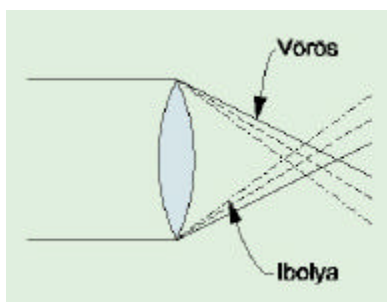


1.1 fejezet.

Fény fizikai tulajdonságai

Az emberi látás az elektromágneses energia sugárzásból a (360 -) 400 nm-tol 700 (-780) nanométer (nm) hullámhosszúságú tartományt érzékeli. Ebben a tartományban a sugárzást „fénynek” nevezzük, és a hullámhossztól függően különböző „színűnek” érzékeljük. A 360 nm-nél rövidebb hullámhosszú fény jelentős részét elnyelné a szaruhártya és a szemlencse, a rövidhullámú sugarak a hossz hullámúakhoz képest erősebb a fénytörése (2 dioptria), ez már jelentős színeltérést, kromatikus aberrációt okoz. A vörös színű 780 nm-nél hosszabb hullámhosszúságú fény kvantum energia szintje feltehetőleg kevés a vörös fotópigment (erythrolable opsin) lebontásához.



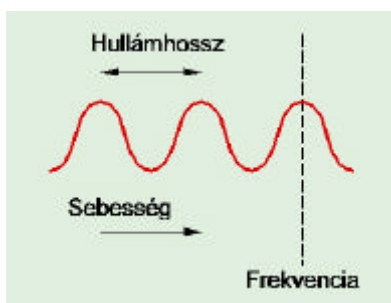
1. ábra. A fénysugár két közeg határvonalán megtörik. Mivel a törésszög hullámhosszonként különböző, a szem optikai képalkotásában élettenséget, kromatikus aberrációt okoz.

A fény az anyagból kvantumokban kiszakadó anyagi részecskék áramlása. A kvantumok energiáját Einstein fotonnak nevezte el. A fénykibocsátást (emissziót) meggyorsíthatja az anyag hőmérsékletének növelése, ez esetben a hullámhossz az anyagtól és a hőmérséklettől függően változó. És a kibocsátást meggyorsíthatja elektron besugárzás, ez esetben a hullámhossz az anyagtól függően állandó. A fénysugárzás a következő radiometriai mennyiségekkel jellemezhető:

a) A fényenergia nem függ a kvantumok tömegétől (elhanyagolható), csak a sebességétől (V) valamint a hullámhossztól (λ), azaz két egymást követő kvantum távolságától. Minnél rövidebb a hullámhossz, annál nagyobb a fény energiája. Az arányosság tehát a következő:

$$E = h \frac{V}{\lambda}$$

ahol E a fényenergia, mértékegysége Joule, V a fénysebesség a közegtől függően változó mértéku, a levegőben és a vákumban hozzávetőlegesen 3×10^8 m/s, h a Plank-féle állandó (6.624×10^{-34} joule•sec), λ a hullámhossz, mértékegysége nanométer (nm), a milliméter egymilliomod része.



2. ábra. A fényfrekvencia: egységnyi idő alatt adott pontban áthaladó hullámok száma.

b) A fény alapvető radiometriai mértékegysége - pontszerű fényforrás egységnyi idő alatt (dt), adott hullámhossz tartományban szétsugárzott fényenergiája (dQ), - a sugárzó fluxus (F), mértékegysége Joule/sec vagy Watt.

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

c) A sugárzó fluxus egy hipotetikus határfelületen átadott része, - a radiometriai fényerősség (I_e). A határfelület méretét a térszög (ω) határozza meg.

$$I_e = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

A térszög mértékegysége a szteradián (sr), egységnyi sugarú gömb felületének 1 m²-es része. Az egységnyi sugarú gömb tehát 4 π , azaz 12.56... sr térszögnek felel meg. A fényerősség mértékegysége: Watt/szteradián (W/sr). A fényforrás fényerőssége a térben különböző eloszlású lehet.

d) A térszöget helyettesítheti tényleges felület, ha nincs rövidülésben a fényforráshoz képest. Ebben az esetben a sugárzó fluxus egységnyi merőleges felületre (dA) eső része, - a radiometria kisugárzás, másnéven irradiancia (E_e), mértékegysége Watt/m². A kisugárzás a távolság négyzetével arányosan csökken, mert adott térszögbe irányuló I_e fényerő a távolsággal növekvő területen oszlik meg. Mivel $F = 4\pi I_e$ és $A = 4\pi r^2$, tehát

$$E_e = \frac{d\Phi}{dA} \quad \text{illetve} \quad E_e = \frac{dI_e}{r^2}$$

e) A térszöget helyettesítheti pont (infinitesimális terület) is. A sugárzó fluxus egy pontra eső része, a radiometriai fényssűrűség, a radiancia (L_e), amely a fényerő és a (térszög irányából látható) felület vetületi területének hányadosa:

$$L_e = \frac{dI_e}{dA \cdot \cos \theta} = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\omega}$$

A radiancia mértékegysége W/(m²·sr). A radianciát a számítógépes grafikában használják, mert ha a fluxus szétszórásáról van szó, a terület csak a térszöggel együtt jellemzi sugárzás erejét. Ha csak a megvilágított felületek területét vennénk számításba, nagy távoli felületekre több fény jutna, mint a közeli kicsikre. A radiancia esetében a terület és térszög kiegyenlíti egymást: távoli nagy terület térszöge kicsi, közeli kis terület térszöge nagy, a két fluxushányad tehát azonos.

A fotometria számára a fényenergia mechanikai meghatározása nehezen kezelhető, ezért mértékadó energia mennyiségnek a Watt helyett egy valóságos fényforrás, a 2046 K°-os hőmérsékleten sugárzó 1 cm²-es felületű fekete test (platina) fényerősségét használja. 1 új gyertya (candela – jele: cd) adott irányba 1/683 Watt/sr egyenértékű fényerővel, 555 nm hullámhosszon (540×10^{12} Hertz) sugárzó monokromatikus fényforrás fényerőssége. A színhőmérséklet megválasztása nem véletlen, nappali megvilágításban az 555 nm-es sárgászöld színű fény váltja ki a legnagyobb színingert. A fényerő a hullámhossztól függően változó. Néhány fényforrás mechanikai fényerő egyenértéke (M) - zárójelben a hatásfokot feltüntetve - a következő. A mértékadó platina 2046 K°-os hőmérsékleten 1 lm/w, a wolframszál légtűres térben 2450 K°-os hőmérsékleten ~10 lm/W (1.5 %), higanygoztlámpa ~45 lm/W (6.6 %), erősáramú ívfény szénrudak között 6000 K°-os hőmérsékleten ~90 lm/W (13.2 %)

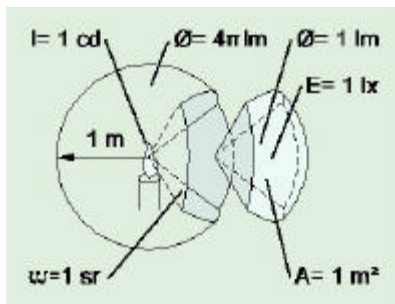
A kandella alapján a fénysugárzás a következő fotometriai mennyiségekkel jellemezhető:

a) A sugárzó fluxus fotometriai megfelelője a **fényáram**, mértékegysége a lumen. 1 lumen = 1 kandella sugárzó fluxussal rendelkező pontszerű fényforrás 1 szteradián térszögbe sugárzott energiája.

b) A fényerősség fotometriai megfelelője a **fényerősség**, mértékegysége a lumen/str vagy kandella.

c) A kisugárzás (irradiancia) fotometriai megfelelője a **megvilágítás erősség** (illuminancia), mértékegysége a lux vagy lumen/m². 1 lux = 1 lumen fényenergia a fény irányára merőleges 1 m²-es felületen.

d) A fénysűrűség (radiancia) fotometriai megfelelője a **felületi fényesség** (luminancia), mértékegysége nit vagy kandella/m², esetleg a lumen/m², régebben stilb. 1 nit = 1 candella fényenergia 1 m²-es vetületi felületen. Néhány tipikus fénysűrűség (cd/m²): csillagfény - 0.001, holdfény - 0.1, szobabelső - 100, napfény - 10000. A csillagfény és a napfény közötti világosságkülönbség tehát 100 milliószoros.



3. ábra. Fénytani mennyiségek.

A megvilágítás erőssége (illuminancia) és a fényesség (luminancia) között az összefüggés a következő:

$$L = \frac{E}{p \cdot \cos \alpha}$$

ahol L a felület luminanciája (cd/m²), E a megvilágítás erősség (lux, lm/m²), p a felület fényvisszaverődési tényezője, α a felület fényelnyelési tényezője, t a felület fényátbocsátási tényezője, $\cos \alpha$ a fény beesési szöge. Legnagyobb a felület luminanciája, ha a beesési szög 90°, és a fényvisszaverődési tényező 1.

A rádió- és fotometriai mennyiségek fizikai tartalma tehát azonos, a mértékadó mennyiségeik azonban különböznek egymástól, de átszámíthatók. A szövegekben előfordulhat, hogy a meghatározások és a mértékegységek felcserélődnek. A fényerősséget vagy luminanciát gyakran használják a sugárzó fluxus általános jellemzésére.

1. sz. táblázat. A rádió- és fotometria mértékegységeinek összehasonlítása.

	SI		CIE	
F	Sugárzó fluxus <i>Radiant flux</i>	W	Megvilágítási fluxus (fényáram) <i>Luminous flux</i>	lm
I	Fényerő <i>Radiant intensity</i>	W/sr	Fényerő <i>Luminous intensity</i>	cd
E	Irradiancia <i>Irradiance</i>	W/m ²	Megvilágítás erősség <i>Illuminance</i>	lux
L	Radiancia <i>Radiance</i>	W/(m ² ·sr)	Felületi fényesség (fénysűrűség) <i>Luminance</i>	nit