

Radiometriai és fotometriai mennyiségek és egységek

Antal Ákos

antala@eik.bme.hu

Az optikai sugárzás a kb. 1 nm hullámhosszúságú röntgensugárzás és a kb. 1 mm hullámhosszúságú rádiósugárzás hullámtartománya közé eső elektromágneses sugárzás. Amennyiben e sugárzás teljes sugárzási energiája szerint értékelő mennyiségeket vizsgáljuk radiometriai mennyiségekről beszélünk, ha azonban a CIE¹ fénymérő észlelő szerint értékelő² mennyiségeket vizsgáljuk, akkor fotometriai mennyiségekről beszélünk.

Más szóval ez azt jelenti, ha a fényforrások által kisugárzott fényben megjelenő energia terjedésének törvényeit vizsgáljuk, akkor azt a radiometria eszközeivel tesszük. Ha figyelembe vesszük azt, hogy az emberi szem a különböző spektrális összetételű, de azonos teljesítményű fényforrásokat másképpen érzékeli, akkor a jelenségeket a fotometria fogalmaival írjuk le, tehát a fotometriában a fény energetikai jellemzőinek meghatározásakor tekintetbe vesszük az emberi szem spektrális érzékenységét is, és a méréseket etalon fényforrásra vezetjük vissza.

A geometria eszköztárában a szög fogalma két egymást metsző egyenes egymástól való el-

hajlását jelenti. E két egyenes metszéspontja körül behúzott egységnyi sugarú kör kerületén a két egyenes által kimetszett l hosszúságú ívdarabbal, azaz ívmértékkel magát a szöget³ jellemezzük. Nem egységnyi, hanem R sugarú kör esetén a szög

$$\varphi = \frac{l}{R} [rad]$$

Ha az előzőek analógiájára értelmezzük egy R sugarú gömbből kimetszett S felület és a gömb sugara négyzetének arányát, akkor eljutunk a *térszög*⁴ fogalmához.

$$\Omega = \frac{S}{R^2} [sr]$$

Másszóval úgy is megfogalmazható, hogy egy szteradián az egységnyi sugarú gömb egységnyi felölete által kijelölt térrész térszöge. Egységnyi sugarú gömb esetén a lehetséges legnagyobb, az egész teret befogó térszög mértéke 4π sr.

Tapasztalati tények alapján állítható, hogy a fénynyalámban energia áramlik, és ezen energia áramlásának irányát a fénysugarak iránya adja meg. A fényforrások által kisugárzott fény a látható összetevő mellett láthatatlan sugárzást is tartalmaz, így a teljes sugárzási energiának csak egy része a látható fény⁵ által szállított

¹Commission Internationale de l'Eclairage.

²A CIE fénymérő észlelő egy olyan sugárzást érzékelő eszköz, amelynek relatív spektrális érzékenységi görbéje a $V(\lambda)$ vagy $V'(\lambda)$ láthatósági függvénnyel megegyezik, tehát az emberi szem spektrális érzékenységére vonatkoztatott fotometriai mennyiségek és a radiometriai mennyiségek között számszerűen kifejezhető összefüggések vannak. Tehát a radiometriai illetve a fotometriai mennyiségek között a kapcsolatot az emberi szem spektrális érzékenysége teremti meg.

³Az SI-rendszer szerint a síkszög egysége a radián [rad].

⁴Mértékegysége a szteradián [sr]

⁵A *fény* szót használják a látható tartományon kívül található optikai sugárzás megnevezésére is, azonban szigorú értelemben a fény a CIE fénymérő észlelő szerint súlyozott sugárzás.

fényenergia.

Ha valamely főnyaláb adott metszetén dt idő alatt dW_e sugárzási energia, illetve dW_v fényenergia áramlik át, akkor a teljesítmény jellegű

$$\Phi_e = \frac{dW_e}{dt}$$

sugárzási teljesítményt (energiaáramot), illetve a

$$\Phi_v = \frac{dW_v}{dt}$$

fényáramot tudjuk definiálni.⁶ A sugárerősség a sugárforrást elhagyó, az adott irányt tartalmazó dW térszögben terjedő dF_e sugárzott teljesítmény és a dW térszög hányadosa⁷:

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega}$$

Fotometriai értelemben ezzel analóg mennyiség a fényerősség⁸, amely a fényforrást elhagyó, az adott irányt tartalmazó dW térszögben terjedő dF_v fényáram és a dW térszög hányadosa:

$$I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$$

A sugársűrűség adott irányban az I_e sugárerősségnek és a dS felületelem látszólagos nagyságának, a $dS \cos(\vartheta)$ vetületnek a hányadosa⁹.

$$L_e = \frac{I_e}{dS \cos(\vartheta)}$$

A fényáram, a fényforrás felületi fényessége vagy világossága adott irányban, az I_v fényerősségnek és a dS felületelem látszólagos nagyságának, a $dS \cos(\vartheta)$ vetületnek a hányadosa¹⁰.

$$L_v = \frac{I_v}{dS \cos(\vartheta)}$$

1. táblázat. Radiometriai és fotometriai mennyiségek táblázatos összefoglalása

| Név | Jel | Mértékegység |
|---------------------------------|----------|------------------------|
| Radiometriai mennyiségek | | |
| Sugárzási teljesítmény | Φ_e | W |
| Sugárzott energia | W_e | Ws |
| Besugárzott teljesítmény | E_e | $\frac{W}{m^2}$ |
| Sugárerősség | I_e | $\frac{W}{sr}$ |
| Sugársűrűség | L_e | $\frac{W}{m^2 sr}$ |
| Fotometriai mennyiségek | | |
| Fényáram | Φ_v | lm |
| Fényenergia | W_v | lms |
| Megvilágítás | E_v | $\frac{lm}{m^2} = lux$ |
| Fényerősség | I_v | $\frac{lm}{sr} = cd$ |
| Fénysűrűség | L_v | $\frac{lm}{m^2 sr}$ |

A besugárzott teljesítmény¹¹ a felület egy adott pontján az oda beeső $d\Phi_e$ sugárzási teljesítmény és a felületelem dS területének a hányadosa.

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dS}$$

A megvilágítás¹² a felület egy adott pontján az oda beeső $d\Phi_v$ fényáram és a felületelem dS területének a hányadosa.

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dS}$$

⁶A sugárzási teljesítmény mértékegysége a Watt $[W]$, a fényáramé a lumen $[lm]$.

⁷Mértékegysége a $\frac{W}{sr}$.

⁸Egysége a candela $cd = \frac{lm}{sr}$. A candela az SI-rendszer alapegysége, és definíció szerint olyan fényforrás fényerőssége adott irányban, amely $540 \cdot 10^{12}$ Hz frekvenciájú monokromatikus fényt bocsát ki, és sugárerőssége ebben az irányban $\frac{1}{683} \frac{W}{sr}$, azaz a fekete sugárzó $\frac{1}{600000} cm^2$ -nyi felületének fényerőssége a felületre merőleges irányban, a platina dermedési hőmérsékletén, $101325 Pa$ nyomáson.

⁹Mértékegysége $\frac{W}{m^2 sr}$.

¹⁰Mértékegysége a $\frac{cd}{m^2}$. Használatos még a stilb $[sb]$ egység is, amely $1 \frac{cd}{cm^2}$, s ebben a gyertya fényerőssége kb. 1 sb, a Napé derűs időben kb. 105 sb.

¹¹Egysége a $\frac{W}{m^2}$.

¹²egysége a $lux = \frac{lm}{m^2}$.

Hivatkozások

- [1] *Budó Ágoston, Mátrai Tibor*: Kísérleti Fizika III., Tankönyvkiadó, 2. kiadás, Budapest, 1980.
- [2] *Nussbaum, Allen*: Modern optika mérnököknek és kutatóknak, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [3] Optika, Szerkesztette: *Ábrahám György*, Panem-McGraw-Hill, Budapest, 1998.
- [4] *Ryer Alex*: The Light Measurement Handbook, InternationalLight, Newburyport MA, 1997. <http://www.intl-light.com/handbook.html>
- [5] <http://www.cie.co.at/>
- [6] Lighting Design Glossary, <http://www.schorsch.com/kbase/glossary/index.html>