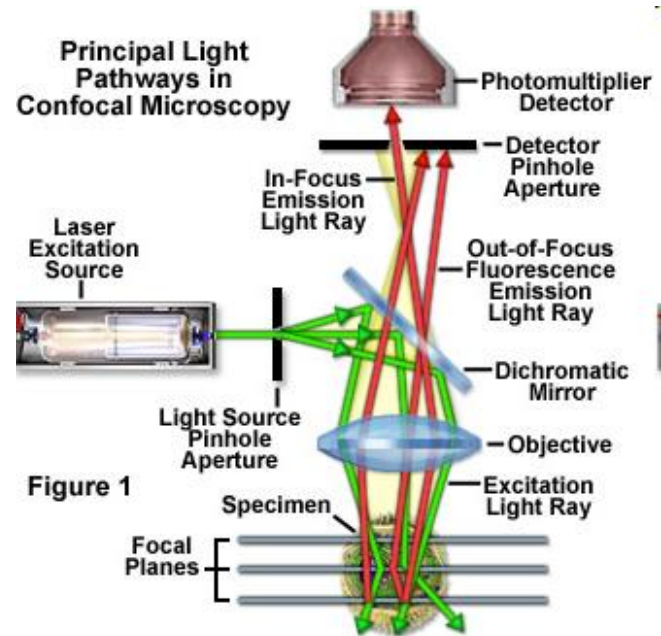
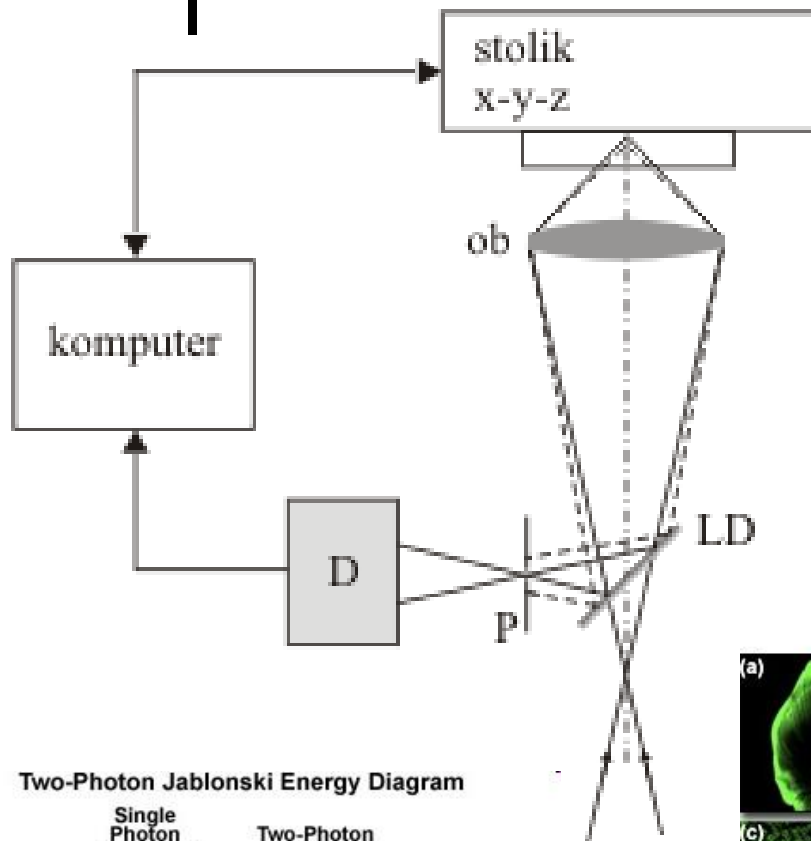


Figure 1

Two-Photon Jablonski Energy Diagram

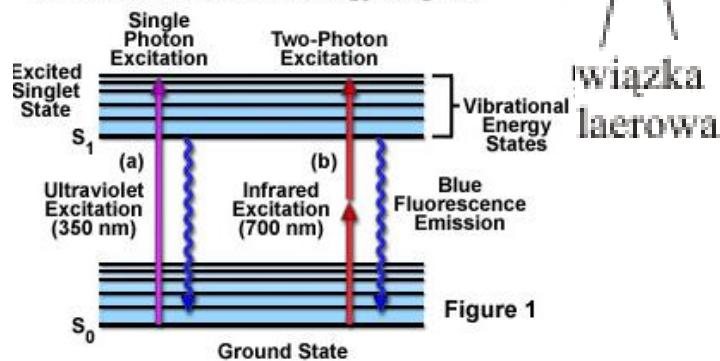


Figure 1

Objective Lens Zooming

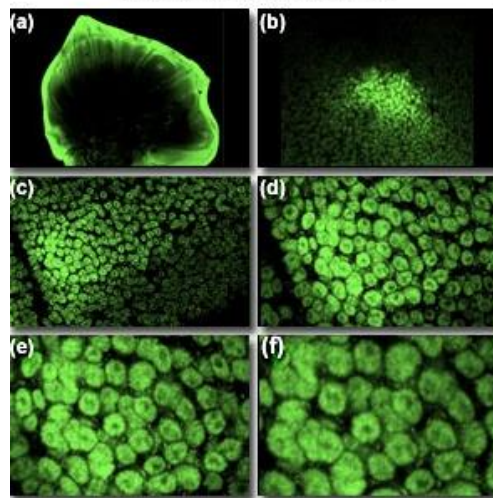


Figure 2

Butterfly Wing Epithelium

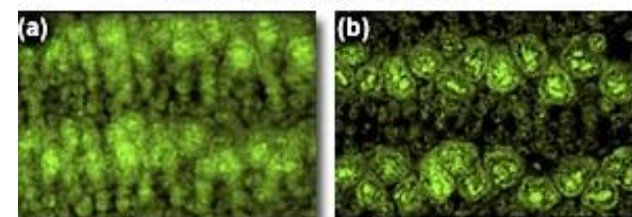
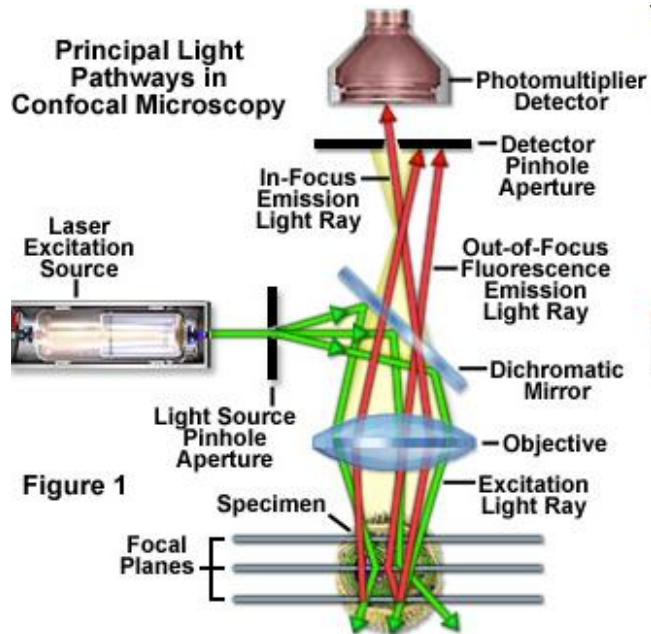


Figure 3

mikroskop konfokalny, 2



Butterfly Wing Epithelium

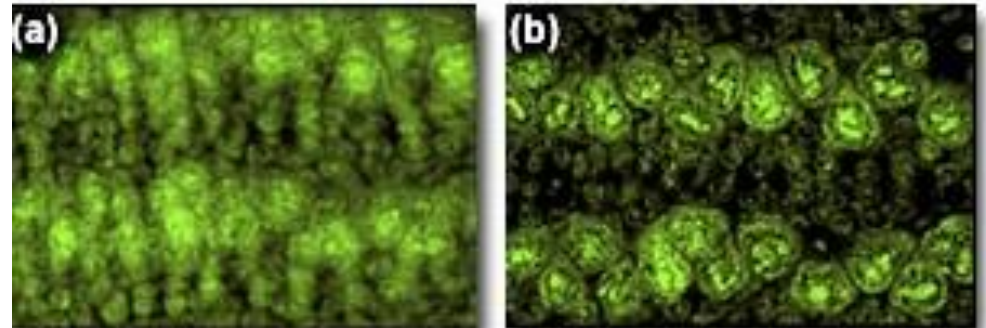


Figure 3

Objective Lens Zooming

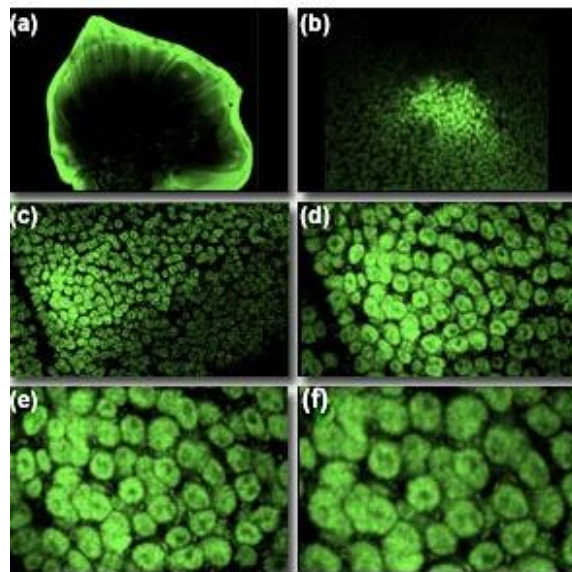
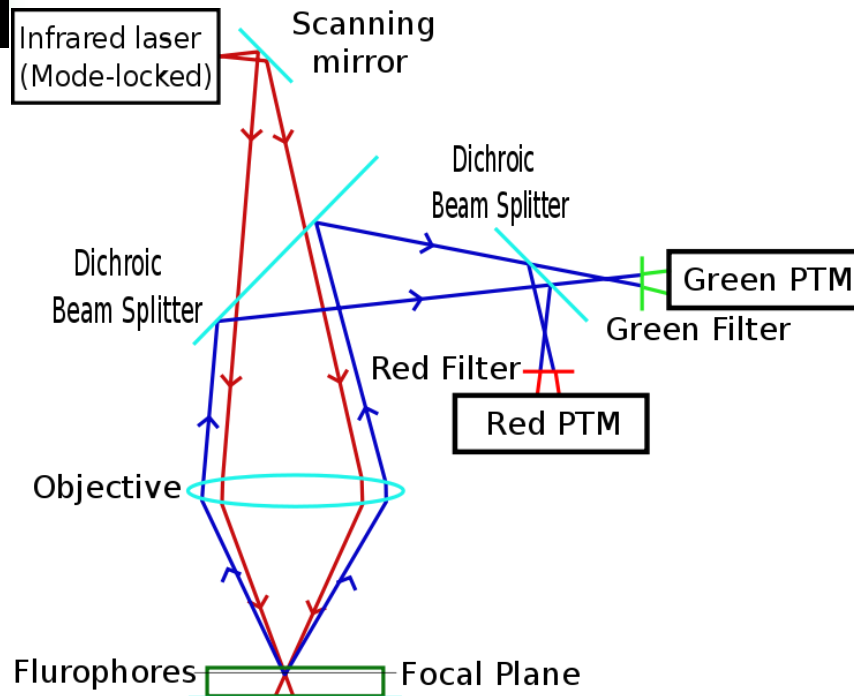
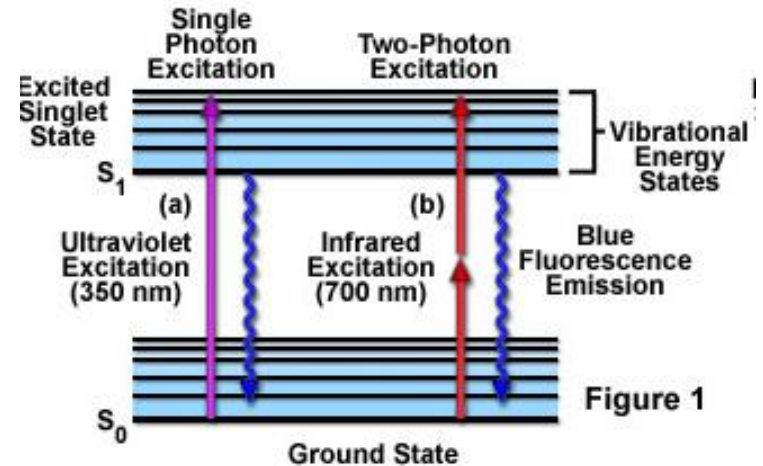


Figure 2

mikroskop dwu-fotonowy



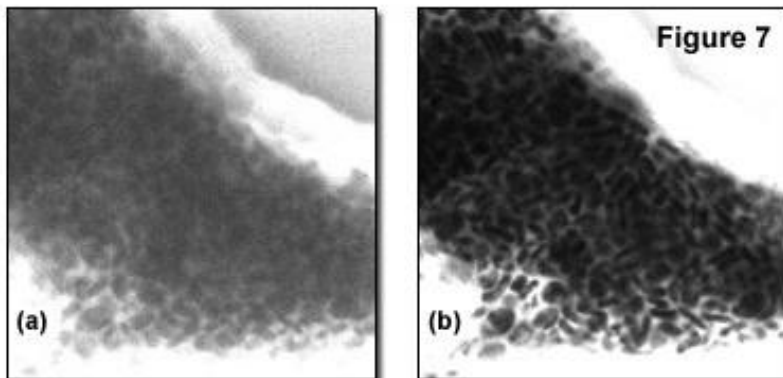
Two-Photon Jablonski Energy Diagram



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

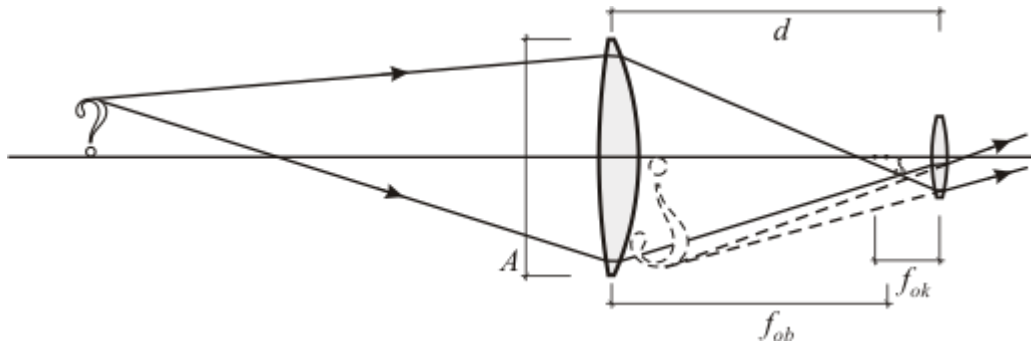
$$I_{fl} \propto I_L^2$$

rozmiar obszaru wzbudzanego

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

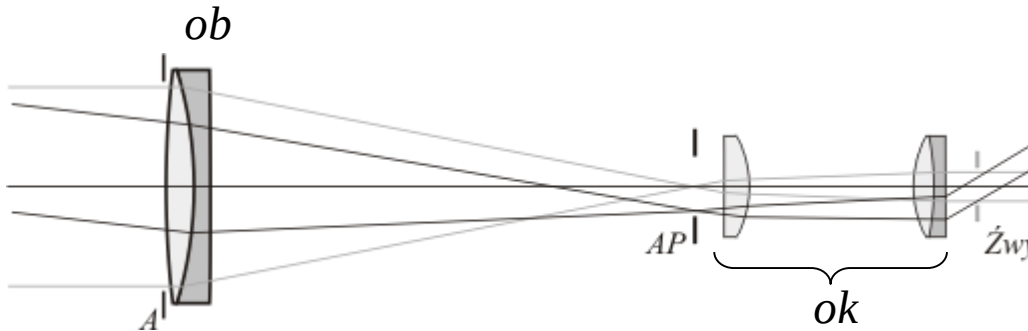
$$w_{eff} = w/\sqrt{2}$$

luneta refrakcyjna



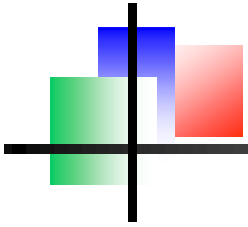
Powiększenie kątowe:

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

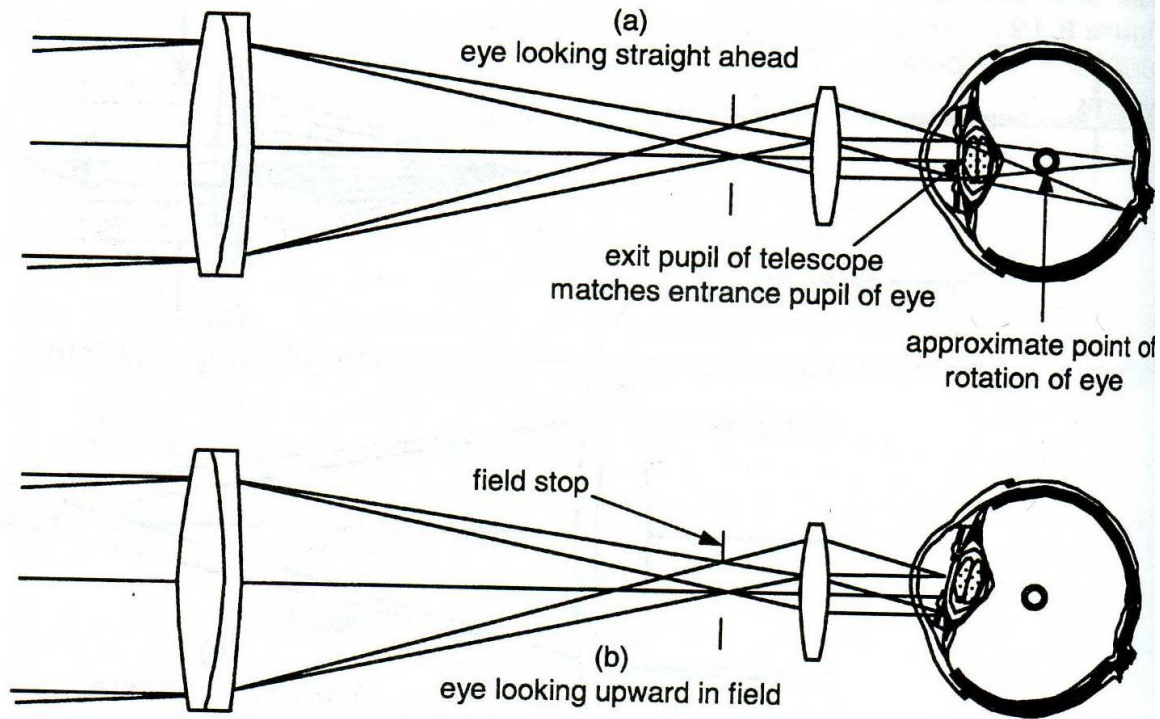


Problemy z dużymi lunetami:

- waga obiektywu
- jednorodność materiału

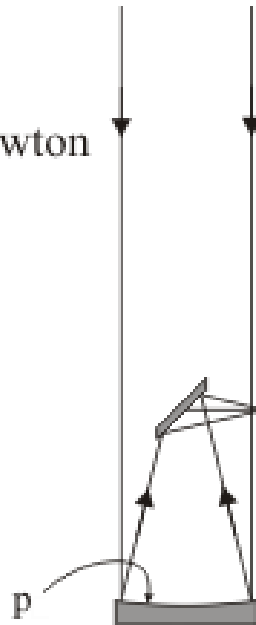


dopasowanie źrenicy wyjściowej do źrenicy oka

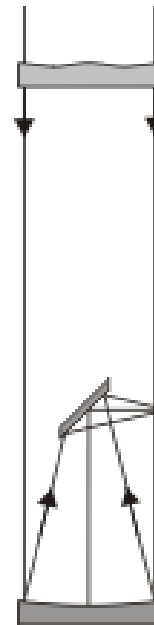


luneta odbiciowa - teleskop

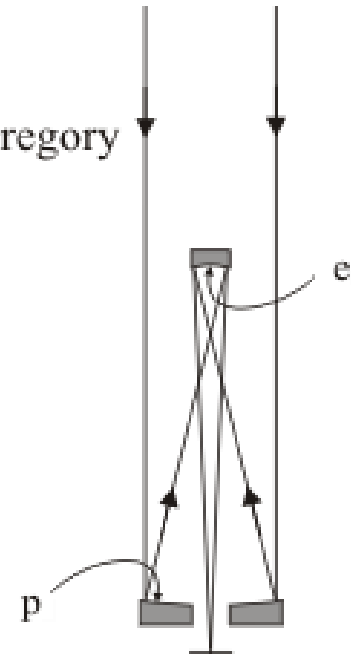
Newton



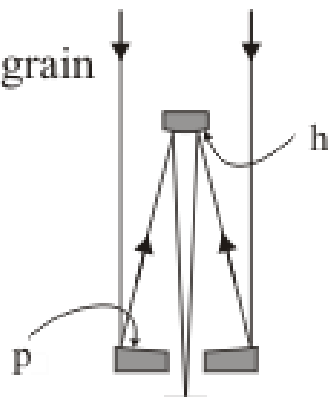
Schmidt



Gregory



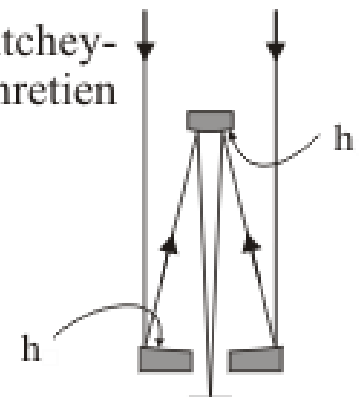
Cassegrain



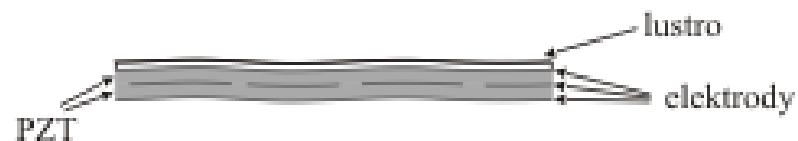
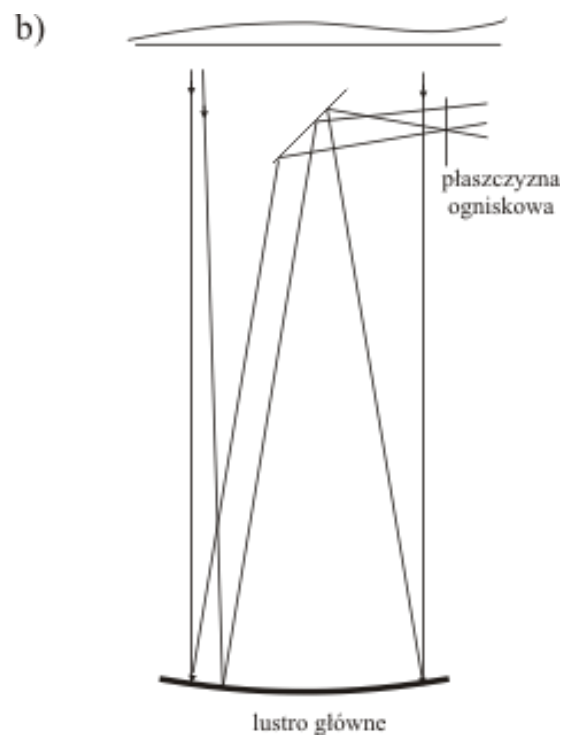
Maksutow-Cassegrain

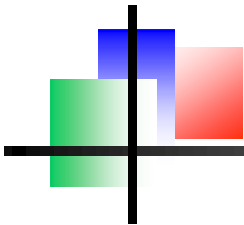


Ritchey-Chretien



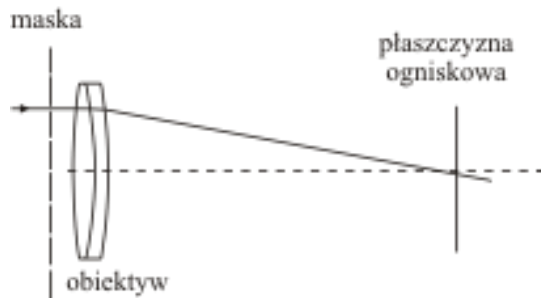
optyka adaptatywna w astronomii





detektor Shacka-Hartmanna

a)

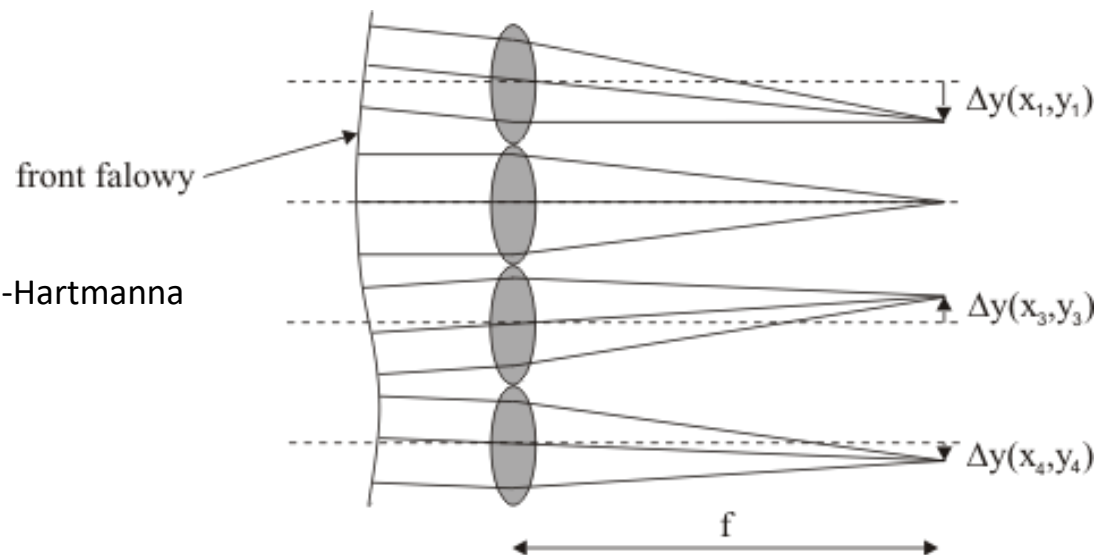


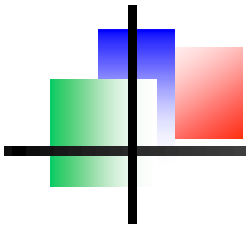
Detektor Hartmanna

b)

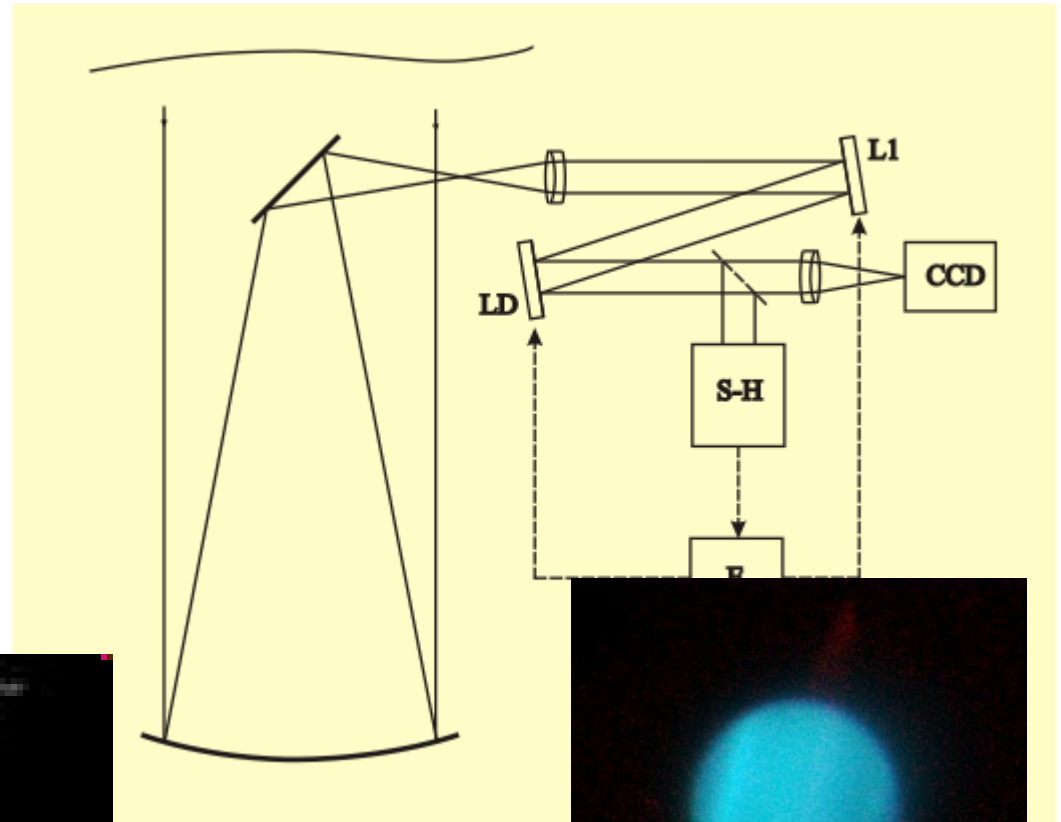
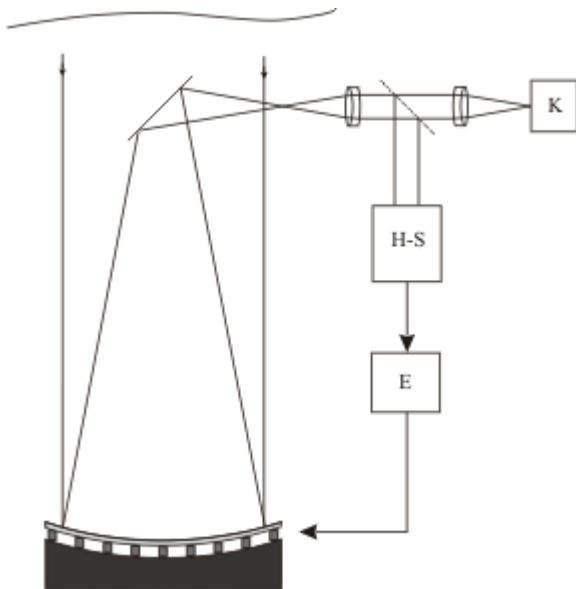


Detektor Shacka-Hartmanna

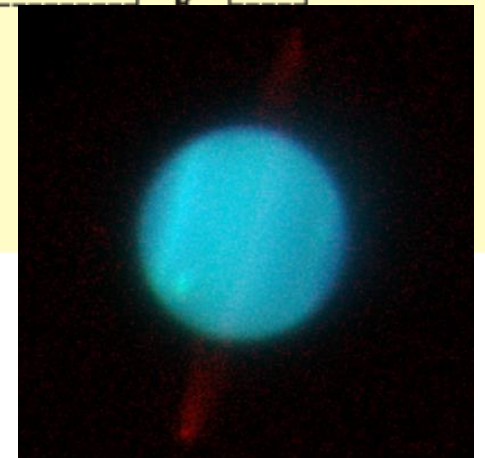




teleskop z optyką adaptatywną

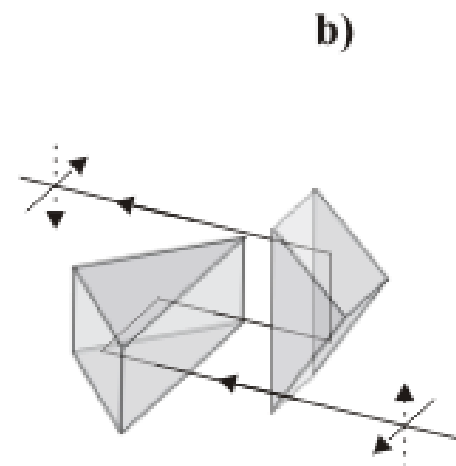
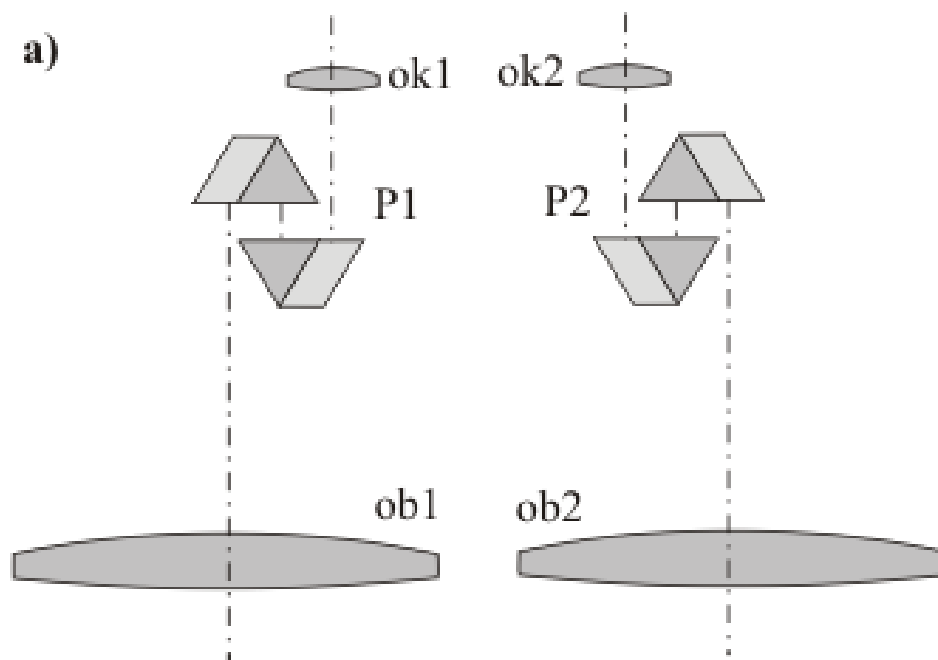


Keck Observatory



Uran, Palomar 5 m, 1-2μm

lornetka, 1



oznaczenia: NxM

powiększenie średnica obiektywu (mm)

lornetka, 2

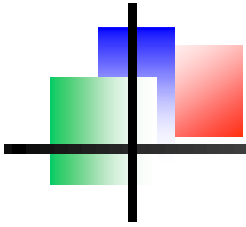


Carl Zeiss Jena

<http://www.zeiss.com>

Product Specs *based on manufacturer-supplied data*

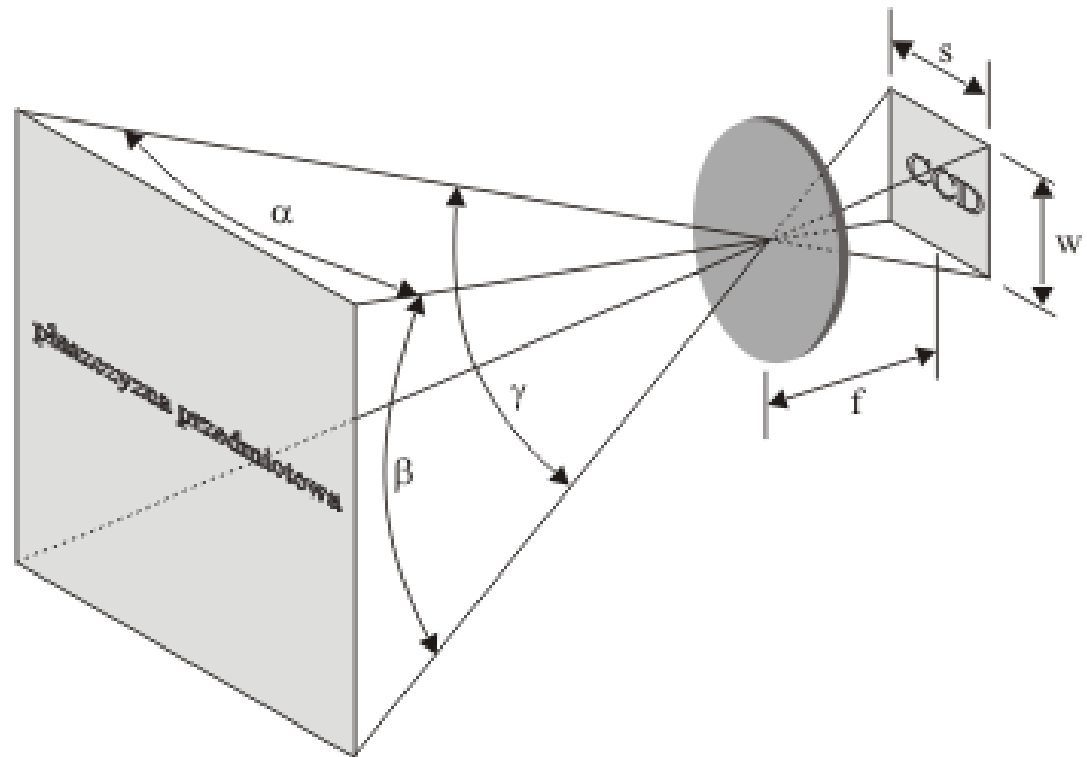
	7×42	8×42	10×42
Exit Pupil (millimeters)	6.0	5.3	4.2
Field of View (feet)	450	405	330
Eye Relief (millimeters)	16.0	16.0	16.0
Close Focus (feet)	6.6	6.6	6.6
Weight (ounces)	26.1	26.5	26.8



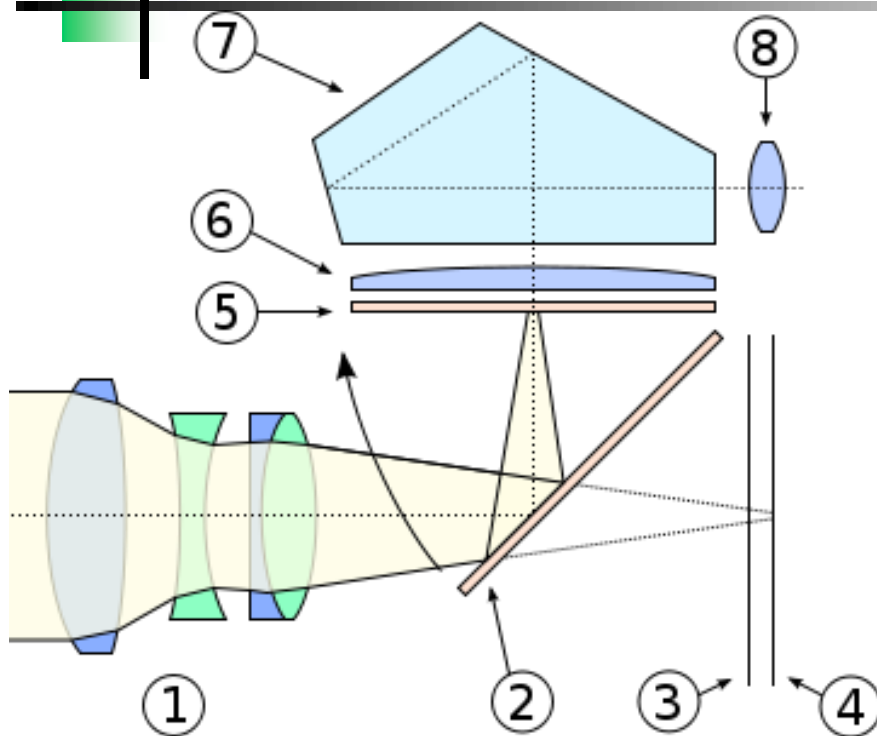
aparat fotograficzny 1

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

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



aparat fotograficzny, 2

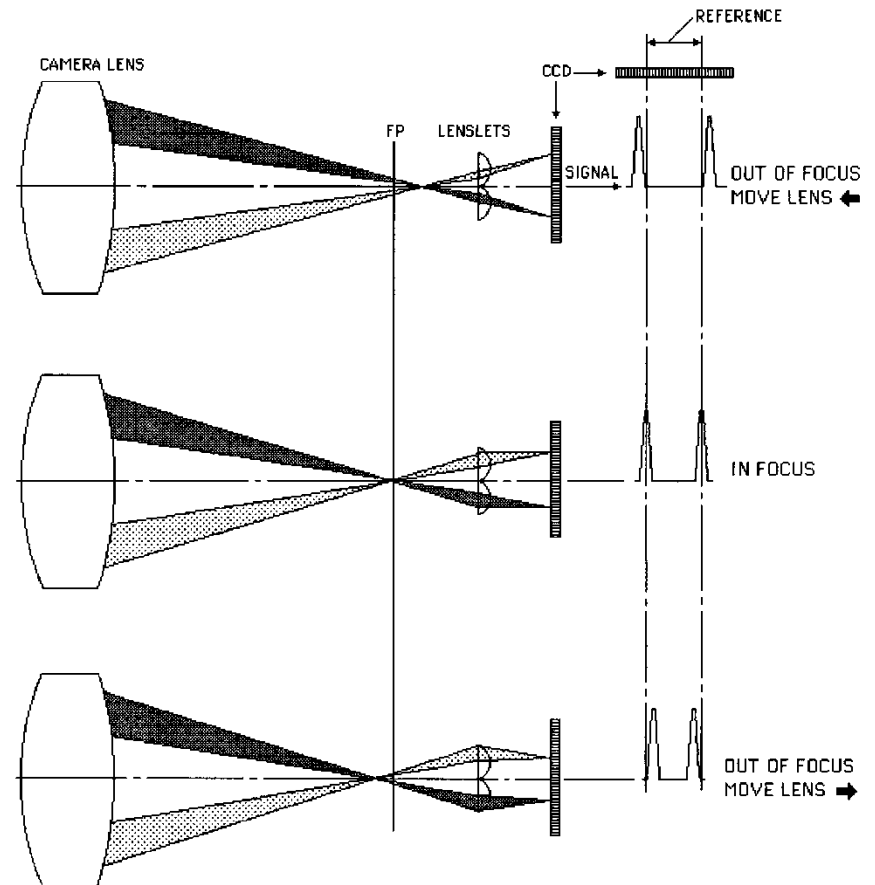
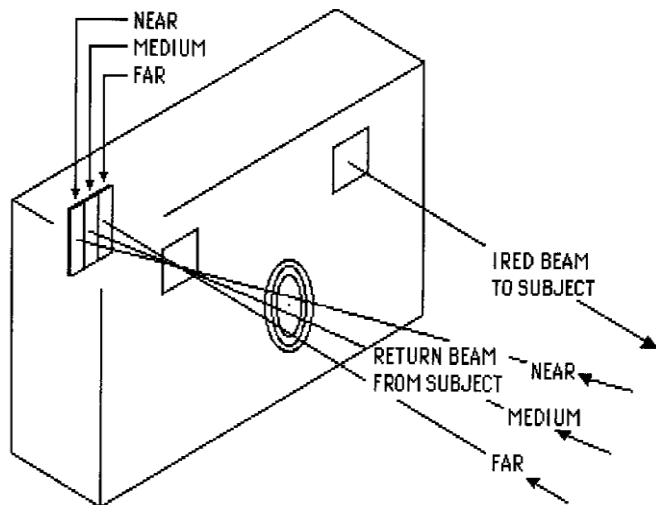


Lustrzanka jednoobiektywowa
SLR (Single Lens Reflex)

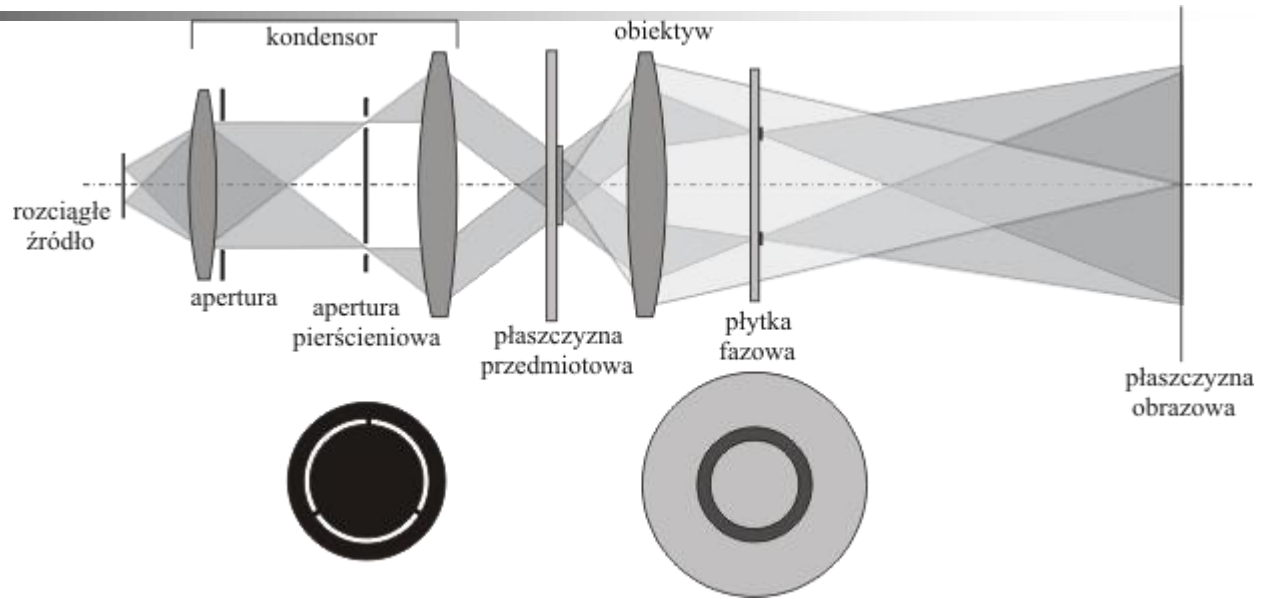
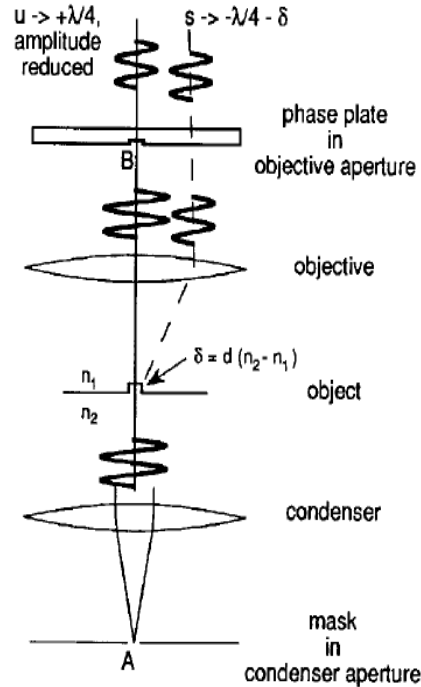
1. [Obiektyw](#)
2. [Zwierciadło](#) w dolnej pozycji (obraz widoczny w wizjerze)
3. [Migawka](#)
4. [Błona światłoczuła](#) lub [Matryca CCD](#)
5. [Matówka](#) lub zwierciadło w górnej pozycji (w momencie naciśnięcia spustu)
- 6 [Soczewka](#) skupiająca
7. [Pryzmat pentagonalny](#) lub pentagonalny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

autofokus

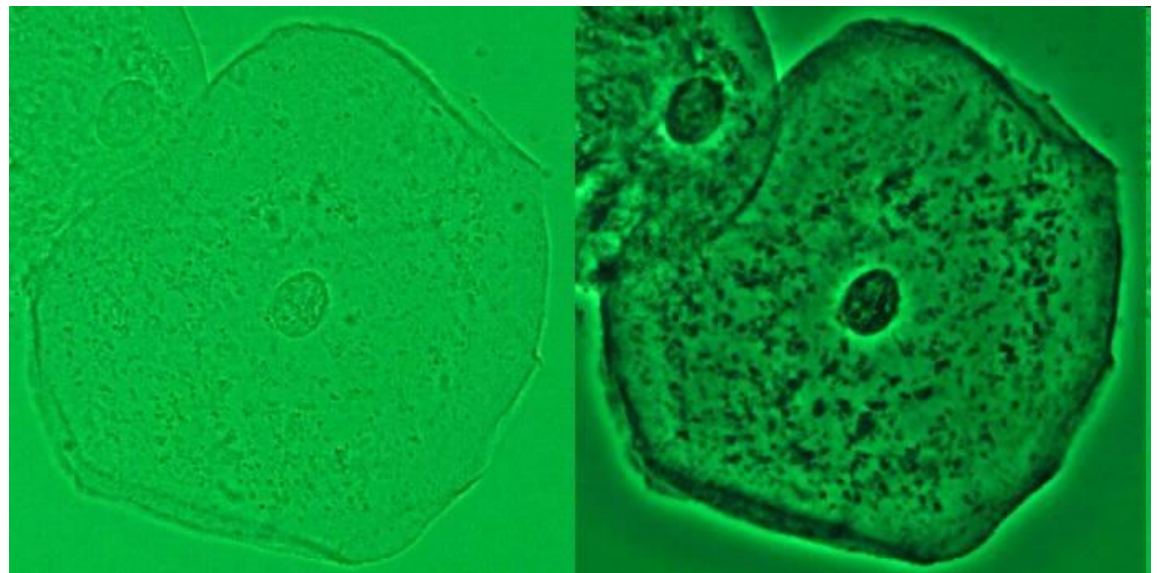
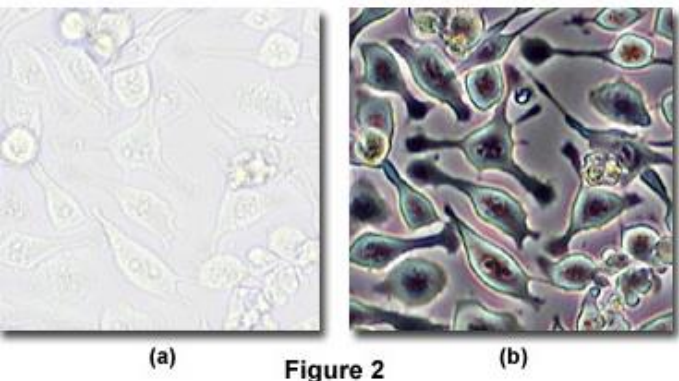
- ✓ aktywny
- ✓ bierny (pasywny)



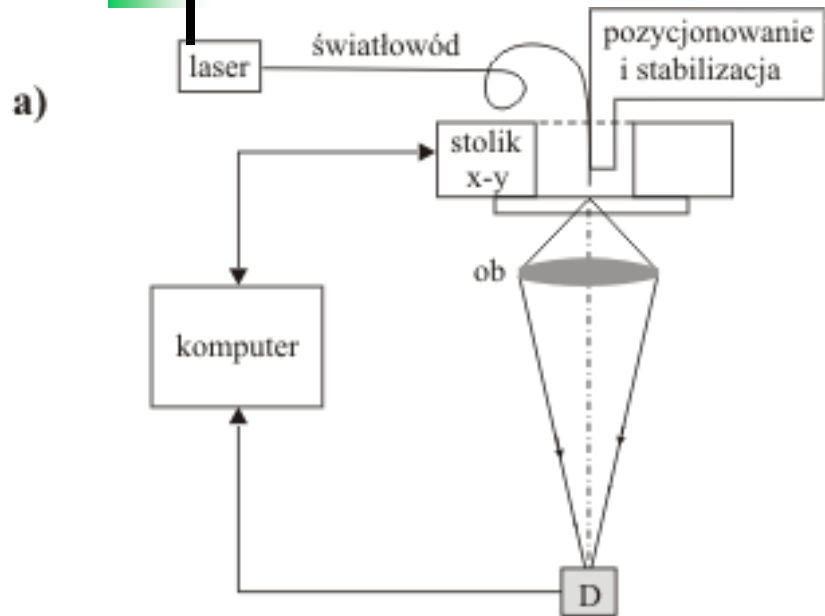
kontrast fazowy



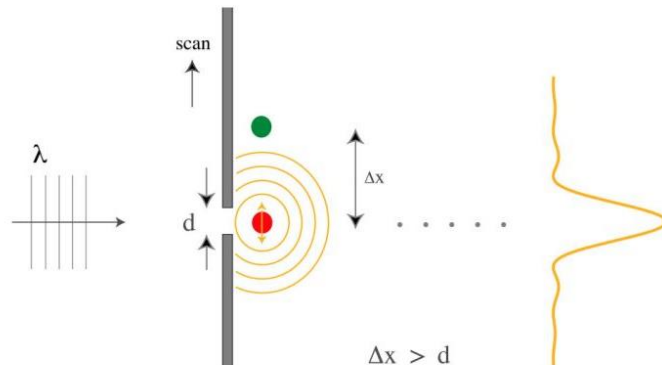
Living Cells in Brightfield and Phase Contrast



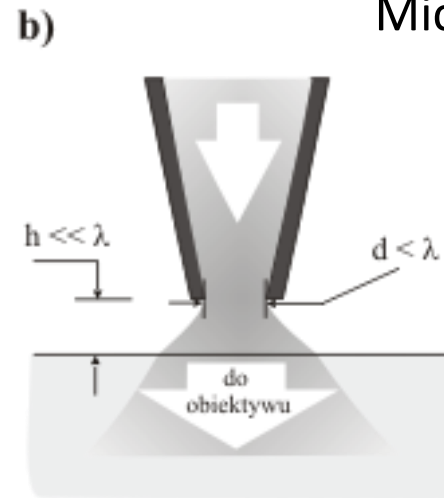
mikroskop bliskiego pola



APERTURE NEAR-FIELD MICROSCOPY



Scanning Near Field Optical Microscope (SNOM)



FIELD ENHANCEMENT MICROSCOPY

