



Wiązki gaussowskie

Przyrządy optyczne

Przypomnienie – równanie falowe w próżni

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

Kiedyś "przypadkiem" odkryliśmy rozwiązanie w postaci fali płaskiej...

Ale wiązki laserowe, wydaje się,
nie mają wiele z falą płaską
wspólnego...

- skończone rozmiary poprzeczne
- dyfrakcja





Równanie falowe w próżni – całkiem inne rozwiązanie

Założenia:

- fala monochromatyczna o częstotliwości ω
- pole skalarne
- symetria cylindryczna (wzdłuż osi z)
- wolnozmienna obwiednia
- przybliżenie przyosiowe

$$E(x, y, z) = E_0 \frac{w_0}{w(z)} e^{-\frac{r^2}{w^2(z)}} \cdot e^{-i \left[kz - \text{tg}^{-1} \left(\frac{z}{z_0} \right) \right]} \cdot e^{-i \frac{kr^2}{2R(z)}}$$

$$z_0 = \frac{\pi n w_0}{\lambda_0}$$

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_0} \right)^2}$$

$$R(z) = z \left[1 + \left(\frac{z}{z_0} \right)^2 \right]$$

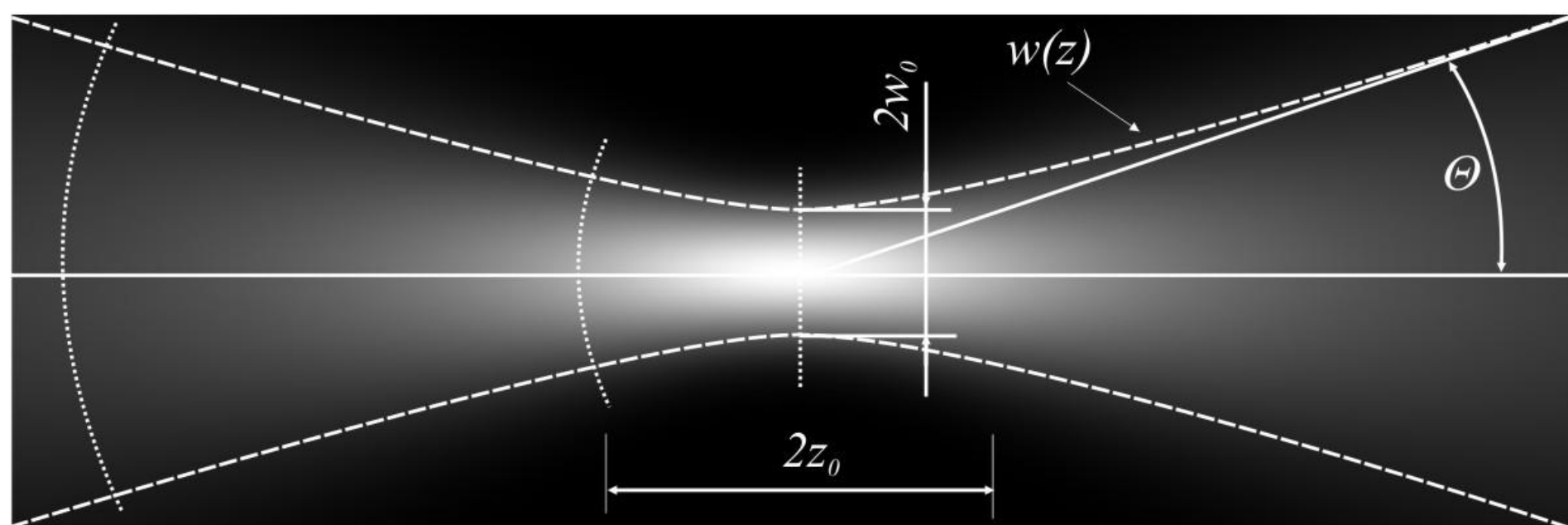
Równanie falowe w próżni – wiązka gaussowska

$$E(x, y, z) = E_0 \frac{w_0}{w(z)} e^{-\frac{r^2}{w^2(z)}} \cdot e^{-i \left[kz - \tan^{-1} \left(\frac{z}{z_0} \right) \right]} \cdot e^{-i \frac{kr^2}{2R(z)}}$$

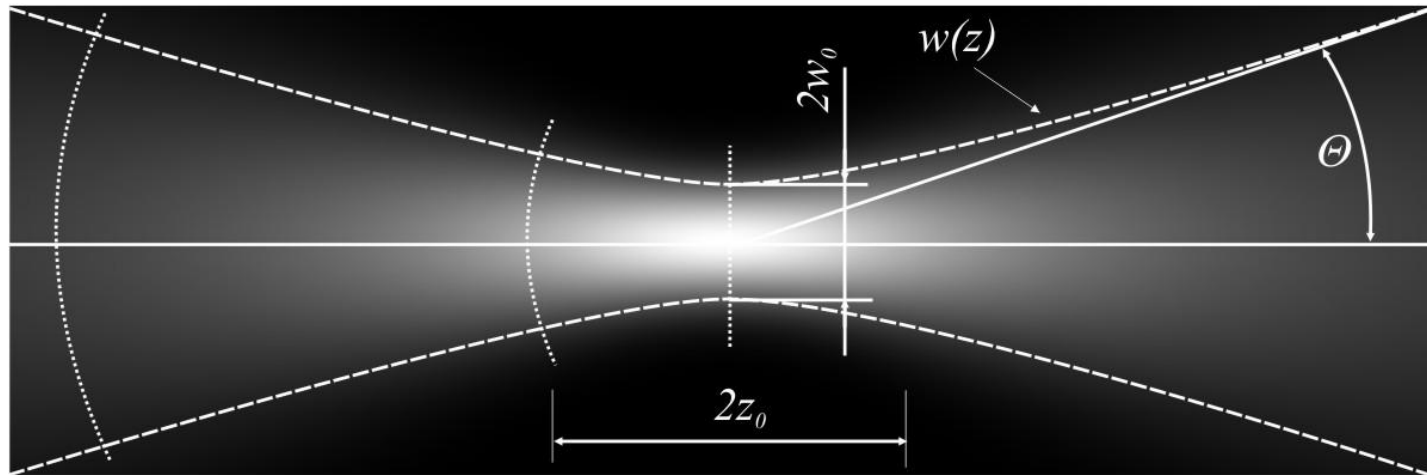
$$z_0 = \frac{\pi n w_0^2}{\lambda_0}$$

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_0} \right)^2}$$

$$R(z) = z \left[1 + \left(\frac{z}{z_0} \right)^2 \right]$$



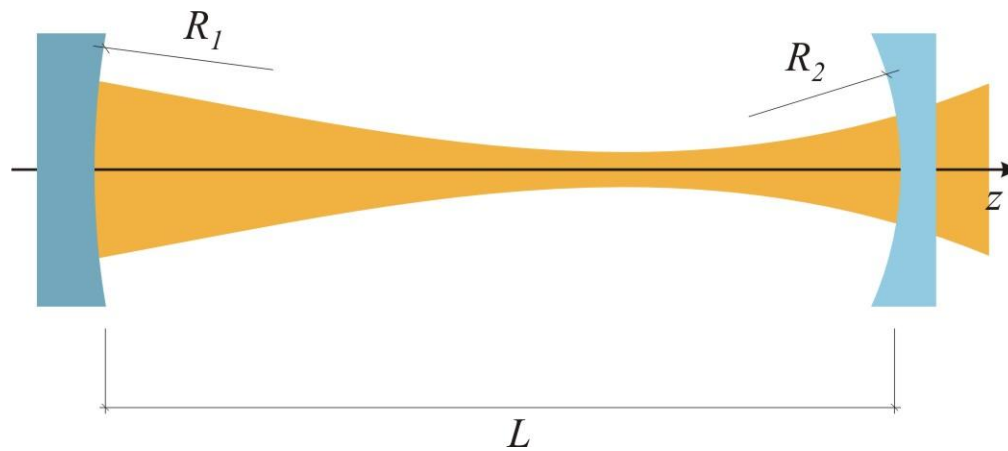
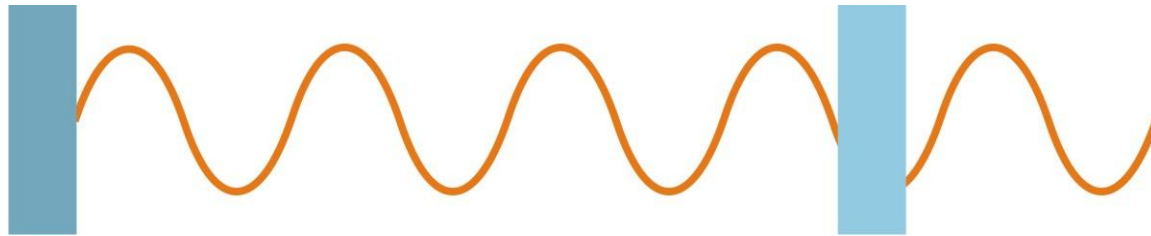
Parametry wiązki gaussowskiej



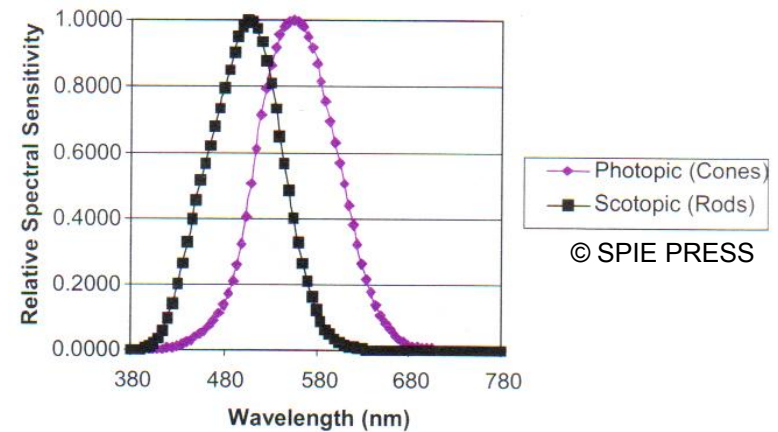
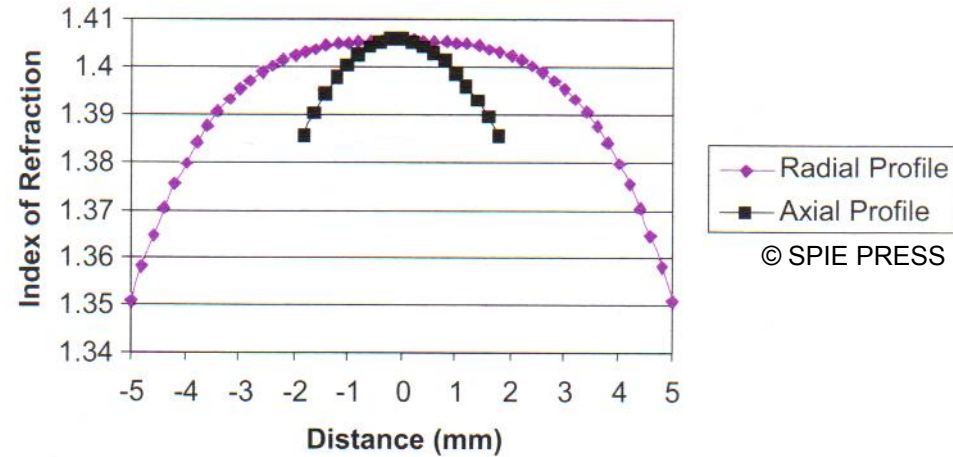
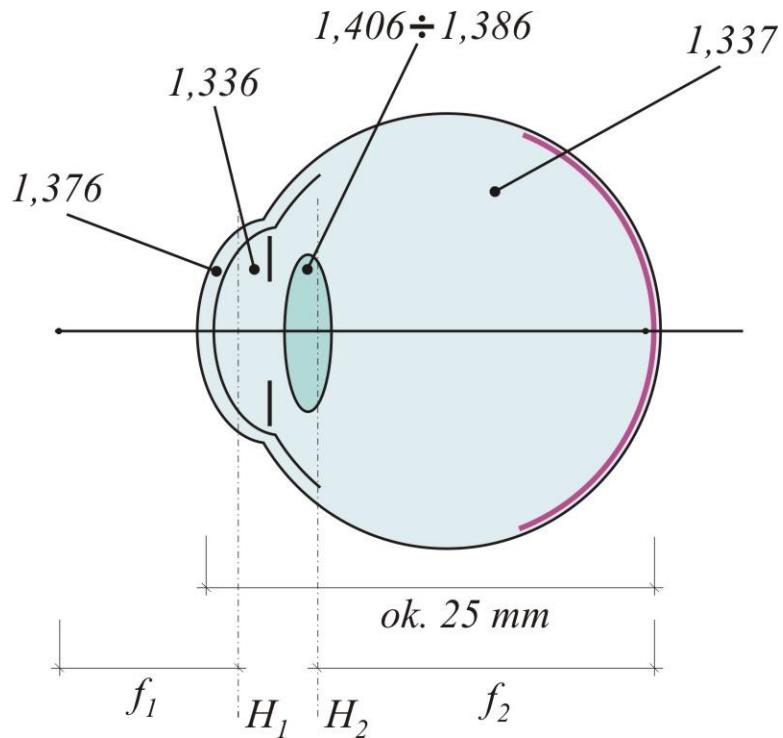
- zasięg Raleigha (*Raleigh range*)
- rozmiar przewężenia (*waist diameter*)
- rozbieżność (*divergence angle*)

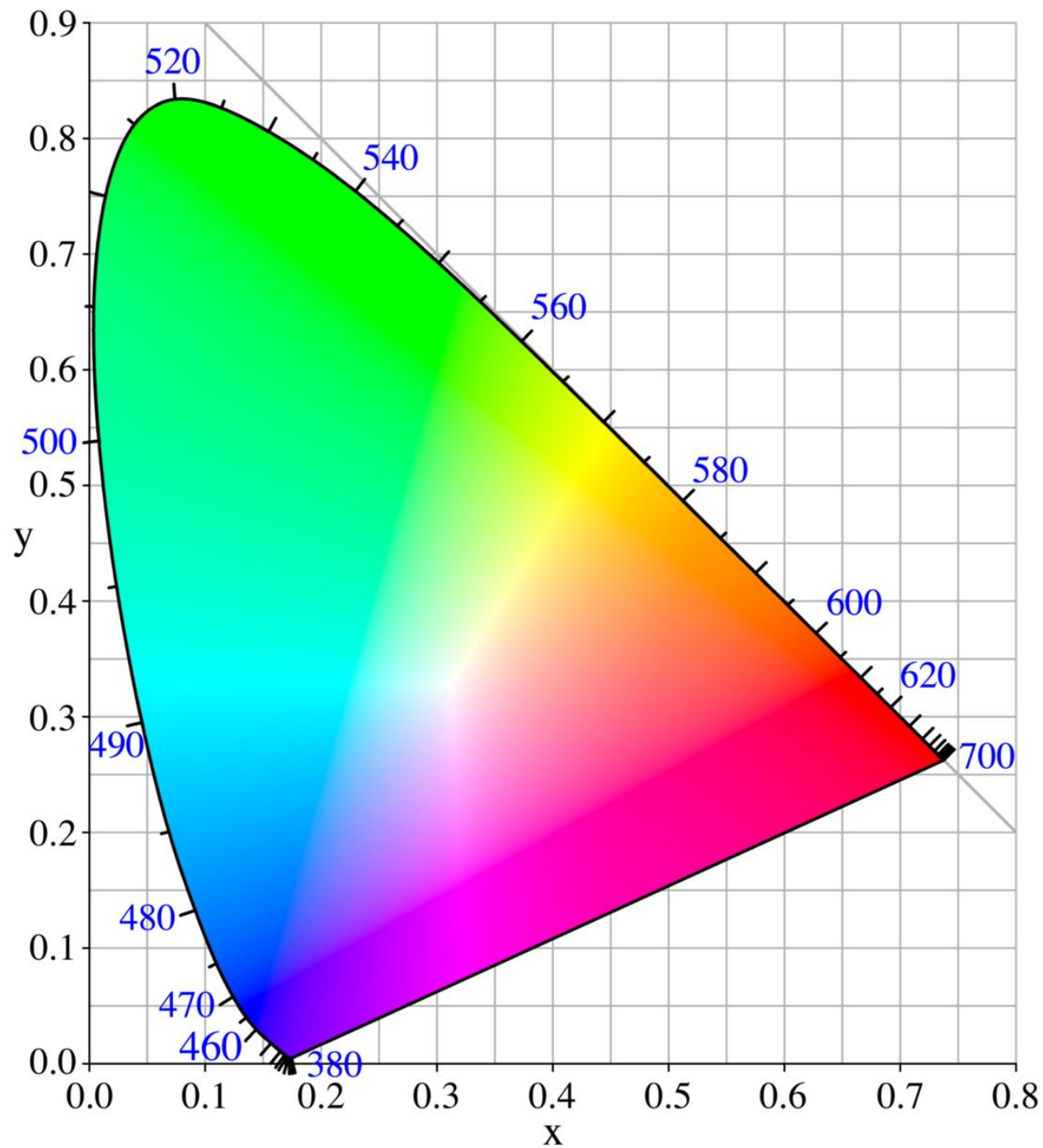
$$\theta = \frac{\lambda_0}{\pi n w_0}$$

Wizązka gaussowska w rezonatorze



Oko człowieka – przyrząd optyczny prawie doskonały

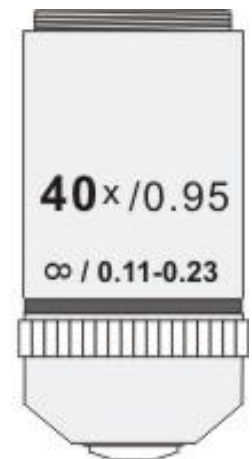
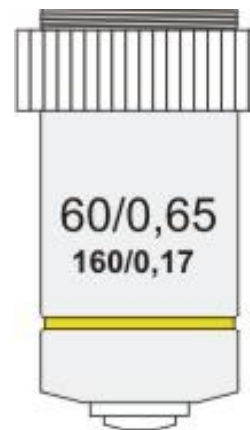
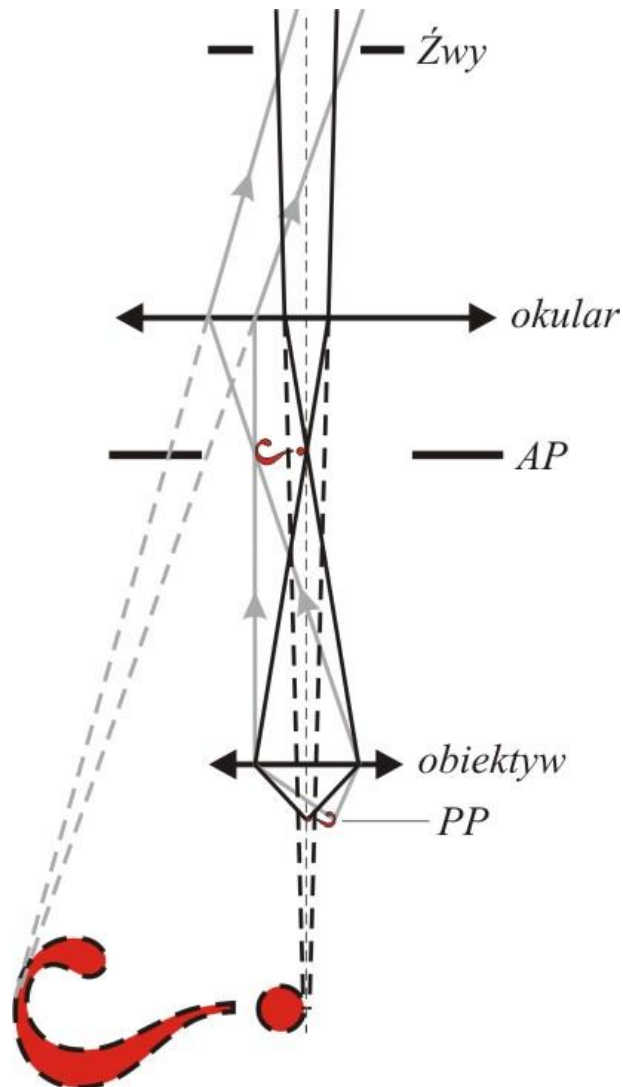




- Jak oko porusza się podczas czytania



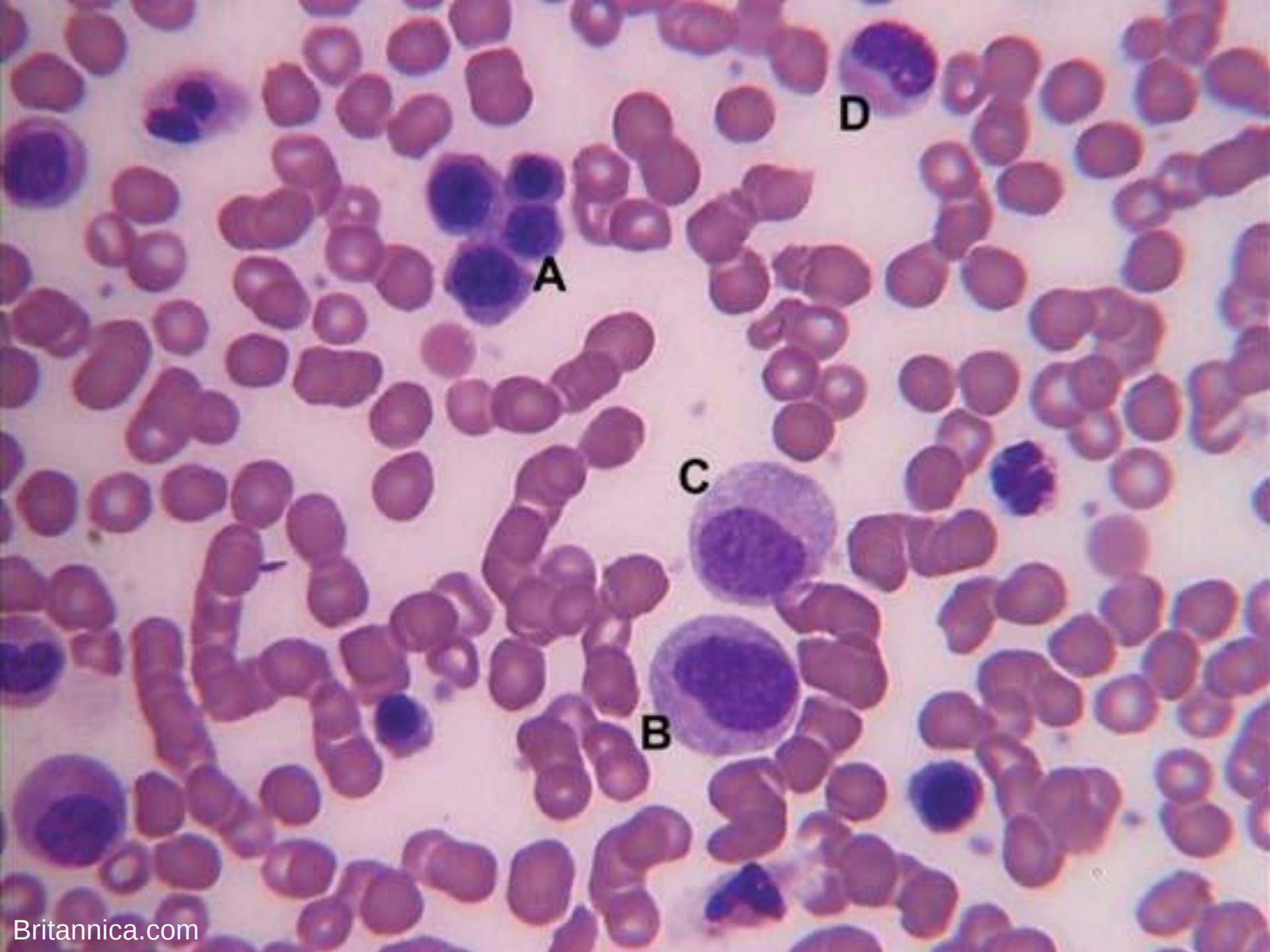
Zobaczyć małe – mikroskop optyczny



$$NA = n \sin(\alpha)$$

$$dx = 0,61 \lambda / NA$$





D

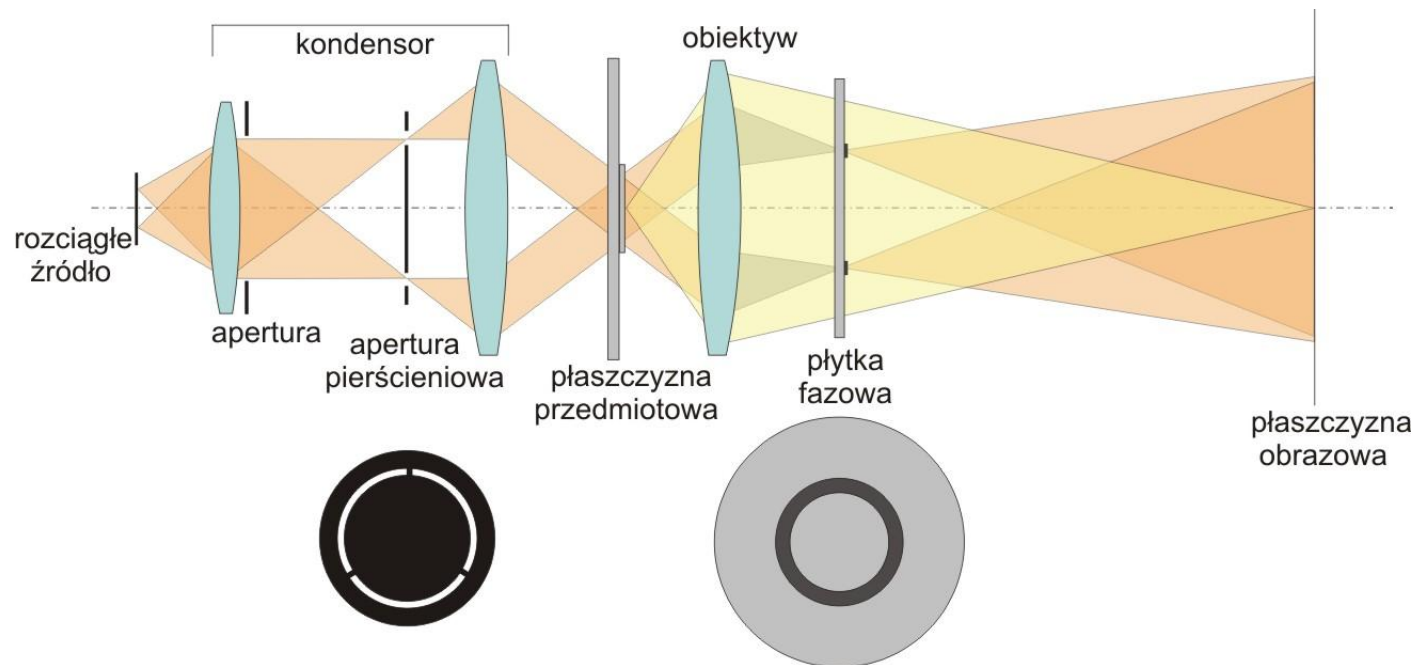
A

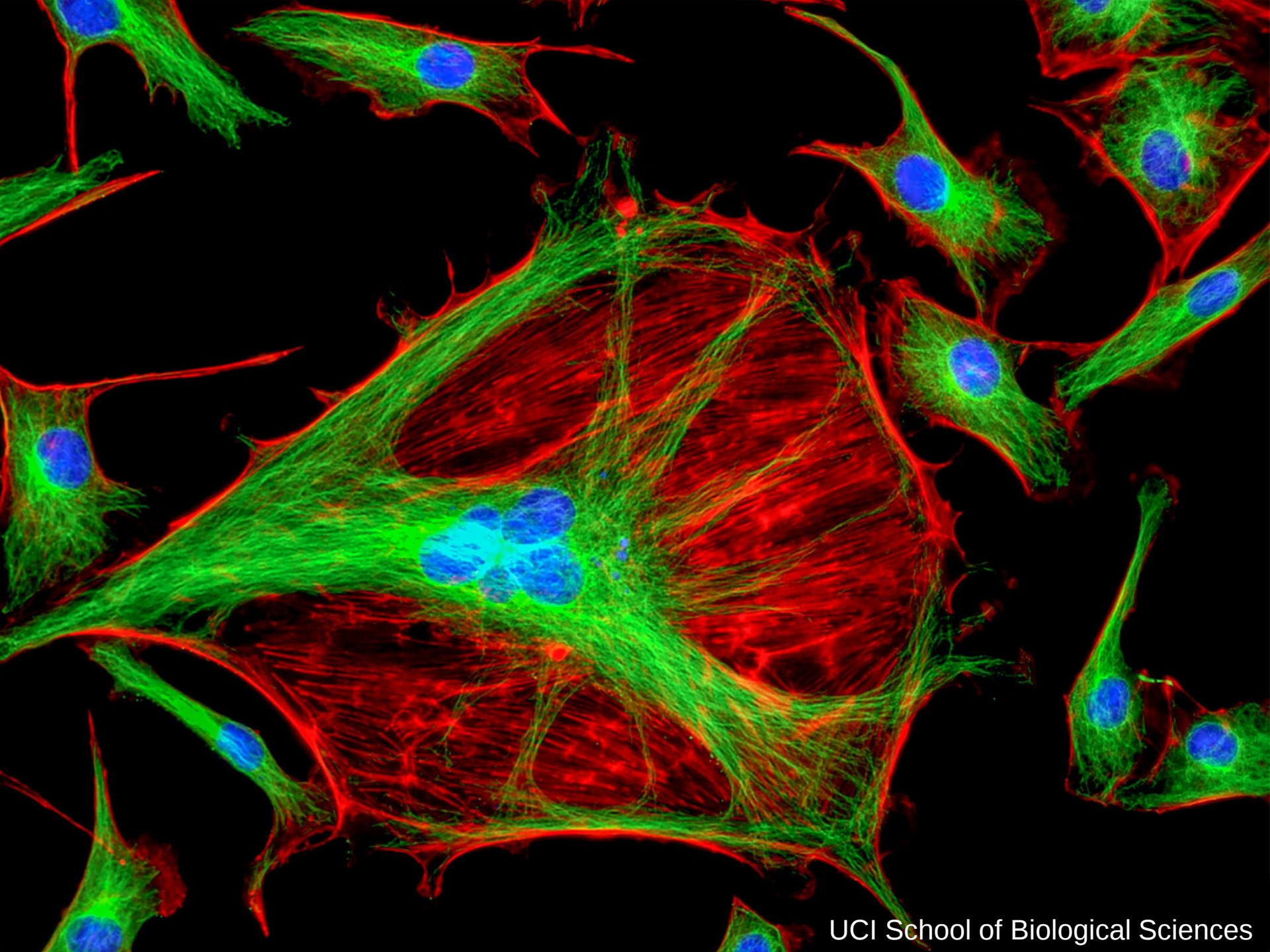
C

B

Zobaczyć przezroczyste – mikroskop z kontrastem fazowym

Wiele interesujących obiektów (np. komórki) słabo pochłania światło...







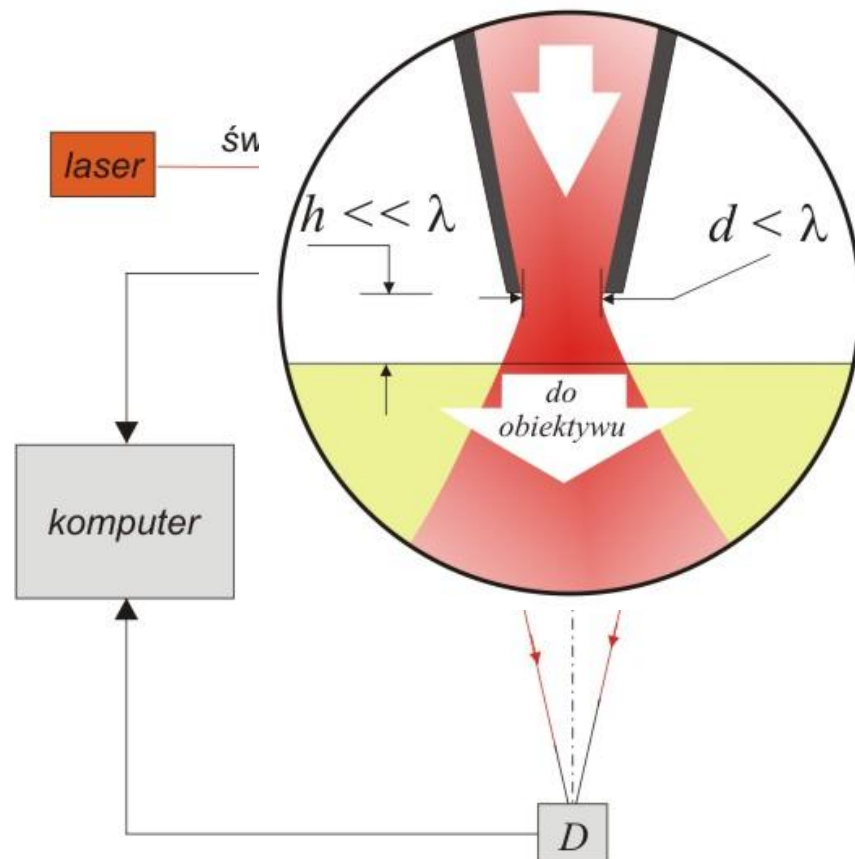
Zobaczyć w 3D – mikroskop konfokalny

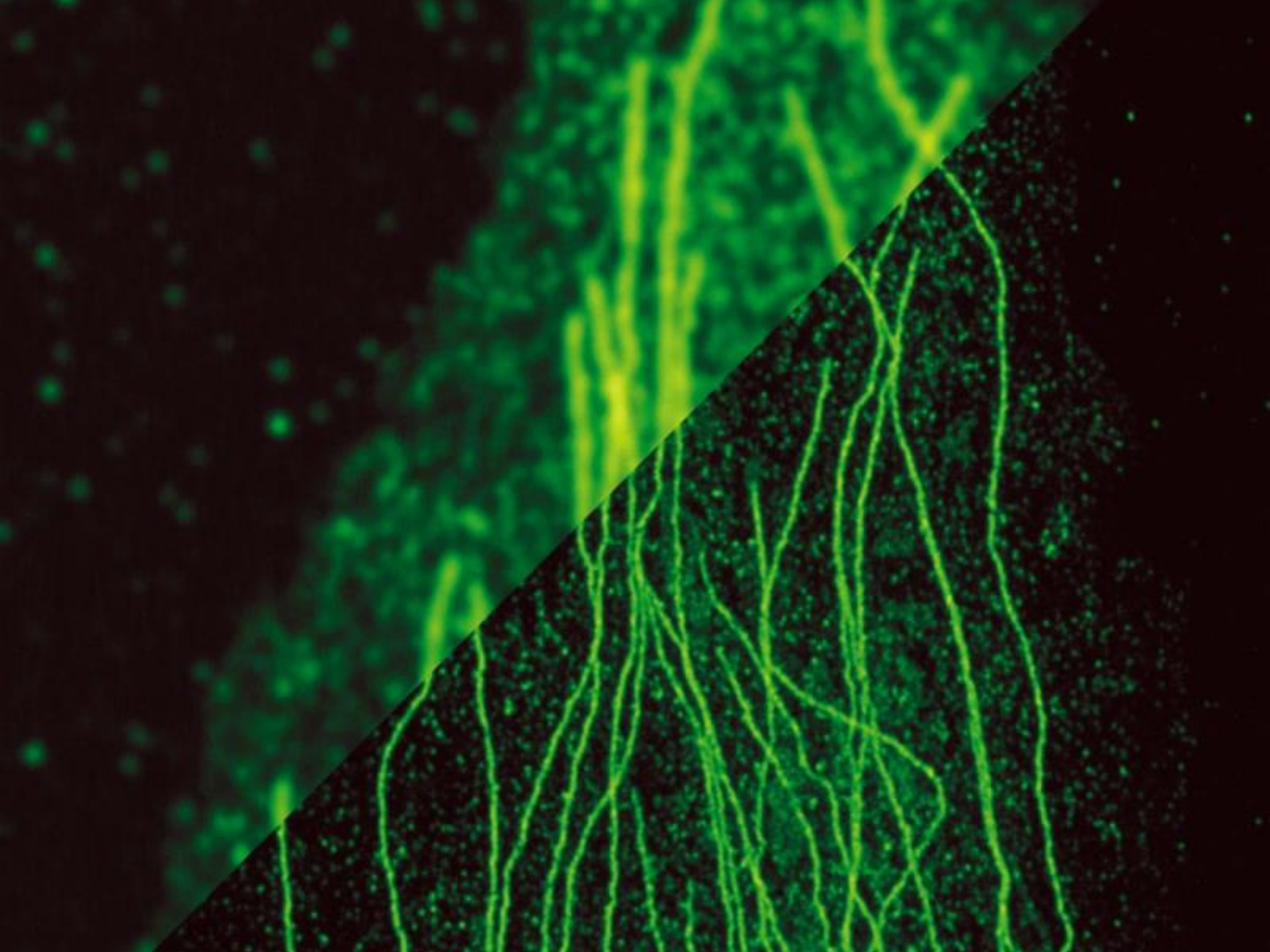
Zobaczyć jeszcze mniejsze – mikroskop bliskiego pola

Rozdzielczość mikroskopu optycznego jest ograniczona fundamentalnie przez długość fali λ , na której obserwujemy

Czy można "upchnąć" światło na mniejszym obszarze niż λ ?

Scanning
Near-field
Optical
Microscope





Zobaczyć to, co daleko – lornetka

