



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Modern fizika vegyészmérnököknek

2. óra: Fénytörés, lencsék, mikroszkóp felbontóképessége, kétréskísérlet

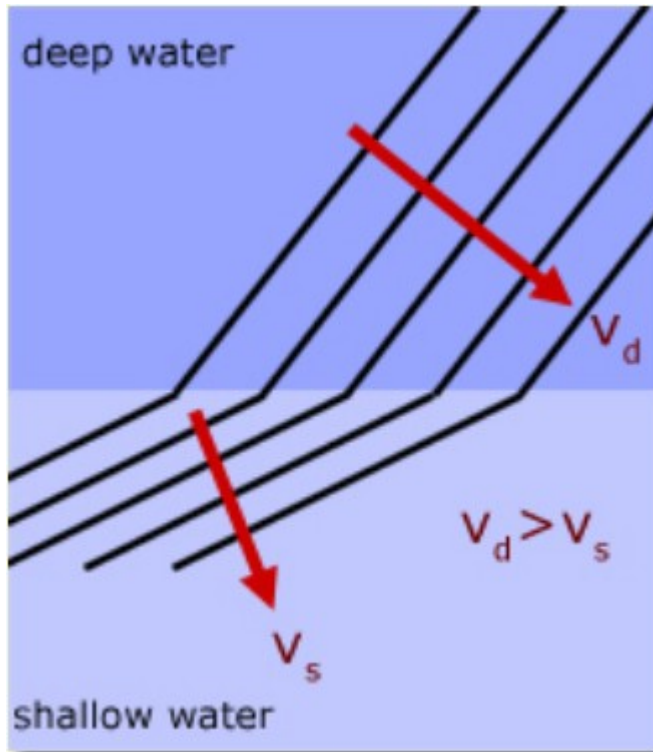
A tengerparton miért jönnek mindig felénk a hullámok?

Google Earth's Lessons in Wave Mechanics

MIT
Technology
Review



Közeghatáron a hullámok iránya megváltozik: Snellius-Descartes-törvény

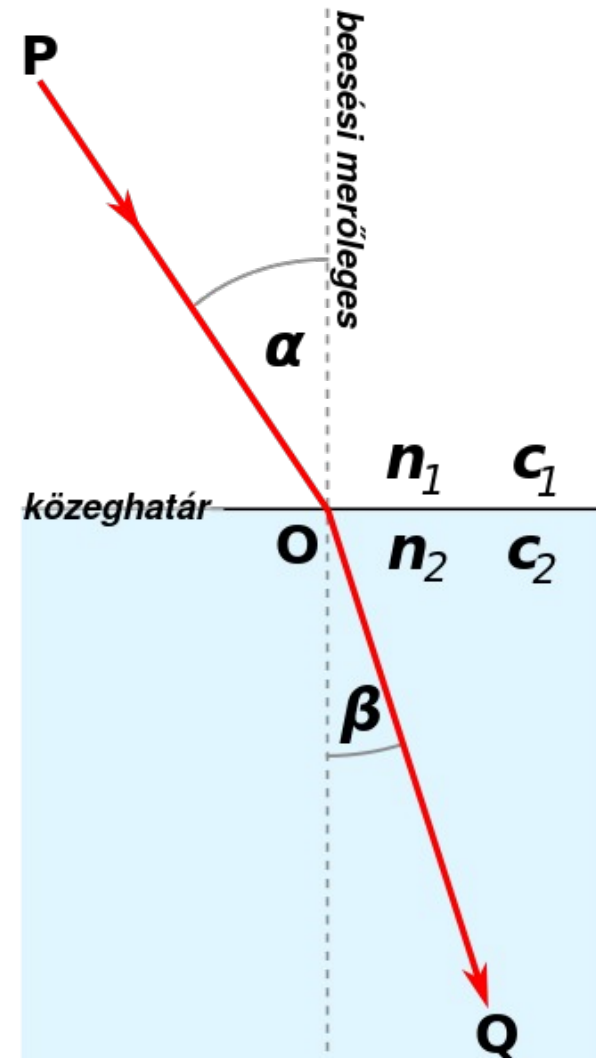


Lassabb közegben
hullámok feltorlónak

$$\lambda = c/f$$

frekvencia állandó
→ hullámhossz csökken
→ beesési merőlegeshez
törés

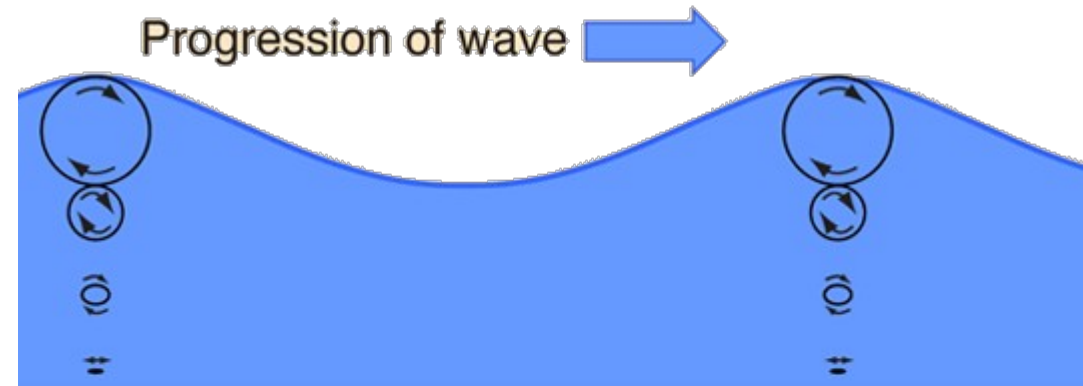
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$



Kitérő: miért lassulnak le a hullámok sekély vízben?

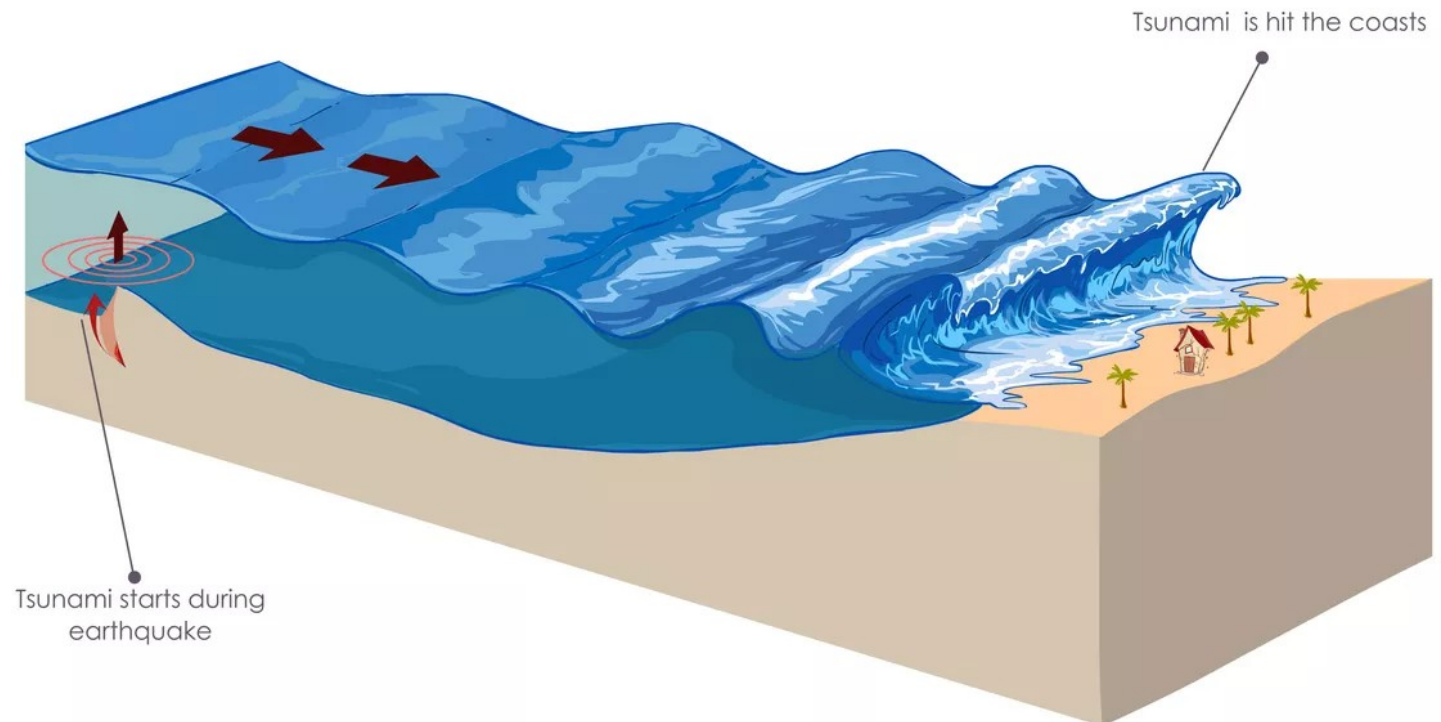
A víz hullámokat a gravitáció hajtja.
Dimenzióanalízissel mély vízben:

$$c_p = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

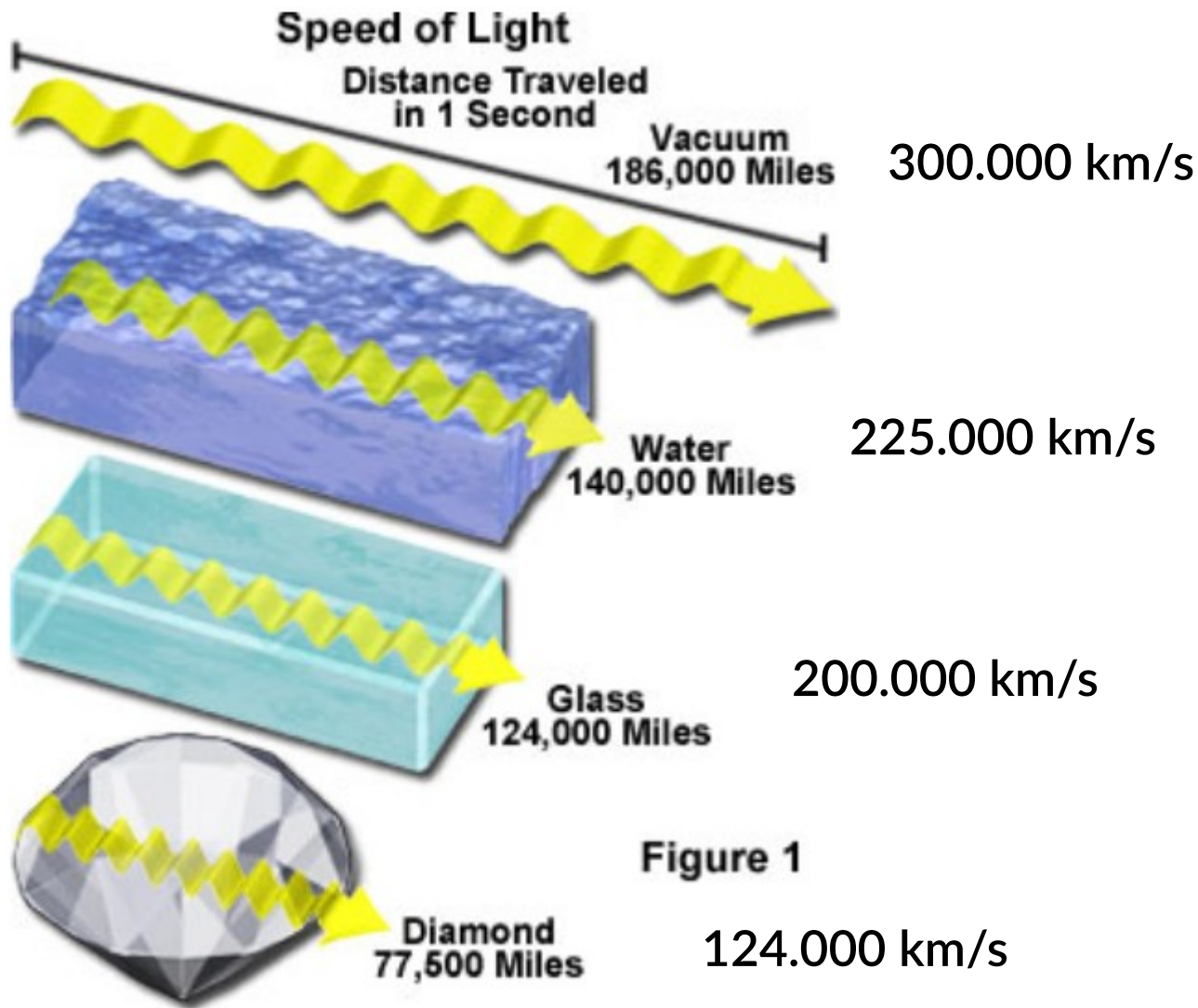


Sekély vízben:

$$c_p = \sqrt{gh}$$



A fényhullámok közegben lassabban terjednek, mint vákuumban



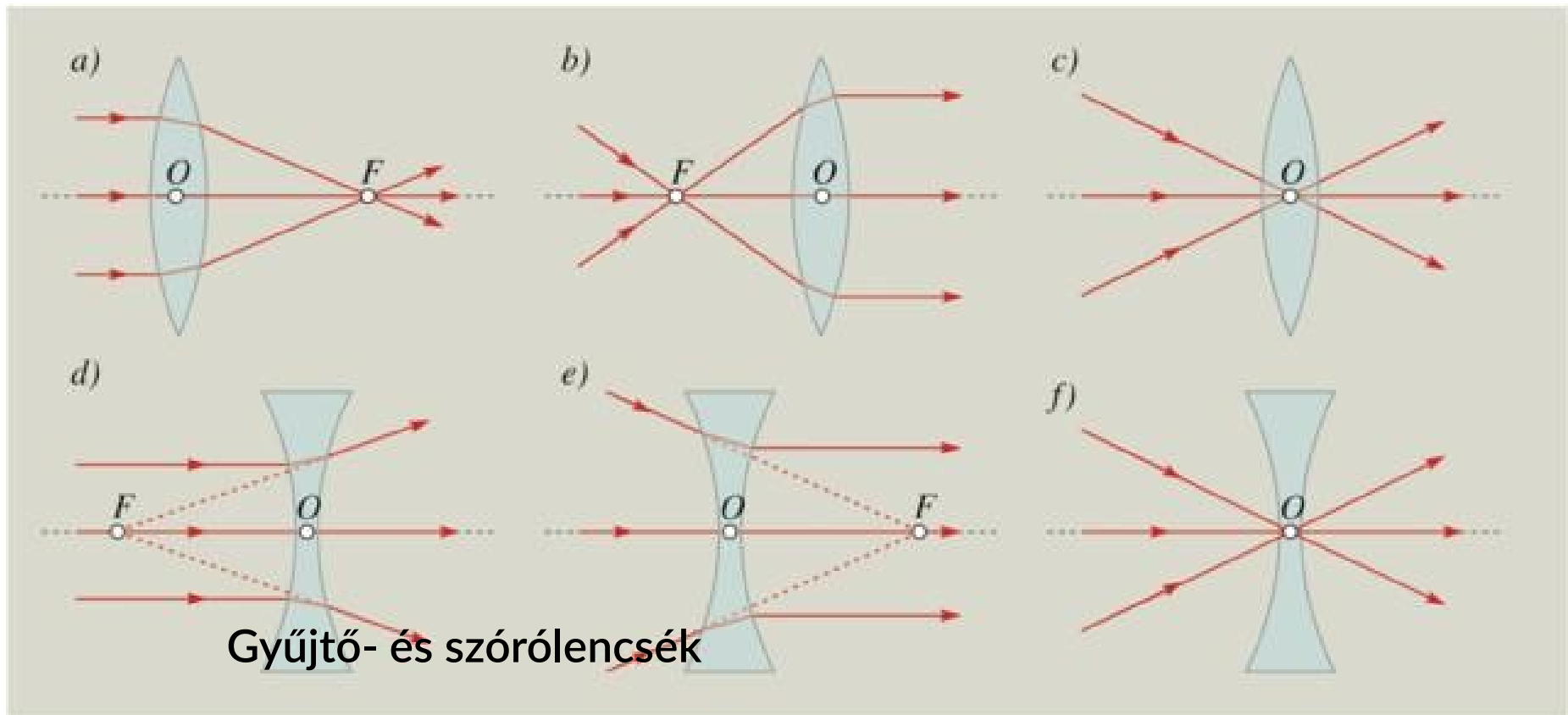
Fénytöréssel működnek a lencsék

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

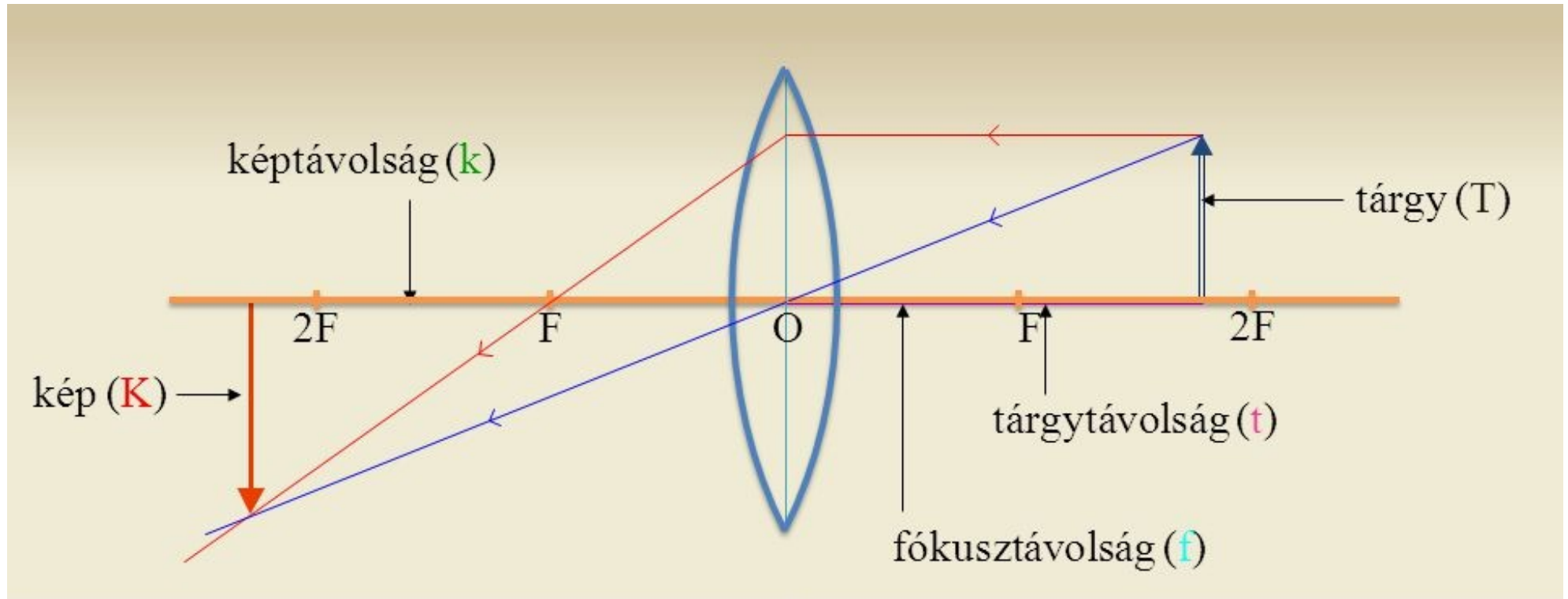
Törésmutató

$$n_{\text{rel}} = \frac{c_0}{c} \geq 1$$

$$\frac{1}{f} = (n_{\text{rel}} - 1) \frac{2}{R}$$



Lencsék képképzését a leképezési törvény adja meg



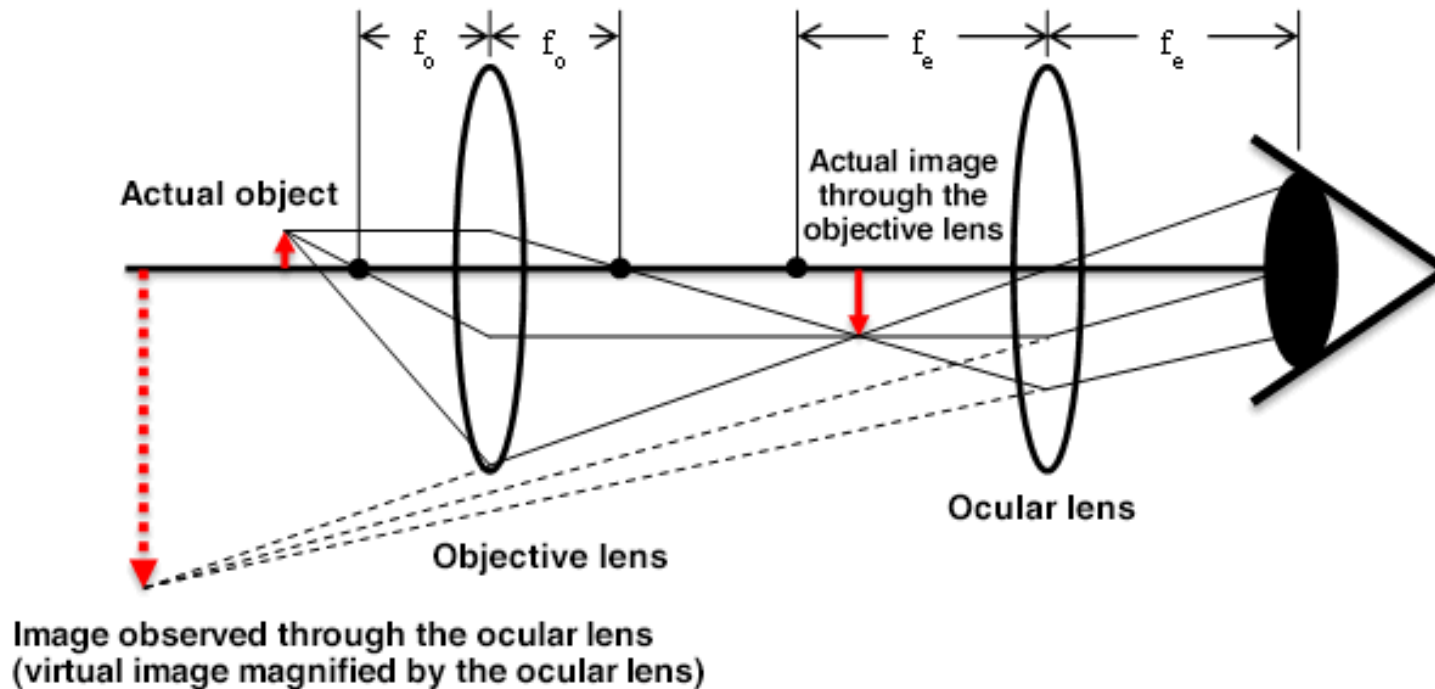
A leképezési törvény:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{k} + \frac{1}{t}$$

A nagyítás:

$$N = \frac{k}{t} = \frac{K}{T}$$

Lencsét egymás után fűzve a nagyítás lényegesen növelhető: Mikroszkóp







d : tubushossz: $F_{obj} - F_{ok}$

$$N = \frac{k_{obj}}{t_{obj}} \frac{k_{ok}}{t_{ok}} \approx \frac{d}{f_{obj}} \frac{a}{f_{ok}}$$

a : kényelmes
látótávolság = 25 cm

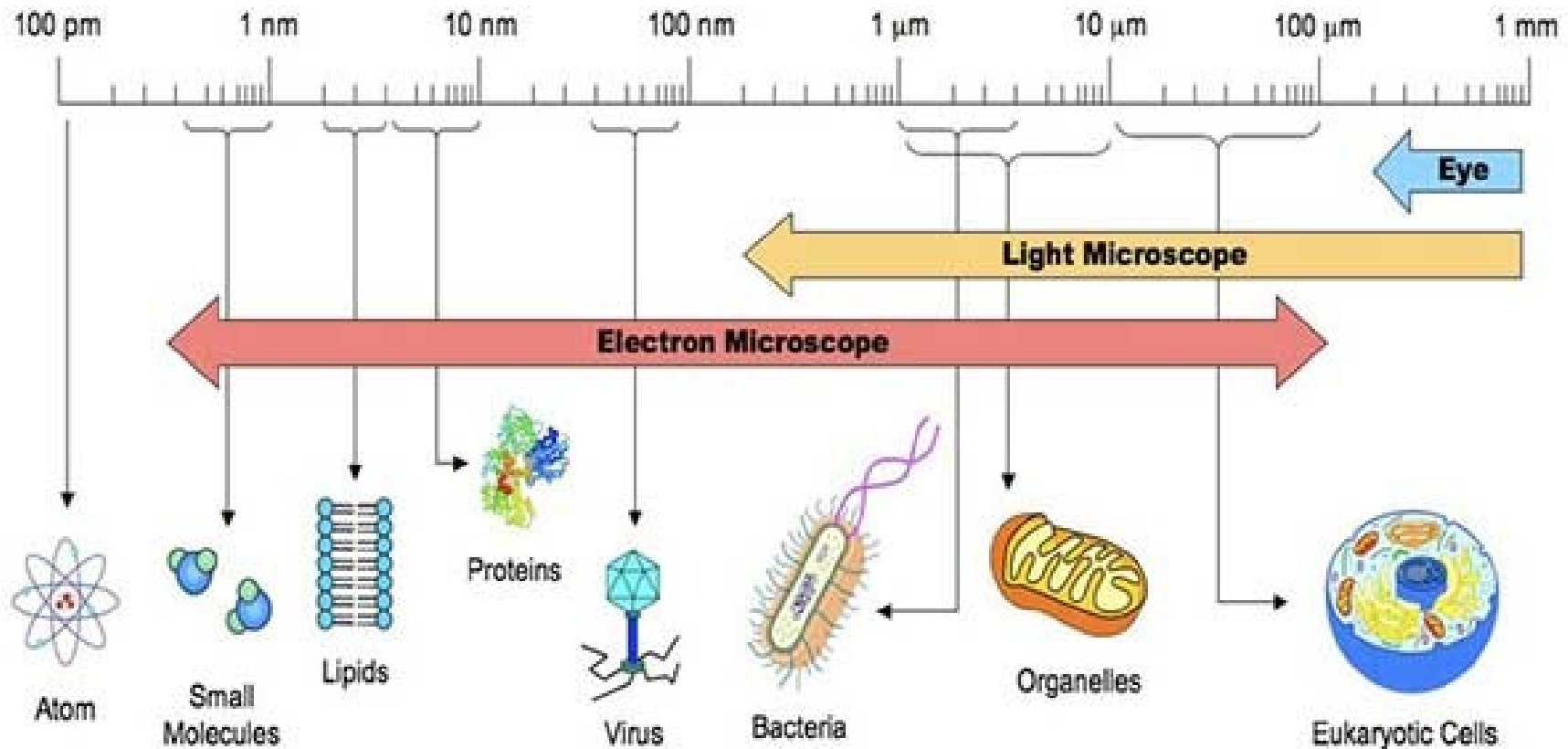
Miért nem növeljük meg a mikroszkóp nagyítását nagyon nagyra?

TYPES OF MICROSCOPES					
Microscope	Compound Light Microscope	Dissection Microscope	Transmission Electron Microscope	Scanning Electron Microscope	
					
Forming the Image	visible light and lenses				
Image	3-D, real color or stain				
Specimen	slices or whole, live or dead				
Maximum Magnification	1000x				
Advantages and Disadvantages	cheap and simple, but low resolution				

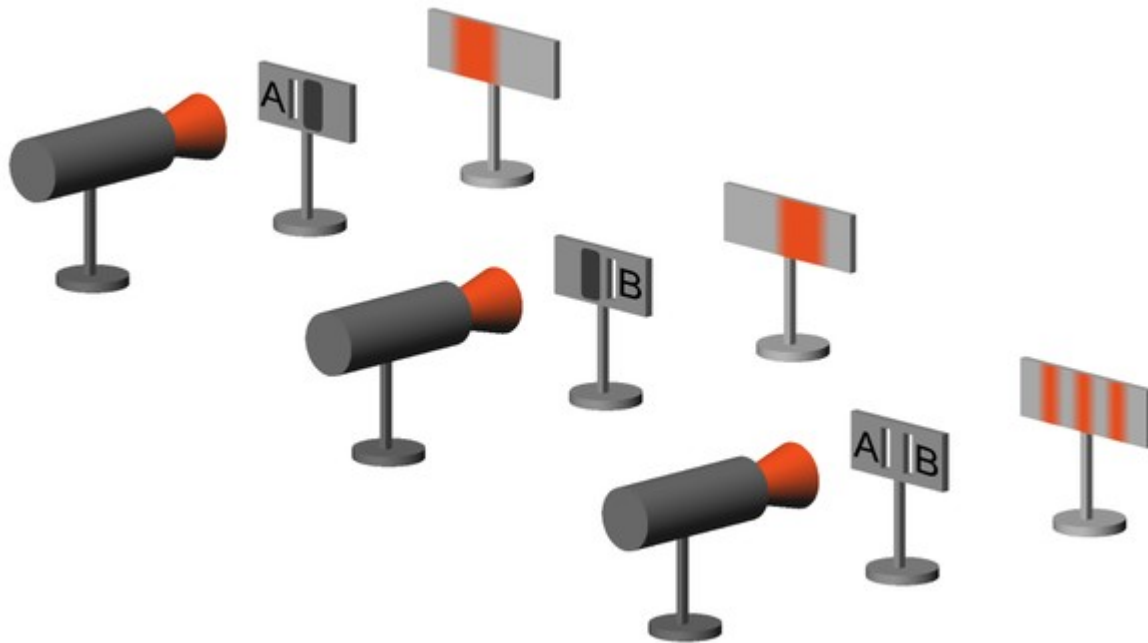


$$N = \frac{k_{obj}}{t_{obj}} \frac{k_{ok}}{t_{ok}} \approx \frac{d}{f_{obj}} \frac{a}{f_{ok}}$$

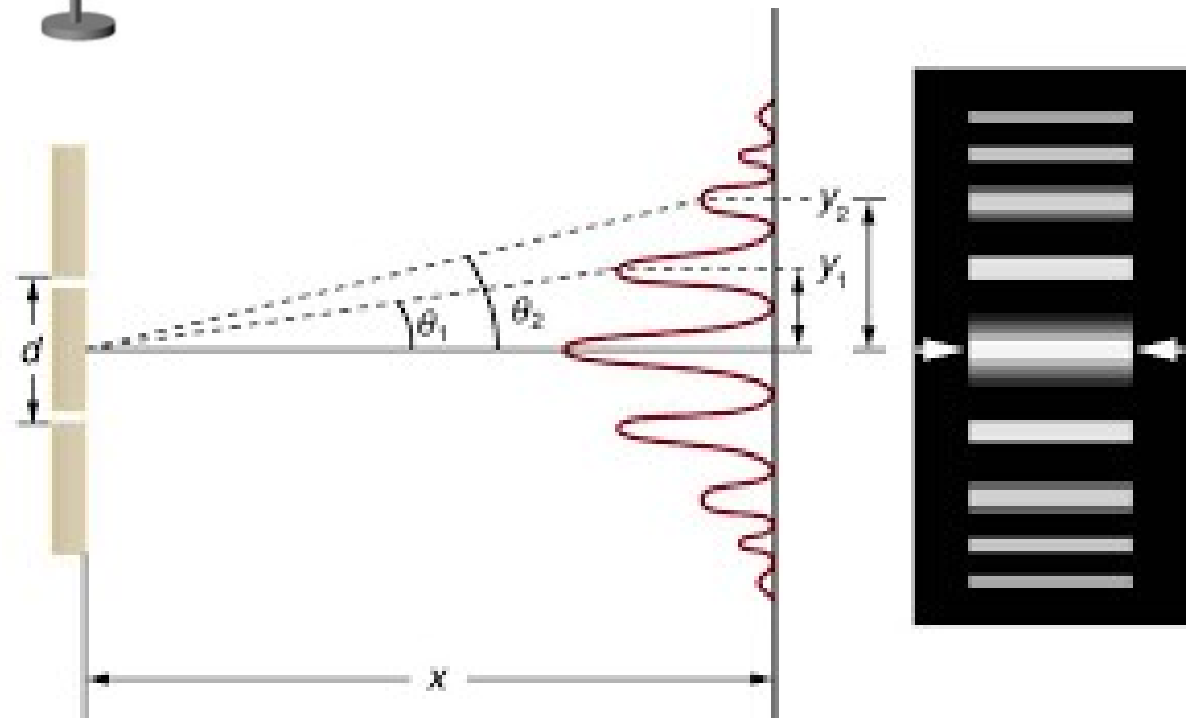
A mikroszkóp minőségét a felbontóképesség határozza meg



A kétréskísérlet: két rés képen sok kis csík jelenik meg



1 rés: 1 széles csík
2 rés: 1 széles csíkon
sok kis csík



A kétréskísérlet magyarázata: interferencia



Veritasium ✓
6.35M subscribers

<https://www.youtube.com/watch?v=luv6hY6zsd0>

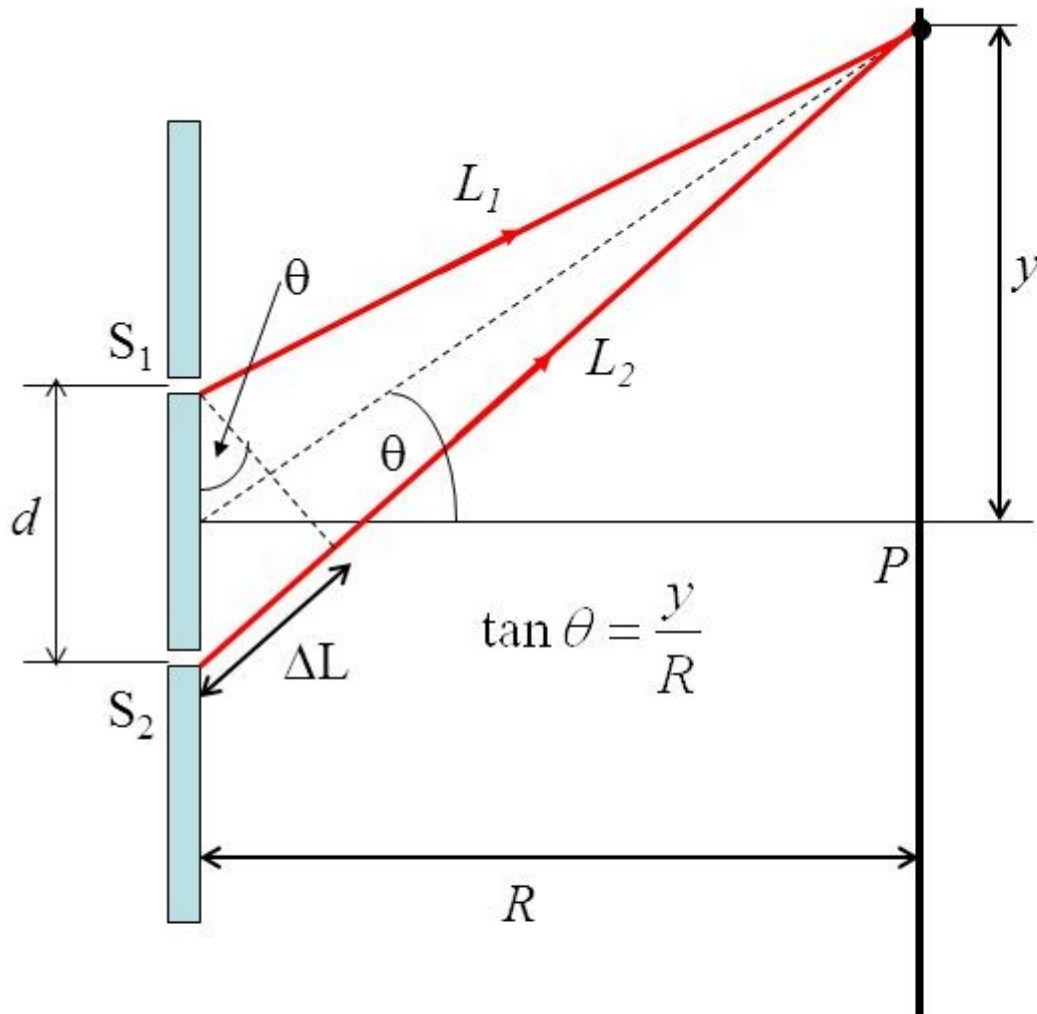


Where they meet up peaks with peaks and troughs with troughs, the amplitude of the wave is increased, that's what we call constructive interference.

▶ ▶ 🔊 5:09 / 7:39

CC ⚙️ 📺 📱 🗑️

A réseken diffrakció n-edik rendjében az úthosszkülönbség $n\lambda$



Konstruktív interferencia: $\Delta L = n\lambda$

Hasonló háromszögek: $\sin \theta_n = \frac{n\lambda}{d}$

$$\tan \theta_n = \frac{y_n}{R}$$

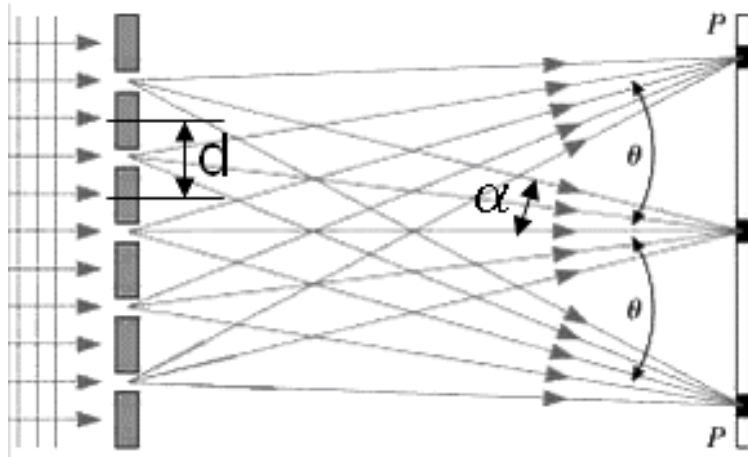
→ n-edik maximum (diffrakciós rend):

$$y_n = R \tan \left(\sin^{-1} \left(\frac{n\lambda}{d} \right) \right)$$

kis szög: $\theta_n \ll 1 \implies \sin \theta_n \approx \theta_n \approx \tan \theta_n$

$$y_n = R \frac{\lambda}{d} n$$

Sok egyenlő távolságú rés ugyanolyan képet ad, mint 2 rés \rightarrow optikai rác



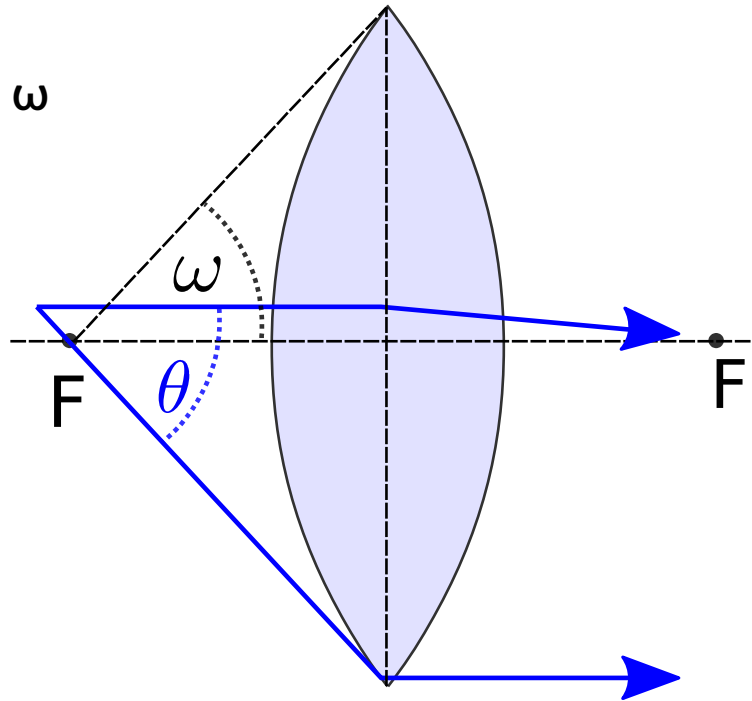
Mikroszkóp felbontóképessége: legkisebb részleten is legalább 2 nyaláb képződjön!

félnyílásszög ω

tárgy kb. a fókuszpontban: $\theta \approx \omega$

A tárgy egy éppen látszó,
d rácsállandójú rács,
A két sugár a 0. és 1.
diffrakciós rend

$$\sin \omega = \frac{\lambda}{d}$$

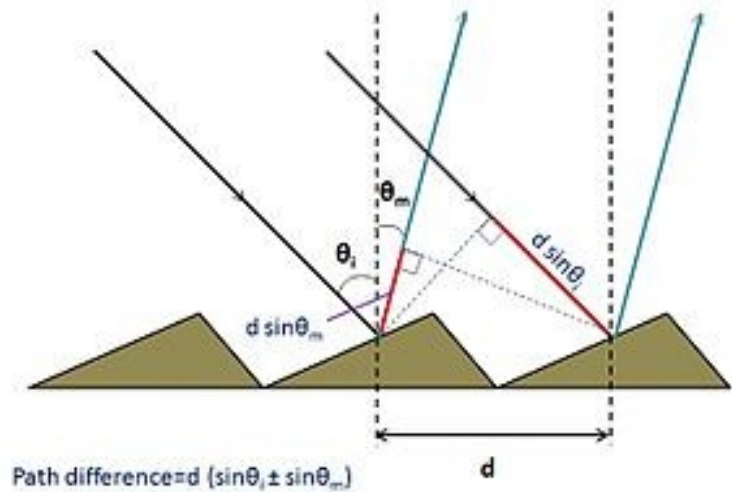
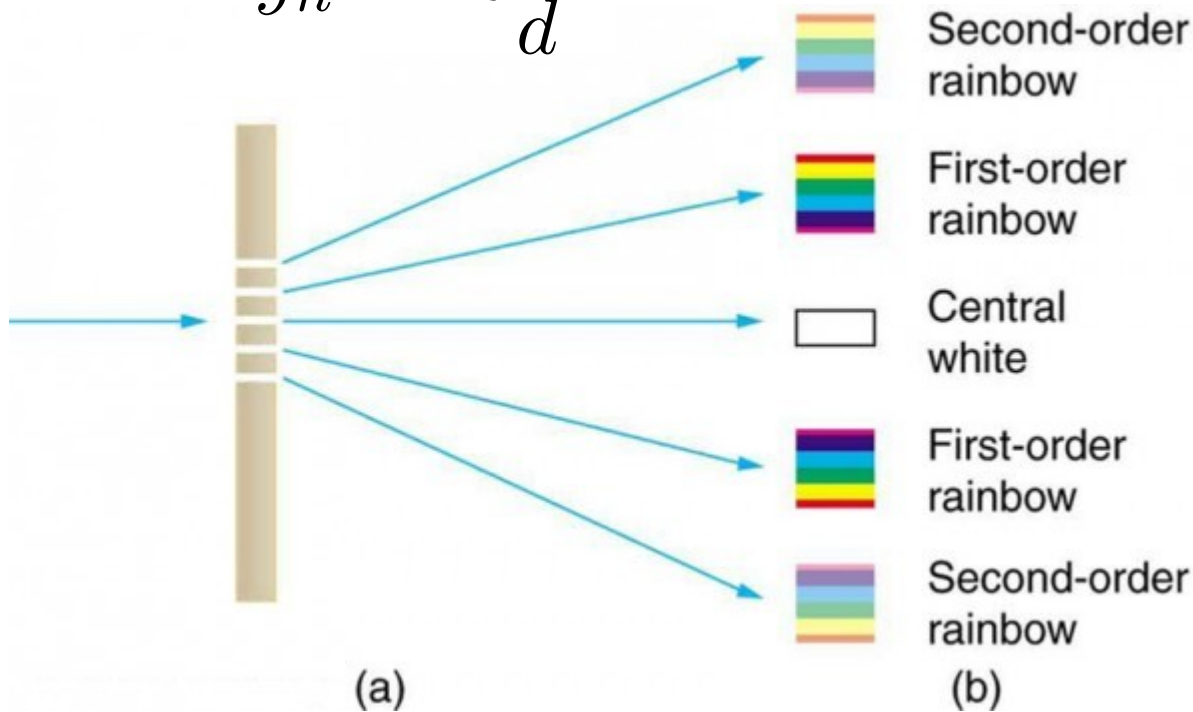


Mikroszkóp felbontási határa, c fénysebességű immerziós olajjal:

$$d = 0.61 \frac{\lambda}{(c_0/c) \sin \omega}$$

Optikai rács fényt színekre bont: nagyobb hullámhossz jobban hajlik

$$y_n = R \frac{\lambda}{d} n$$



Ugyanezt lehet reflexióval is - kompaktabb

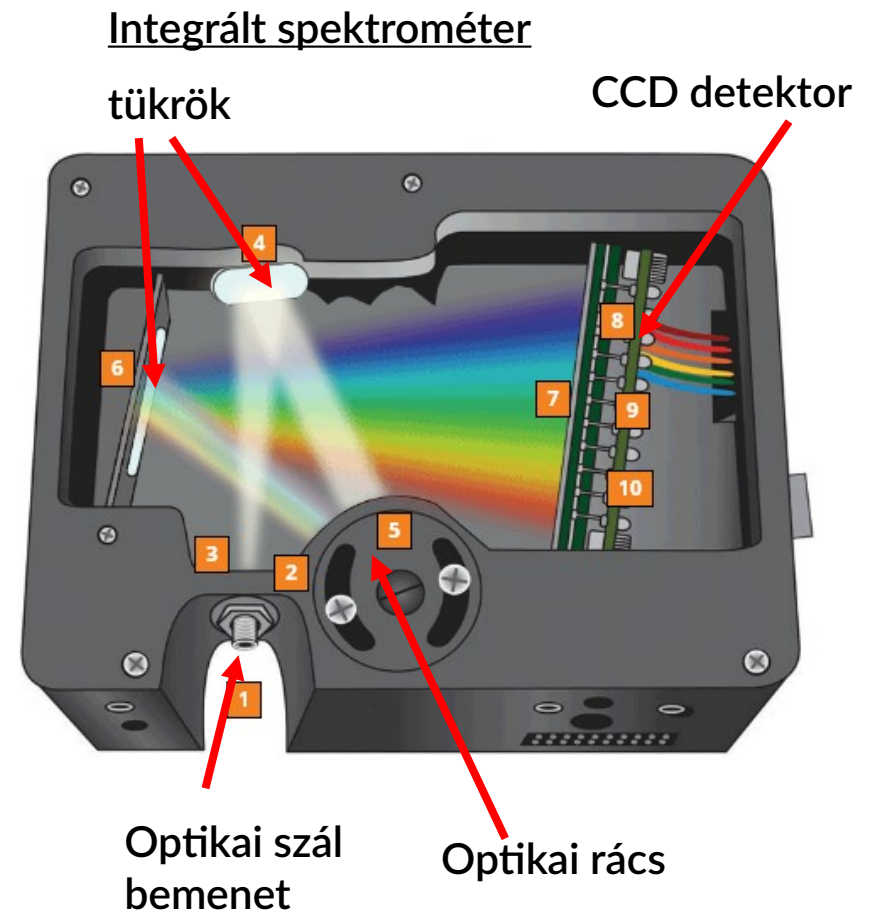
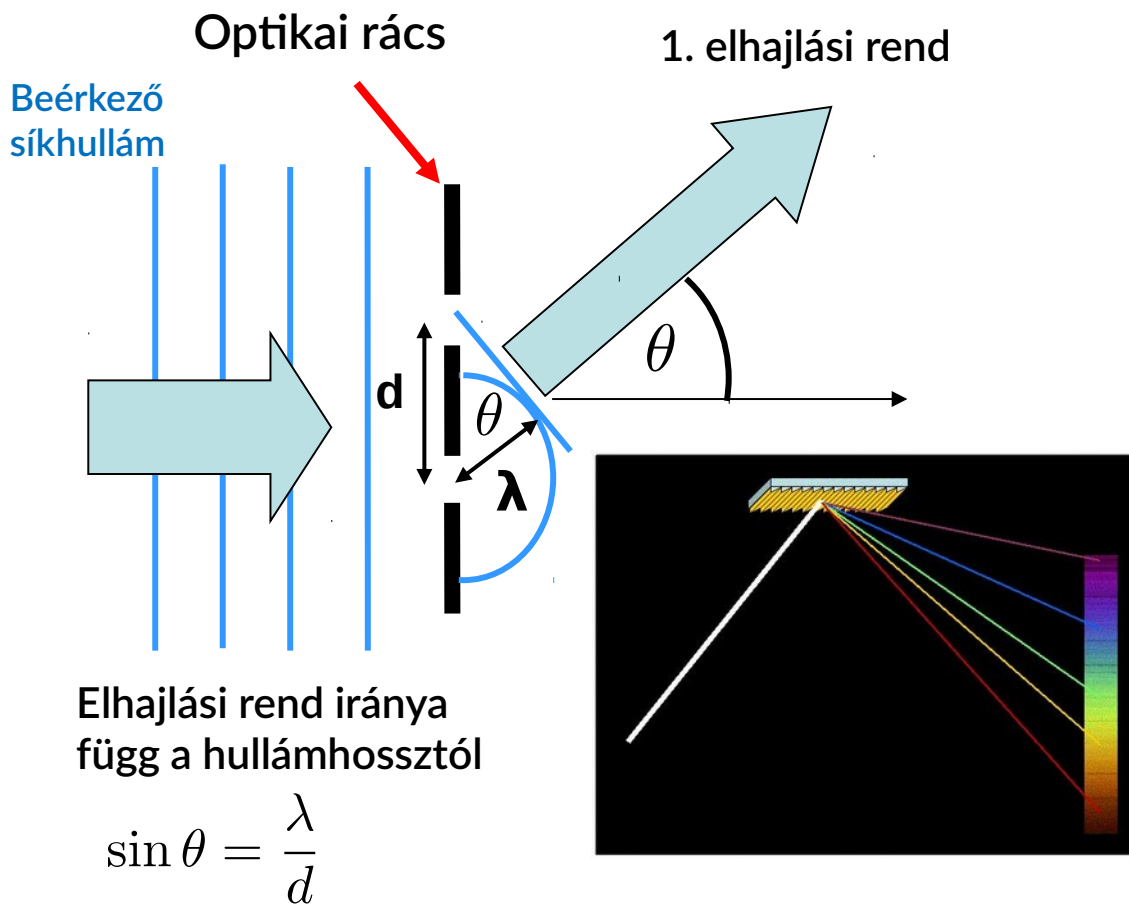
Lehet prizmával is (ott nagy hullámhossz kevésbé hajlik), de az több helyet foglal



Optikai rács felhasználása: spektrométer

A fény spektruma alapján következtethetünk arra, milyen anyag bocsátotta ki az adott elektromágneses sugárzást, vagy arra, hogy a hullám milyen anyagokkal lépett kölcsönhatásba. Spektrumok mérésével megállapíthatjuk vegyi anyagok, élelmiszerek, vagy akár távoli csillagok anyagi összetételét, tanulmányozhatjuk az atomok elektronszerkezetét.

A spektrométerekben a hullámhossz szerinti felbontást prizma, vagy optikai rács valósítja meg.

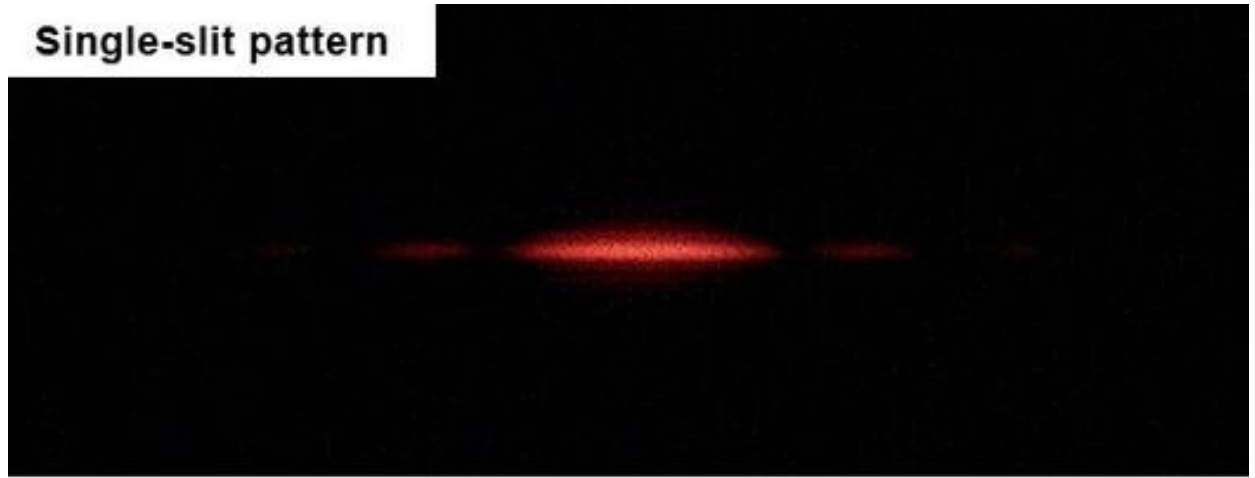


Fotonok mint részecskék: a kétréskísérlet paradox

Sötét csíkok: újabb rés megnyitására nem nő, csökken az intenzitás!

(hullám-interferencia)

Single-slit pattern



Double-slit pattern

