

# A Planck-eloszlásokról és a fényforrások „ekvivalens színhőmérséklet”-eiről

**Erbeszkorn Lajos**



# Bevezetés

- **Néhány szó a fényről**
- **A fényforrások csoportosítása**
- **Az emberi észlelés: a szem-agy együttes információ feldolgozása**
- **A fényforrások szerepe**

**A fény** az elektromágneses sugárzás azon tartománya, amelyet az átlagember szeme észlel: megállapodás szerint 380 – 780 nm között.

Kettős természetű van: **kvantum és hullám** is egyben. (Kölcsönhatásait más-más modellek írják le, azaz jelenlegi tudásunk kissé hiányos!)

A kvantum megjelenítését fény-fotonok jelentik. Az anyaggal azaz az emberi szemmel való **kölcsönhatását** is a kvantummodell írja le jól, mégis a mérés technika alapján a hullámhossz szerinti azonosítás terjedt el (**képalkotás**).

Az összefüggés a paraméterek között:

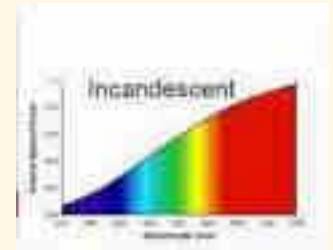
$$E_{\text{foton}} [\text{eV}] = 1239,84 / \lambda [\text{nm}]$$

# A fényforrások csoportosítása

## FIZIKA

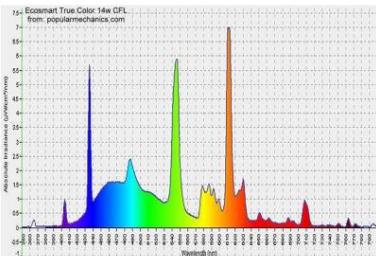
- **Termikus sugárzók:**

- a Nap
- normál és halogén izzólámpák
- fekete test (referencia sugárzó)



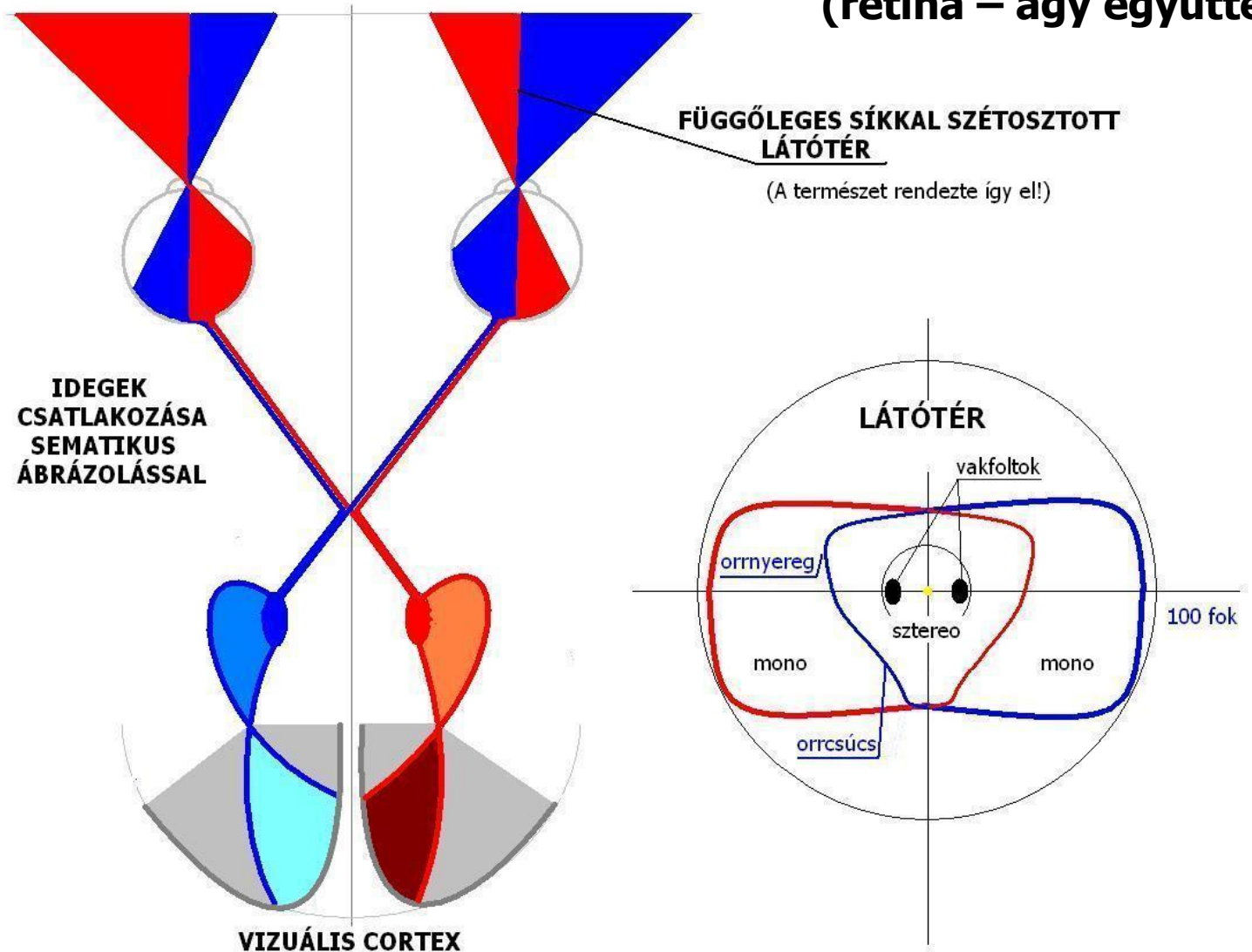
- **Lumineszcens sugárzók:**

- ívkisülékes lámpák
- indukciós lámpák
- fényporok, foszforok (fényátalakítók)
- elektro-lumineszcens sugárzók
- LED-ek, OLED-ek (injektált lumineszcencia)



# A SZÍNÉRZET KIALAKULÁSA

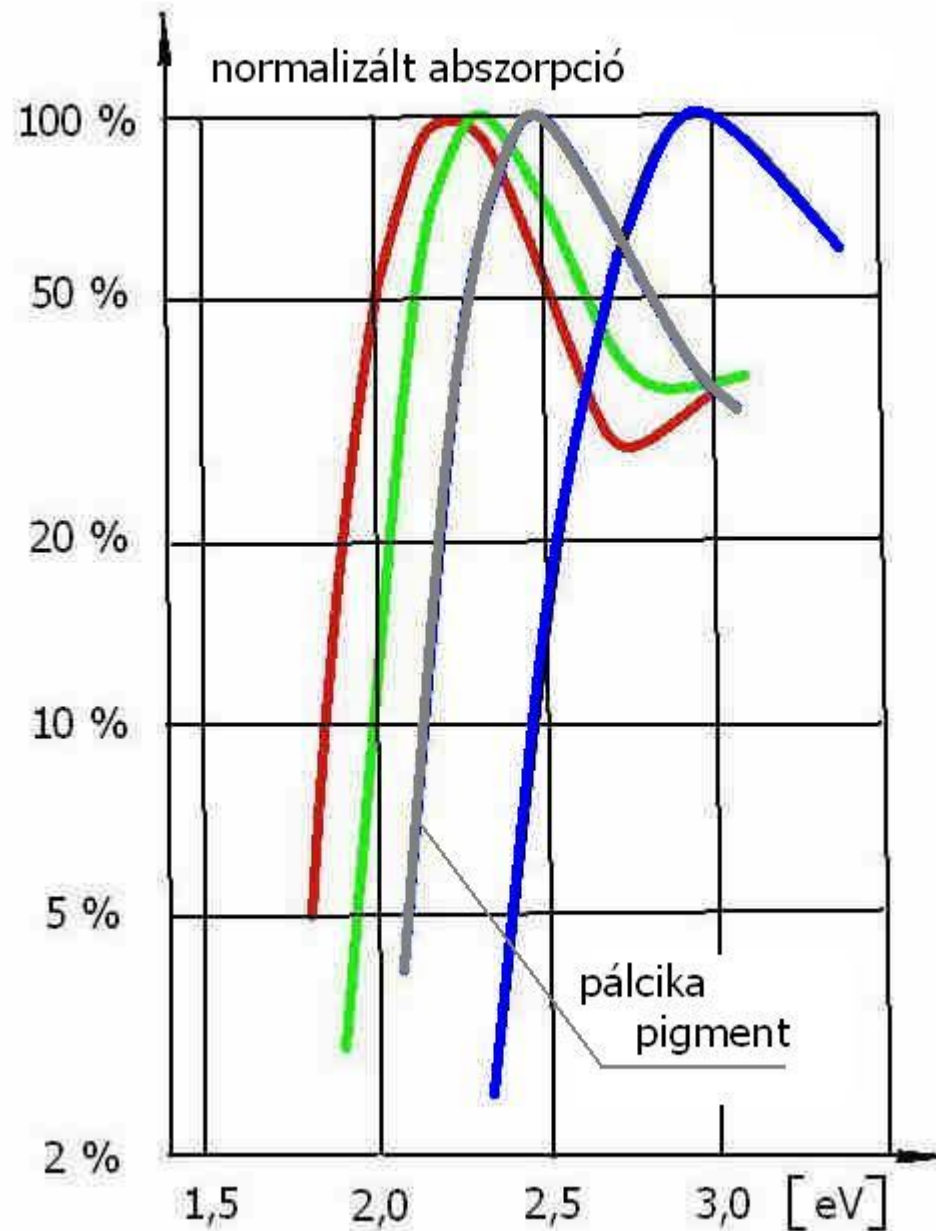
(retina – agy együttes)



Egyszerű vázlat a szem-agy együttesről

**Az érzékelők, a  
csapok és  
pálcikák relatív  
elnyelése**

**BIOLÓGIA**



# A fényforrások szerepe

**Korlátozás: se rövid se hosszútávon ne károsítsa a szemet!**

## **Információ közlés, szórakoztatás, művészi hatások**

(Jelzések, TV-k, monitorok, mobilok, előadások megvilágítása, díszkivilágítások.)

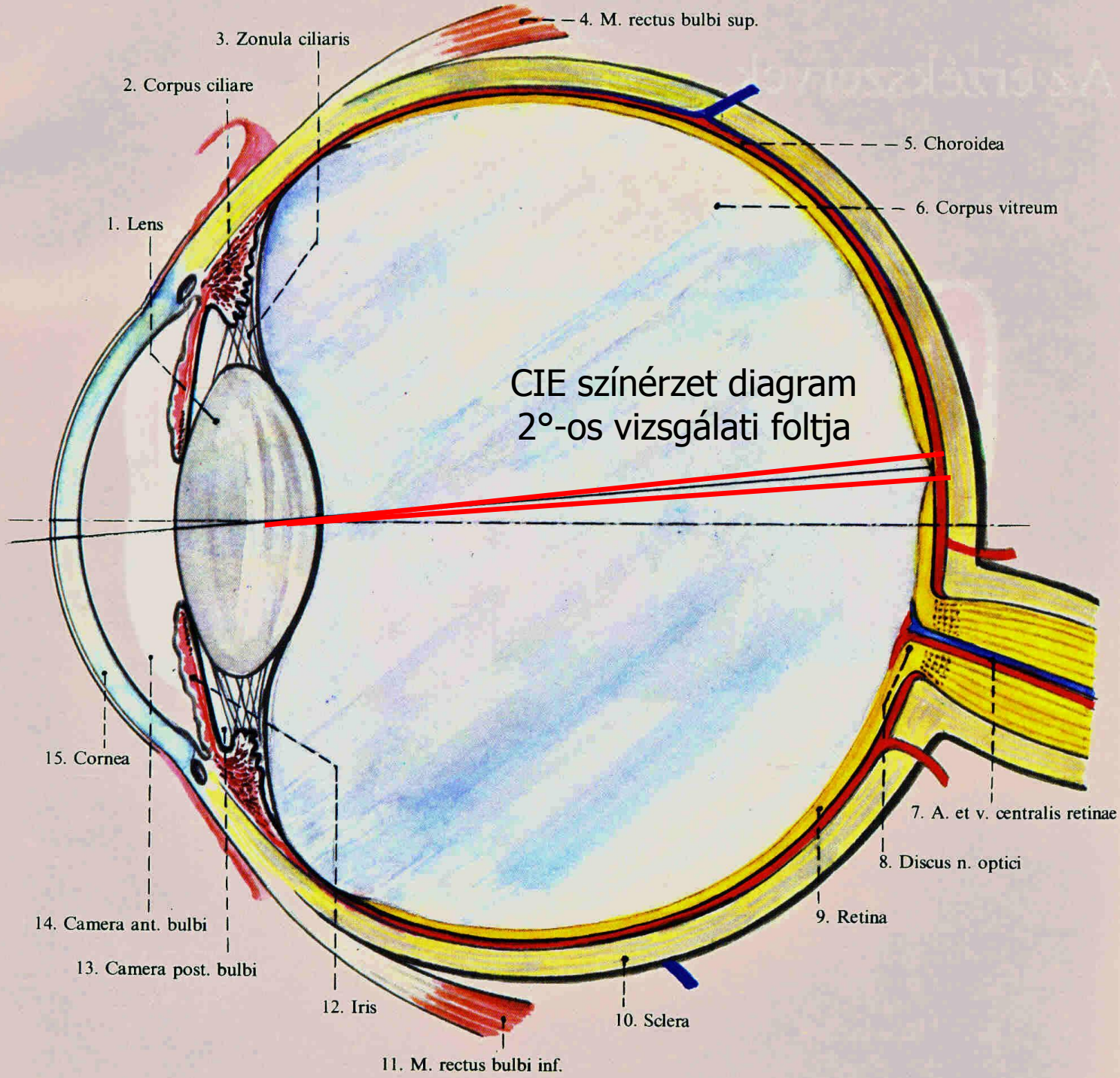
Ezekben az esetekben lényeges lehet, hogy milyen színérzetet vált ki az emberekből a fényforrás közvetlen fénye.

## **Tájékozódás a környezetben**

(Közvilágítás, épületbelső, munkahelyek, sportrendezvények)

Mivel az emberi szem a természetes fényhez igazodott, ezért a környezetében lévő tárgyak színét is ennek alapján ítéli meg. Ehhez pedig lehetőleg folyamatos spektrumú, a nappali fény spektrumot nagyon jól közelítő spektrumú fényforrások szükségesek. Persze a gazdaságossági szempontok, meg esetleg a hozzá nem értés ez ellen dolgoznak.

A helyzet azért bonyolult, mivel a megvilágított környezeti tárgyak abszorpciós, transzmissziós, reflexiós spektrumai adottak és ráadásul különböző szóródási indikatrixekkel rendelkeznek.





**A CSAPOK ÉS PÁLCIKÁK SÚRÚSÉGE  
(ezer/mm<sup>2</sup>)**

**ORR-OLDAL**

**PÁLCIKÁK**

**CSAPOK**

**SÁRGA FOLT**

**VAKFOLT**

**120**

**80**

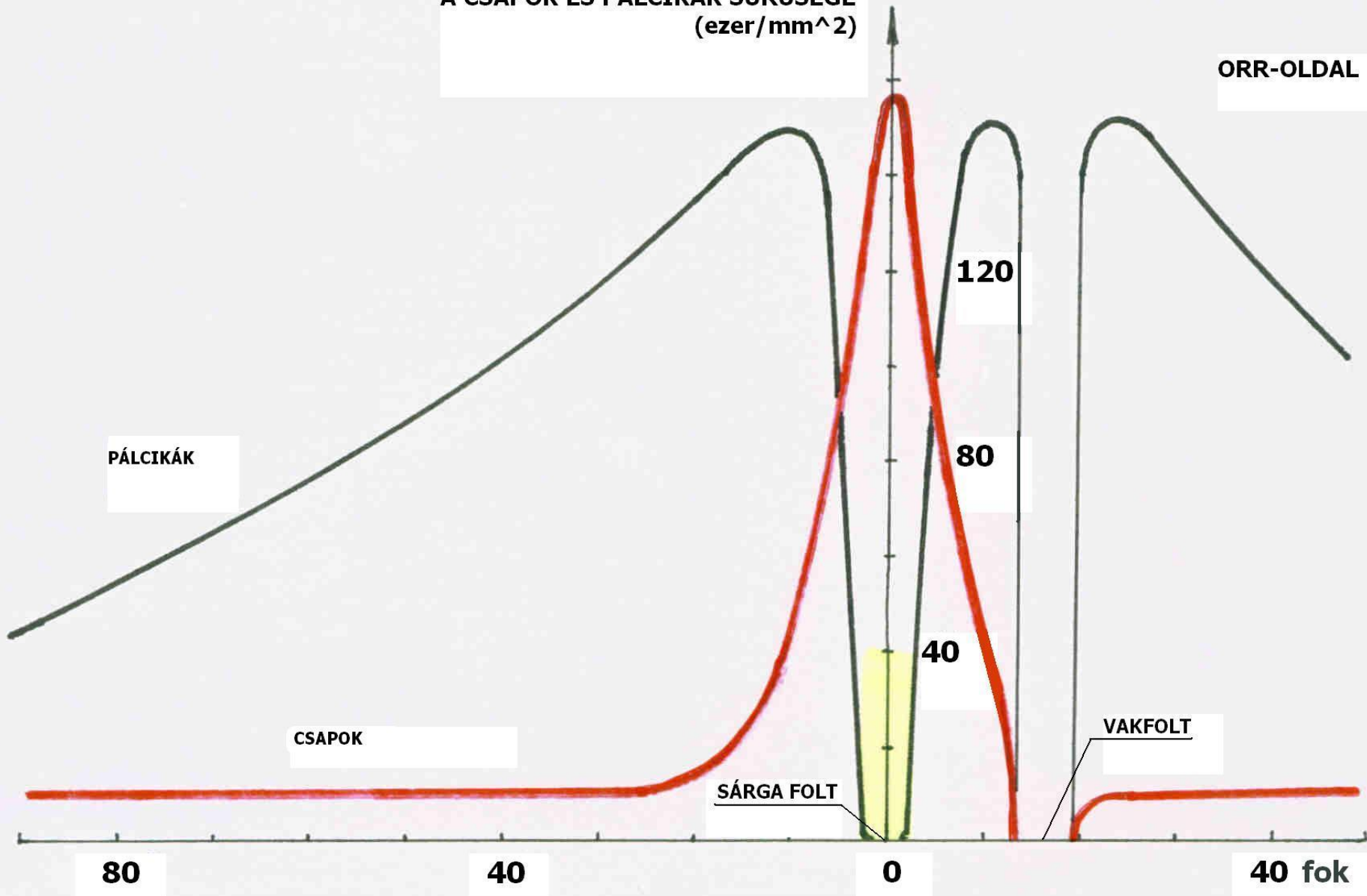
**40**

**80**

**40**

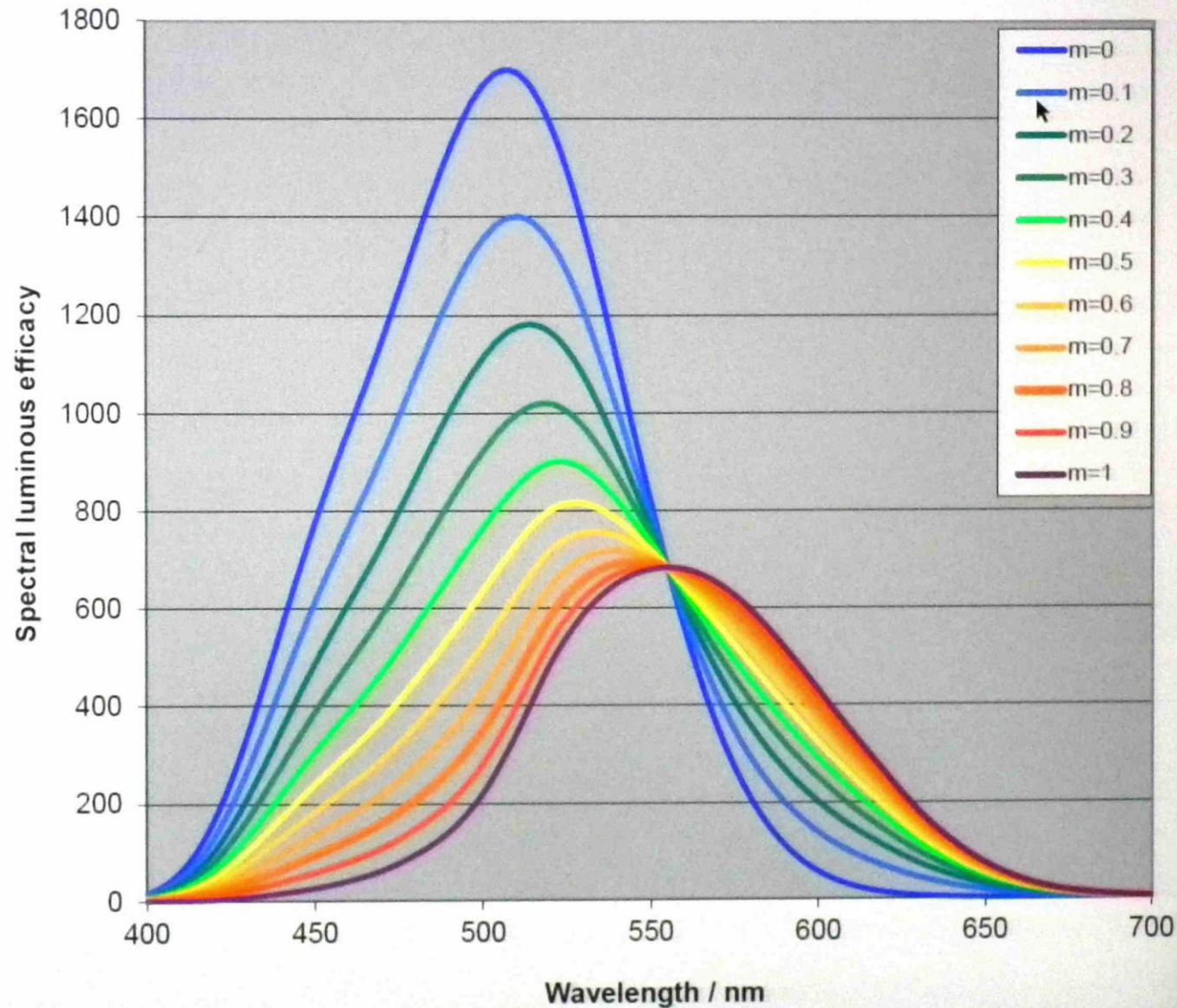
**0**

**40 fok**



# Spectral luminous efficacy functions

- Spectral weighting function depends on visual adaptation (determines value of  $m$ )
- Mesopic system provides method for calculating  $m$  from values of  $L_p$  and  $L_s$  (or from S/P ratio) for the adaptation field



# BIOLÓGIAI KÍSÉRLETEK

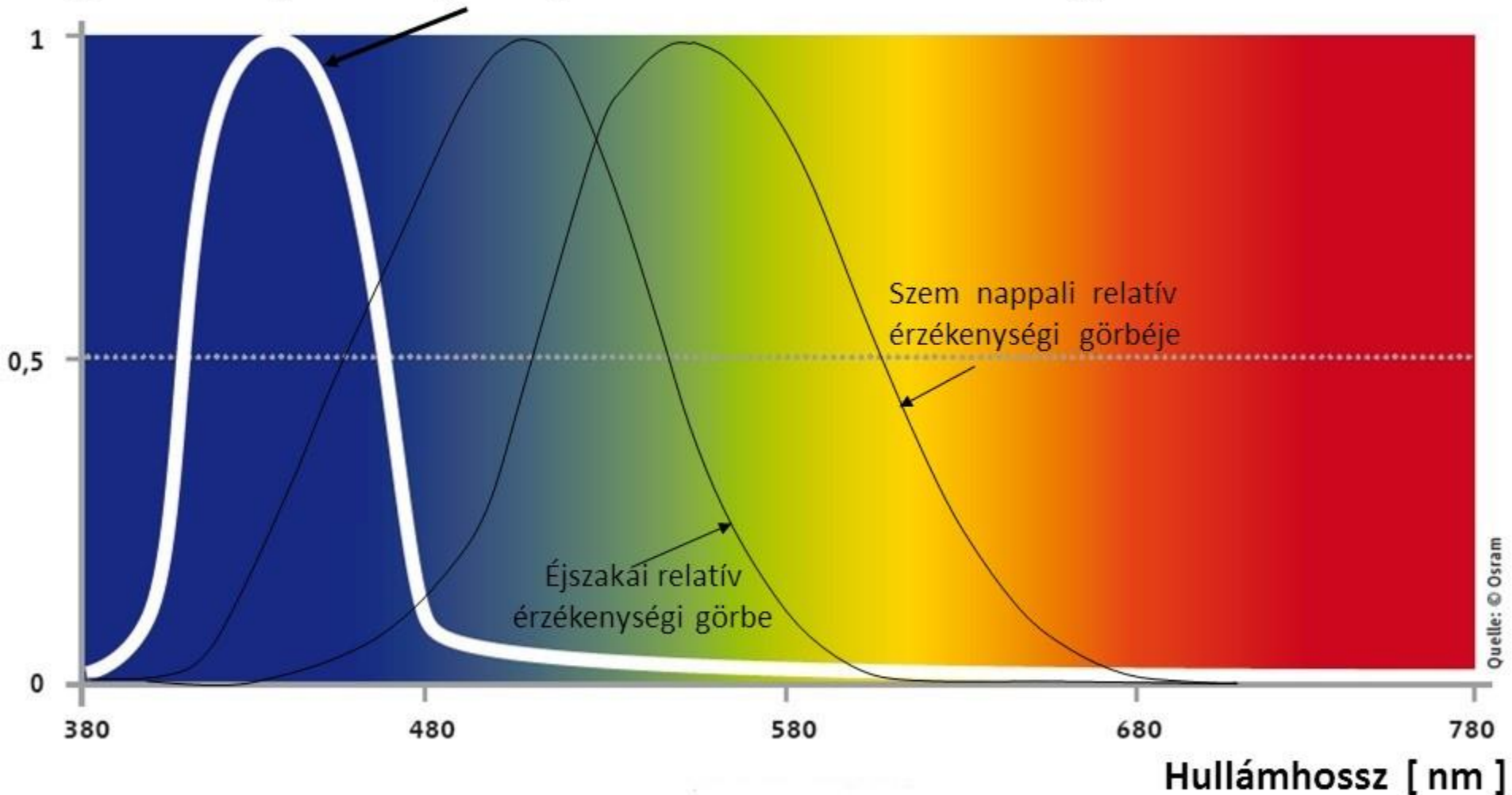
Változó anyagcsere hatása!  
Késő este 100 x-os érzékenység.



A retinából vett sejtek tenyészetét „kék” fotonokkal bombázva, azok fél óra alatt elhalnak.

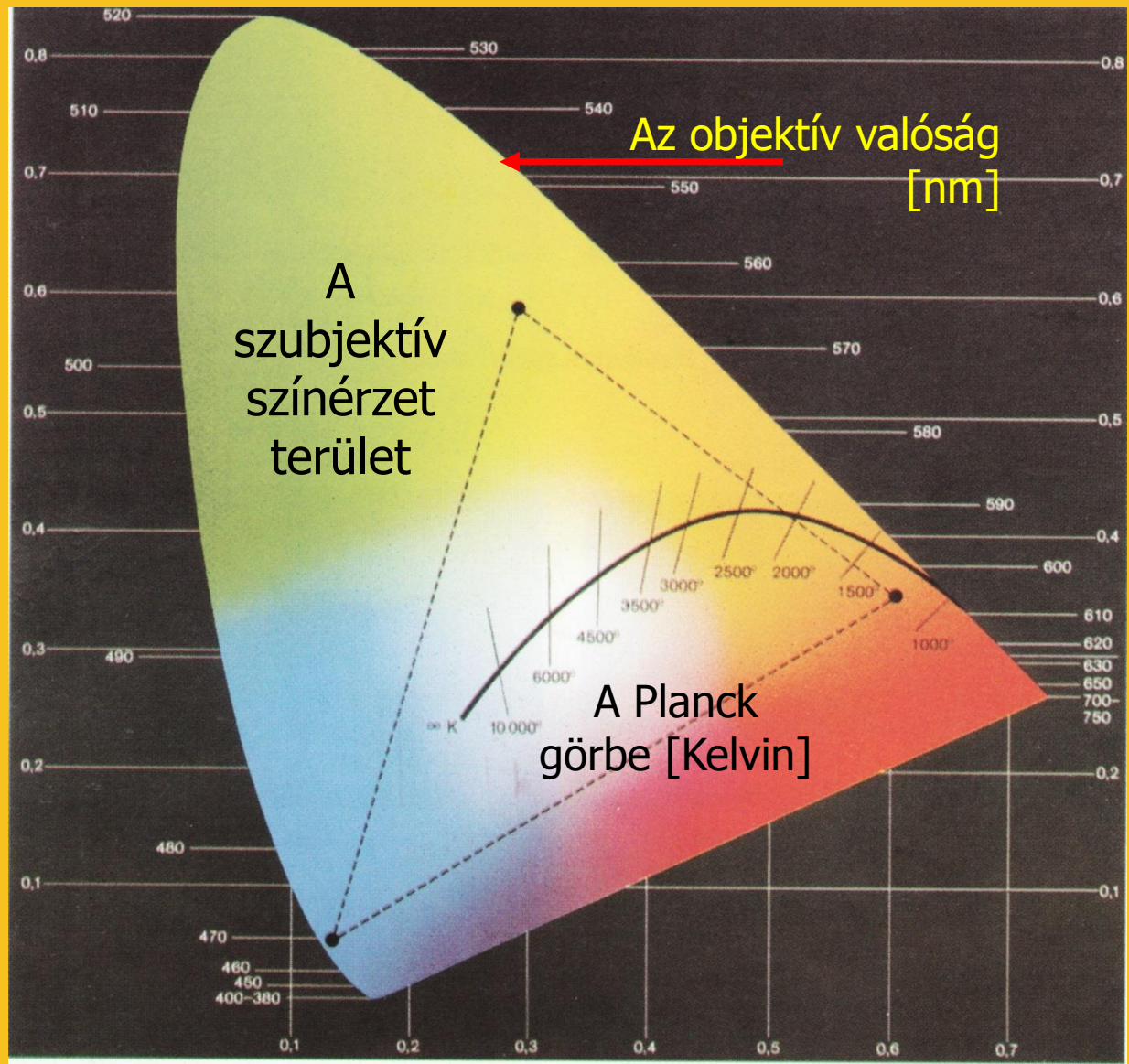
A kísérletet „zöld” fénnel ismételve a sejtek életben maradnak. Hatás már nem tapasztalható.

# A „kék” fény veszélyességének relatív valószínűsége

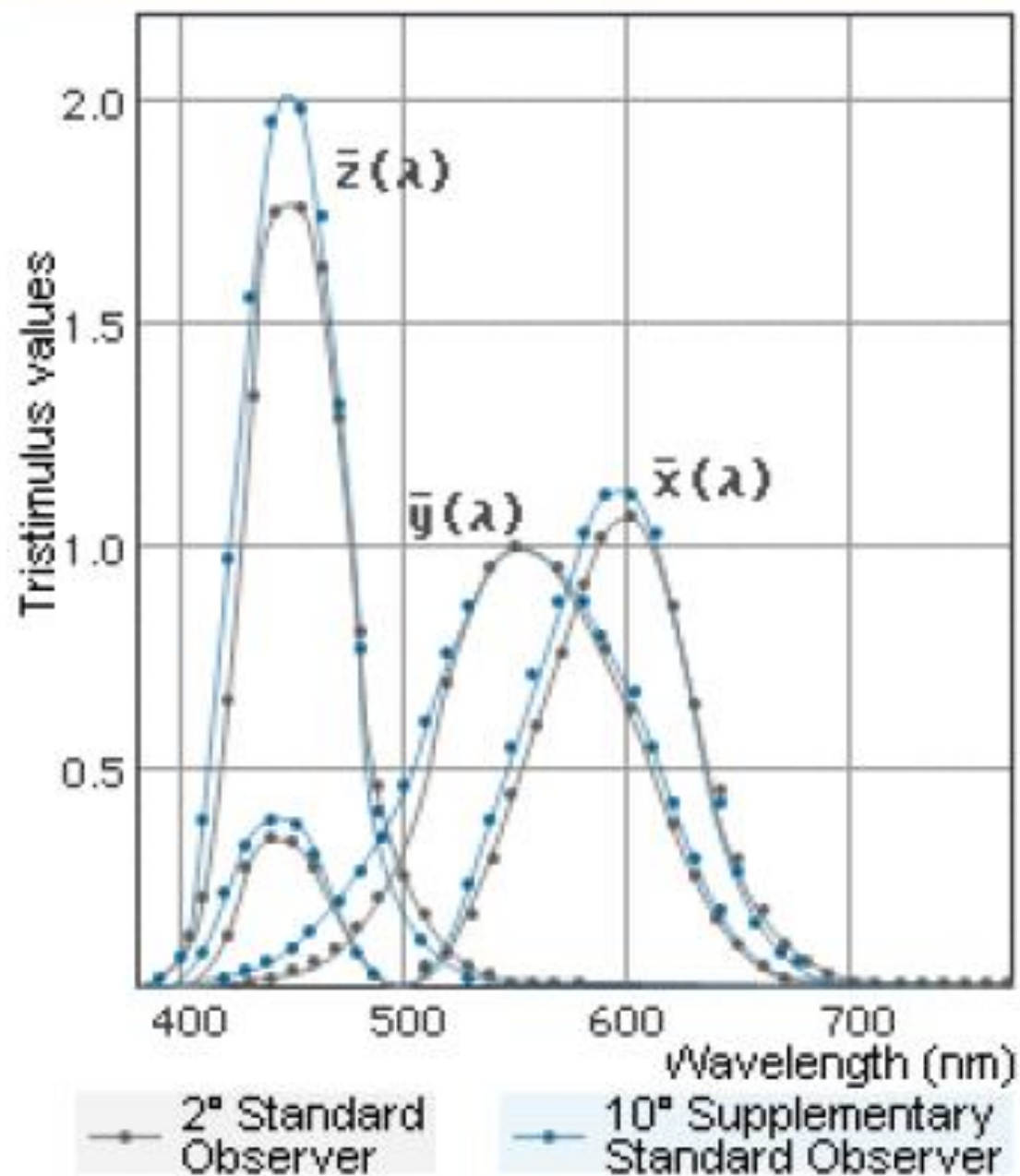


Quelle: © Osram

# CIE 1931 színérzet diagram Planck görbével



## Color-matching functions



# A színérzet „egyértelműsége”

A. Nussbaum, R. A. Phillips: Modern optika mérnököknek és kutatóknak

Műszaki Könyvkiadó, 1982, 292. oldal

12-2. táblázat

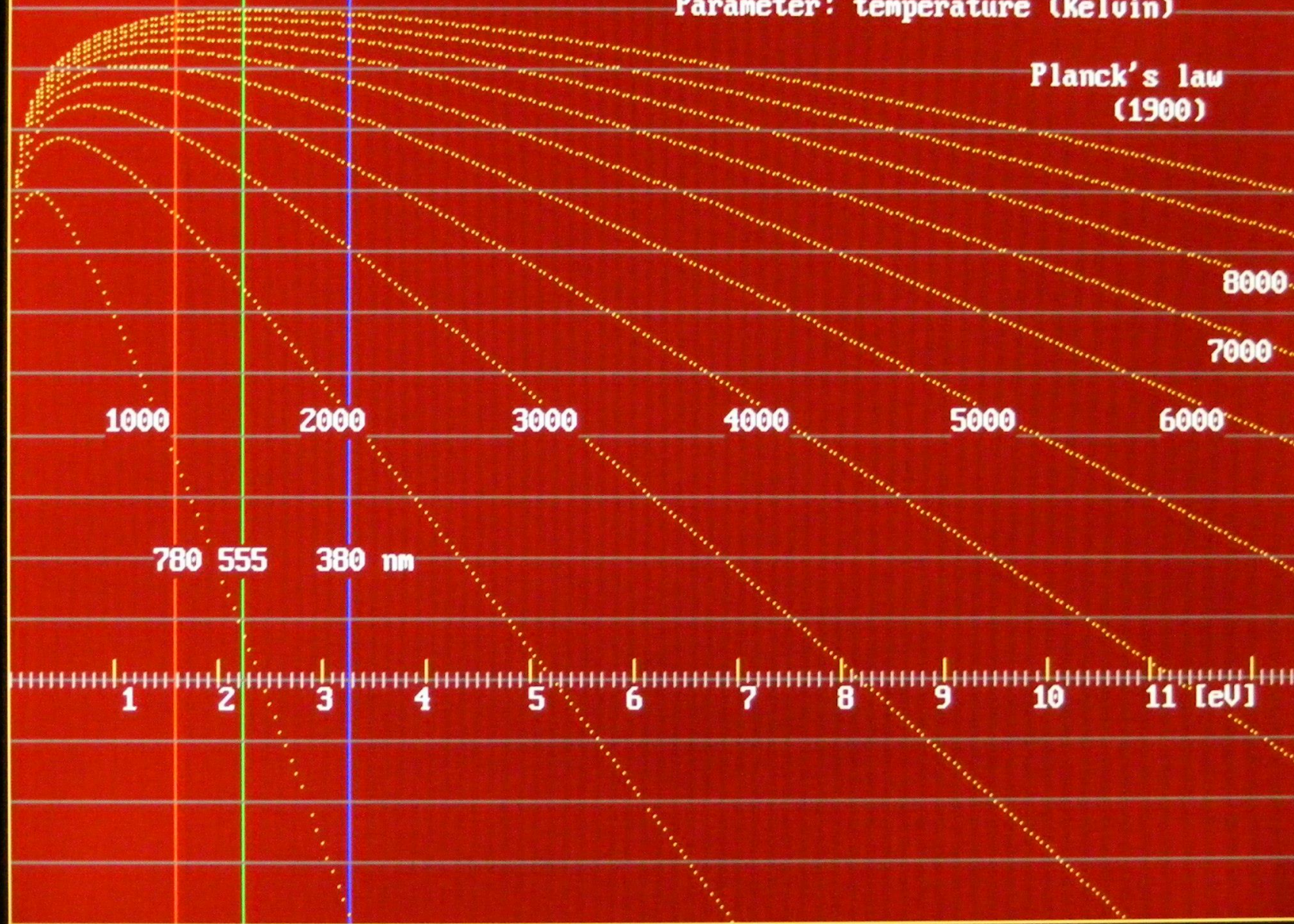
A fehér fényből elnyelt szín	A szem által érzékelt szín
vörös	kékes-zöld
narancs	világoskék
<u>sárga</u>	mélykék
zöld	bíbor
<u>világoskék</u>	narancs
sötétkék	narancs-sárga
ibolya	sárga

$\log(S_{rel})$

# Spectra of blackbody radiator vs photon energy

Parameter: temperature (Kelvin)

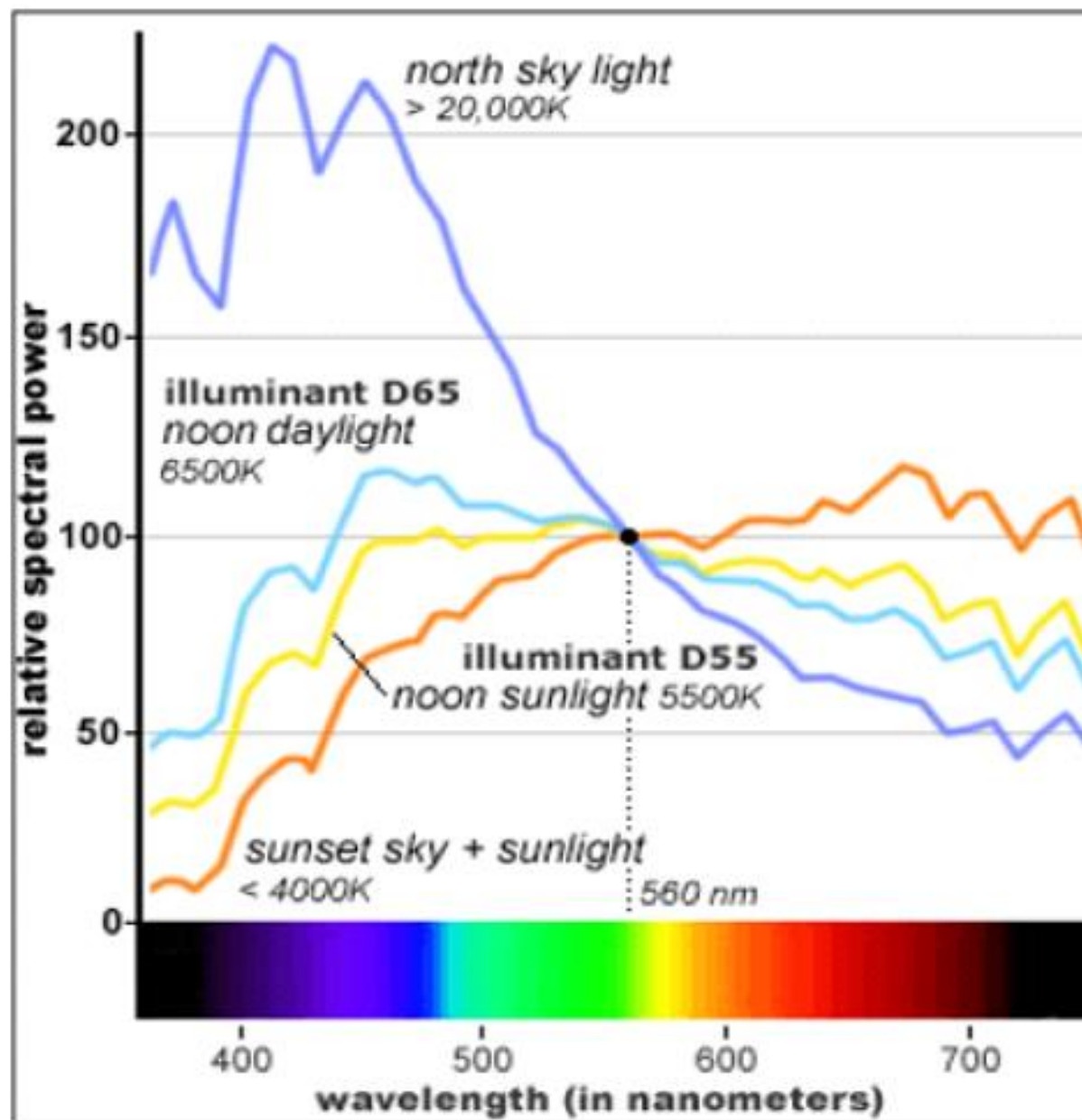
Planck's law  
(1900)





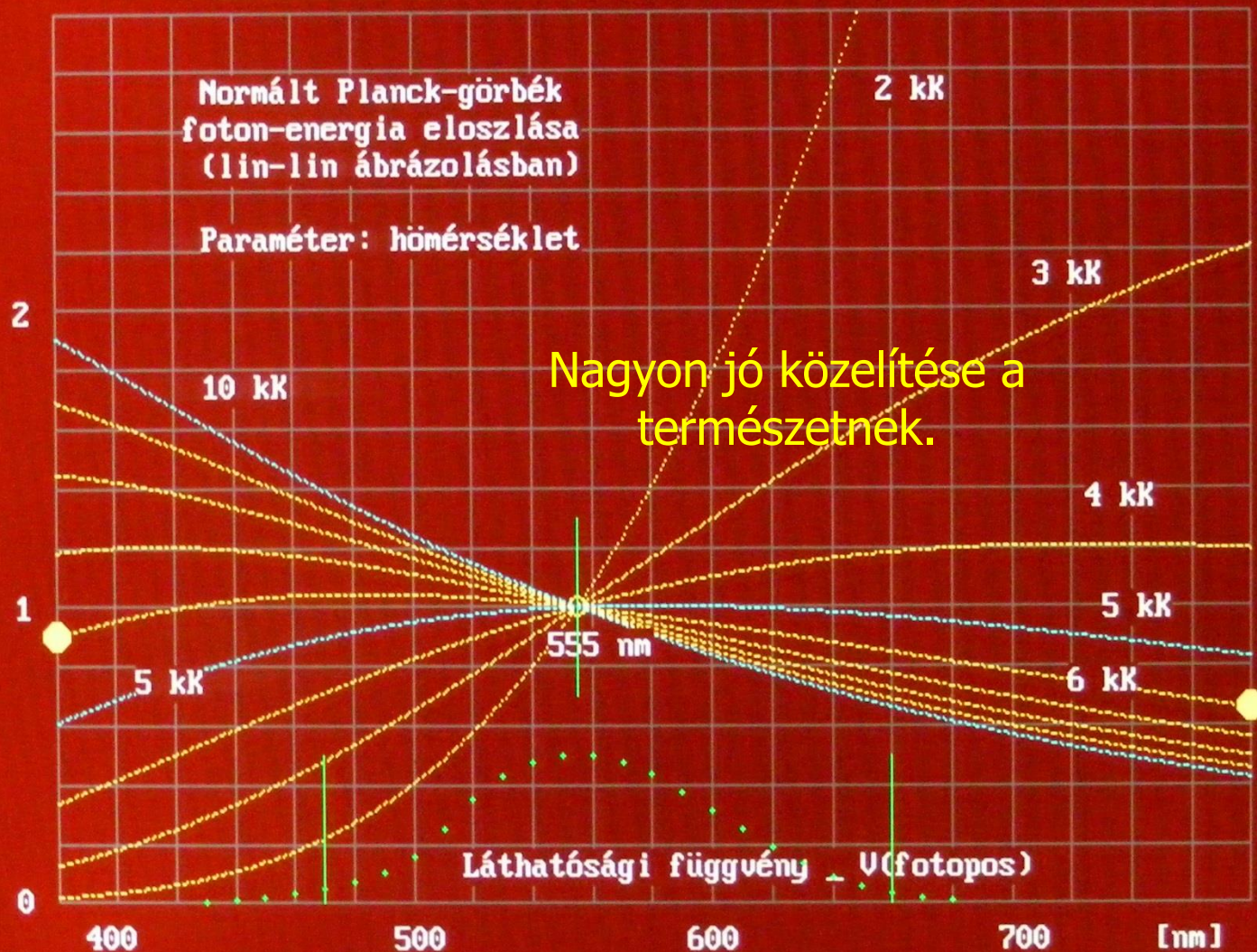


# Spectral Power Distribution



**MÉRT  
ÉRTÉKEK**

# A LENTI FÜGGVÉNYSEREGBŐL KELL A MEGFELELŐT MEGKERESNI!



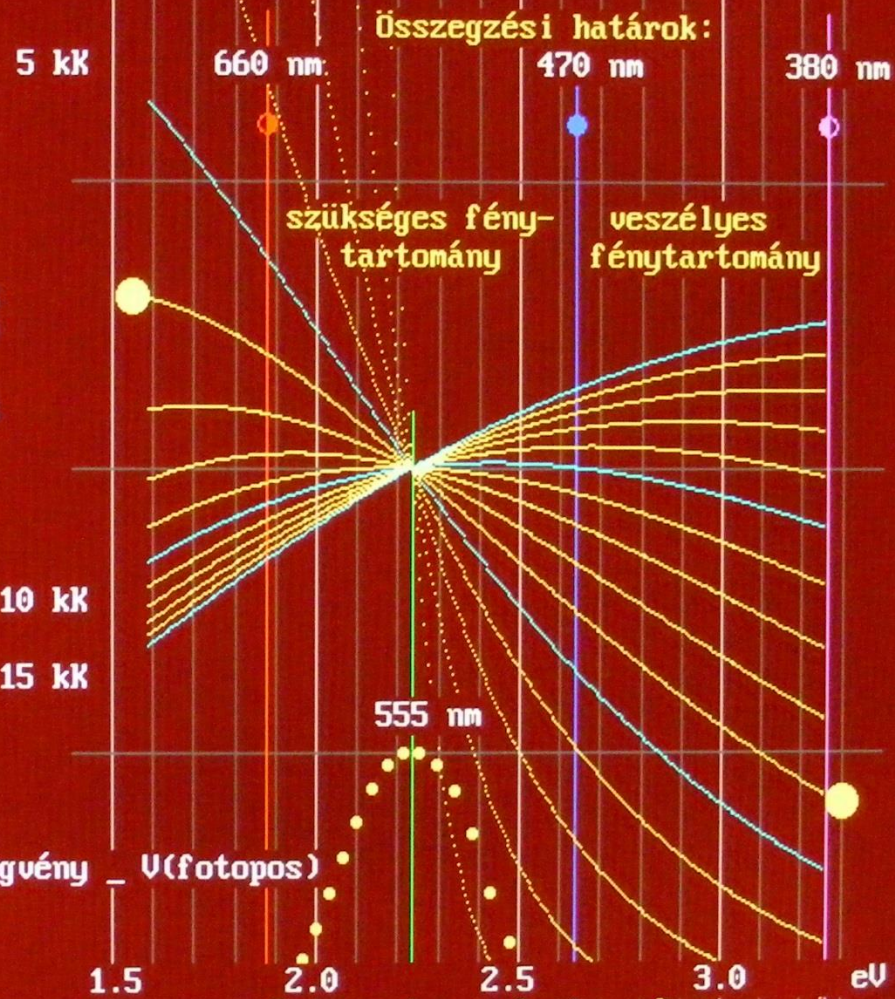
# Színhőmérséklet meghatározása az adott fényforrás spektrumok valamint a Planck-görbék paramétereinek közvetlen összehasonlításával

- **Kiindulási alap:** az átlagemberekre megállapított nappali láthatósági függvény, mivel az éjszakai megvilágítási értékek erősen közelítik a nappal is előforduló értékeket. Ezt nevezem szükséges fénytartománynak.
- **Figyelembe kell venni** a szemre fokozottan veszélyesnek tűnő „kék” fénytartományt, amely az évtizedek alatt irreverzibilis változásokat okozhat a retinán. Különösen problematikus ez az éleslátás területén.
- A két tartomány közti **választóvonalat** 470 nm-re tettem.

Normált Planck-görbék  
foton-energia eloszlása  
(lin-lin ábrázolásban)

Paraméter: hőmérséklet

Láthatósági függvény -  $V(\text{fotopos})$

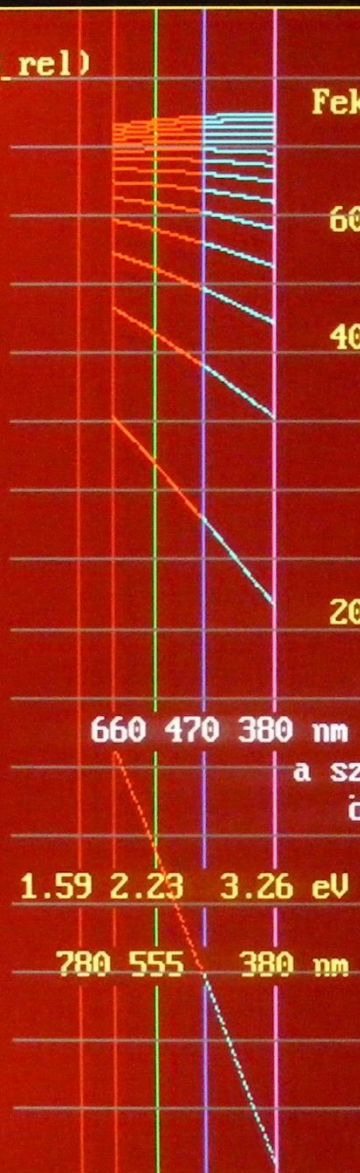


log(S\_rel)

Fekete-test teljesítmény sugárzása foton-energia szerint  
Paraméter: hőmérséklet (Kelvin)

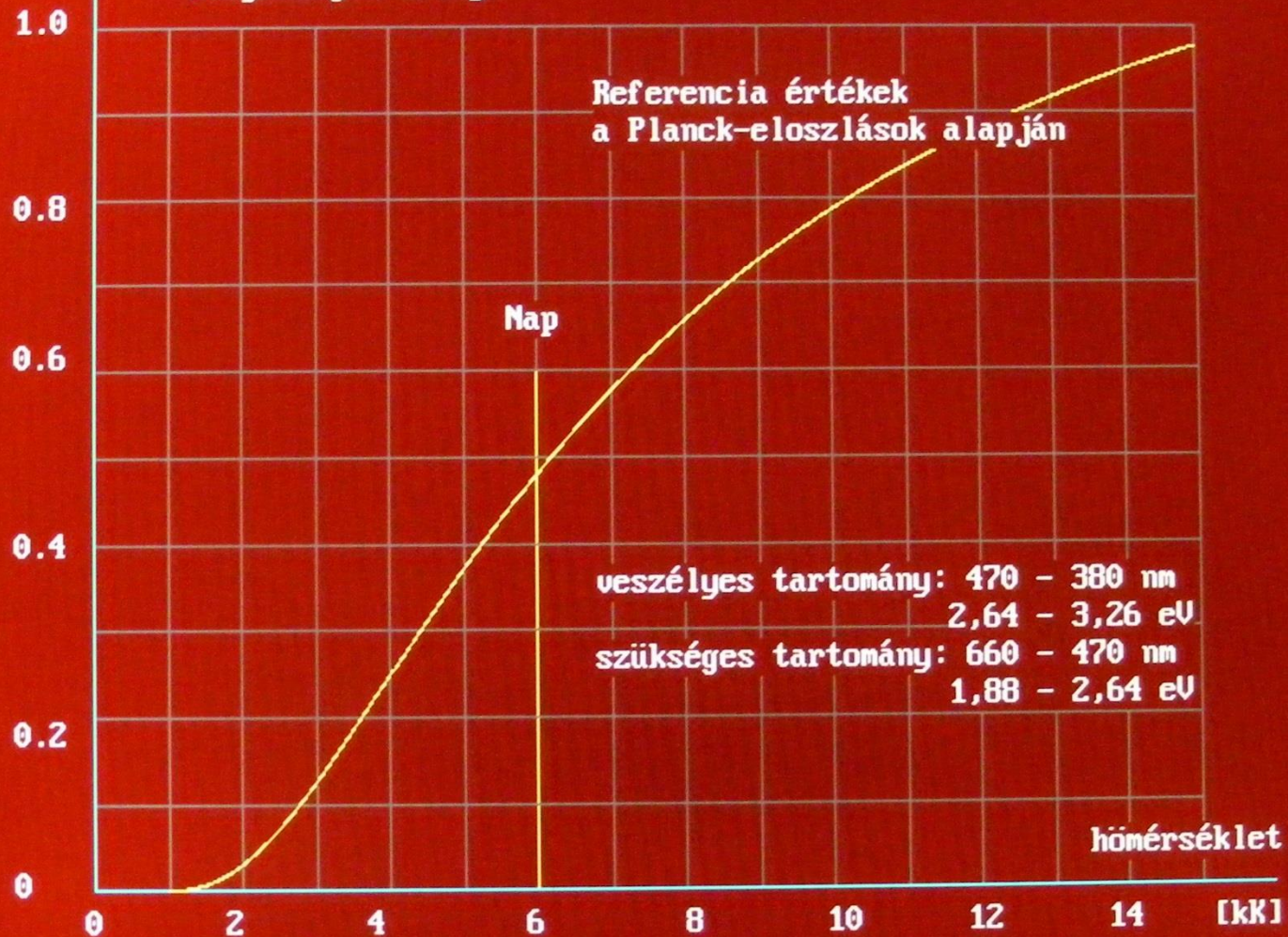
Planck-törvény  
(1900)

Veszélyes-szükséges  
fényenergia aránya,  
határérték: 470 nm

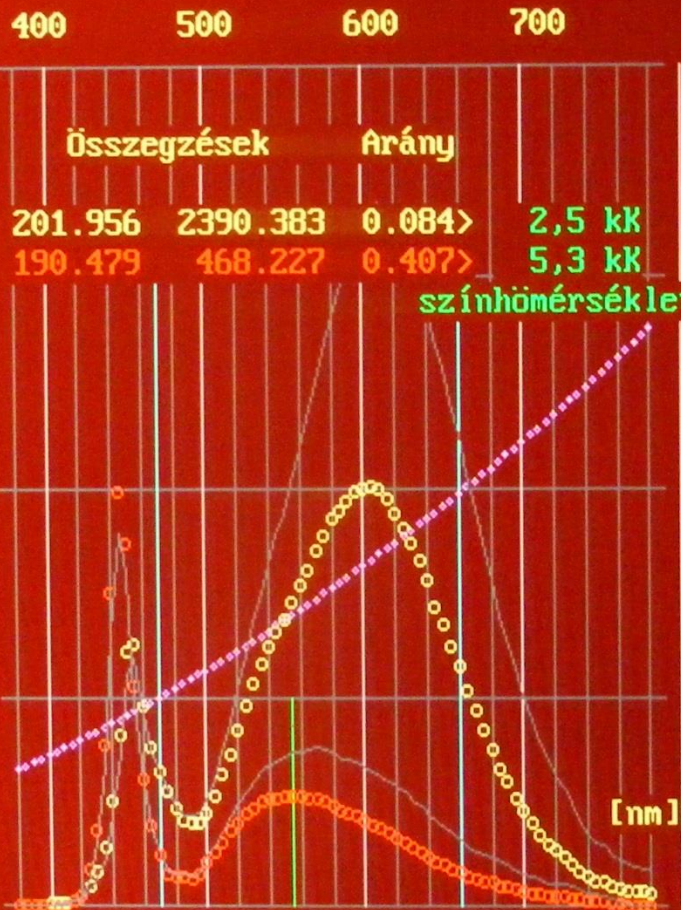


0.000	1000	K
0.030	2000	K
0.124	3000	K
0.245	4000	K
0.366	5000	K
0.475	6000	K
0.569	7000	K
0.650	8000	K
0.719	9000	K
0.777	10000	K
0.827	11000	K
0.870	12000	K
0.907	13000	K
0.940	14000	K
0.968	15000	K

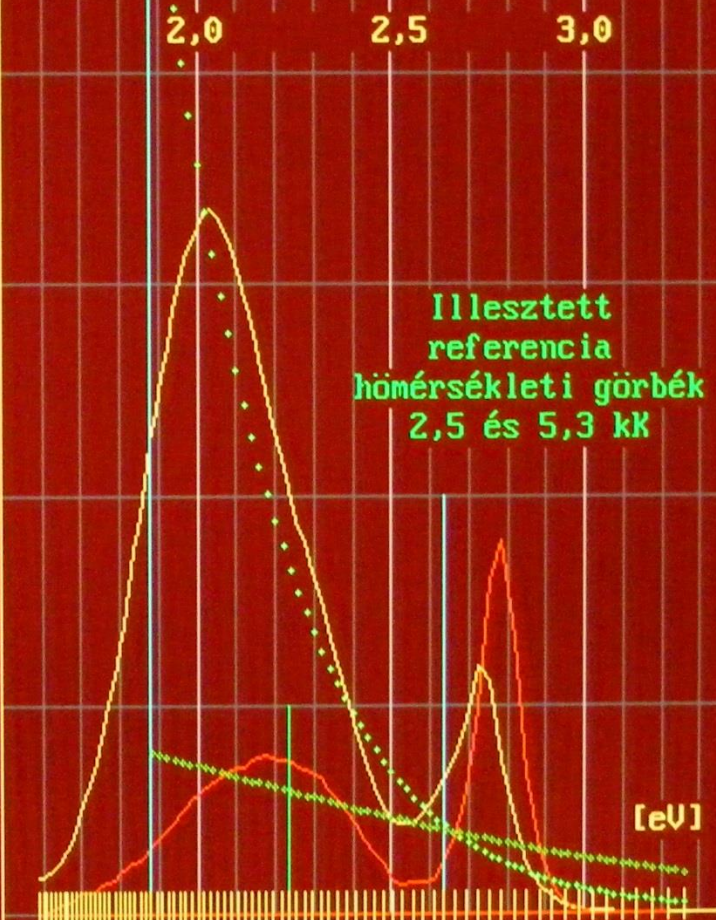
**A veszélyes és a szükséges  
fényenergia aránya**



### Spektrumok a hullámhossz függvényében

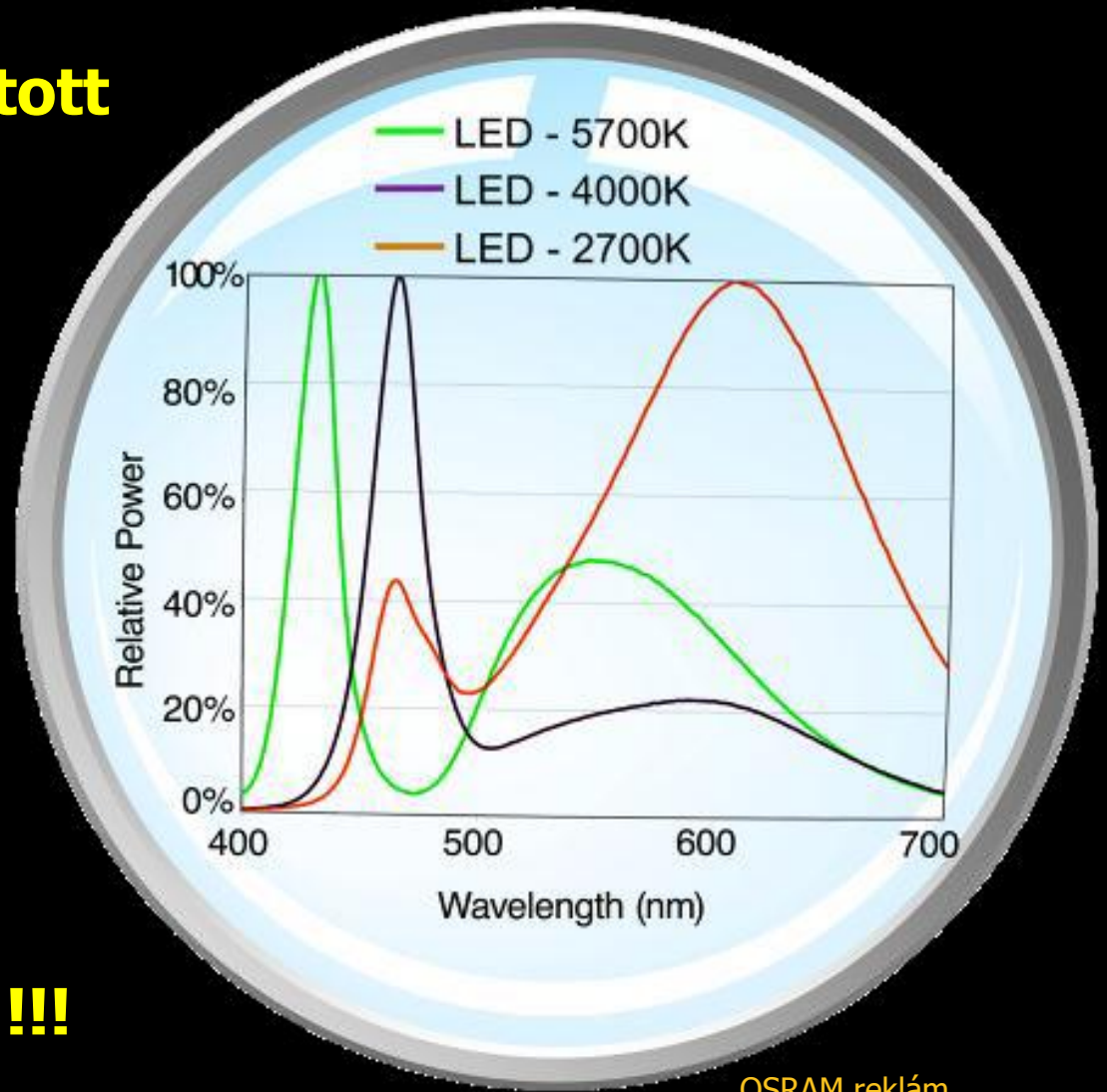


### Spektrumok a fotonenergia függvényében





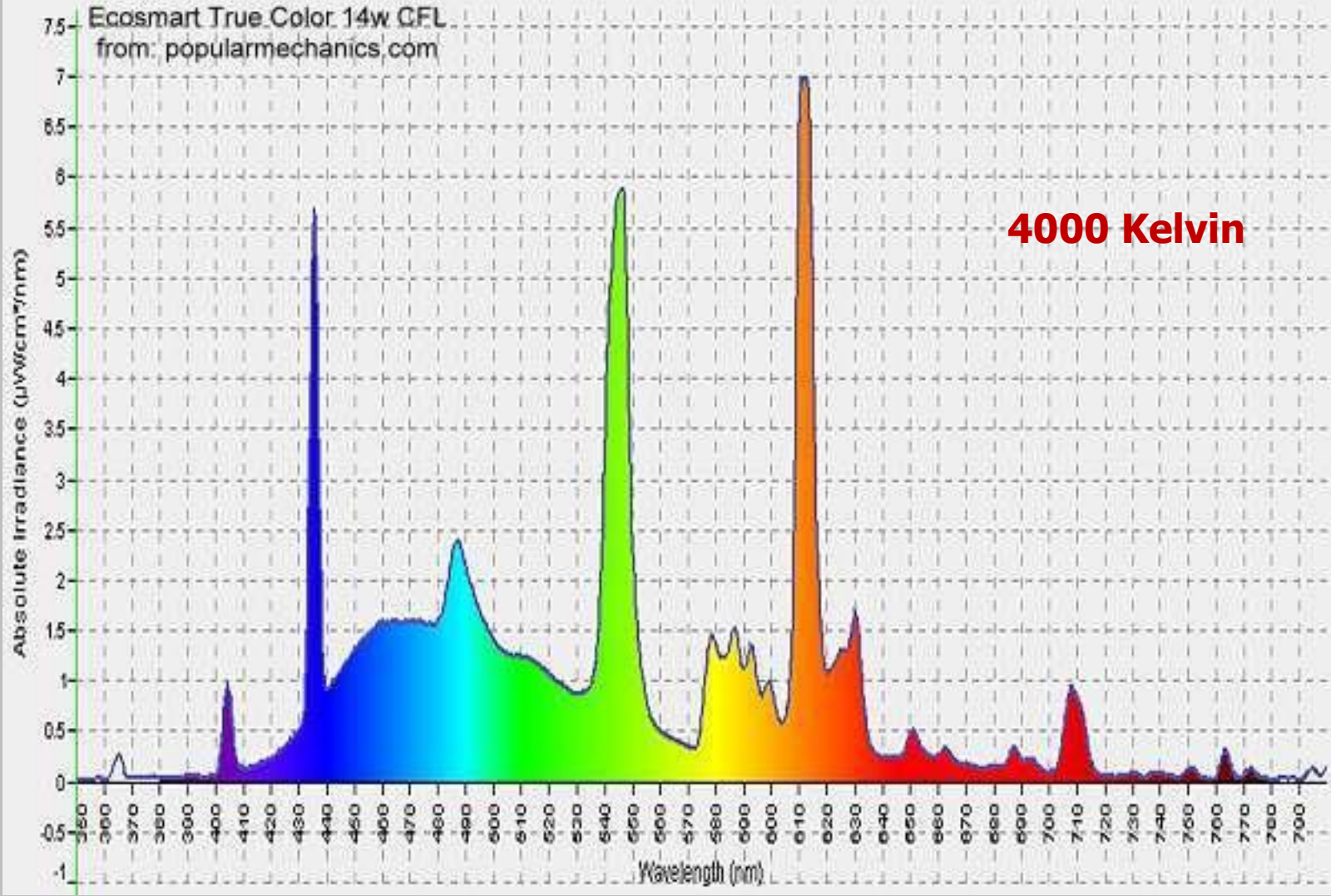
# Ellenőrzésre kiválasztott spektrumok



**5700 K >>> 5700 K**  
**4000 K >>> 6100 K !!!**  
**2700 K >>> 2600 K**

OSRAM reklám

Ecosmart True Color 14w CFL  
from: popularmechanics.com



**4000 Kelvin**

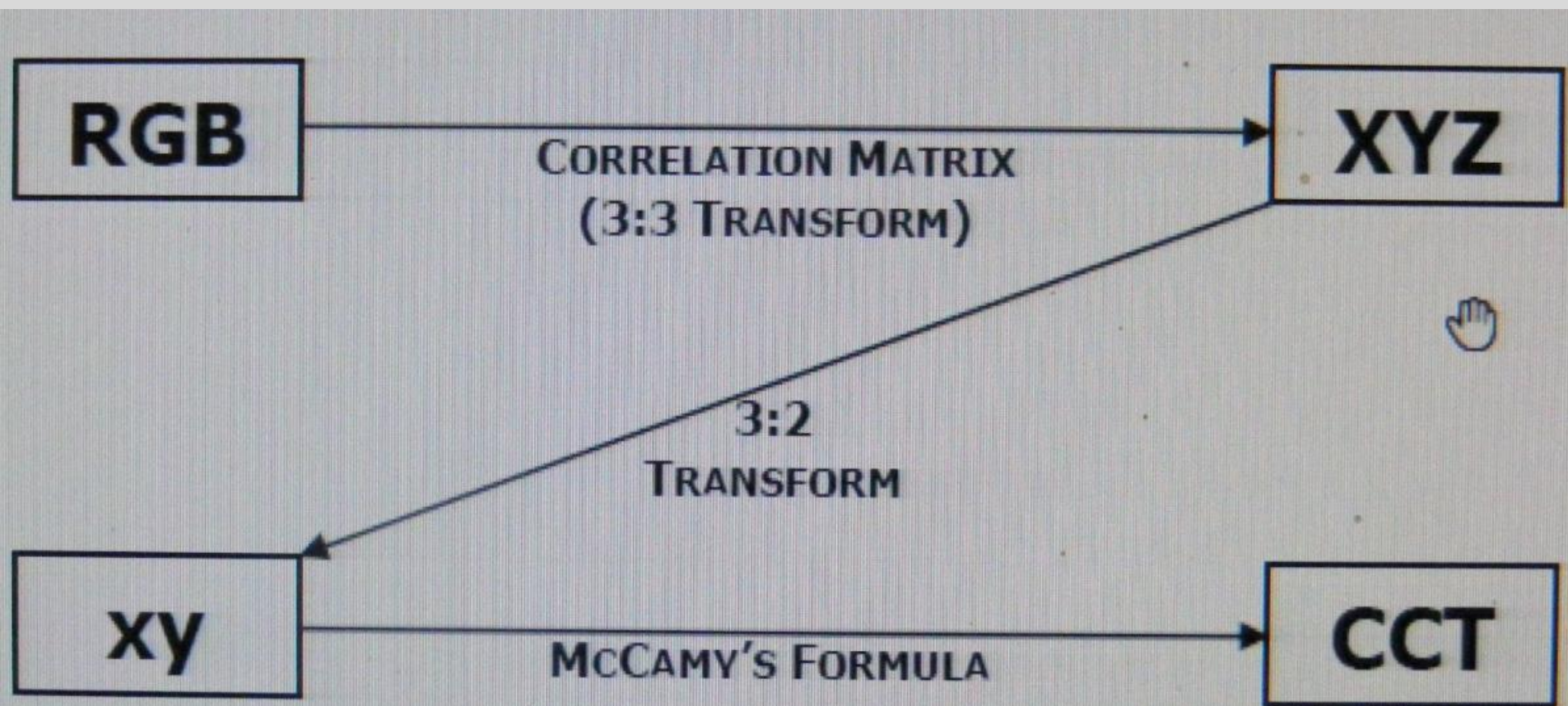


Figure 2. CCT calculation process overview

# JAVASLAT

- A módszer ellenőrzése során kedvező tapasztalatom alakult ki. Célszerűnek tartom az alkalmazását. A CCT (correlated colour temperature) helyett megkülönböztetésül az ekvivalens színhőmérséklet, angolul az ECT (equivalent colour temperature) értékek elnevezést ajánlom.
- A 380 – 470 nm-rel és a 470 – 660 nm-rel határolt tartományok össz-fényenergia mérésére megbízható pontos mérőeszközök fejleszthetők.
- A mért fényforrás és az ekvivalensnek nyilvánított Planck-görbe közötti eltérések alapján kifejleszhető egy színvisszaadási paraméter is.



**Köszönöm megtisztelő figyelmüket!**