

# Fizika Tétel 12.

## - Fénytan -

### Történelem, a fénysebesség mérése:

- Christiaan Huygens holland fizikus alapozta meg a fény hullámelméletét
- Augustin Fresnel francia fizikus fejlesztette tovább az interferencia figyelembevételével
- Maxwell elméletei és Hertz kísérletei bizonyították a 19. században, hogy a fény elektromágneses hullám
- Olaf Römer dán csillagász 17. században meghatározta nagyságrendileg a fénysebességet → Jupiter holdjának két árnyéktérbe belépése közti időt megmérte, amikor a Földhöz közelebb volt, és amikor messzebb, így a különbségből (22 perc, 300 millió km) kiszámította a fénysebességet
- Fizeau francia fizikus a 19. században mérte meg a fénysebességet földi körülmények között → közös tengelyre szerelt fogaskerekek szemközti résein úgy bocsájtott át fényt, hogy annak útját tükrök segítségével meghosszabbította → gyors forgatás → nem jön át fény →  $s$  és  $T$  idejéből ki lehet számolni  $c$ -t
- a fény vákuumbeli sebessége:  $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$
- éterhipotézis:
  - klasszikus mechanika hullámtana szerint hordozó közegre van szükség a fény terjedésére
  - nagy rezgési frekvencia ( $10^{14}$ Hz) → keresztirányú nyíróerőkkel szemben rendkívül nagy szilárdsággal rendelkezik
  - bolygók, égitestek akadálytalanul mozognak benne → könnyen áthatolható
  - Albert Michelson és Edward Morley (19. század) fénytani interferenciás kísérletében cáfolták az éterhipotézist
- Einstein speciális relativitáselmélete szerint ez a természetben a legnagyobb elérhető sebesség
  - a fény valamennyi törvénye azonos módon teljesül bármely inerciarendszerben. Nincs az abszolút térhez kötött, kitüntetett inerciarendszer. Ez a relativitás elve.
  - a fény sebessége minden inerciarendszerben állandó, ez a fénysebesség állandóságának elve
  - nincs abszolút a mozgástól független idő → állandó sebességgel mozgó inerciarendszerben történő események hosszabbnak mérjük, mint az események helyével együtt mozogva → idődilatació
  - a mozgó testek sebességirányú hosszmeretei nyugvó rendszerből mérve megrövidülnek → hosszúságkontrakció
  - a sebesség növekedésével megnő a testek tömege:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- a fénysebességgel haladó nyugalmi tömeggel részecskék tömege végtelen lenne → nem érhetik el a fénysebességet ezek a testek
- fénysebességgel csak a nyugalmi tömeggel nem rendelkező fotonok mozoghatnak
- változó tömeg → ~~Newton II F = m · a~~ →  $F = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$   
→  $\frac{1}{2} m v^2$  →  $E_m = E - E_0 = m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$
- minden testhez vagy anyagi rendszerhez a tömegével arányos energia rendelhető

### A fény általános jellemzői:

- Azokat a testeket melyek fényt bocsátanak ki fényforrásoknak nevezzük.
- A fény a többi anyaghoz hasonlóan többi kölcsönhatásra képes, miközben más testeken változást hoz létre, önmaga is megváltozik. Gyengül, haladási iránya, olykor színe is változhat. Ezért mondhatjuk, hogy a fény anyag.
- A fény olyan anyag amely apró részecskékből, fotonokból áll. A fény egyenes vonalban terjed, ezt bizonyítja az árnyékjelenség is.
- Amely anyagban lassabban halad a fénysugár azt fénytani optikailag sűrűbb anyagnak nevezzük.
- Amely anyagban gyorsabban halad a fénysugár azt fénytani optikailag ritkább anyagnak nevezzük.
- Átlátszatlan testeknek nevezzük azokat a testeket, amelyen a fény nem tud áthatolni.
- Ha a fény különböző anyagokkal kölcsönhatásba kerül, haladásának iránya megváltozhat, visszaverődhet, megtörhet.
- A környezetünkben lévő tárgyak a rájuk eső fénysugarak többségét visszaverik. A fényvisszaverés lehet szabályos vagy szórt (diffúz).
- A szabályos fényvisszaverődést tükrözésnek nevezzük.

Látásérzetet a szemünkbe jutó sugárnyaláb okoz. A környezetünkben lévő tárgyakat csak akkor látjuk, ha róluk fénysugár érkezik a szemünkbe. Sötétben a testek nem láthatóak, mert nincs fény ami visszaverődve a szemünkbe jutva.

## A fény részecsketermészete:

- a fotont fényrészecskének tekinthetjük, amely rendelkezik energiával, tömeggel és lendülettel
- Einstein eredetileg a fotont energiaadagnak tekintette
- foton tömege:

$$m_{foton} = \frac{h * f}{c^2}$$

- a fekete felület a fényt elnyeli → rugalmatlanul ütköznek a fotonok → lendületük átadódik → fénynyomás (mindkét természettel igazolható)
  - Pjotr Lebegyev → torziós ingára erősített tükör megvilágítva kitért
  - $10^{-5}$  Pa
  - a fénynyomás a Nap illetve a csillagok belsejében olyan nagy lehet, hogy képes ellensúlyozni a gravitációs összehúzódást
  - Nap közelében elhaladó üstökös csóvájának elhajlását a napsugárzás nyomása okozza
- napfogyatkozásakor a csillagok nem ott látszanak, mint ahol lenniük kellene → a csillagok fénye a nap közelében elhajlik
- nagy tömegű csillagok hozzánk érkező fénye vörös → az azt elhagyó fotonok energiát vesztenek → frekvencia csökken → hullámhossz nő → gravitációs vöröseltolódás
- feketelyukak
- Compton (amerikai fizikus) jelenség → grafitrétegen szóródó röntgensugarak hullámhossz-növekedése → fotonok és a grafitban lévő szabad elektronok ütközése
- fényelektromos jelenség (fotoeffektus)
  - fény hatására elektronok lépnek ki fémekből
  - erősebb megvilágítás → a mozgási energia nem változik, csak több foton lép ki (fotoáram nő)
  - nagyobb frekvencia → nagyobb mozgási energia
  - bizonyos frekvencia alatt nem lép ki elektron → határfrekvencia

$$h * f = W_{ki} + \frac{1}{2} m * v^2$$

## A fény hullámtermészete:

- a fény egy elektromágneses hullám → transzverzális hullám
- 400nm-800nm-ig terjed a hullámhossza (ibolya, kék, zöld, sárga, narancs, vörös)
- mivel a fény transzverzális hullám, ezért polarizálható (két tükörrel  $45^\circ$ -ban)
- interferencia:
  - azonos fázisban → erősítés
  - ellenkező fázisban → gyengítés
  - koherens → állandó fáziskülönbséges szükséges, hogy az interferenciakép hosszan megjelenjen
  - Huygens-Fresnel elv:
    - lyuk kartonpapíron → színes, koncentrikus gyűrűk → a lyuk minden egyes pontja elemi hullámok kiindulópontja → interferencia
  - vízfelületen olajréteg is interferenciát okozhat
- fényelhajlás:
  - rések sorozatával hozható létre → optikai rács
  - rácsállandó:  $d$  → a rések közti állandó távolság → fény hullámhosszának nagyságrendjébe esik

$$\sin \alpha = \frac{k * \gamma}{d}$$

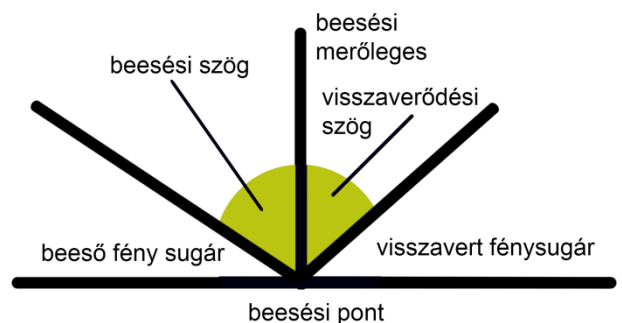
- diszperzió:
  - A fehér fény színeire bomlása, vagyis a diszperzió (színszóródás) annak a következménye, hogy az átlátszó anyagok törésmutatója a különböző hullámhosszúságú hullámokra más és más, a hullámhossz csökkenésével - vagyis az ibolya tartomány felé - a törésmutató fokozott mértékben (nem lineárisan) nő.
  - Emiatt az ibolya színű fény sokkal nagyobb mértékben szóródik szét, mint a vörös. A szóródás mértéke a szóró közegtől is függ, a különböző anyagokra ezért kísérletileg egyedi diszperziós görbéket határoznak meg.
  - prizma
    - A prizma oldallapjára érkező fénysugár kétszer is törést szenved, ha a prizma anyaga fénytanalag sűrűbb környezeténél.
    - Mindig a vastagabb vége felé töri meg a fényt.

## Lézer:

- A lézerek olyan fényforrások, amelyek igen vékony, nagyon kis széttartású fénynyalábot sugároznak ki, melyben a teljesítménysűrűség igen nagy lehet.
- A lézer egyszínű (meghatározott frekvenciájú) fényt bocsát ki, melynek koherenciahossza, azaz interferenciaképessége többméteres, szemben a hagyományos fényforrások néhány milliméteres koherenciahosszával.
- Ezek a tulajdonságok teszik lehetővé, hogy lézerek segítségével háromdimenziós képet, vagyis hologramot készíthetünk.
- *A lézerezés megvalósulásához néhány alapvető feltételnek teljesülnie kell. Először is egy aktív közegre, a lézeraanymagra van szükségünk, amelynek atomjai vagy molekulái kisugározzák a fényt. Másodszor egy olyan módszerrel kell rendelkezniük, amellyel a lézeraanymag atomjainak jelentős számát gerjesztett állapotba hozhatjuk. A lézeraanymag gerjesztési folyamatát pumpálásnak nevezzük. Végül meg kell találnunk a módját, hogyan érhetjük el, hogy a fény ne szökjön ki addig a lézeraanymagból, amíg kellően sok indukált emissziós fotonképzés nem történik. Ezt úgy valósíthatjuk meg, hogy a lézeraanymagot úgynevezett optikai rezonátorba helyezzük, amelyben tükrökön verődik oda-vissza a fény. A tükrök közös tengelyének irányában kisugárzott fény sok további indukált emissziót okoz, míg a tengelytől eltérő irányú fény gyorsan elhagyja a rendszer*

## A fényvisszaverődés törvényei:

- A síktükörrel a fénysugár úgy verődik vissza, hogy a beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel.
- A visszavert fénysugár, a beeső fénysugár és a beesési merőleges merőleges által meghatározott síkban van.
- Ha párhuzamos fénysugarak esnek a síktükörrre, akkor visszaverődés után is párhuzamos sugárnyalábot alkotnak.
- A síktükörben látott látszólagos kép nagysága és állása a tárgyval megegyező.
- A jobb és bal oldalakat felcseréli a tükör.
- A síktükörnél a tárgy távolság egyenlő a kép távolsággal.



## A fénytörés:

- Ha a fénysugár eltérő fénytani sűrűségű anyagok határát átlépi, iránya megváltozik. Ezt fénytörésnek nevezzük.
- Ha a fény fénytanalag ritkább anyagból fénytanalag sűrűbb anyagba lép, a beesési merőlegeshez törik.
- Ha a fény sűrűbb anyagból ritkább anyagba lép, akkor a beesési merőlegestől törik.
- A beeső fénysugár, a megtört fénysugár és a beesési merőleges egy síkban van.

## Lencsék:

- A fénytani lencse két gömbfelület rész által határolt átlátszó anyagú test.
- Ha a lencse a közepén vastagabb mint a szélén, akkor domború, ellenkező esetben homorú lencséről beszélünk.
- Ha lencse anyaga a környezeténél optikailag sűrűbb, akkor a domború lencse a ráeső párhuzamos fénysugarakat egy pontba gyűjti össze, ezért gyűjtőlencsének nevezzük.
- A homorú lencse a ráeső párhuzamos fénysugarakat, úgy törí meg, hogy azok széttartóan haladnak tovább, mintha a lencse mögöl egy pontból indultak volna ki. Ezért szórólencséknek nevezzük őket.
- **Fénytani lencsék nevezetes elemei:**
  - *Gömbületi középpontok*, azoknak a gömböknek a középpontjai, amelyek a lencse felületét képzik.
  - *Gömbületi sugarak*, a lencsét képző gömbök sugarai.
    - *Optikai főtengely* a gömbületi középpontokon átmenő egyenes.
    - *Fókuszpontok* a lencse két oldalán a főtengelyen lévő azon pontok, ahová a tengelyre párhuzamos fénysugarakat a lencse összegyűjti.

## Optikai eszközök:

- **Fényképezőgép:** A hagyományos fényképezőgép gyűjtőlencsájének az a feladata, hogy a sötétkamrába zárt fényérzékeny filmre, kicsinyített, valódi képet hozzon létre.
- **Az emberi szem képalkotása:** A fény a szembe a pupilla nyílásán át jut. A kép az ideghártyán jön létre, amelyen a kiváltott inger a szemidegen át jut el az agyba. A szem leggyakoribb rendellenességei a rövidlátás (szórólencse) és a távollátás (gyűjtőlencse). Ezeket szemüveggel, vagy kontaktlencsével korrigálhatjuk.
- **Diavetítő:** A vetítőgép domború lencséje a tárgyról a felfogó ernyőn valódi, nagyított képet hoz létre. Mikroszkóp: Apró tárgyról többszörösen nagyított képet alkot. Legegyszerűbb esetben, két gyűjtőlencséből áll.
- **Távcsövek:** A távoli tárgyak vizsgálatához távcsövet használunk.

## Gömbtükör:

- A leggyakrabban használt felületű tükör, a gömbtükör.
- Ha gömb belső felülete tükröz, akkor homorú, ha a külső, akkor domború gömbtükörről beszélünk.
- A gömbtükör nevezetes elemei:
  - *gömbi középpont*: annak a gömbnek a középpontja, amelynek része az adott gömbtükör.
  - *optikai középpont*: a gömbsüveg tetőpontja optikai főtengely: a gömbi középpont és az optikai középpontokon átmenő egyenes
  - *fókuszpont*: optikai és a gömbi középpont távolságának a felezőpontja
  - *fókusz távolság*: a fókuszpont távolsága az optikai középponttól, ami a gömbi sugár fele
- **homorú gömbtükör:** (gyűjtőlencse)
  - A tükörrre eső sugárnyaláb az optikai tengellyel párhuzamos, a visszavert fénysugarak a fókuszponton haladnak át.
  - A fénysugár a fókusz irányából érkezik a tükörrre, a tengellyel párhuzamosan verődik vissza.
  - A optikai középpontba érkező sugarak, a tengelyre szimmetrikusan verődnek vissza.
  - Ha a tárgy olyan közel van a tükörhöz, hogy a tárgy távolsága kisebb, mint a fókusz távolság, akkor a tükör mögött, egyenes állású, látszólagos nagyított képet látunk.
  - Ha a tárgyat távolítjuk a tükörtől, fókusz távolságon kívül mindig fordított állású, ernyőn felfogható valódi kép keletkezik.
- **domború gömbtükör:** (szórólencse)
  - A domború gömbtükörrre tengelyével párhuzamosan érkező fénysugarak, visszaverődés után széttartanak.
  - Domború gömbtükör az egy pontból kiinduló fénysugarakat mindig széttartóan veri vissza, függetlenül a tárgy pont helyétől, ezért a tárgy pont képe mindig látszólagos.
  - A domború gömbtükör a tárgyról mindig kicsinyített, egyenes állású és látszólagos képet hoz létre.

