

OPTIKA

STATISZTIKUS OPTIKA – IDŐBELI KOHERENCIA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Atomfizika Tanszék, dr. Erdei Gábor

„Ágazati felkészítés a hazai ELI projekttel összefüggő képzési és K+F feladatokra”

TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0005

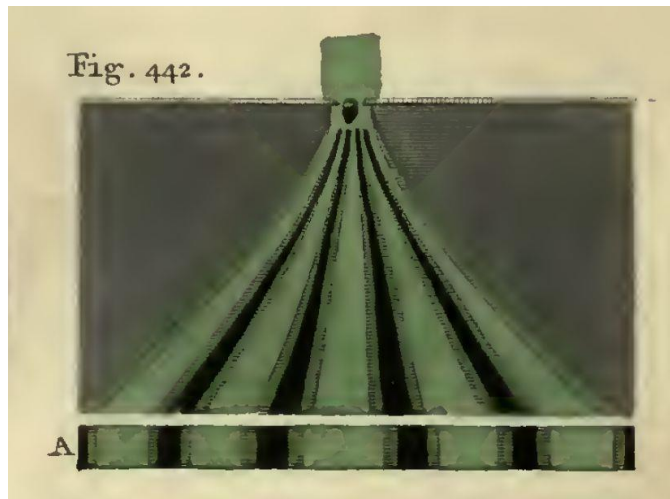
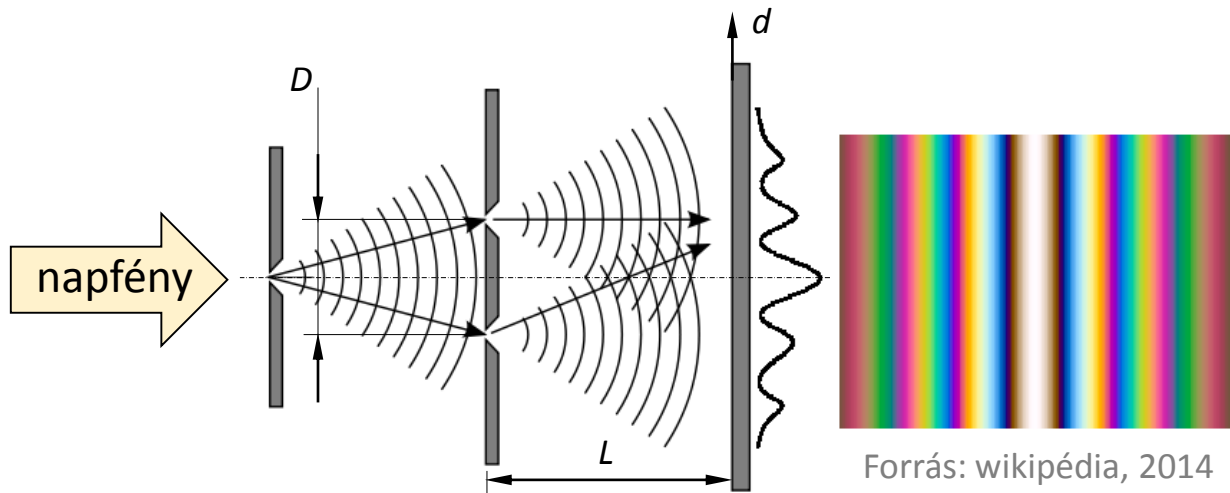


Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszecenyterv.gov.hu
06 40 638 638



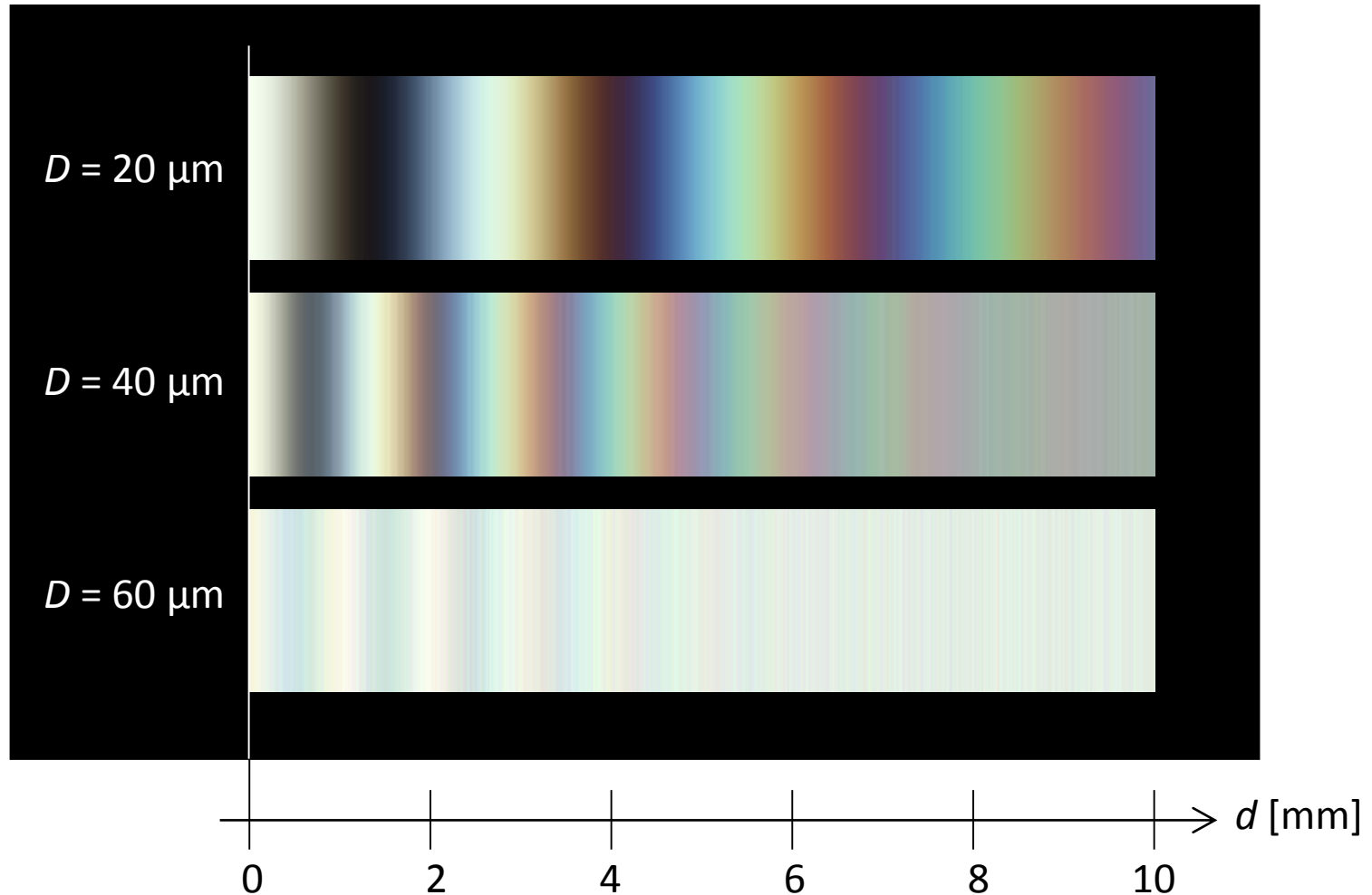
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

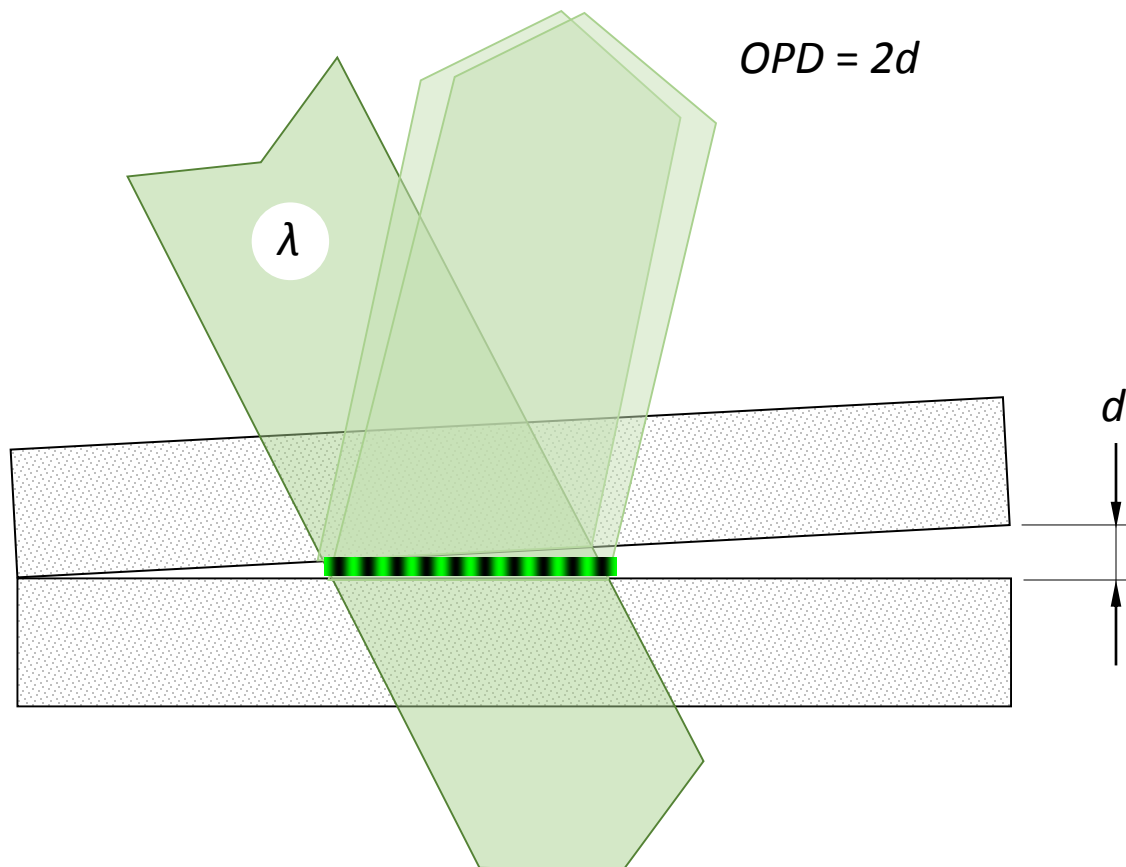
• Young-féle kétréses interferométer •



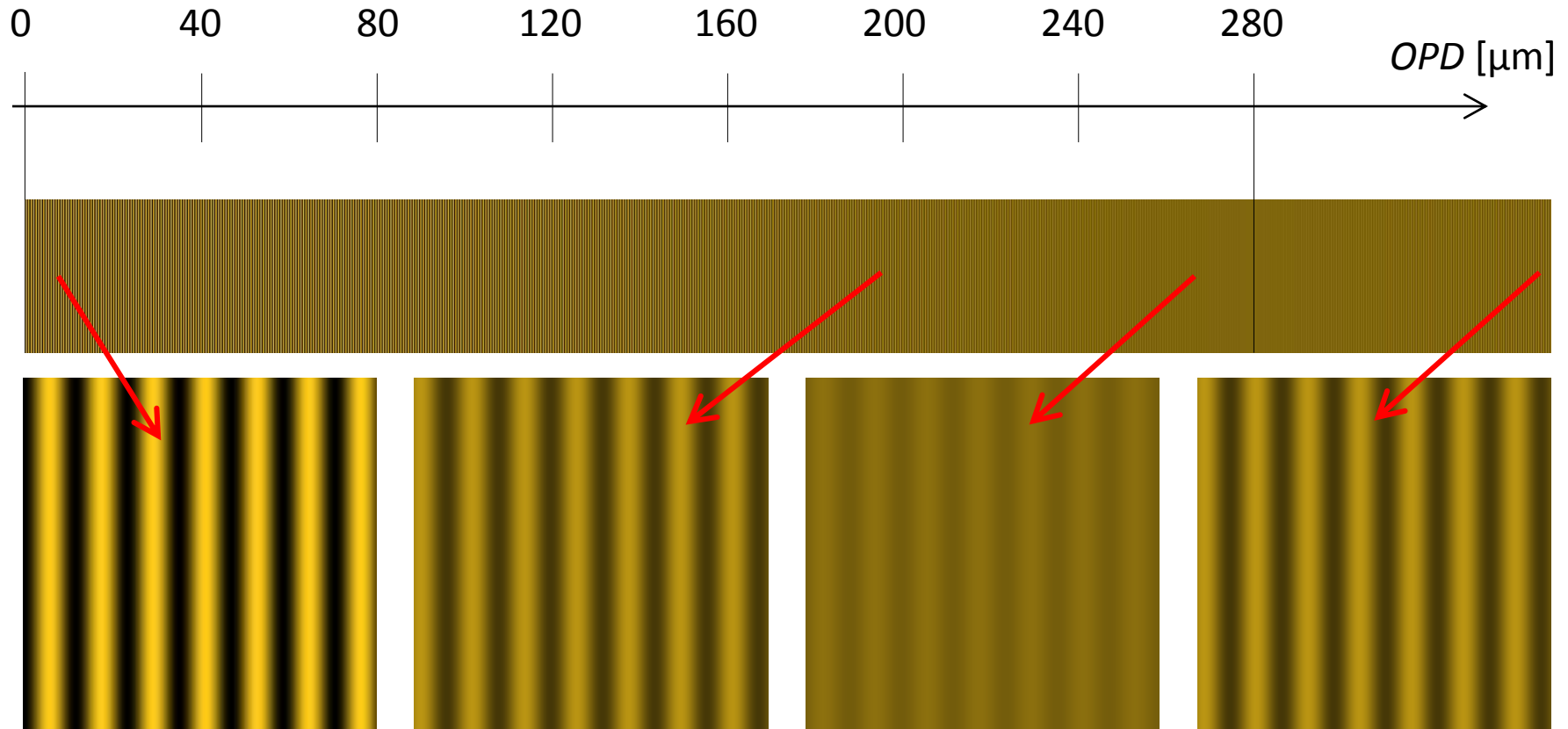
Forrás: T. Young, A Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts, Vol. I, 1807

$L = 100 \text{ mm}$; $\lambda = 400..700 \text{ nm}$





▪ Nátrium D-vonal interferenciája (Fizeau, 1862) ▪



$\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$
 $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$

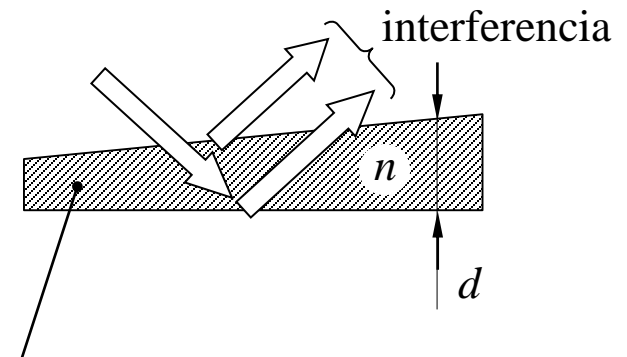
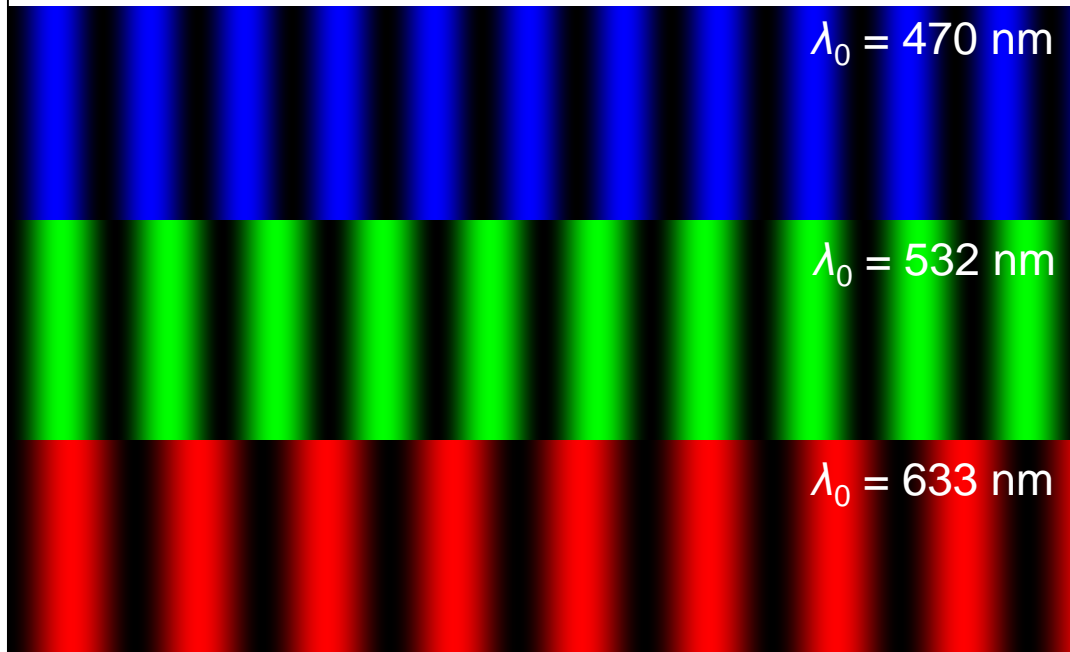
a 492. csík körül
 eltűnik a láthatóság

$$\begin{aligned}
 (\mathbf{E}_1(\mathbf{r},t) + \mathbf{E}_2(\mathbf{r},t))^2 = & \\
 = & A_1A_1 \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) + A_1A_2 \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) + A_1B_1 \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) + A_1B_2 \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) + \\
 + & A_2A_1 \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) + A_2A_2 \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) + A_2B_1 \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) + A_2B_2 \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) + \\
 + & B_1A_1 \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) + B_1A_2 \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) + B_1B_1 \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) + B_1B_2 \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) + \\
 + & B_2A_1 \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{a1}) + B_2A_2 \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{a2}) + B_2B_1 \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) \cdot \cos(\omega_1t + \Phi_{b1}) + B_2B_2 \cos(\omega_2t + \Phi_{b2}) \cdot \cos(\omega_2t + \Phi_{b2})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \langle (\mathbf{E}_1(\mathbf{r},t) + \mathbf{E}_2(\mathbf{r},t))^2 \rangle = & \\
 = & \frac{A_1A_1}{2} + \frac{A_1A_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{a1} - \Phi_{a2}) + \frac{A_1B_1}{2} \cos((\omega_1 - \omega_1)t + \Phi_{a1} - \Phi_{b1}) + \frac{A_1B_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{a1} - \Phi_{b2}) + \\
 + & \frac{A_2A_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{a2} - \Phi_{a1}) + \frac{A_2A_2}{2} + \frac{A_2B_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{a2} - \Phi_{b1}) + \frac{A_2B_2}{2} \cos((\omega_2 - \omega_2)t + \Phi_{a2} - \Phi_{b2}) + \\
 + & \frac{B_1A_1}{2} \cos((\omega_1 - \omega_1)t + \Phi_{b1} - \Phi_{a1}) + \frac{B_1A_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{b1} - \Phi_{a2}) + \frac{B_1B_1}{2} + \frac{B_1B_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{b1} - \Phi_{b2}) + \\
 + & \frac{B_2A_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{b2} - \Phi_{a1}) + \frac{B_2A_2}{2} \cos((\omega_2 - \omega_2)t + \Phi_{b2} - \Phi_{a2}) + \frac{B_2B_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{b2} - \Phi_{b1}) + \frac{B_2B_2}{2}
 \end{aligned}$$

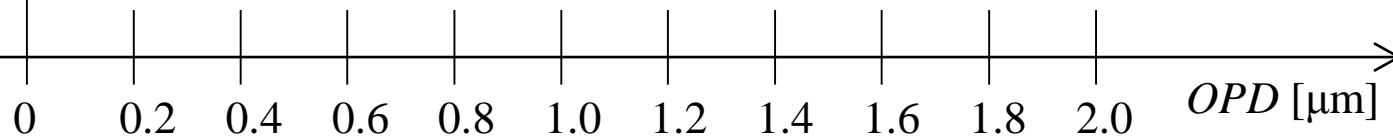
$$\begin{aligned}
 \langle (E_1(\mathbf{r}, t) + E_2(\mathbf{r}, t))^2 \rangle = & \\
 = & \frac{A_1 A_1}{2} + \frac{A_2 A_2}{2} + \frac{B_1 B_1}{2} + \frac{B_2 B_2}{2} + \\
 & + \frac{A_1 B_1}{2} \cos(\Phi_{a1} - \Phi_{b1}) + \frac{A_2 B_2}{2} \cos(\Phi_{a2} - \Phi_{b2}) + \frac{B_1 A_1}{2} \cos(\Phi_{b1} - \Phi_{a1}) + \frac{B_2 A_2}{2} \cos(\Phi_{b2} - \Phi_{a2}) + \\
 & + \frac{A_1 A_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{a1} - \Phi_{a2}) + \frac{A_1 B_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{a1} - \Phi_{b2}) + \\
 & + \frac{A_2 A_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{a2} - \Phi_{a1}) + \frac{A_2 B_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{a2} - \Phi_{b1}) + \\
 & + \frac{B_1 A_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{b1} - \Phi_{a2}) + \frac{B_1 B_2}{2} \cos((\omega_1 - \omega_2)t + \Phi_{b1} - \Phi_{b2}) + \\
 & + \frac{B_2 A_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{b2} - \Phi_{a1}) + \frac{B_2 B_1}{2} \cos((\omega_2 - \omega_1)t + \Phi_{b2} - \Phi_{b1})
 \end{aligned}$$

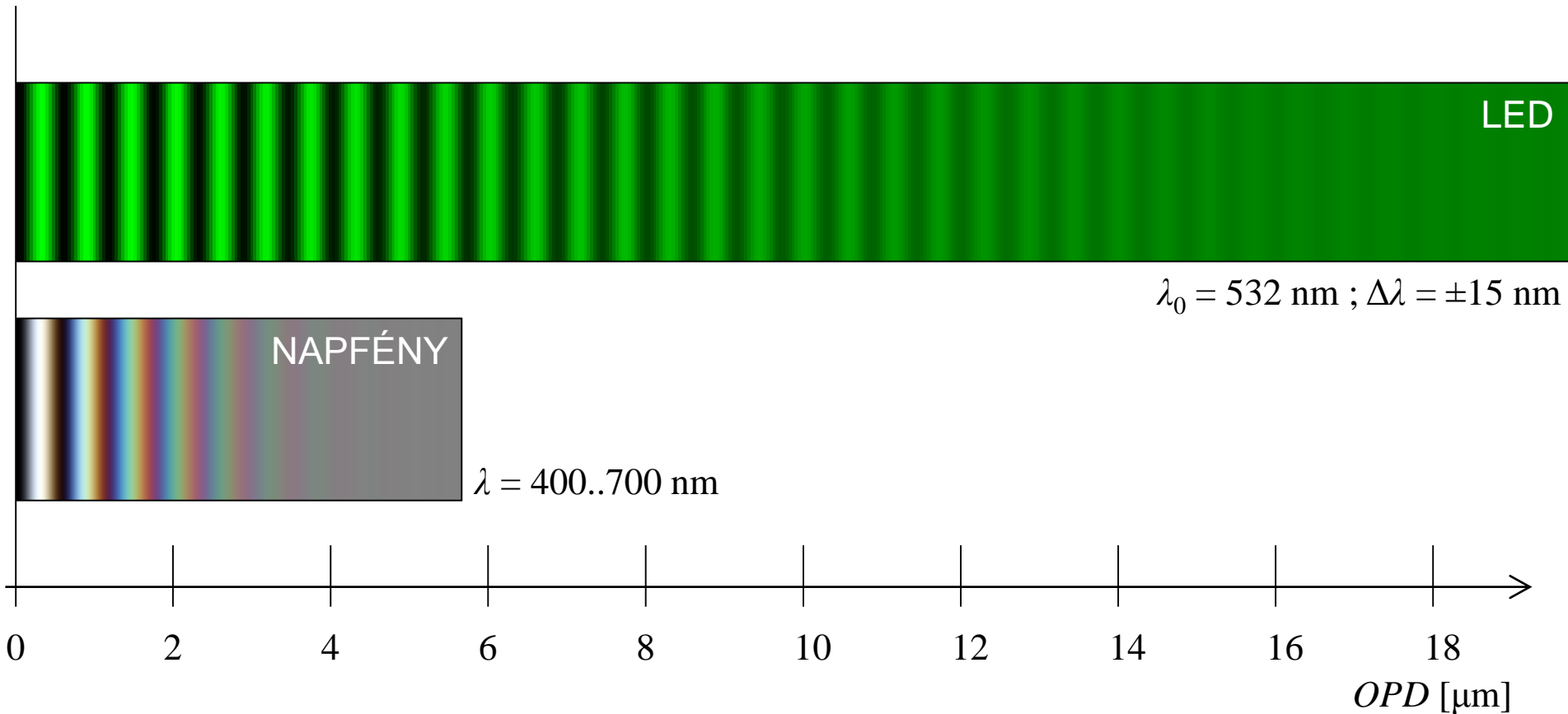
▪ Diszkrét hullámhosszak interferenciája ▪



ékes lemez, pl. szappan-buborék
hártya, v. Fizeau-interferométer

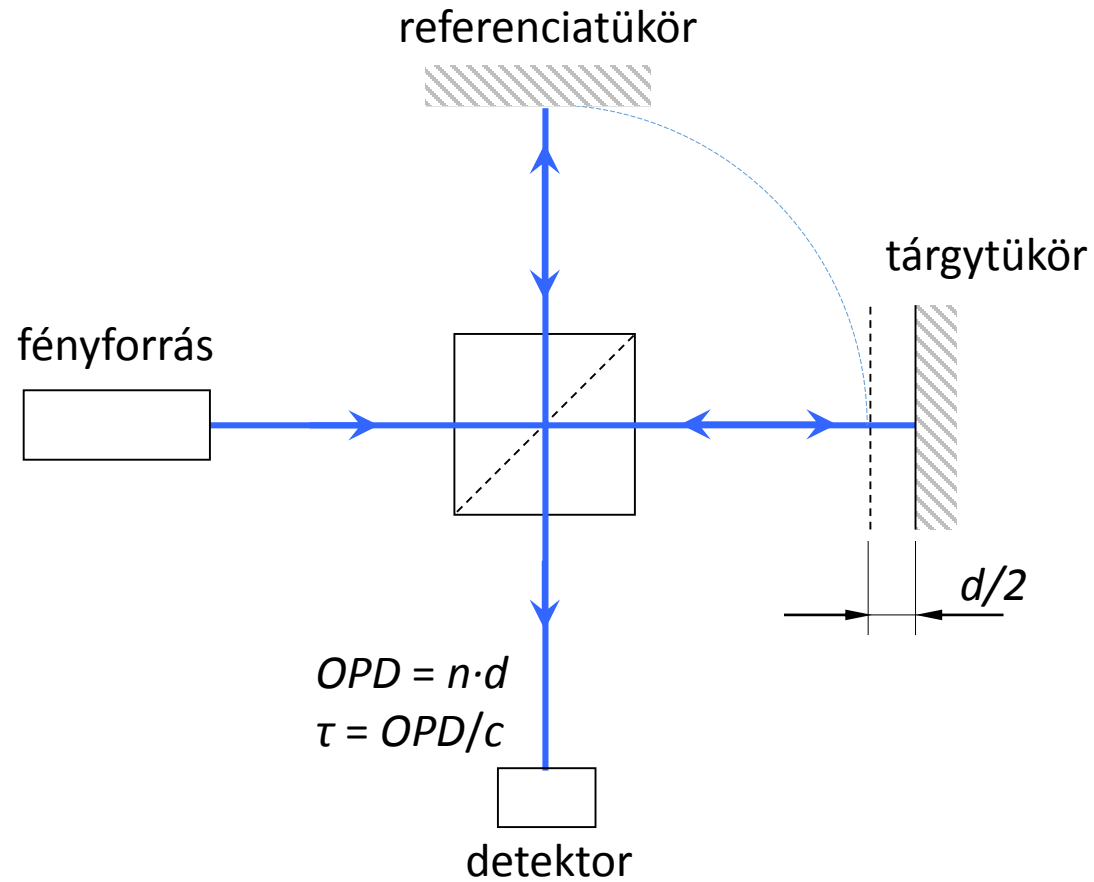
Merőleges beesésnél: $OPD = n \cdot 2d$

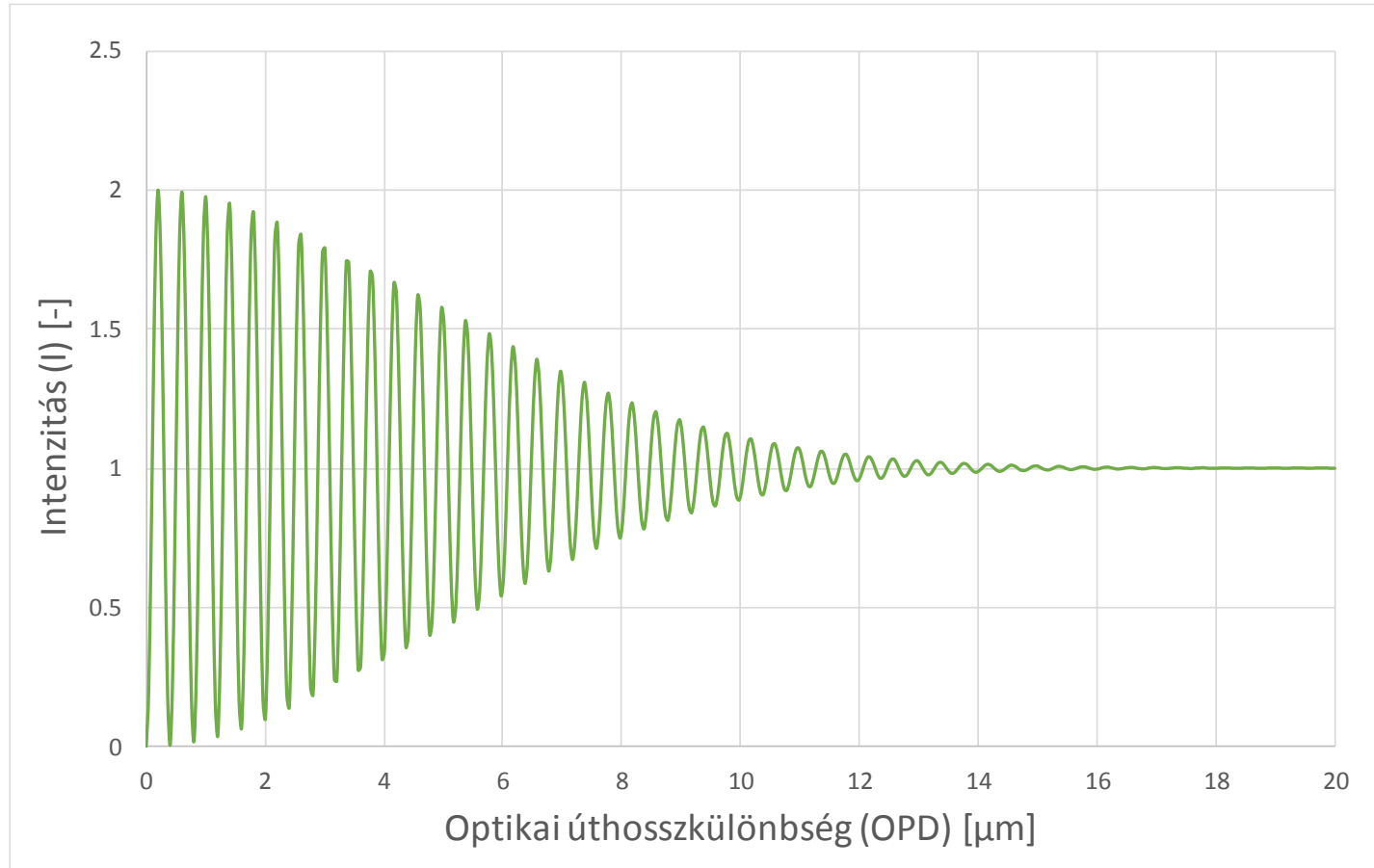




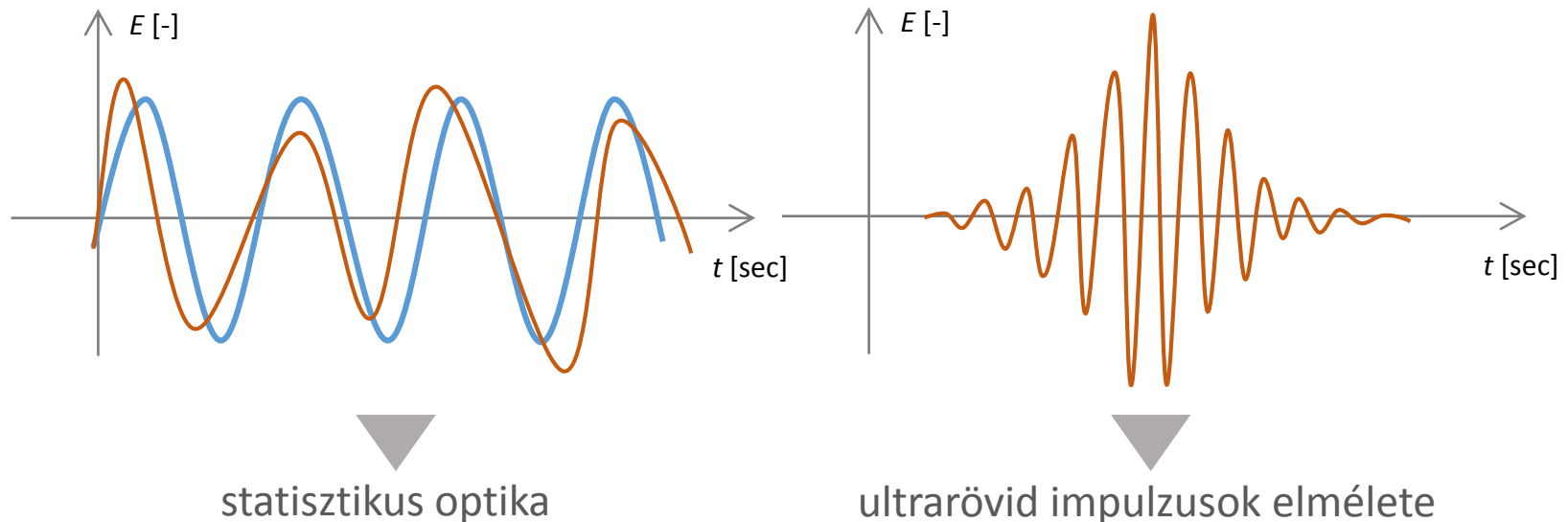
Ahol a láthatóság eltűnik: $OPD = n \cdot l_L$

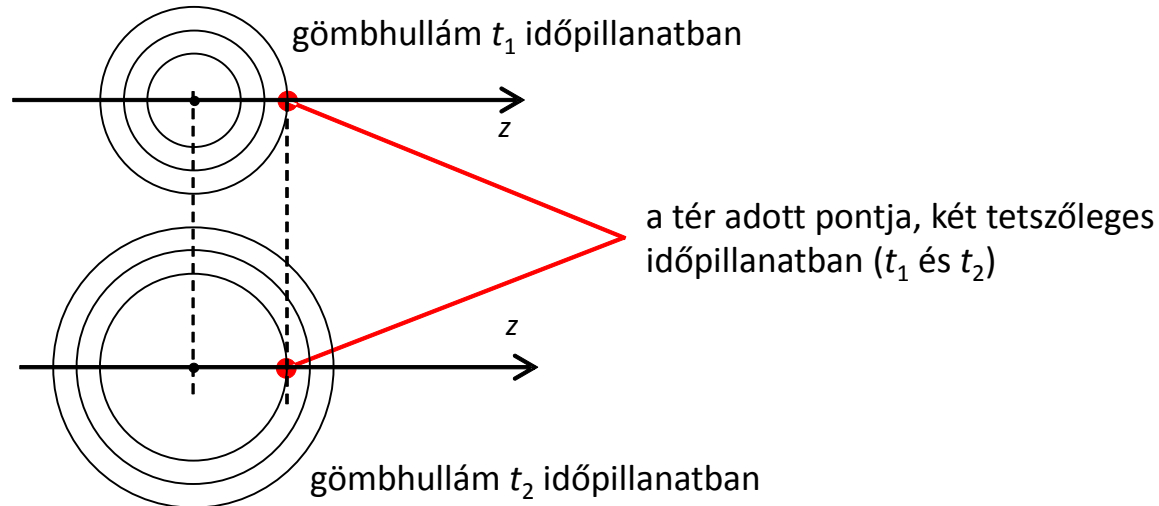
▪ Michelson- (Twyman-Green) interferométer, 1880 ▪



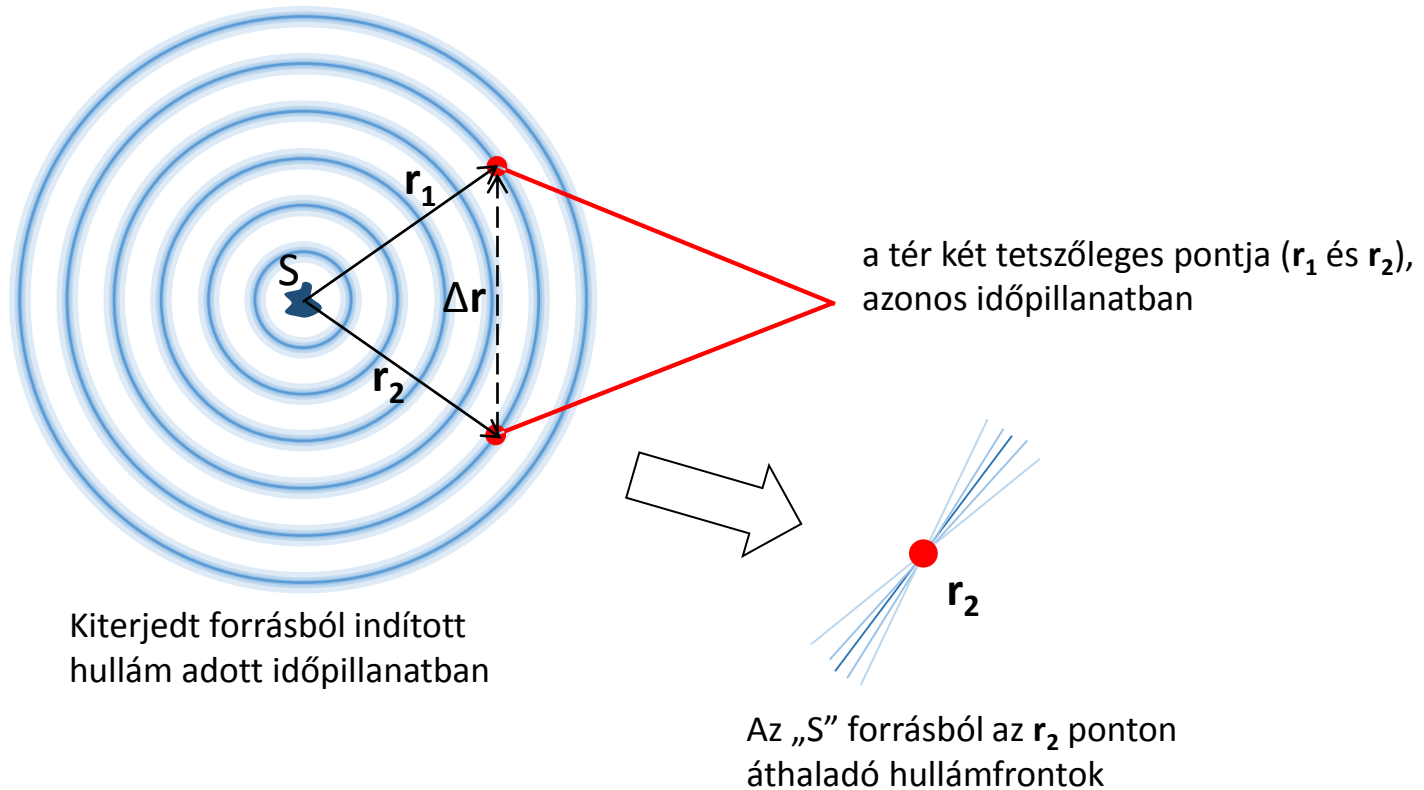


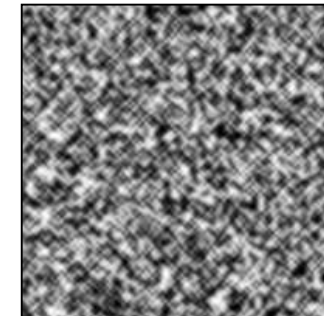
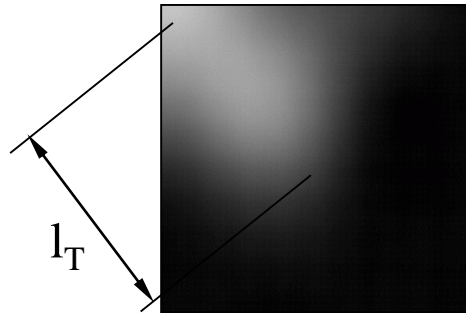
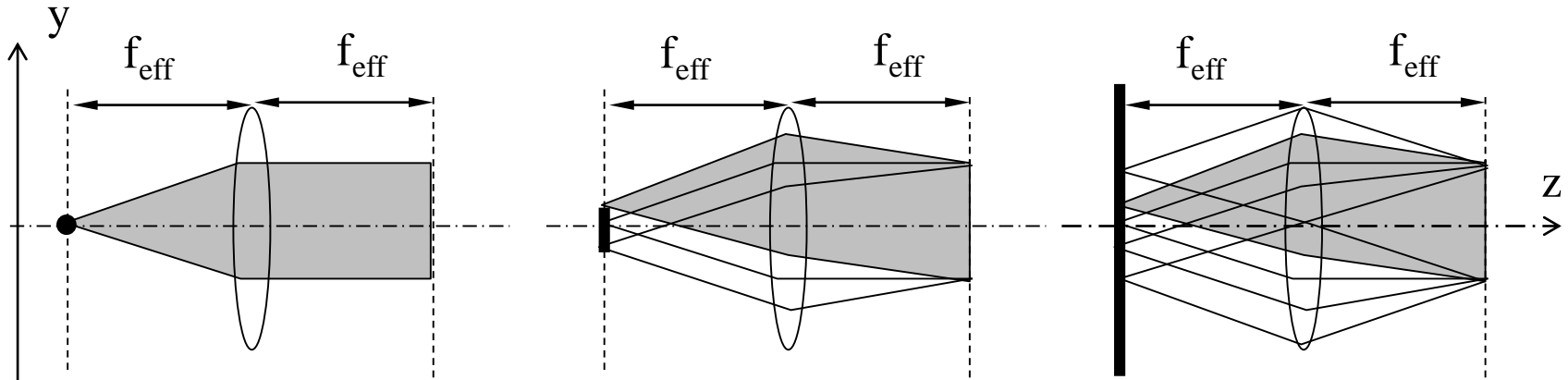
- A lineáris rendszerek sajátfüggvényei: harmonikus (szinuszos) függvények
- Az ideális periodicitástól való eltérés tulajdonsága: koherencia
- A koherencia fokai: koherens, részlegesen koherens és inkoherens rezgés
- Részleges koherencia okai: nem teljesen harmonikus hullám, véges impulzus
- A koherencia fajtái: időbeli és térbeli koherencia, polarizációs koherencia
- Értelmezés: a rezgést két eltérő térbeli pontban vagy időpillanatban vizsgálva a fázisállapotok mennyire vannak összhangban (mennyire koherensek)
- Időbeli koherencia: a tér egy pontjában vizsgáljuk a rezgés időbeli viselkedését





Ahhoz, hogy két különböző időpillanatban vizsgálhassuk a rezgést, két komponensre kell osztanunk, és az egyik komponenst késleltetnünk kell $\Delta t = t_2 - t_1$ időtartammal.





**koherens eset:
pontforrás**

$|E| \approx \text{const.}$ ($l_T \gg \lambda$)

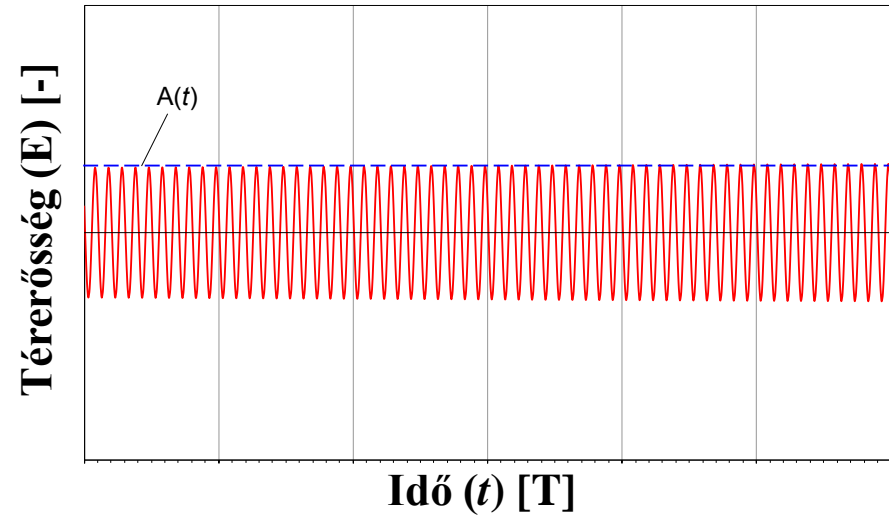
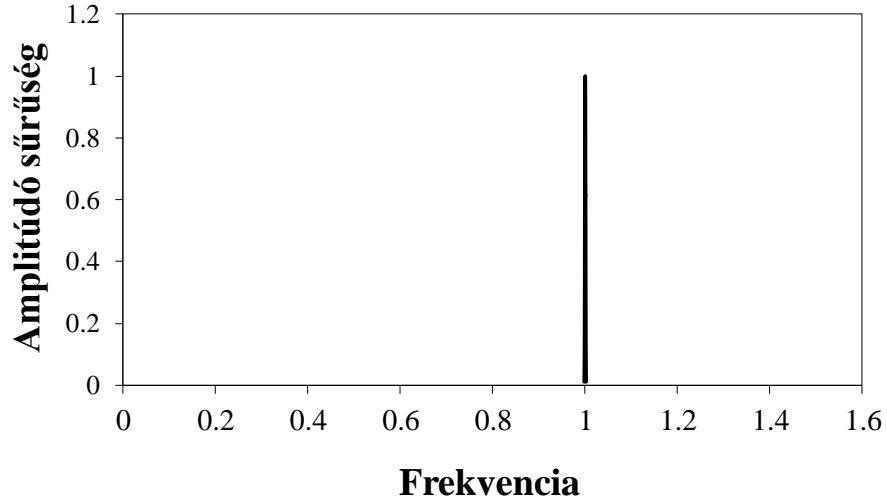
**részlegesen koherens eset:
kisméretű kiterjedt forrás**

$|E|$ lassan változik ($l_T > \lambda$)

**inkoherens eset:
diffúz forrás**

$|E|$ gyorsan változik ($l_T \approx \lambda$)

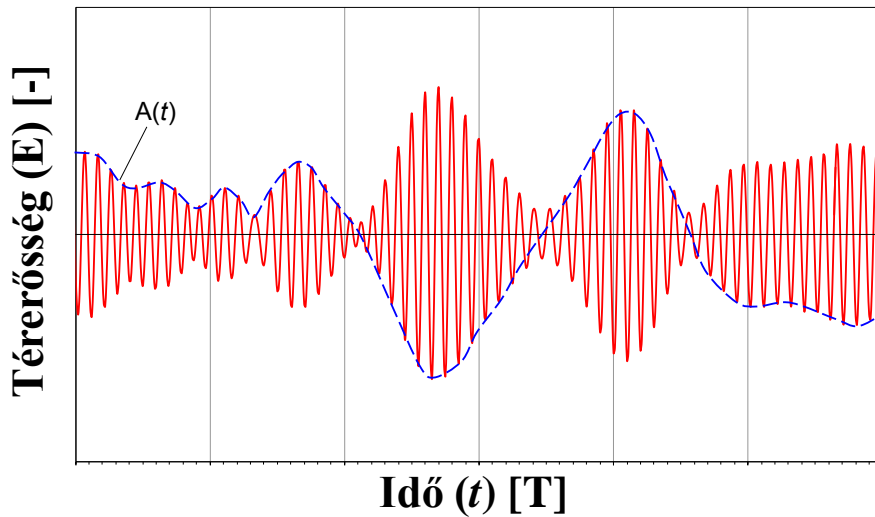
▪ Determinisztikus (harmonikus) rezgés ▪



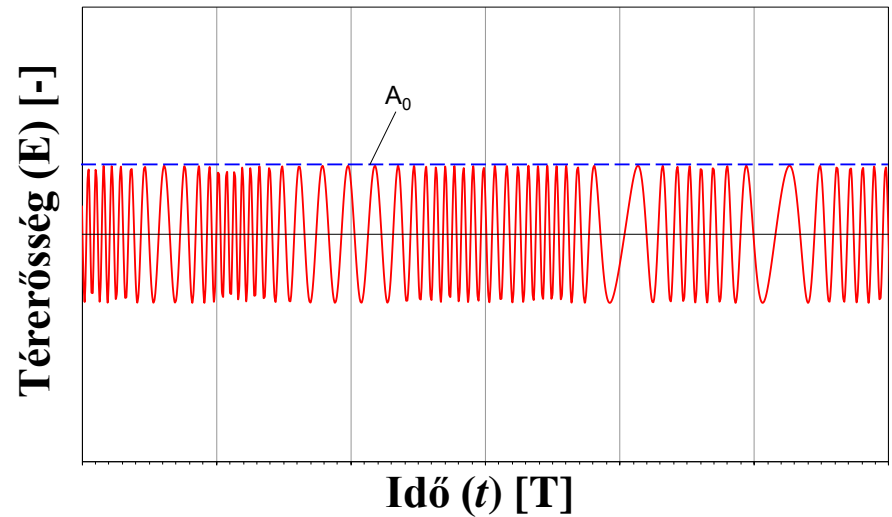
$$E(t) = A(t) \cdot \cos(\omega t + \varphi(t))$$

$$E(t) = A(t) \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$E(t) = A_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi(t))$$



Tipikus látható fénysugárzás

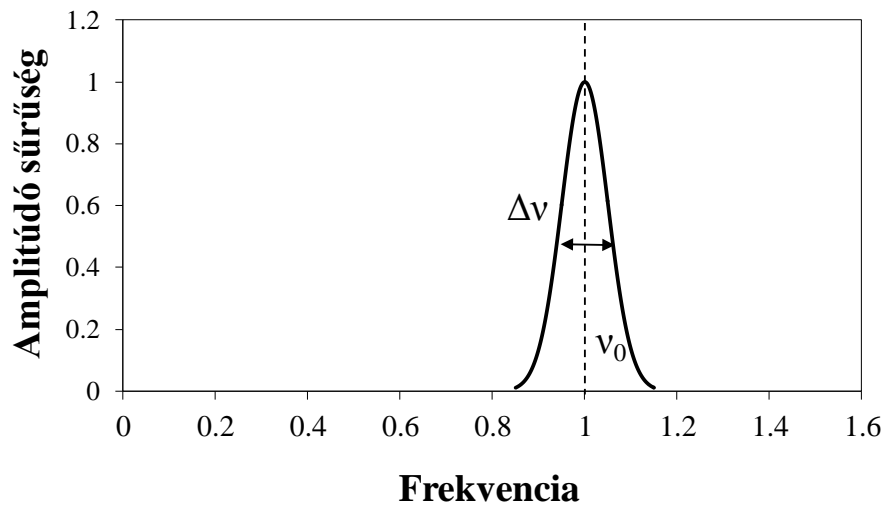


Egymódusú lézerek, FM-modulált rádióhullámok

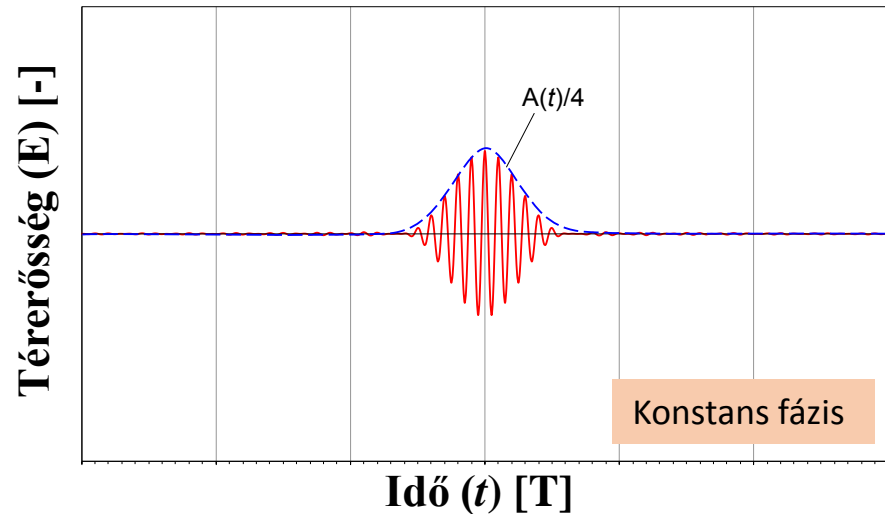
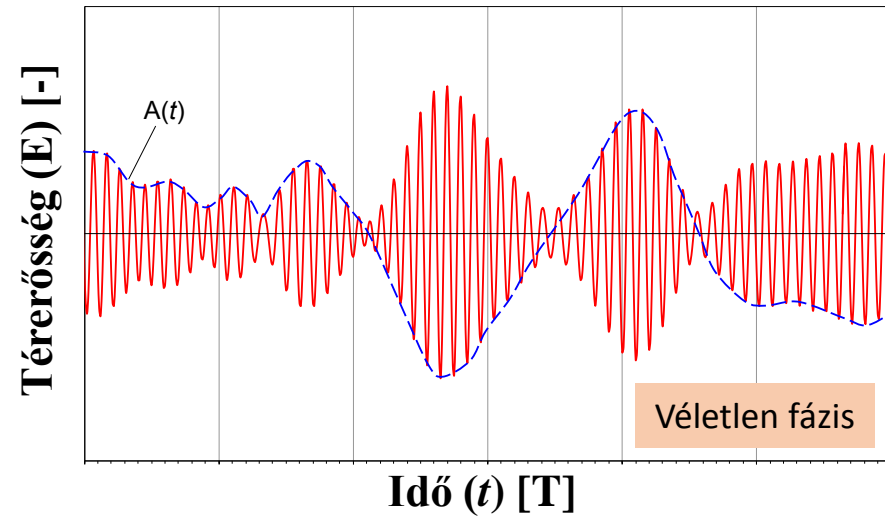


Kvázimonokromatikus eset $\Delta\nu \ll \nu_0$

Normális eloszlás

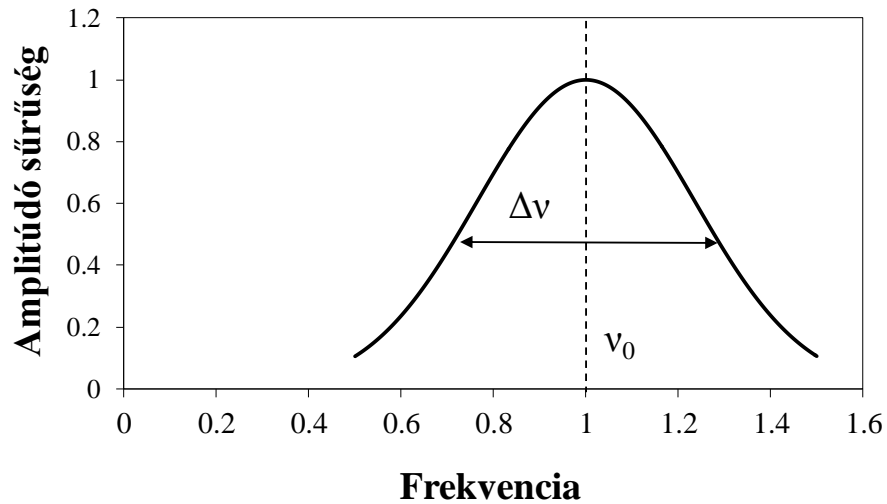


$$\Delta\nu = 2\sigma = \nu_0/10$$



Inkoherens eset $\Delta\nu \approx \nu_0$

Normális eloszlás



$$\Delta\nu = 2\sigma = \nu_0/2$$

