

Alapfogalmak II.

Ismétlés:

Fényáram

dA



Besugárzott
felületi
teljesítmény

Megvilágítás
környezetre

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$



$$d\Omega = \frac{dA(\cos \alpha)}{r^2}$$

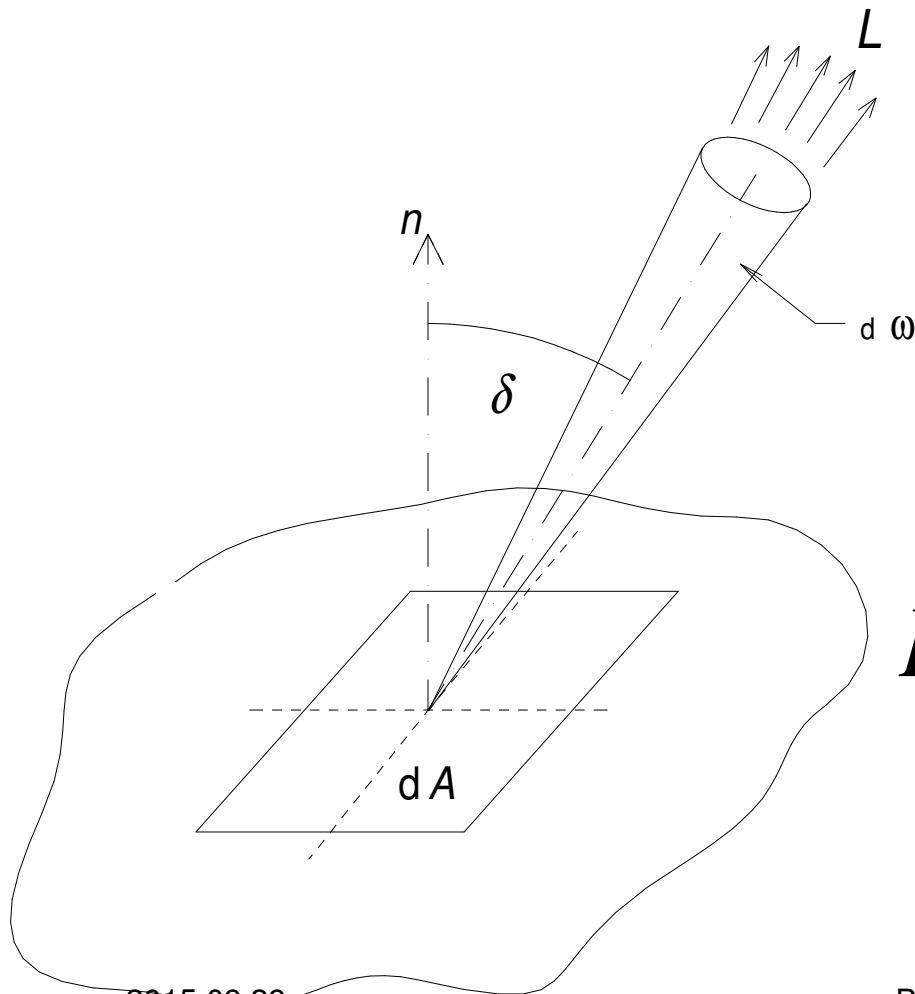
Fényerősség
térbeli eloszlásra

Sugárerős-
ség

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

Sugársűrűség

A sugárzó felület dA felületeleme által a felület normálisától (n) δ szögre elhelyezkedő irányban, a $d\omega$ elemi térszögben kibocsátott $d\phi$ sugáráram



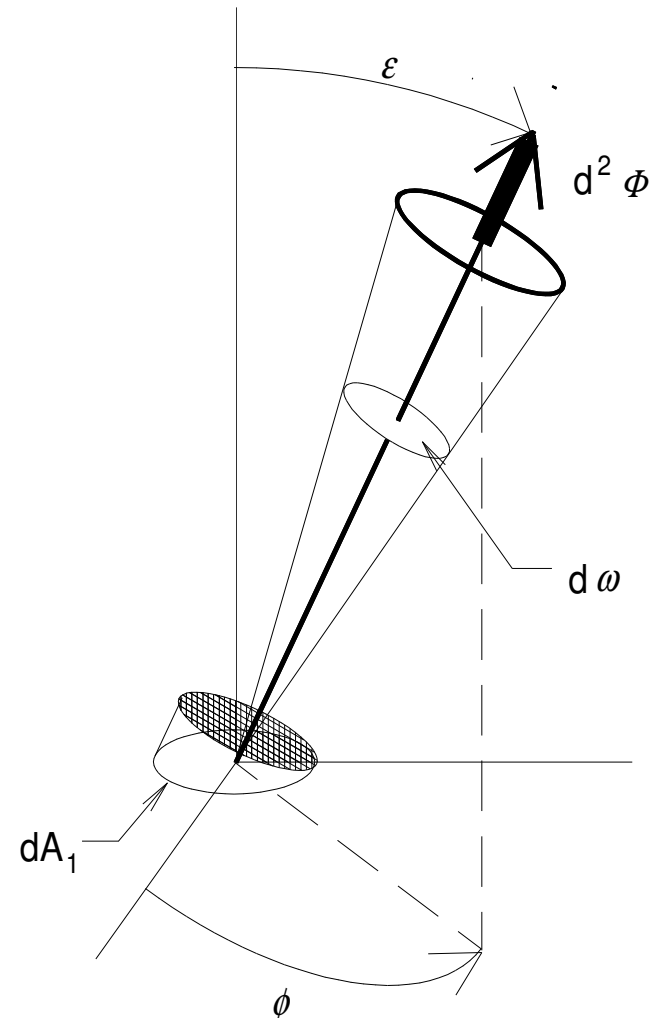
$$L_e = \frac{d^2\Phi}{d\omega dA \cos \delta}; \text{ W/(m}^2\text{*sr)}$$

Fénysűrűség

- a dA_1 felületelemet elhagyó (azon áthaladó vagy arra beeső) és adott irányt tartalmazó $d\Omega$ térszögben sugárzott $d\Phi$ fényáramnak, valamint az elemi térszögnek és a felületelem adott irányra merőleges vetülete szorzatának hányadosa:

$$L_v = \frac{d^2\Phi_v}{d\Omega dA_1 \cos \varepsilon_1}$$

egysége: cd/m^2 , jele: L_v



Másképp:

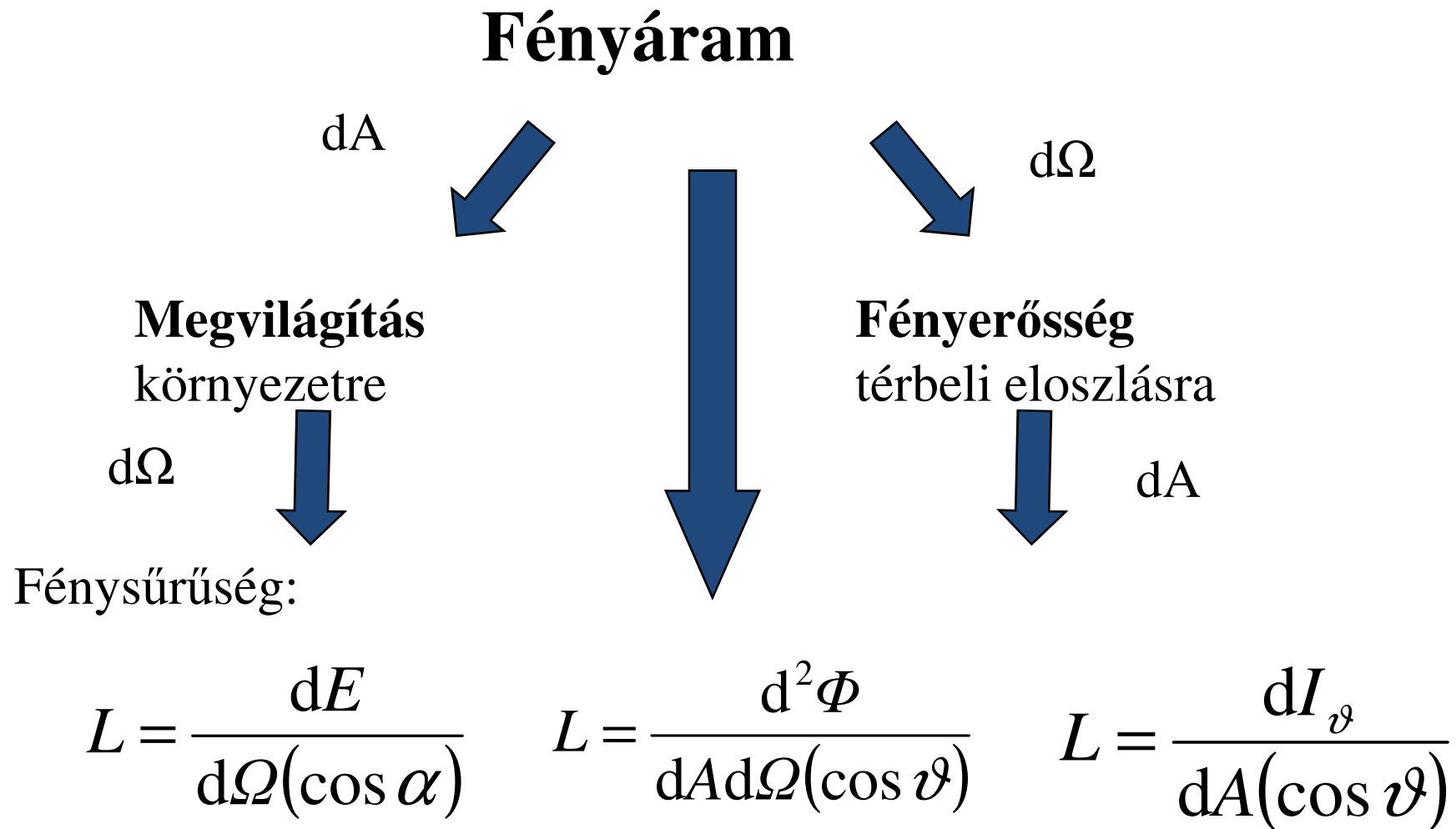
$$L = \frac{I_{\vartheta}}{A \cos \vartheta}$$

Egysége: kandela per négyzetméter, az egység jele:
 cd / m^2

$$1 \text{ cd} / \text{m}^2 = 1 \text{ lm} / 1 \text{ sr} \cdot \text{m}^2$$

A fény forrása	fénysűrűsége cd / m^2
Nap délben	$1 \cdot 10^9 \dots 1,5 \cdot 10^9$
Telihold	2500 ... 3000
Tiszta égbolt	3000 ... 7000
Fedett égbolt	100 ... 1000
Izzólámpa, izzószála	$10 \cdot 10^6$
Nagynyomású náatriumlámpa	$70 \cdot 10^3 \dots 140 \cdot 10^3$
Fénycső	3000 ... 14.000
Irodai környezet falfelületei mesterséges világítás esetén	1 ... 200
Útburkolat korszerű közvilágítással	0,1 ... 5

Összefüggések az alapmennyiségek között



Megnevezés	Term.	jel	egység	Megnevezés	Terminology	Jel	Egység
Sugárzott energia	radiant energy	$Q = \int \Phi \, dt$	$J = kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$	Fényenergia	quantity of light	Q_v	lmh
Sugárzott teljesítmény	radiant flux	Φ vagy F	W	Fényáram	luminous flux	Φ	lm
Besugárzás	irradiance	E	$W \cdot m^{-2}$	Megvilágítás	illuminance	E	lx
Sugárerősség	radiant intensity	I	$W \cdot sr^{-1}$	Fényerősség	luminous intensity	I	cd
Sugársűrűség	radiance	L	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	Fénysűrűség	luminance	L	$cd \cdot m^{-2}$

Egyéb fogalmak

1. Fényhasznosítás

Definíció: A fényforrás által kibocsátott fényáram és a felvett villamos teljesítmény hányadosa.

Jele: η^*

Mértékegysége: **lm/W**

$$\eta^* = \Phi/P$$

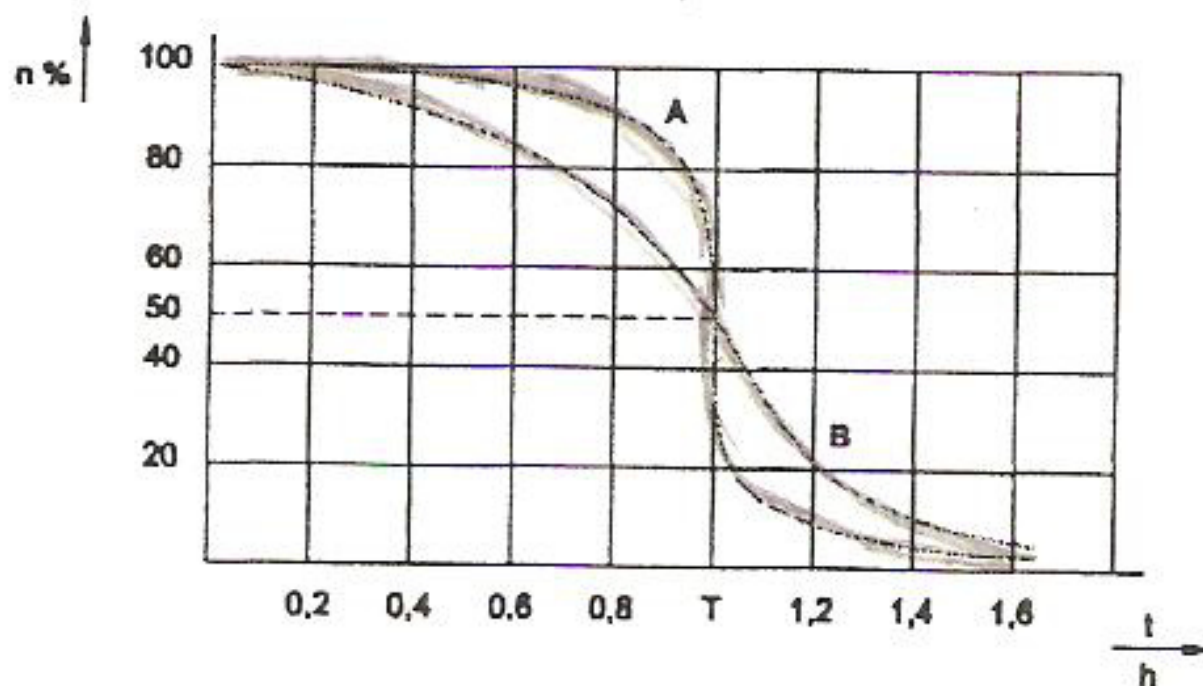
Fényforrások fényhasznosítása

Fényforrás típusa	Fényhasznosítás (lm/W)
Hagyományos izzólámpa	14,4
Halogén izzólámpa	17
Kompakt fénycső	85
Nagynyomású fémhalogén lámpa	90
Nagynyomású Na-lámpa	116
Kisnyomású Na-lámpa	206
LED világító dióda	80 - 200

2. Élettartam: A fényforrás működési idejét határozza meg.

Fajtái:

2.1. átlagos, a kiégési görbe 50 %-hoz tartozó érték.



2.2.Névleges – gyártó által megadott

2.3.Garantált – amire garanciát vállal a gyártó

2.4.Várható – működési körülményektől függő

Izzólámpák feszültség függése:

$$T_{\text{várható}} = \left(\frac{U_{\text{tényleges}}}{U_n} \right)^{-13,1} T_n$$

2.5.Tényleges – az egyed tényleges működési időtartama

Fényforrások névleges élettartam adatai:

Izzó $\Rightarrow$ 1000h;

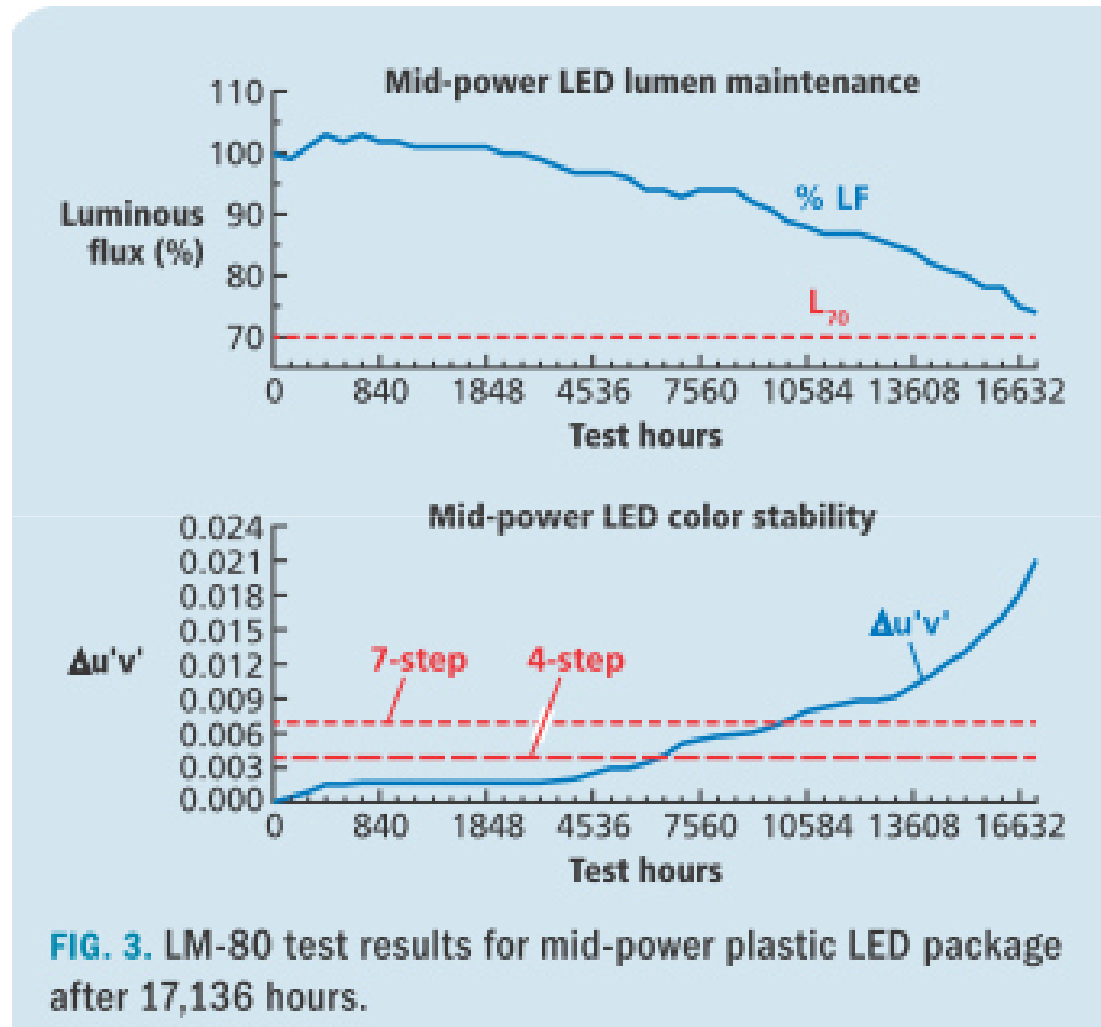
Vetítőlámpa $\Rightarrow$ 10 h;

Fénycső $\Rightarrow$ 10.000 h;

Nátriumlámpa $\Rightarrow$ 28.000 h

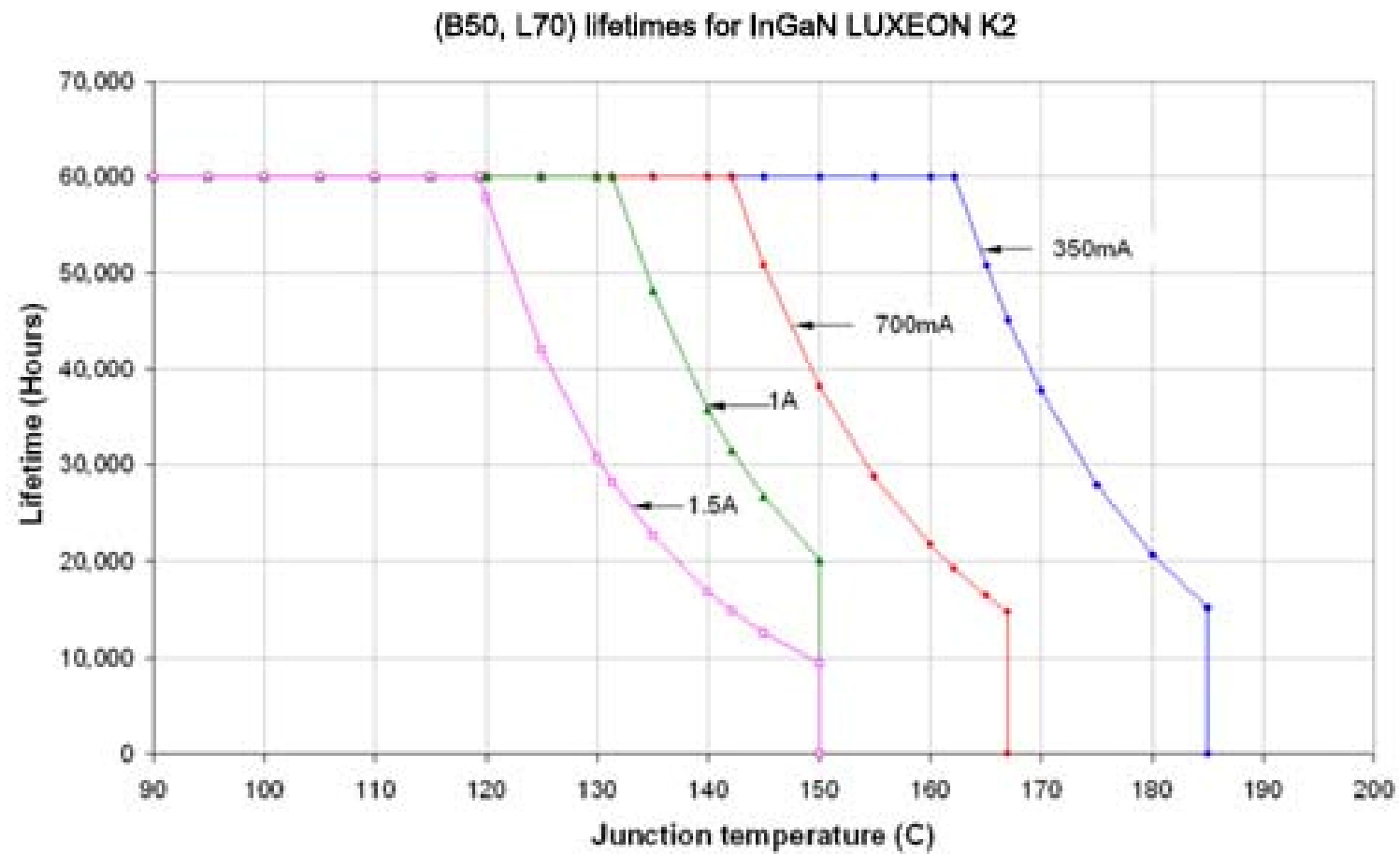
LED $\Rightarrow$?

LED élettartam



Forrás: LED magazin
2014

LED-k élettartama

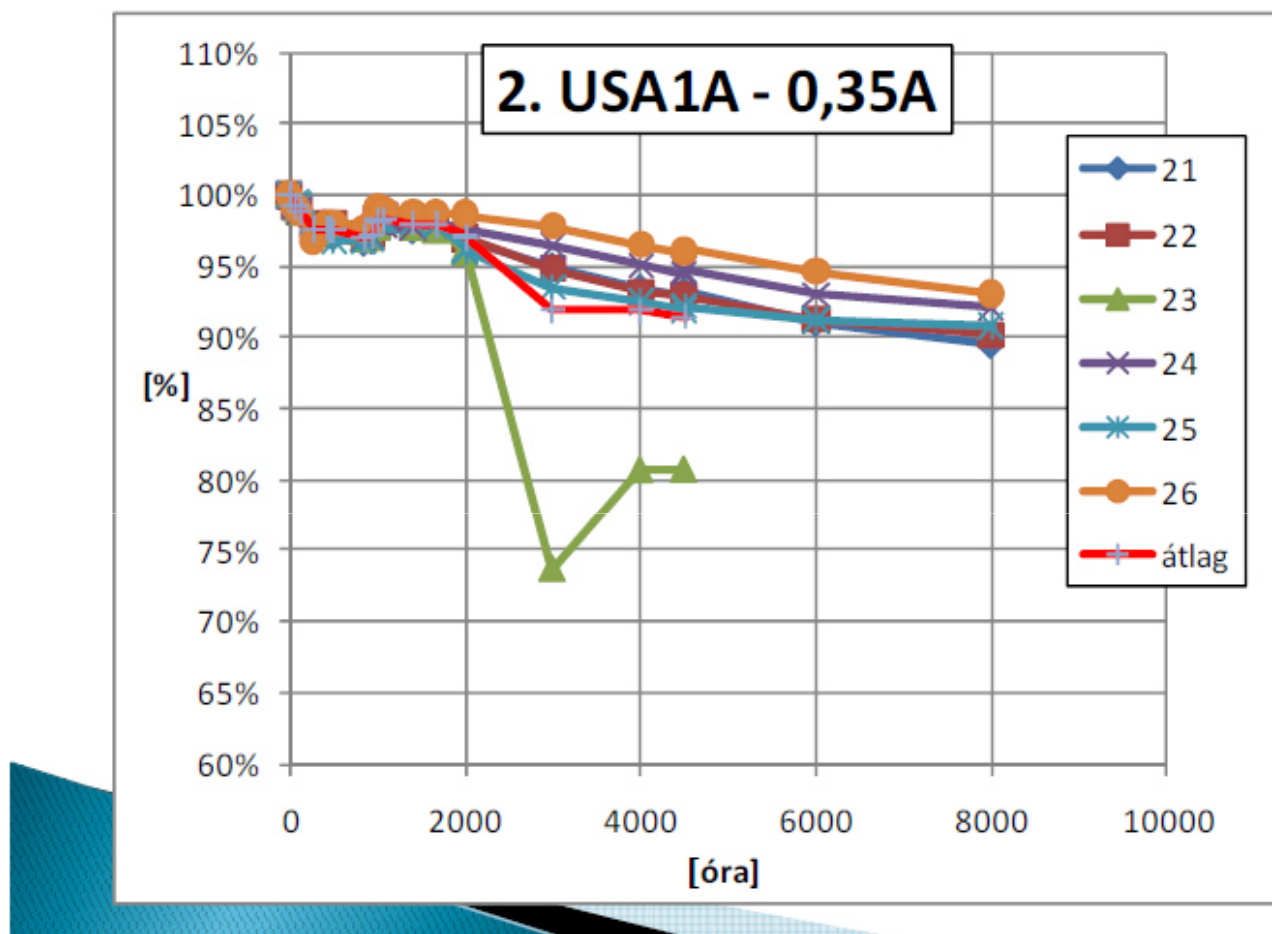


LED öregítő
berendezés a Pannon
egyetemen

Julabo F25-MC
folyadékös
termosztát,
hőszigetelt kamra 60
db LED
felszereléséhez,
oszloponként
áramgenerátor
350 mA, ill.
700 mA.



Mérési eredmények –(rel.) fényáram



Forrás: Csuti Péter és tsai Közvilágítási Ankét

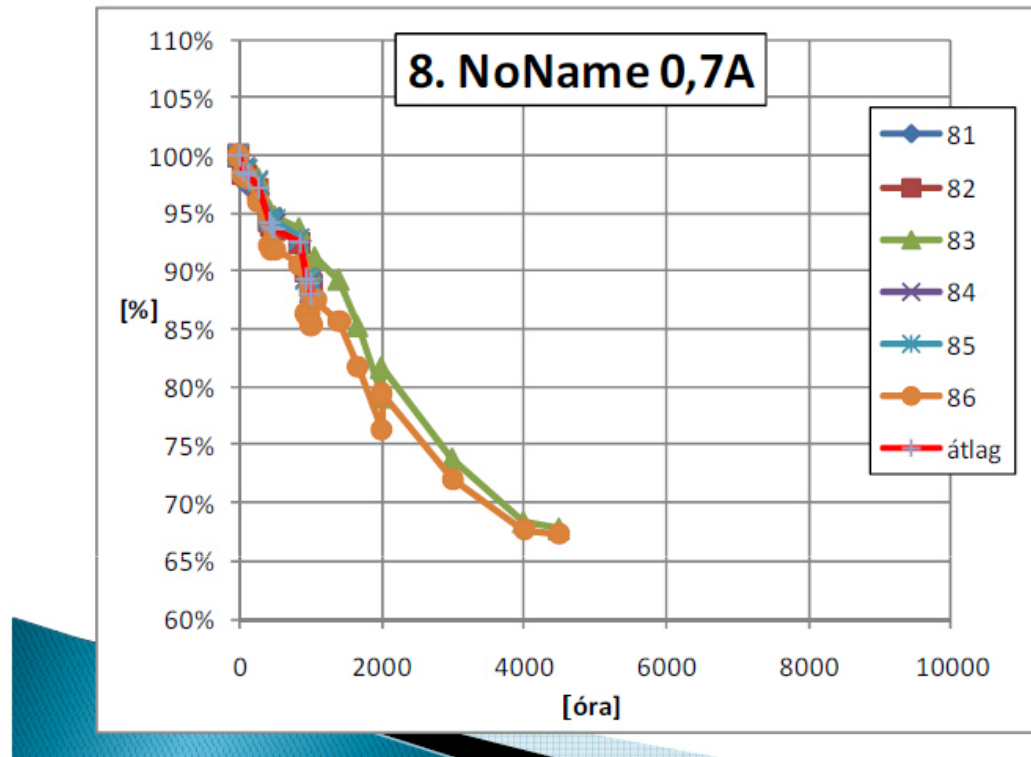
2015.09.29.

2011

BME - VIK

16

Mérési eredmények –(rel.) fényáram



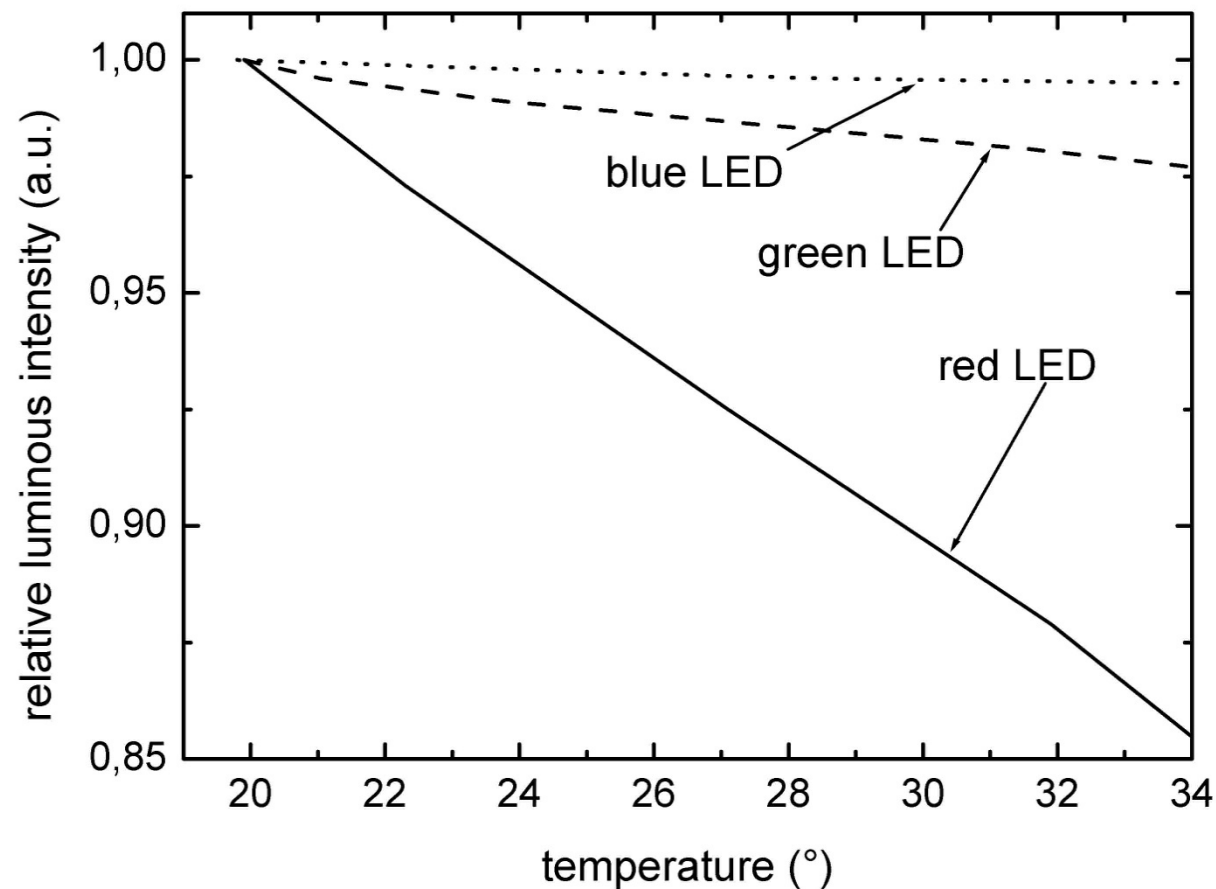
a fényáram tartásának vizsgálatára
összeállított LM80-as ajánlásba beillesztendő
a termikus feltérképezés is!

Forrás: Csuti Péter és tsai Közvilágítási Ankét

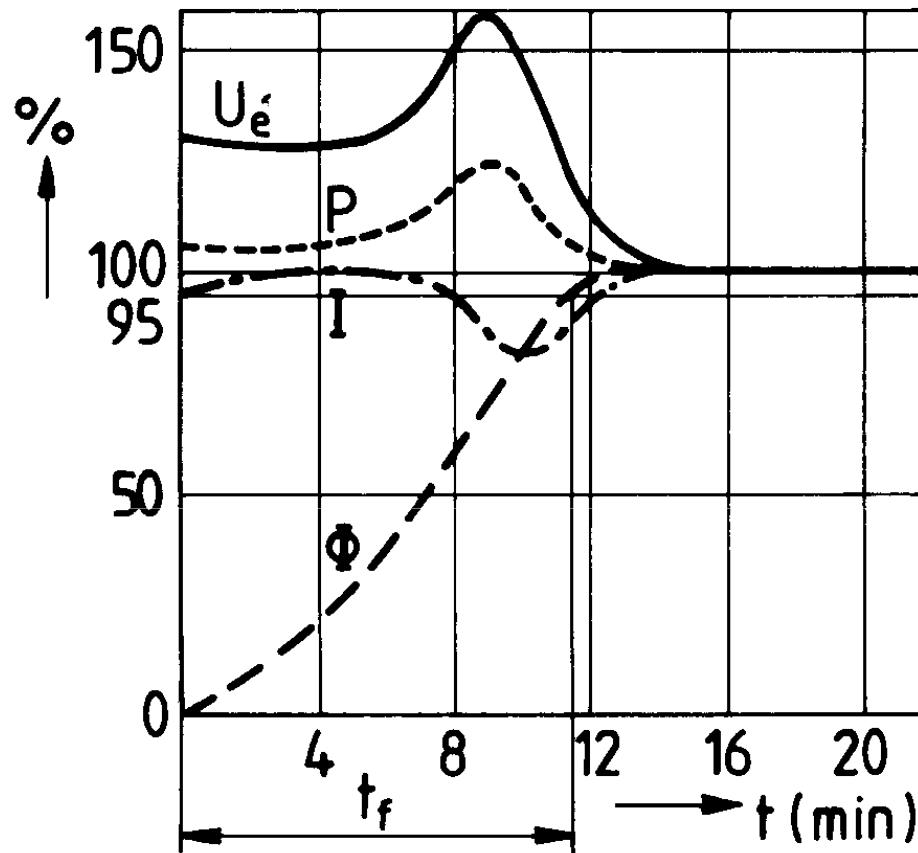
2011

2015.09.29.

Különböző összetételű LEDek fényáramának hőmérsékletfüggése



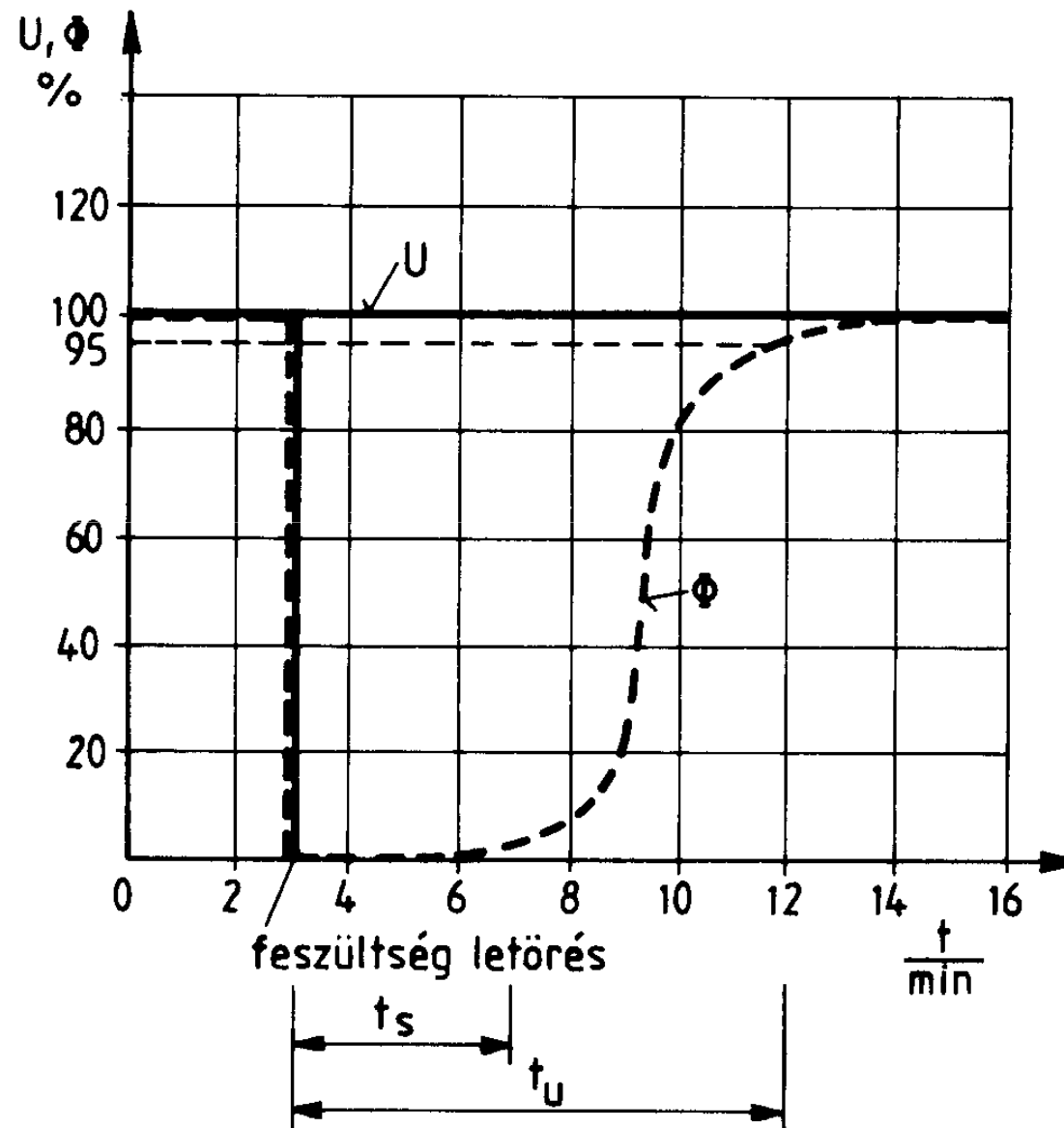
3. Felfutási idő...



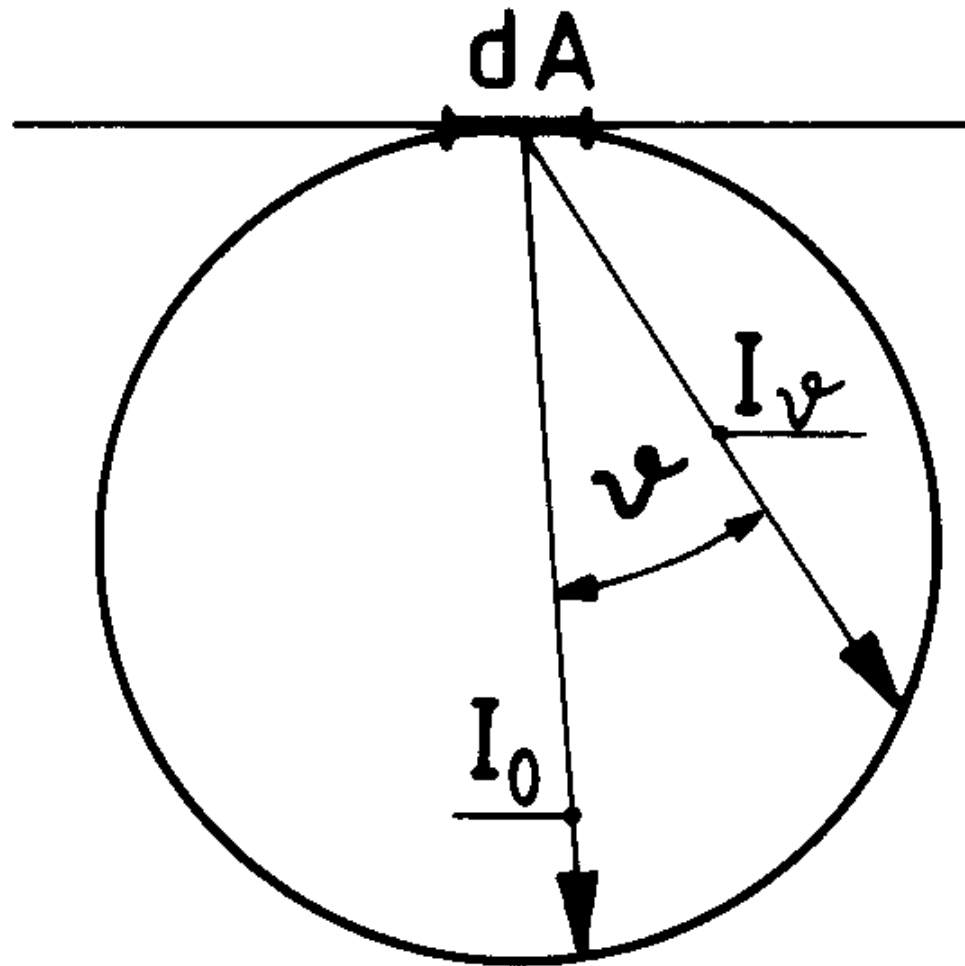
az az időtartam,
amely alatt a
fényforrás eléri
fényárama 95%-
át.

Rövid, ha $t_f < 6$ s

4. Újragyújtási idő



Lambert féle koszinusz törvény



$$I_v = I_0 \cos v$$

$$L = \frac{I_v}{A \cos v}$$

$$L = \frac{I_0}{A}$$

Lambert sugárzó esetén:

$$\mathbf{L} = \frac{\rho \mathbf{E}}{\pi}$$

Közvilágításban:

$$\mathbf{L} = \mathbf{qE}$$

Anyagjellemzők

$$\rho = \frac{f(\Phi_{\lambda\rho})}{\Phi_{\lambda}}$$

Spektrális reflexiós tényező

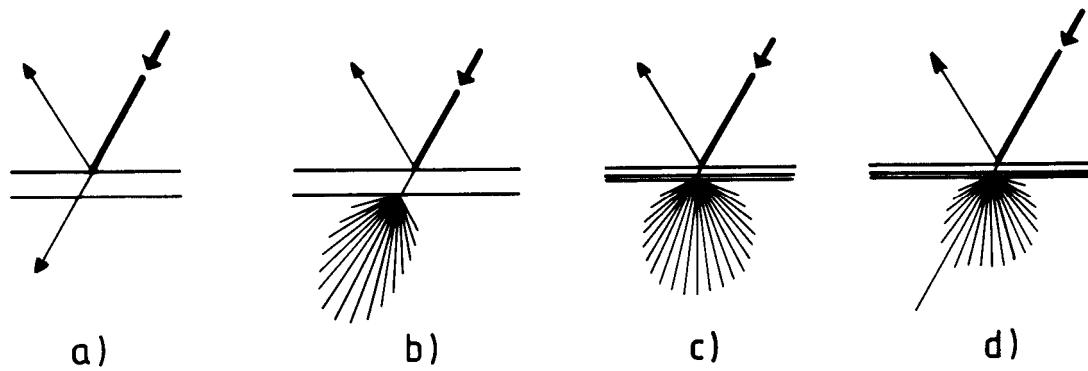
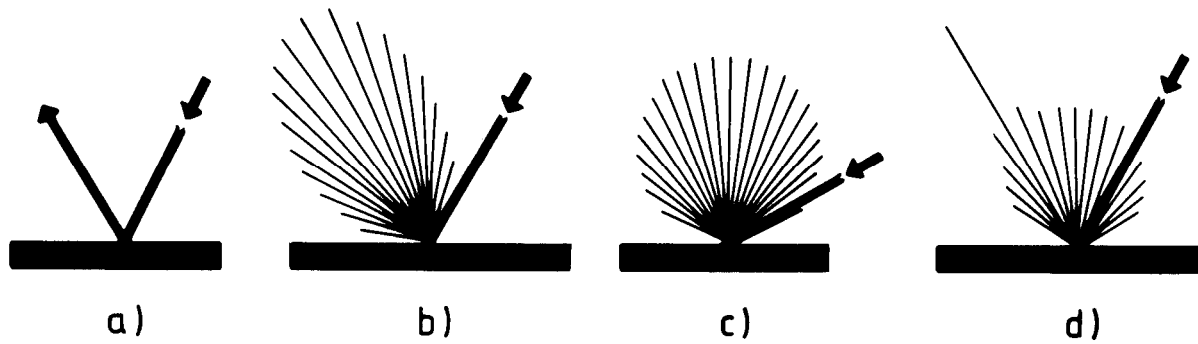
$$\rho = \frac{\int \Phi_{e\lambda} \rho(\lambda) d(\lambda)}{\Phi_e}$$

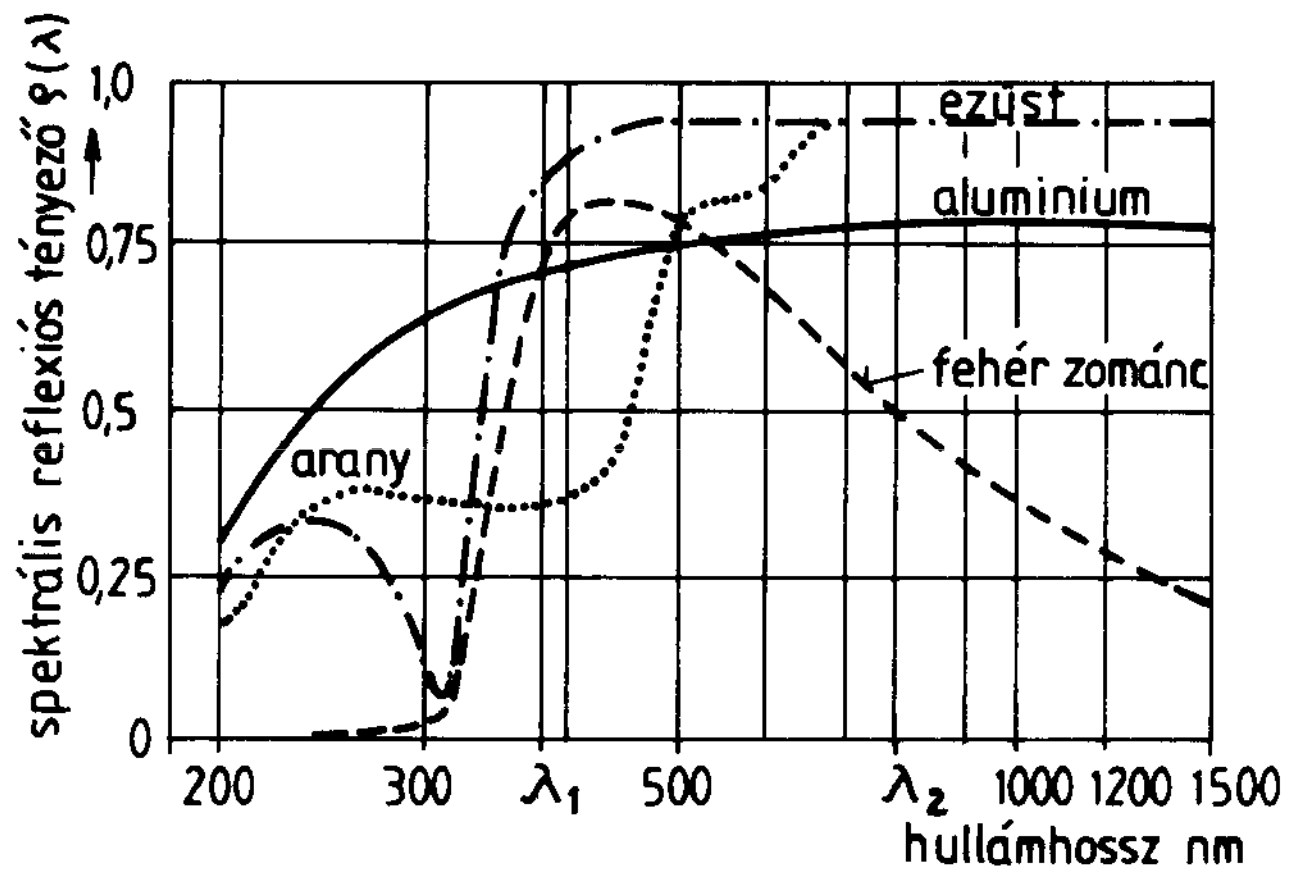
Teljes reflexió

$$\rho_v = \frac{\int \Phi_{e\lambda} V(\lambda) \rho(\lambda) d(\lambda)}{\int \Phi_{e\lambda} V(\lambda) d\lambda}$$

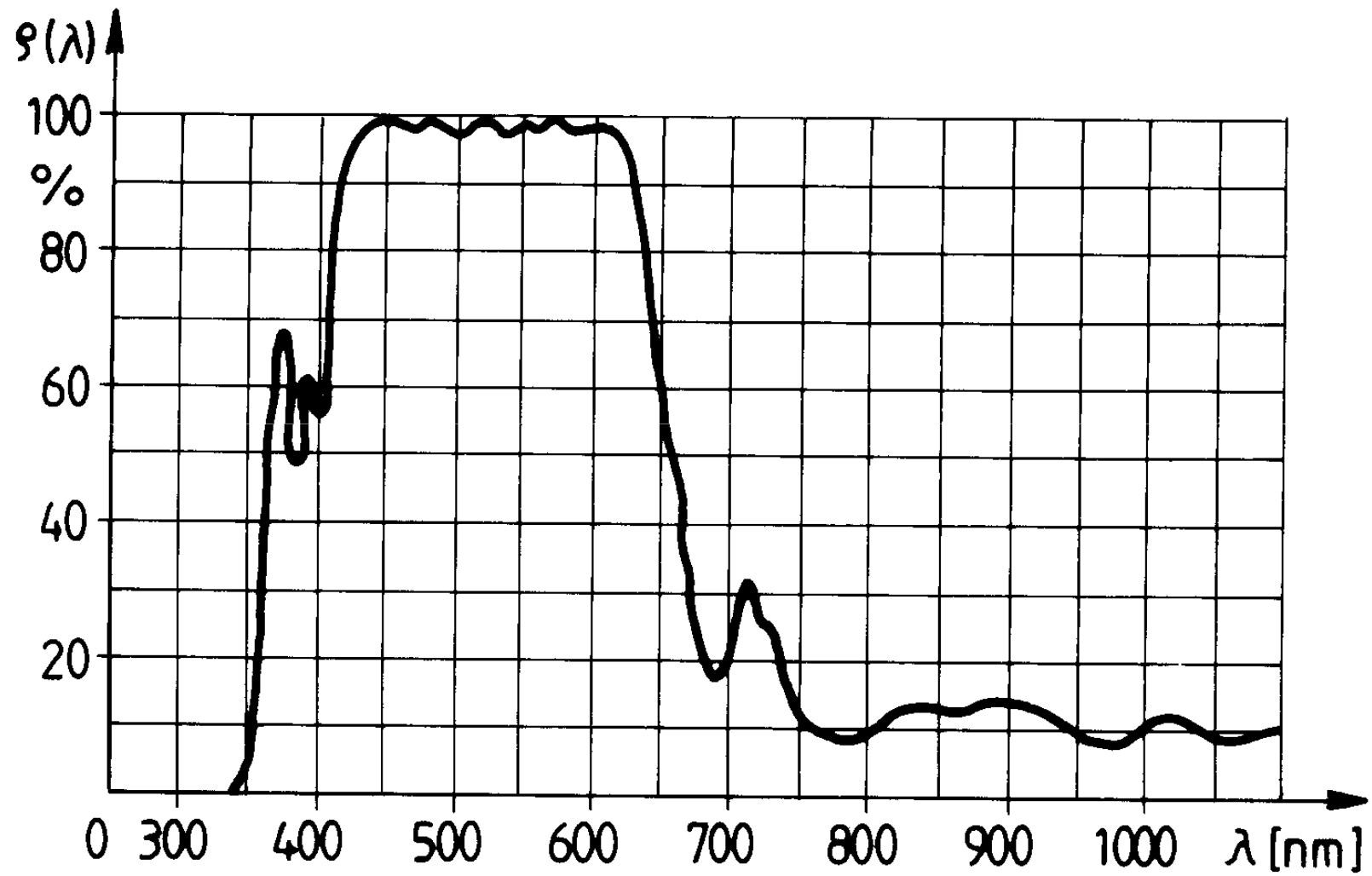
$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Fényvisszaverés – áteresztés indikátrixai

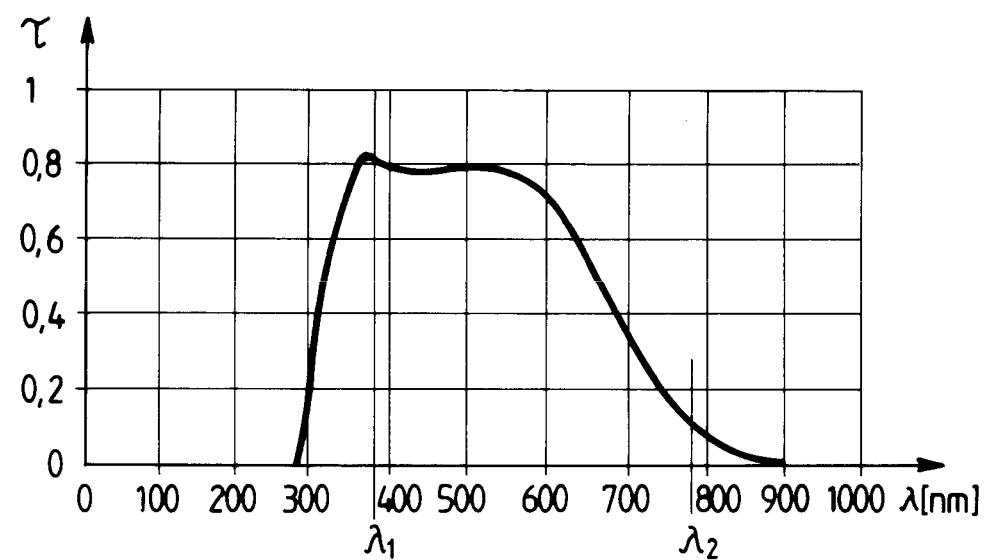




Hideg tükör



Hőszűrő üveg



Világítás minőségi és mennyiségi jellemzői

Mennyiségi jellemzők: megvilágítás, fénysűrűség

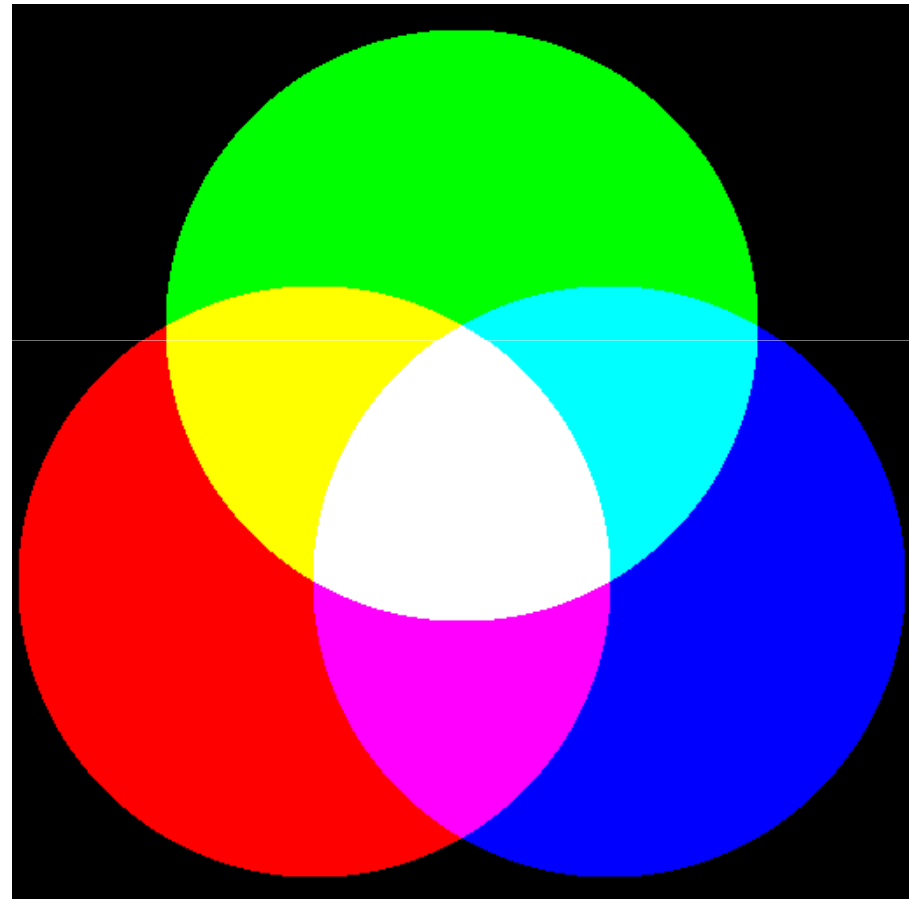
Minőségi jellemzők: színhőmérséklet, színvisszaadás, káprázás,

Mi a szín?

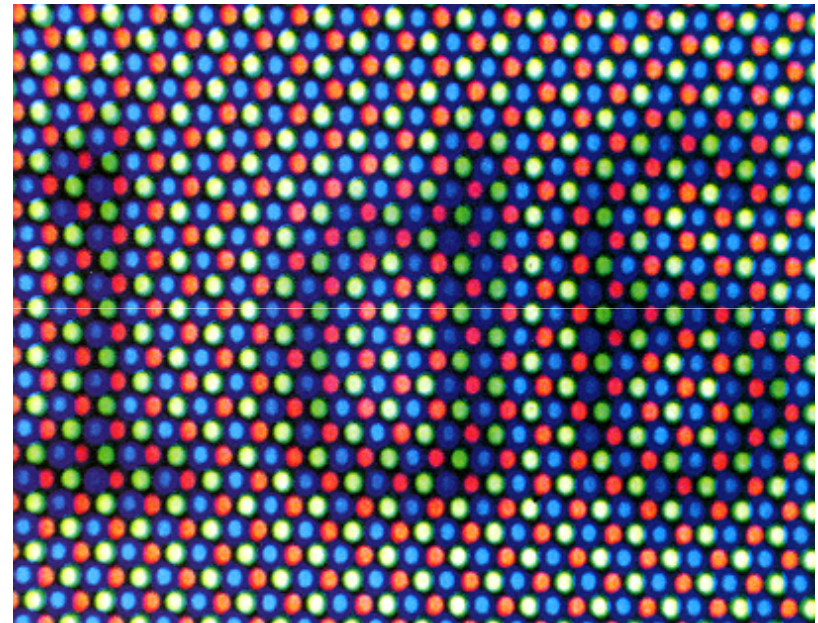
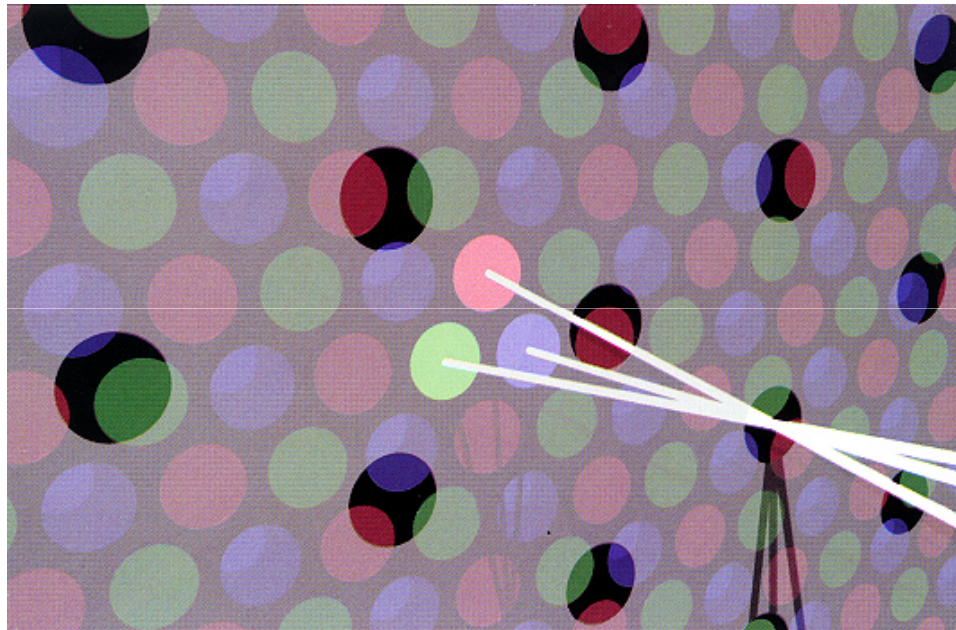
- észlelet, mely az agyban keletkezik;
- színinger, mely a környezetből érkező, a szemünkbe bejutó elektromágneses sugárzás látható része;
- érzéklet, az érzékelő sejtekben kiváltott ingerület.

Színes fények keverése

- Additív színkeverés
- Az észlelet a látórendszerünk-ben keletkezik

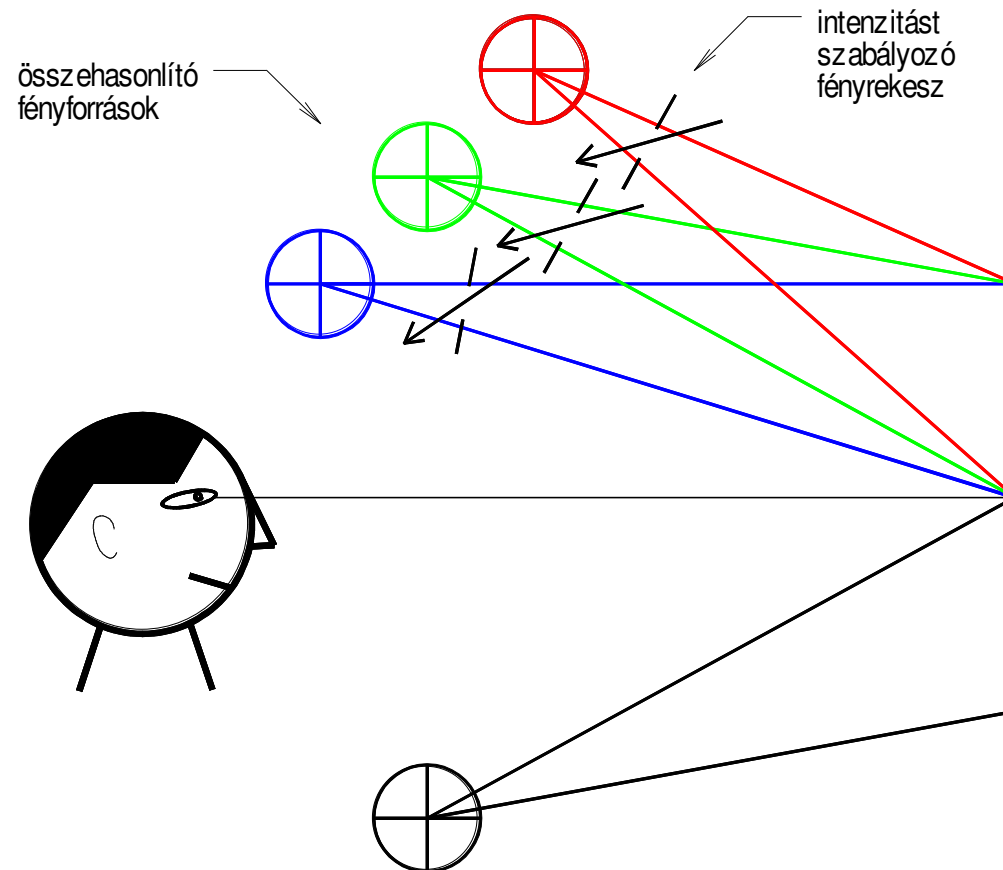


Színkeverés a monitorban



- vörös, zöld, kék fénypor sugárzásának keveréke adja a színes fényingert a monitoron.

Az additív színmegfeleltetés alapkísérlete



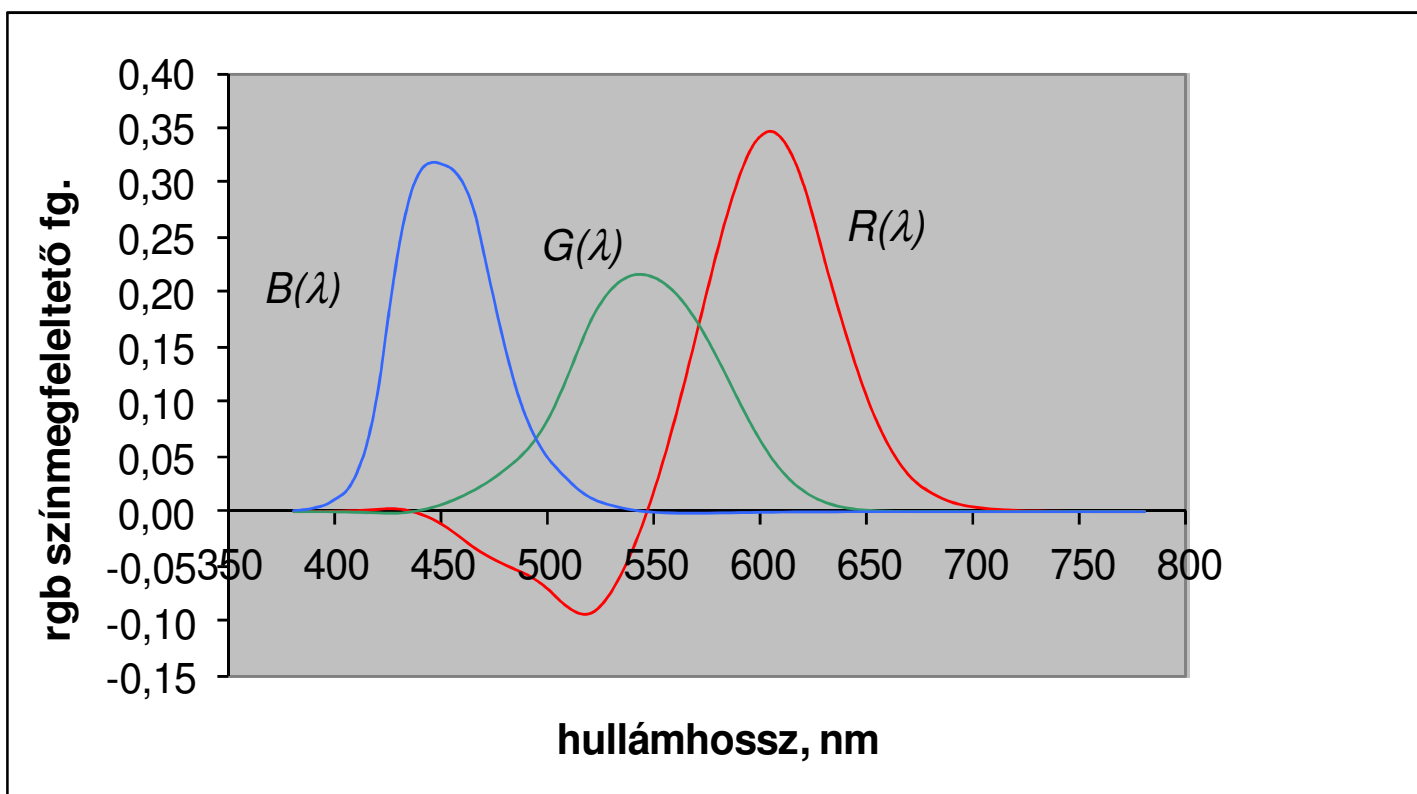
vizsgálandó
fényforrás

Pannon Egyetem
Virtuális Környezetek és Fénytani
Laboratórium

CIE színingermetrika, 1

- A színinger-egyenlet feltételei:
 - Színegyenlet: $C \equiv R(\mathbf{R}) + G(\mathbf{G}) + B(\mathbf{B})$
 - 2° osztott látómező, központi fixálás, sötét környezet.
 - $R=G=B=1$ esetén legyen fehér a szín
 - Alapszíningerek (megfeleltető, referencia, primér ingerek, -stimulusok):
 - vörös ($\mathbf{R}$): 700 nm, 1 cd/m²
 - zöld ($\mathbf{G}$): 546,1 nm, 4,5907 cd/m²
 - kék ($\mathbf{B}$): 435,8 nm, 0,0601 cd/m²

Színingermegfeleltető függvények



A színinger-megfeleltetés additív

Ha

$$C(\lambda_1) \equiv r_1(\mathbf{R}) + g_1(\mathbf{G}) + b_1(\mathbf{B})$$

és

$$C(\lambda_2) \equiv r_2(\mathbf{R}) + g_2(\mathbf{G}) + b_2(\mathbf{B})$$

akkor:

$$C(\lambda_1) + C(\lambda_2) \equiv (r_1 + r_2)(\mathbf{R}) + (g_1 + g_2)(\mathbf{G}) + (b_1 + b_2)(\mathbf{B})$$

Additivitás: összetett színekép

$$R = k \sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{r}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$G = k \sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{g}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$B = k \sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{b}(\lambda) \Delta\lambda$$

Additivitás: összetett színekép

- Leírás integrálok formájában

$$R = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda, \quad G = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda,$$

$$B = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} P(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

X,Y,Z színinger tér: CIE 1931 szabványos színinger-észlelő

1. Az equienergetikus színek színinger-összetevői azonosak legyenek.
2. A fotometriai információt egyetlen színinger-összetevő, (Y), hordozza (ha sugársűrűséget mértünk, úgy a fénysűrűséget kapjuk). Azaz az $Y(\lambda) = V(\lambda)$.
3. Az összes reális színinger színinger-összetevői a színingertér első negyedében fekszenek, s lehetőleg érintsék a tengelyeket.

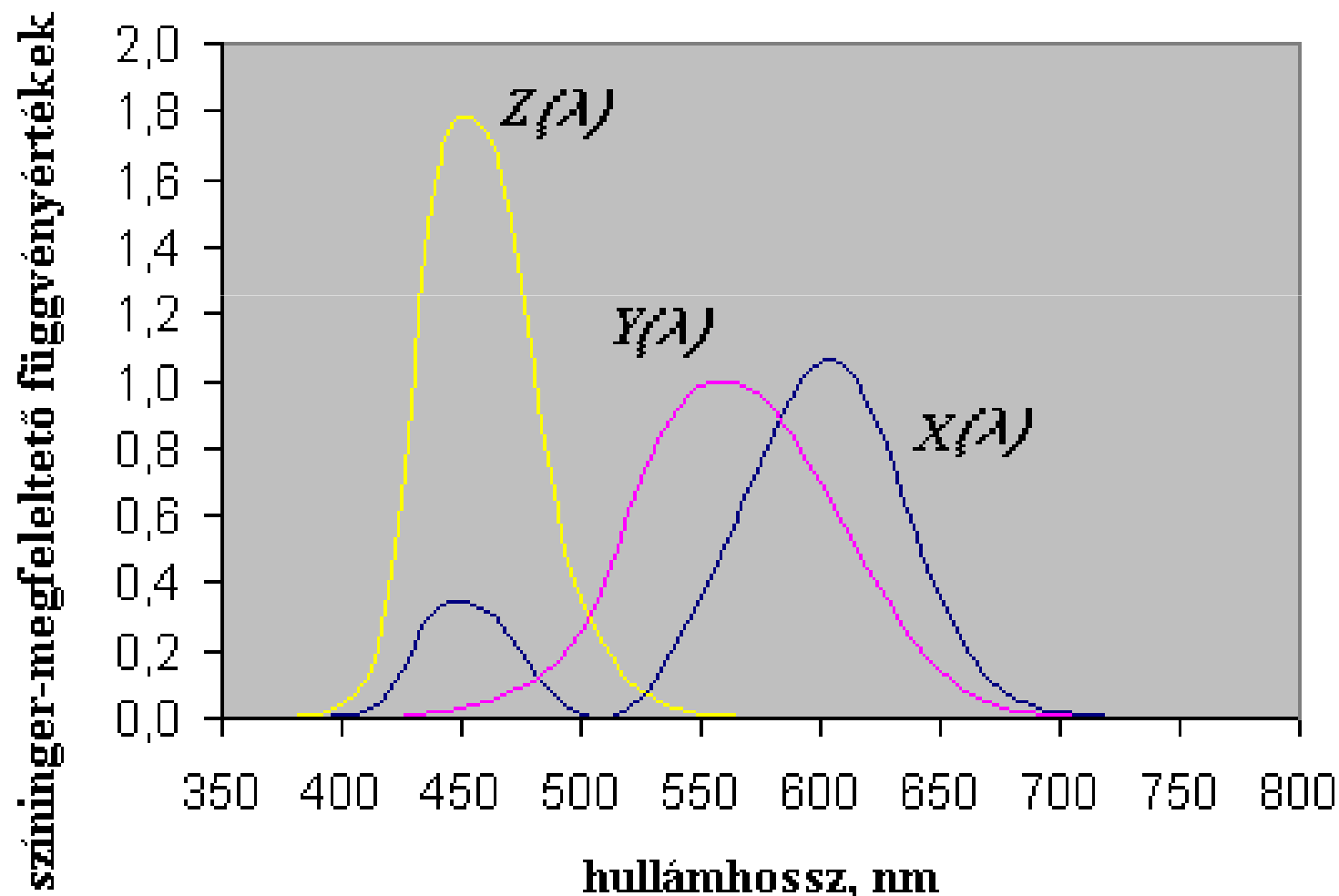
RGB - XYZ matrix transformáció

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2,76888 & 1,75175 & 1,13016 \\ 1,00000 & 4,59070 & 0,06010 \\ 0,00000 & 0,05651 & 5,59427 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} R \\ G \\ B \end{vmatrix}$$

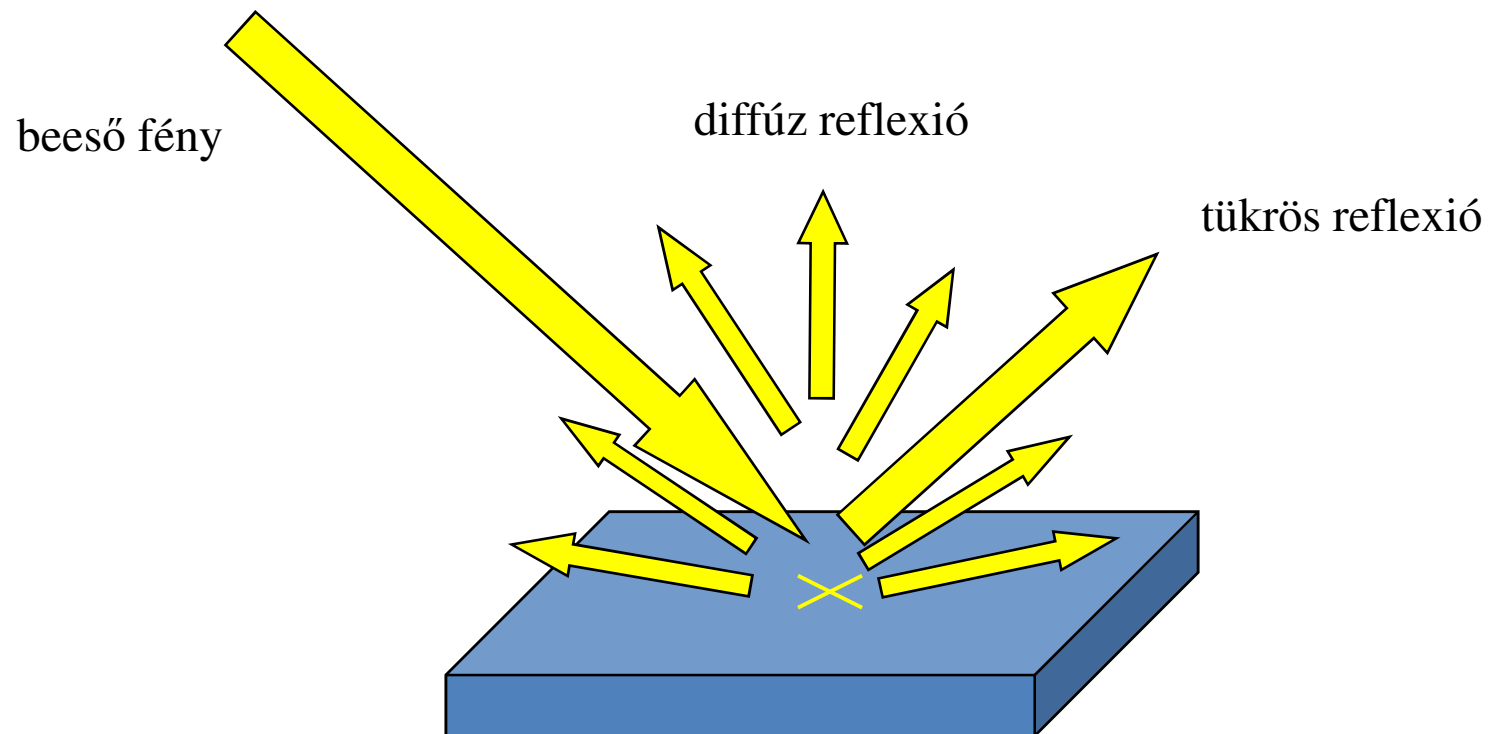
Az inverse transformáció:

$$\begin{vmatrix} 0,41846 & -0,15866 & -0,08283 \\ -0,09117 & 0,25243 & 0,01571 \\ 0,00092 & -0,00255 & 0,17860 \end{vmatrix}$$

A CIE 1931 színinger-megfeleltető függvények



Átlátszatlan, nem fémes anyag



A tárgy színe a diffúz reflexióból adódik

Felület/test színingerek mérése

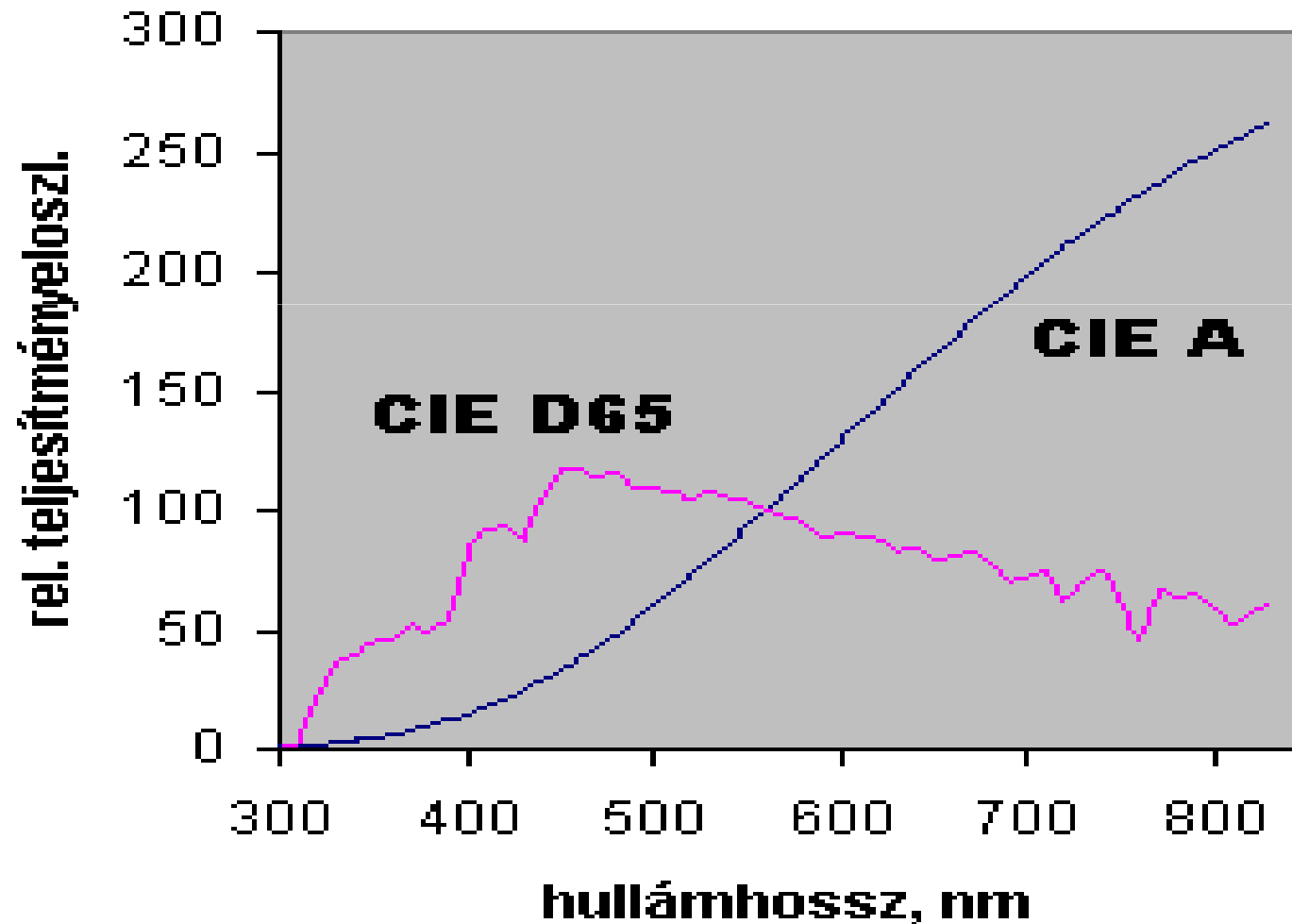
- Sugársűrűségi tényező $\beta(\lambda) = L_{\text{refl}}(\lambda) / L_{\text{be}}(\lambda)$
- Színinger-összetevő:

$$X = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) \cdot \beta(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad Y = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) \cdot \beta(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) \cdot \beta(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$$k = \frac{1}{\int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda}$$

Szabványos sugárzáseloszlások

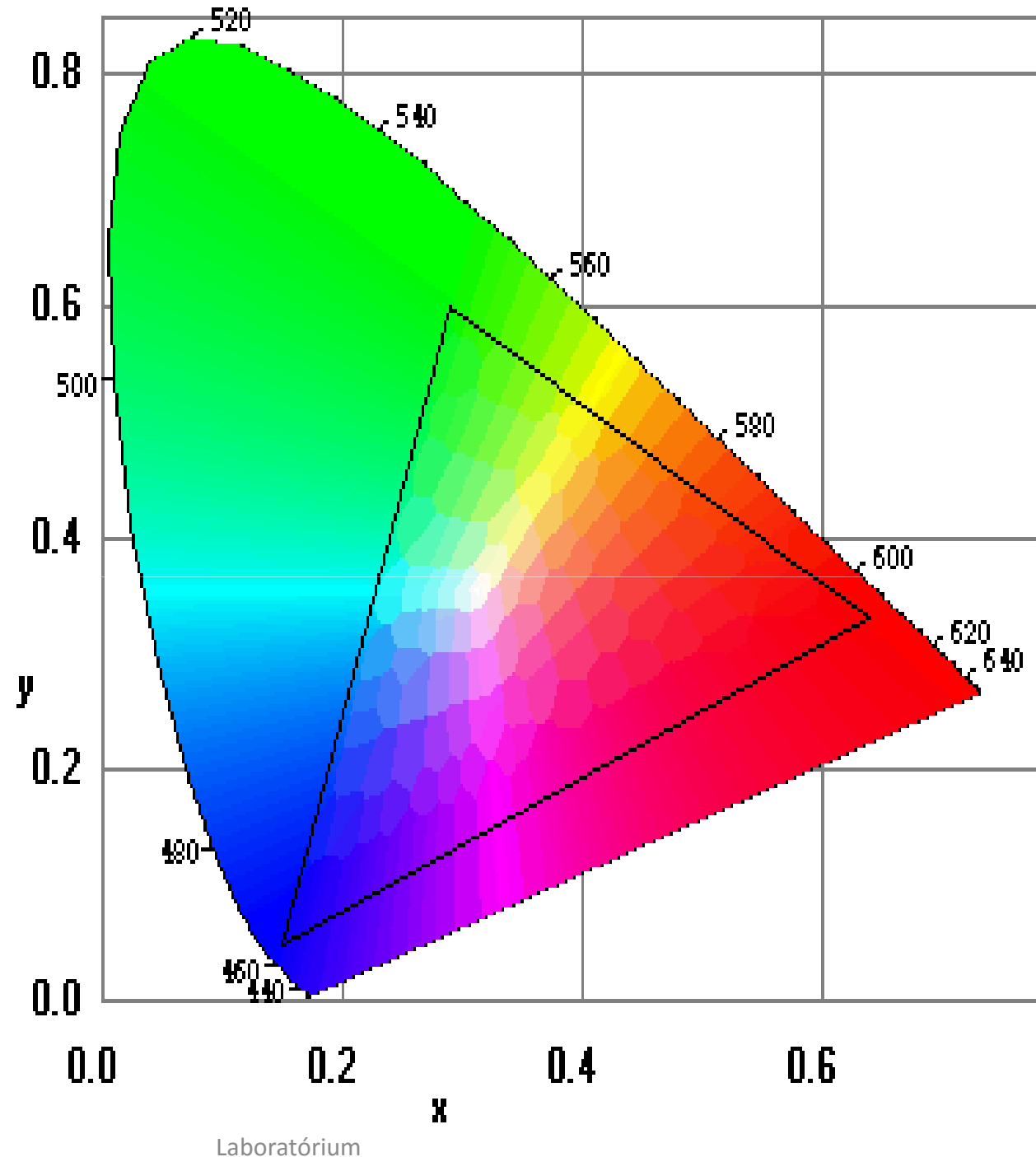


Színességi koordináták

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

ahol $x + y + z = 1$

Szín
(inger-)
diagram
vagy
színességi
diagram



A színinger-összetevők értéke

Az $S(\lambda)$ spektrális eloszlású sugárzás színinger-összetevői:

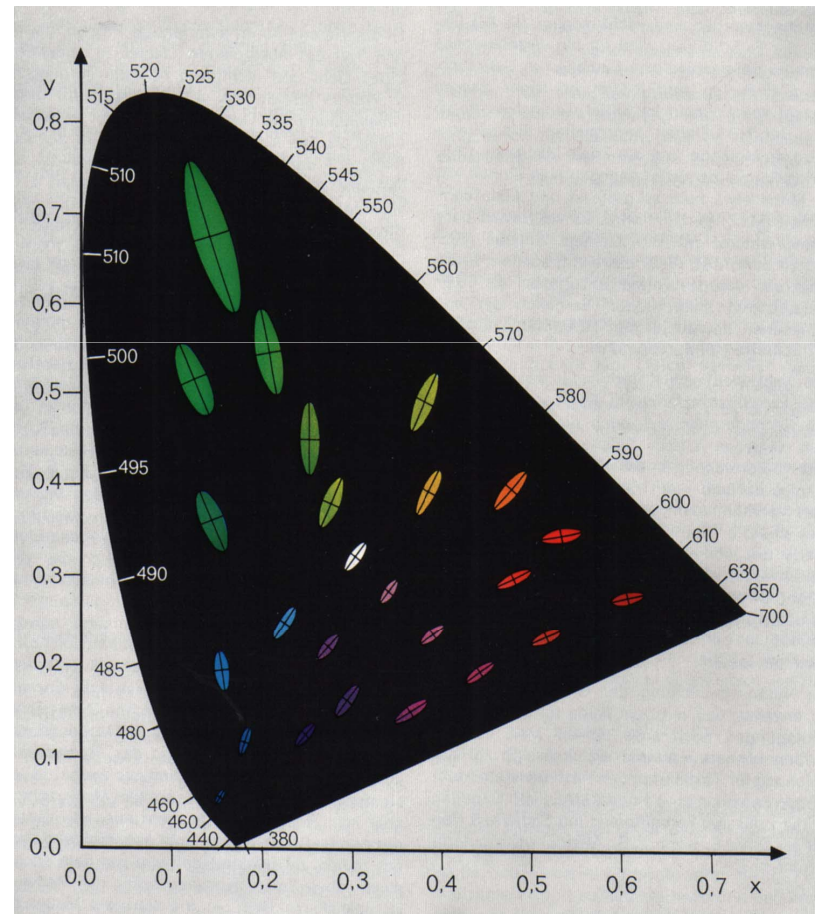
$$X = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad Y = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = k \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} S_{\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

ha $k = 683 \text{ lm/W}$, akkor fotometriai adatokat kapunk.

MacAdam ellipszisek

- *The CIE x,y diagram színinger-megkülönböztetési ellipszisekkel*



CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) szín(inger)tér, CIELAB színtér

- $L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$
- $a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$
- $b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$
- ha $X/X_n > 0,008856$
- $Y/Y_n > 0,008856$
- $Z/Z_n > 0,008856$

Színterek

CIE LAB színtér

Munsell rendszer

NCS

Coloroid színtér

Transzformációk

$$u' = 13 L^* (u' - u'_0)$$

$$v' = 13 L^* (v' - v'_0)$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + Z}$$

$$v' = \frac{9Y}{X + 15Y + Z}$$

A színhőmérséklet a fényforrás spektrális eloszlását jellemzi, a színérzetet meghatározó fogalom

Korrelált színhőmérséklet

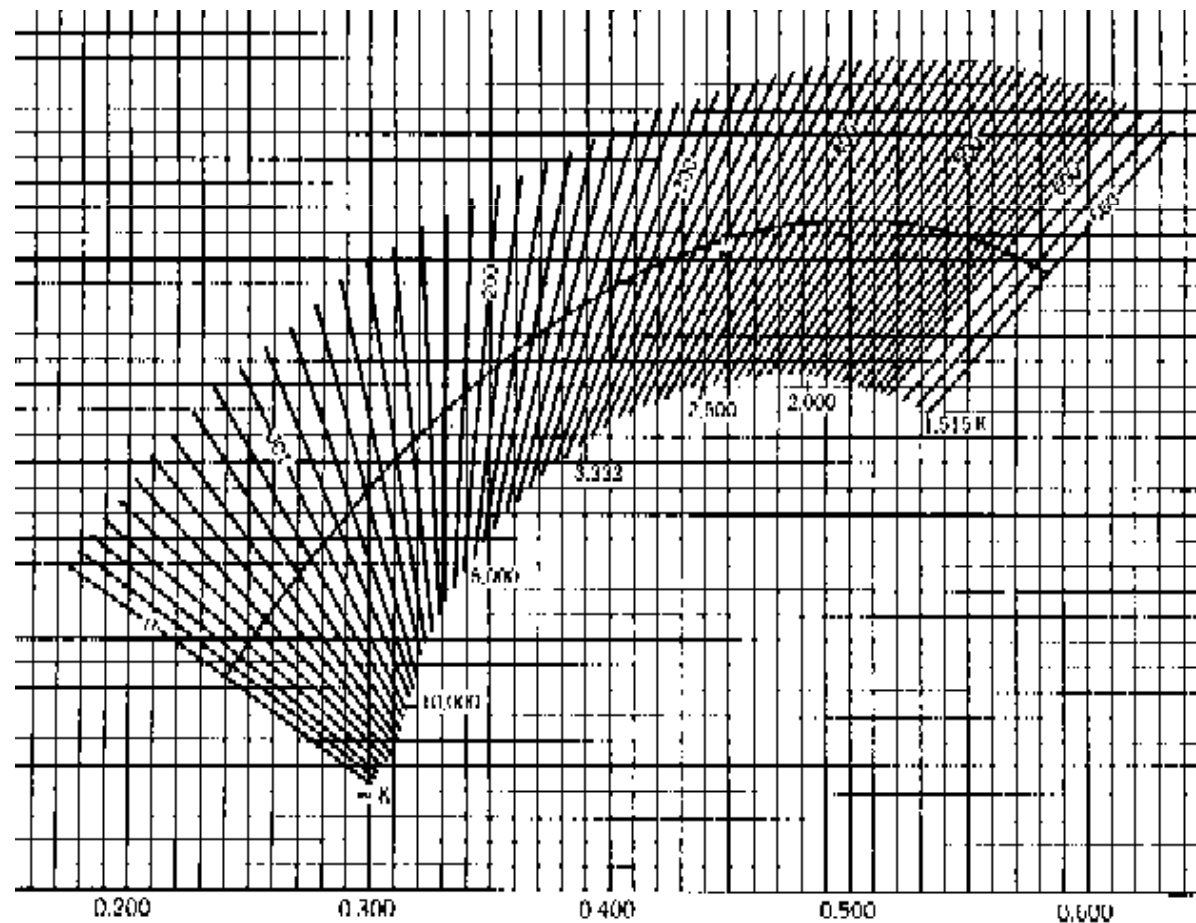
A fekete test azon valóságos hőmérséklete, amelyen a fekete test színe a legjobban hasonlít a kérdéses sugárzó színére.

„legjobban hasonlít” csak olyan színpontokra igaz, ahol a távolság nem nagyobb 10 megkülönböztethető árnyalatnál.

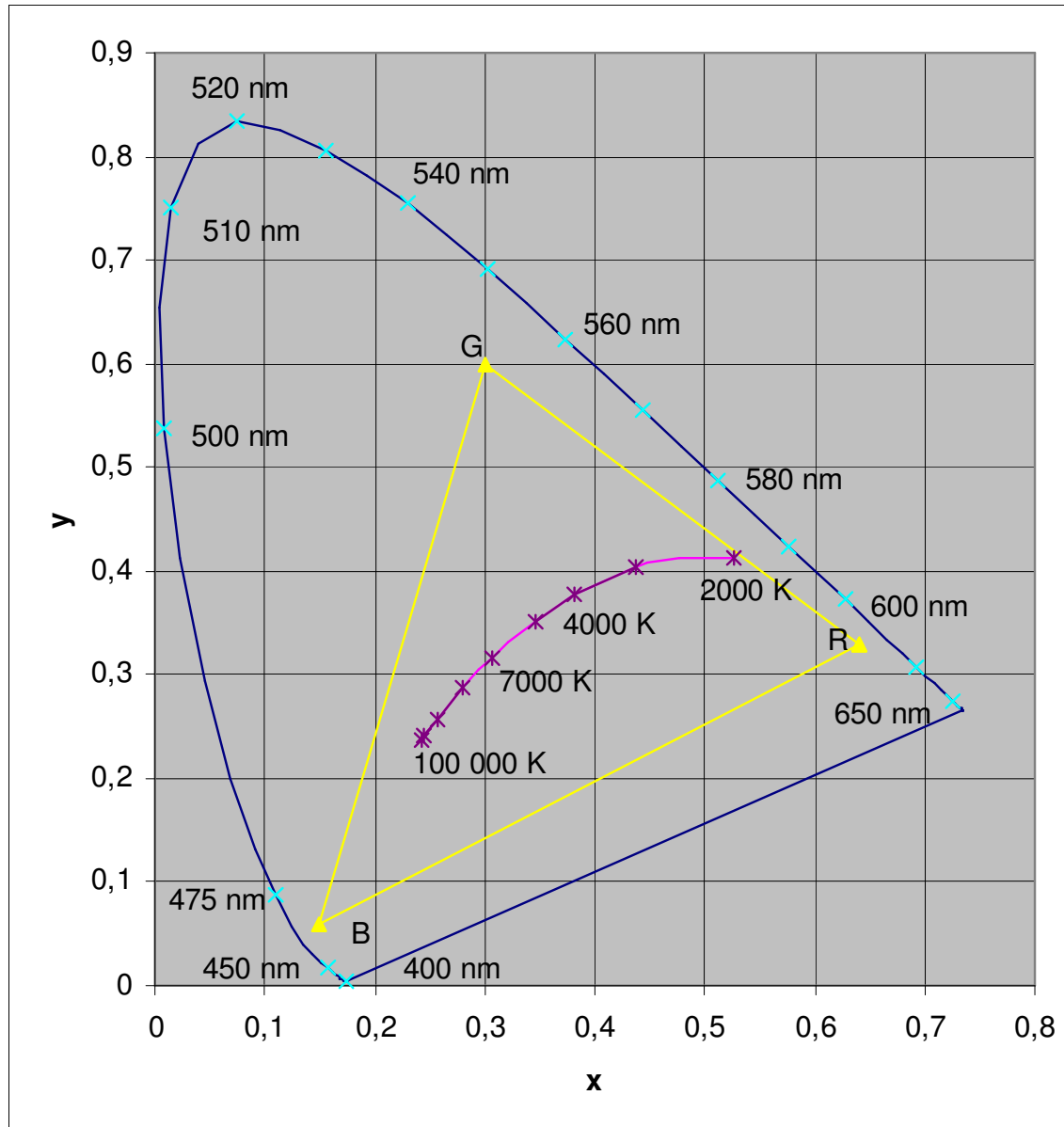
Jele: CCT , mértékegysége: K

Korrelált színhőmérséklet

- Azonos korrelált színhőmérsékletű vonalak (az u,v-diagramban merőlegesek a Planck görbére)



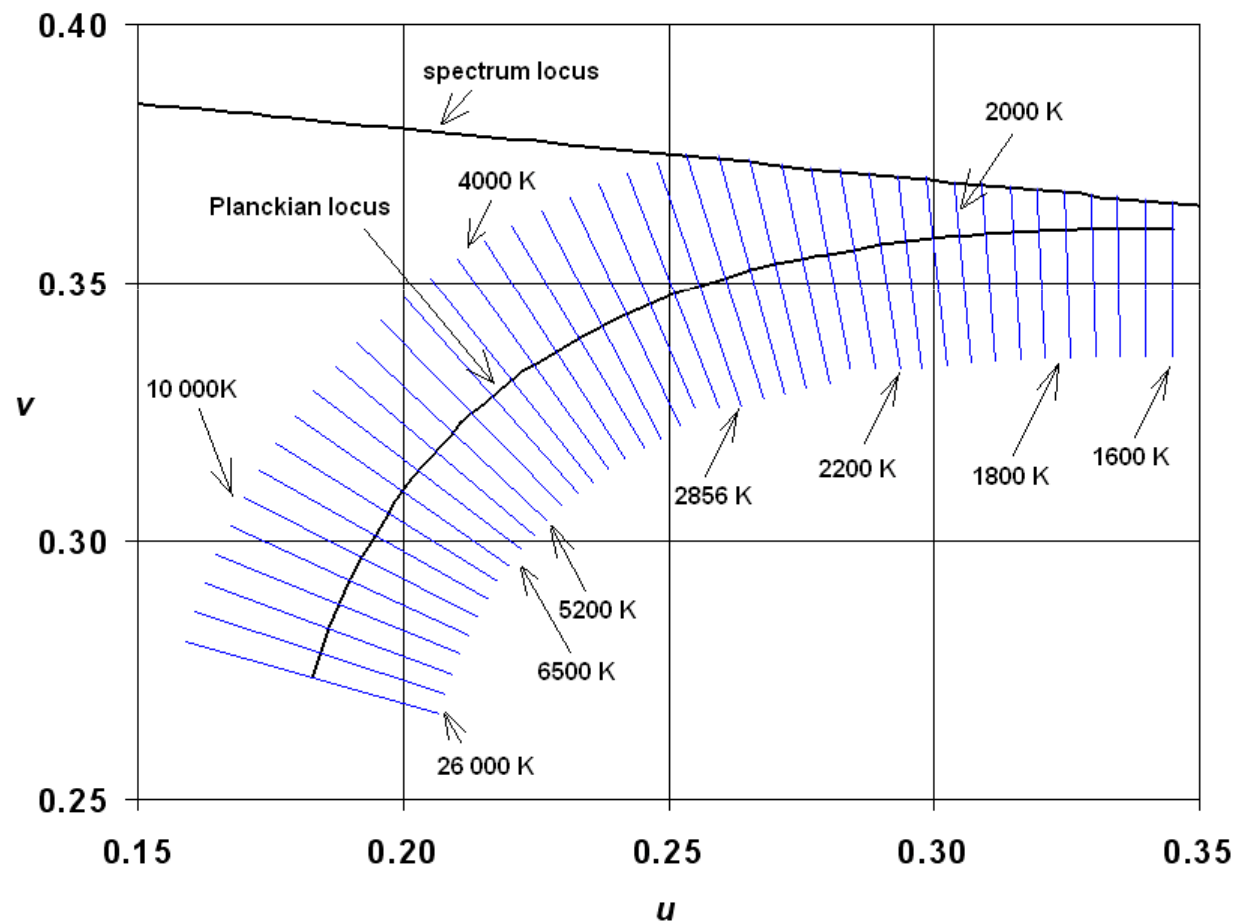
Szín(inger-) vagy színességi diagram



- R, G, B: katódsugár-
csöves monitor alap-
színingerei

- Planck sugárzó
vonala

Iso-hőmérséklet vonalak az u, v diagramban



Színhőmérsékleti csoportok:

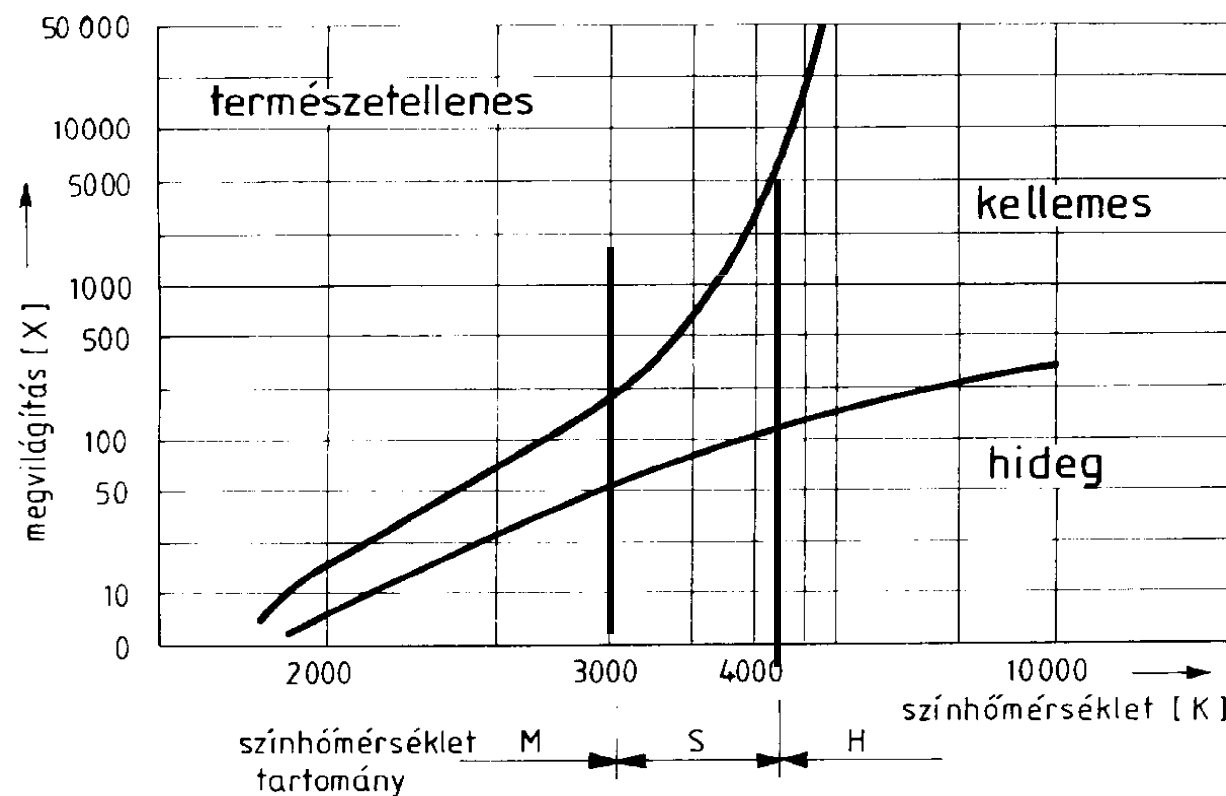
Meleg $\Rightarrow \text{CCT} < 3300 \text{ K}$

Semleges $\Rightarrow 3300 \leq \text{CCT} \leq 5300$

Hideg $\Rightarrow \text{CCT} \geq 5300$

Minőségi és mennyiségi jellemzők közötti összefüggések

Kruithof diagram



A színvisszaadás fogalma

- A sugárzás spektrális eloszlásának a hatása a tárgyak színes megjelenésére; a tárgyak egy referencia-eloszláshoz tartozó színes megjelenésével való tudatos vagy tudatalatti összehasonlítása.

$$R_i; R_a; R_a < 100$$

