

# Akusztooptika

Bragg-diffrakció, fény és hang interakció,  
Doppler-effektus, akusztooptikai berendezések

Készítette: Illés Gergő

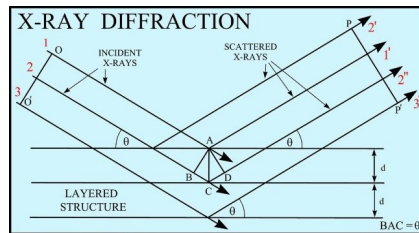
2023. május 02.

- 1 Bragg-diffrakció
- 2 Doppler eltolódás
- 3 Kvantumos értelmezés
- 4 Egyéb esetek
  - Fókuszált nyaláb síkhullámokról való visszaverődése
  - Fókuszált nyaláb görbült frontról való visszaverődése
- 5 Akusztóoptikai eszközök
  - Modulátor
  - Szkenner
  - Jelszétválasztás
- 6 Hivatkozások

- Optikai közegek törésmutatója megváltoztatható mechanikai ráhatással
- Használhatunk ultrahangot
- Akusztooptika: A hanghullámok által előidézett optikai tulajdonságváltozás vizsgálata
- Felhasználása: optikai modulátorok, eltérítők, frekvencia modulátor, spektrum analizátor

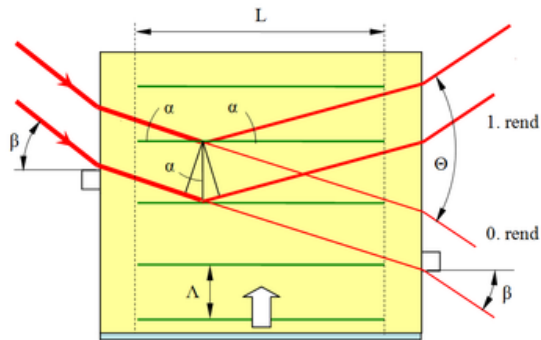
# Bragg-diffrakció

- A röntgensugarak kristályokban történő diffrakcióját 1913-ban publikálták.
- A jelenséget William Henry Bragg és fia William Lawrence Bragg fedezte fel és később róluk nevezték el.
- A diffrakciót a rácsok egyes fősíkjairól visszaverődő sugarak interferenciája okozza.
- Bragg-diffrakcióról beszélünk az akusztóoptika témakörében is, de ilyenkor a diffrakció más okból jön létre

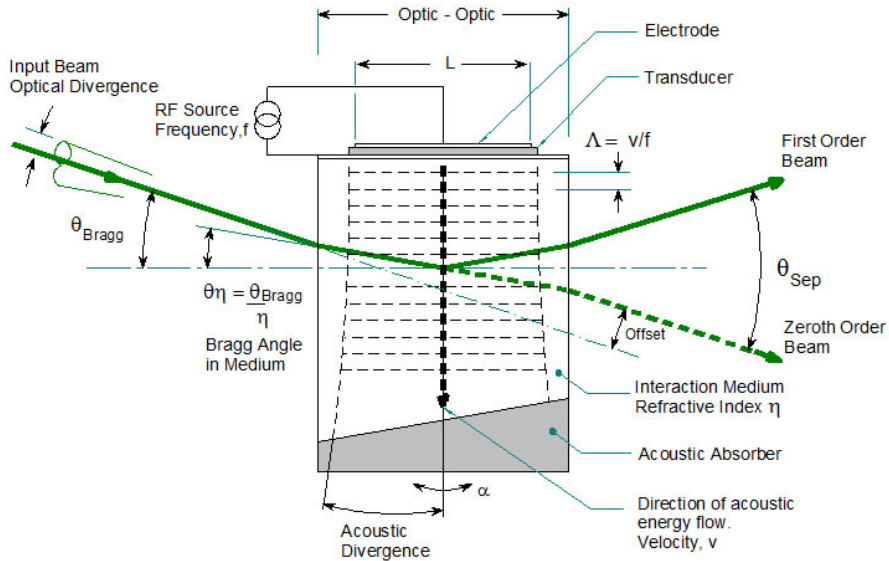


A Bragg diffrakció illusztrációja

- Az akusztóoptikában a kristály rácsterjedési sebességénél jóval nagyobb hullámhosszakat használnak.
- Ezen források általában lézerek a látható-, vagy ahhoz közeli tartományban sugároznak.
- $n\lambda = 2d \sin(\theta)$  - Röntgen diffrakció
- $\lambda = 2n\Lambda \sin(\alpha)$  - Akusztóoptikai diffrakció

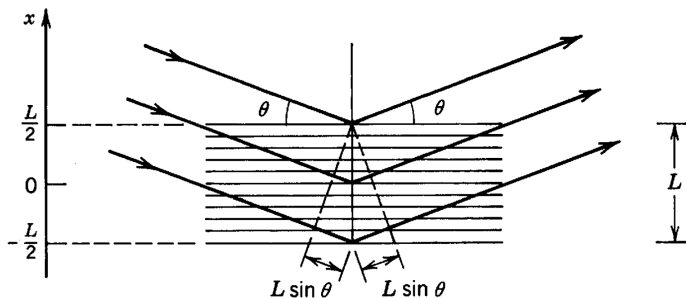


Akusztóoptikai Bragg diffrakció



- Definiálhatunk egy akusztóoptikai tényezőt (merit):  $\mathcal{M} = \frac{p^2 n^6}{\rho v^3}$   
ahol  $p$ : elasztó-optikai együttható,  $n$ : törésmutató,  $v$ : hangsebesség,  $\rho$ : tömegi sűrűség
- A törésmutató változása:  $\Delta n_0 = \sqrt{\frac{1}{2} \mathcal{M} I_s}$ , ahol  $I_s$  a hang intenzitása

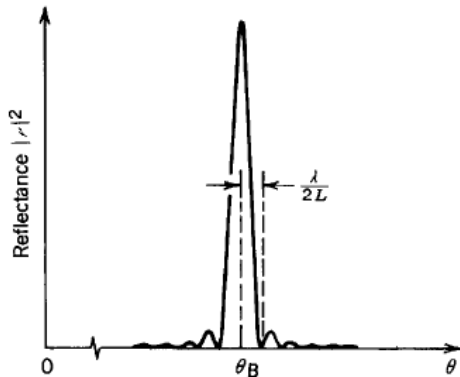
- A Bragg-cella reflexiója:  $r_{\pm} = \pm i r_0 \operatorname{sinc} \left[ (2k \sin(\theta) \mp q) \frac{L}{2\pi} \right] \cdot \exp(\pm i \Omega t)$
- A  $\pm$  két komponenst jelöl
- $r_+$  a Bragg upshifted,  $r_-$  pedig Bragg downshifted reflexió
- $r_+$  akkor maximális, amikor  $2k \sin(\theta) = q$



Reflexió periodikusan anizotróp közegben



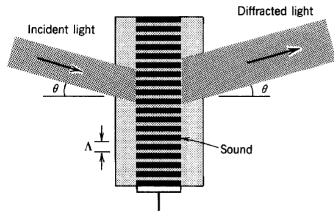
- $r_+$  maximális ha  $2k \sin(\theta) = q$ .
- $q = \frac{2\pi}{\Lambda}$  valamint  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ .
- Visszahelyettesítve megkapjuk a Bragg feltételt:  
 $\sin(\theta_B) = \frac{\lambda}{2\Lambda}$ .
- A reflexió csak a ezen  $\theta_B$  szög közelében van jelen.
- Amikor  $\sin(\theta) - \sin(\theta_B) = \frac{\lambda}{2L}$  a reflexió megszűnik.



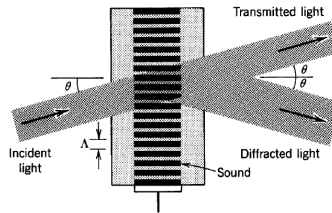
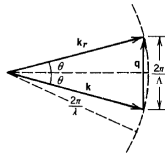
Reflektált intenzitás  $\theta$  függvényében

# Doppler eltolódás

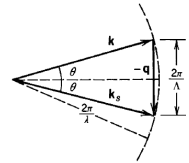
- A felületekről visszavert fény frekvenciája megváltozik
- Ez egy Doppler eltolásként is felfogható
- Az  $r_+$  reflexióé  $\omega + \Omega$  az  $r_-$ -é pedig  $\omega - \Omega$



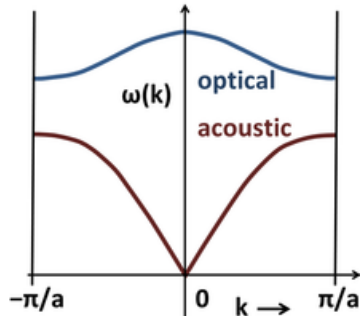
Bragg upshift



Bragg downshift

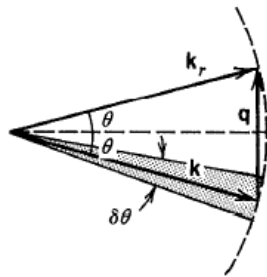
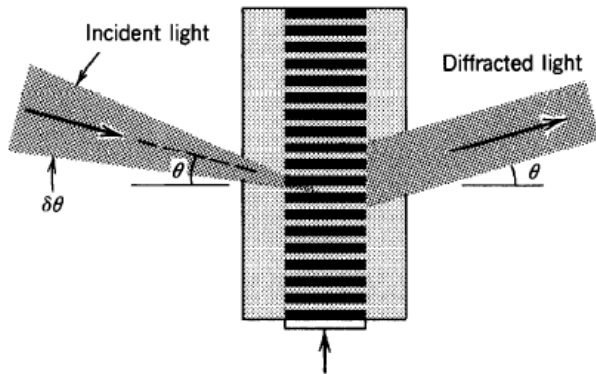


- A kvantummechanika szerint a fény elemi csomagokban terjed
- A fény kvantuma a foton
- Az anyagi közegben terjedő hullámok szintén kvantáltak
- A mechanikai rezgések kvantuma a fonon
- A reflexió felfogható egy fonon-foton kölcsönhatásként
- $\hbar k_r = \hbar k + \hbar q$



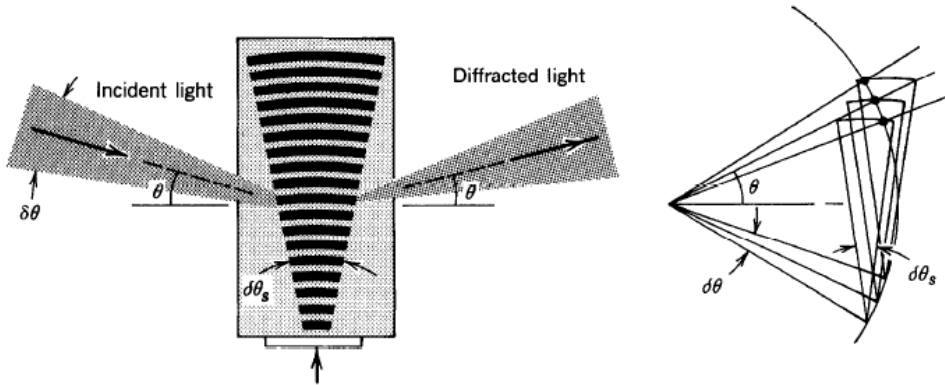
Diszperziós reláció

# Fókuszált nyaláb síkhullámokról való visszaverődése



Fókuszált nyaláb síkhullámról való reflektálódása

# Fókuszált nyaláb görbült frontról való visszaverődése

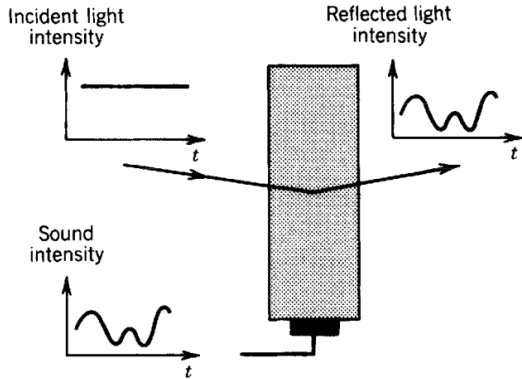


Fókuszált nyaláb görbült frontról való reflektálódása

Az akusztooptikai eszközök előnyei:

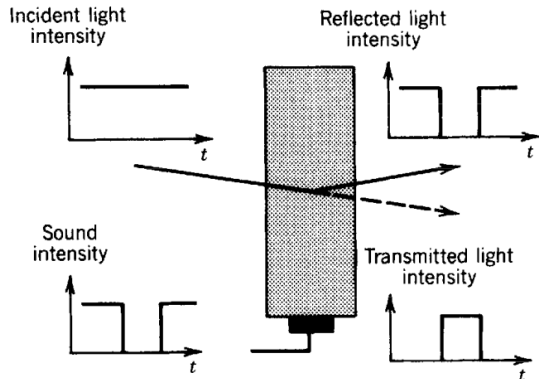
- ① Az eszközök sokkal gyorsabbak mint a hagyományos optikai eszközök.
- ② Alacsony zaj, kevés hibát adnak a méréshez.
- ③ Jó hatásfok,  $100 \frac{W}{cm^2}$ -es hangintenzitás mellett 19%-os reflexió.
- ④ Jól integrálható komplex rendszerekbe.

# Akusztooptikai eszközök - Modulátor



(a)

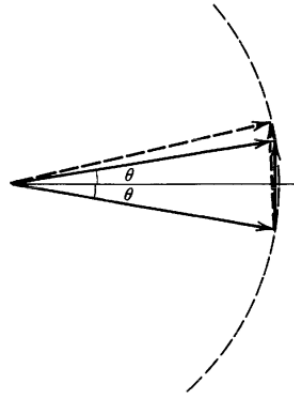
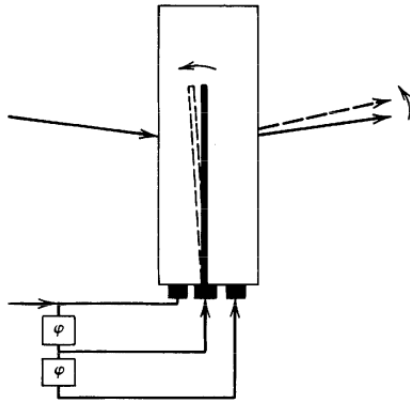
Modulátor



(b)

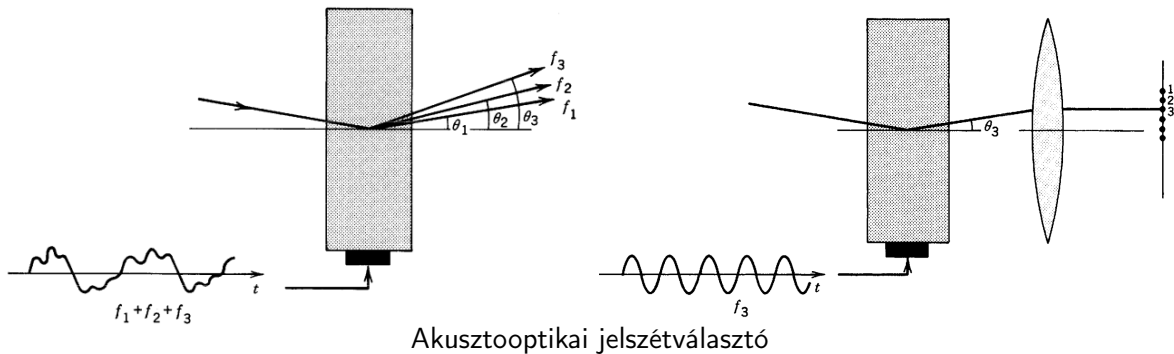
Kapcsoló

- $$\Delta\theta = \frac{\lambda}{v_s} f_{mod}$$



Akusztooptikai szkennner





- [1] Saleh, Teich: Fundamentals of Photonics Chapter 20.
- [2] <https://physicsopenlab.org/2018/01/18/bragg-diffraction/>
- [3] [https://fizipedia.bme.hu/index.php/Akusztooptikai\\_f%C3%A9nydiffrakci%C3%B3\\_vizsg%C3%A1llata](https://fizipedia.bme.hu/index.php/Akusztooptikai_f%C3%A9nydiffrakci%C3%B3_vizsg%C3%A1llata)
- [4] [https://isomet.com/acousto\\_optics.html](https://isomet.com/acousto_optics.html)