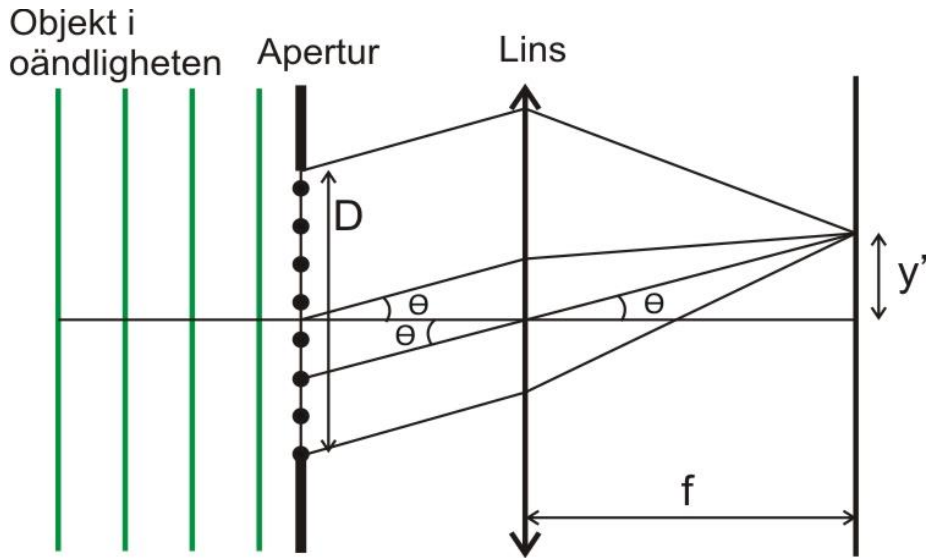


Föreläsning 10: Diffraction i avbildande system

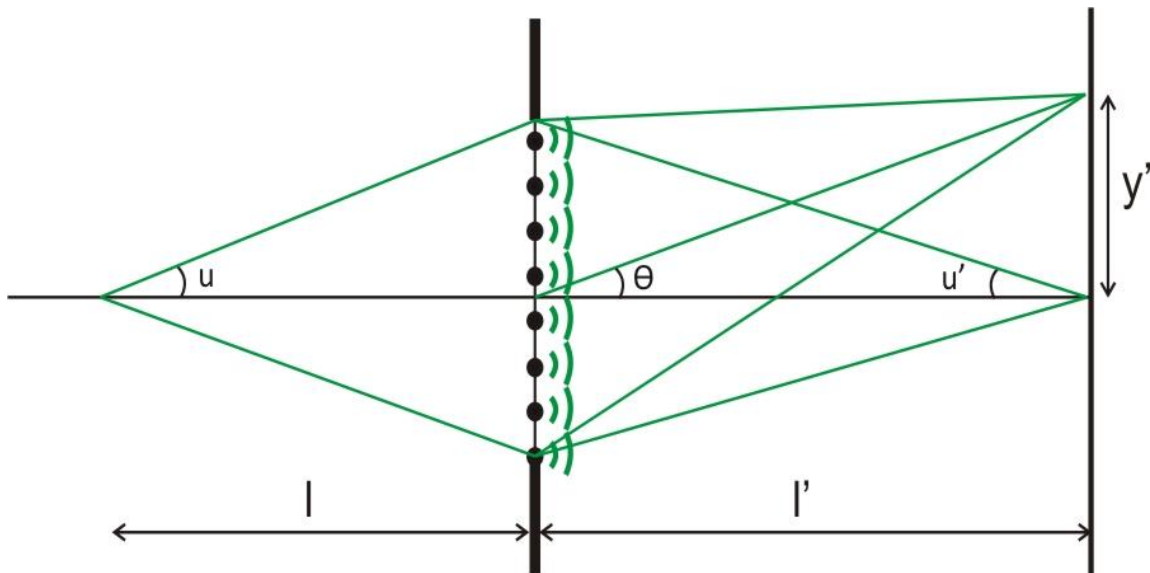


Lins och apertur sitter egentligen ihop men vi ritar dem åtskilda för att förstå bättre.

Min då:

$$\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{n'D} \approx \frac{y'}{f} \rightarrow y' \approx \frac{1.22\lambda f}{n'D}$$

Vid avbildning:



Min då:

$$\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{n'D}$$

Antag små vinklar u , u' , θ'

$$\sin \theta \approx \tan \theta \approx \frac{y'}{l'} \rightarrow y' \approx \frac{1.22\lambda l'}{n'D} \text{ (höjden för första min)}$$

Kan skrivas på flera olika sätt:

$$\text{Numerisk apertur} = NA = n \cdot \sin u \approx n \frac{(D/2)}{l}$$

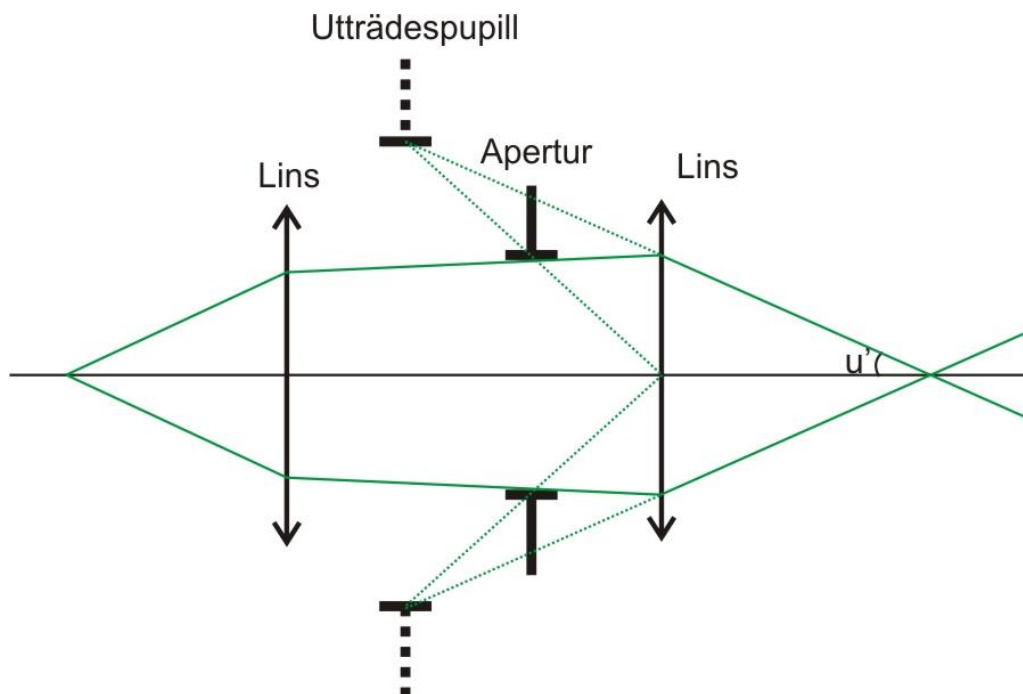
$$\text{Numerisk apertur} = NA' = n' \cdot \sin u' \approx n' \frac{(D/2)}{l'}$$

$$\text{Förstoring} = m = \frac{n l'}{n' l}$$

$$y' \approx \frac{1.22 \lambda l'}{n' D} = \frac{0.61 \lambda}{NA'} = m \frac{0.61 \lambda}{NA}$$

$$\sin \Theta = \frac{1.22 \lambda}{n' D}$$

Diffraction i system av flera lins

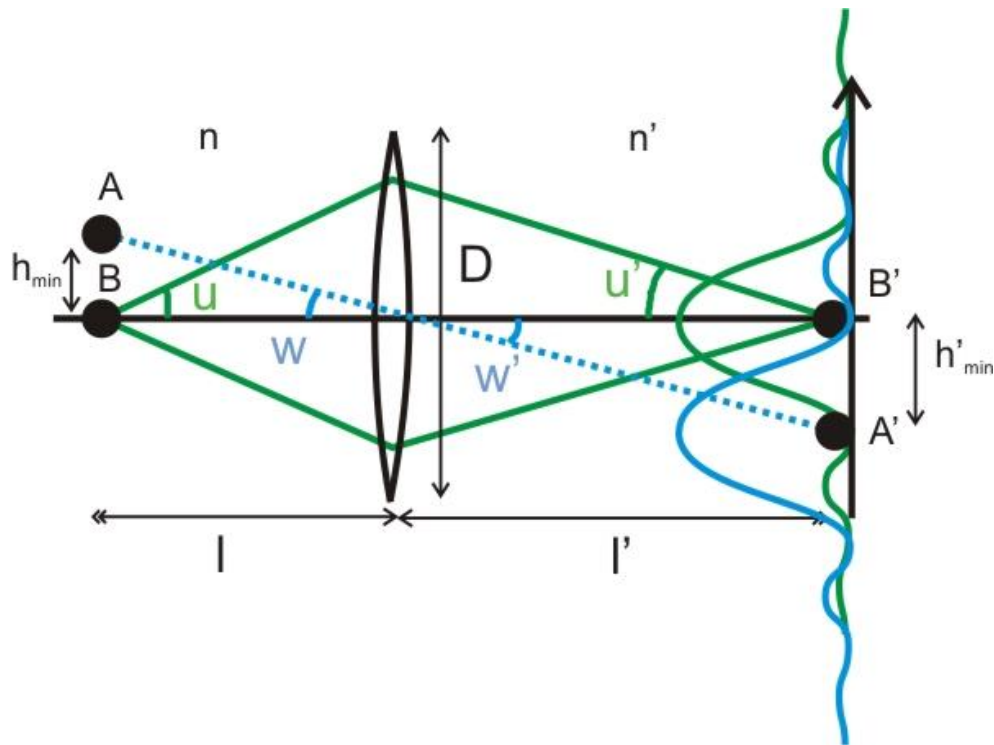


1. $y' = \frac{0.61 \lambda}{NA'} = m \frac{0.61 \lambda}{NA}$ gäller alltid
2. Använd $y' \approx \frac{1.22 \lambda l'}{n' D}$, men ersätt $\frac{l'}{D}$ med t.ex.
 - a. $\frac{\text{avstånd sista lins-bild}}{2 \text{ höjd sista lins}}$
 - b. $\frac{\text{avstånd utträdspupill-bild}}{\text{utträdspupillens diameter}}$
 - c. $\frac{\text{avstånd bakre huvudplan-bild}}{2 \text{ höjd bakre huvudplan}}$

Det viktiga är att få rätt värde på u' !

Upplösningens gränser

Upplösning = förmåga hos ett system att avbilda små detaljer.



Diffraktion och aberrationer minskar upplösningen.

Rayleigh-kriteriet: Två objekt är just upplösta då första diffraktionsminimum för ena bildpunkten sammanfaller med centralmaximum för den andra.

$$w' = \theta_{min} \approx \frac{1.22\lambda}{n'D} \quad \text{Minsta upplösta vinkeln!}$$

$$w = \frac{n'}{n} w' = \frac{1.22\lambda}{nD}$$

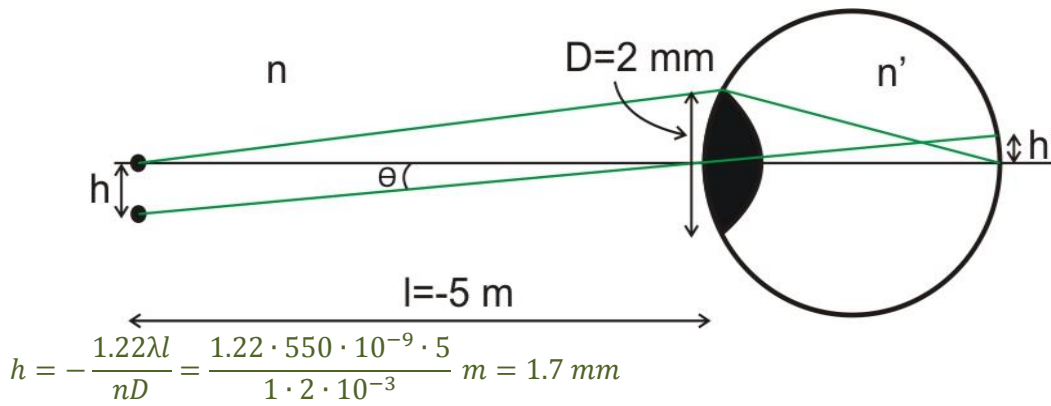
$$h' = \frac{1.22\lambda l'}{n'D} = \frac{0.61\lambda}{NA'} = m \frac{0.61\lambda}{NA} \quad \text{Minsta upplösta bildavstånd!}$$

$$h = \frac{1.22\lambda l}{nD} = \frac{0.61\lambda}{NA} = \frac{1}{m} \frac{0.61\lambda}{NA'} \quad \text{Minsta upplösta objektavstånd!}$$

System där aberrationerna är så små att upplösningen begränsas av diffraktionen kallas diffraktionsbegränsade!

Ex) Ögat

Antag att ögat är diffraktionsbegränsat och betraktar en syntavla på 5 m håll. Vad blir upplösningen?
Pupilldiameter 2 mm.



$$h = -\frac{1.22\lambda l}{nD} = \frac{1.22 \cdot 550 \cdot 10^{-9} \cdot 5}{1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ m} = 1.7 \text{ mm}$$

Synvinkeln ges av:

$$w = \frac{1.22\lambda}{nD} = \frac{1.22 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ rad} \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.019^\circ \approx 0.019 \cdot 60' \approx 1.2'$$

('=bågminuter)

$$\text{Visus} = \frac{1}{w} = \frac{1}{1.2} \approx 0.83$$