Világítástechnikai alapfogalmak

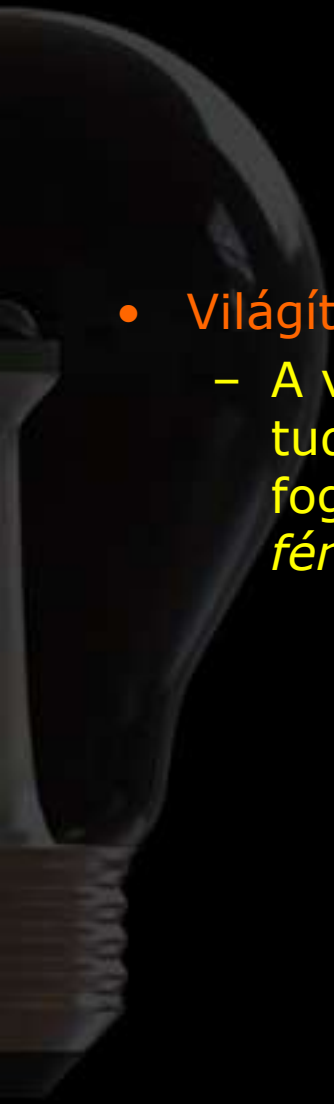
Nádas József
Óbudai Egyetem
Kandó Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet
1084 Budapest, Tavaszmező u. 15. B. ép. 014.
nadas.jozsef@kvk.uni-obuda.hu
Tel.: +36 1 666 5073
Mobil: **+36 20 999 3355**

Fénymérés Bt. (**fenymeres@fenymeres.hu**)

”Ha a szavak használata nem helyes, a fogalmak értelmezése zavaros, nem lehet szabatosan cselekedni.”

(Konfucius)

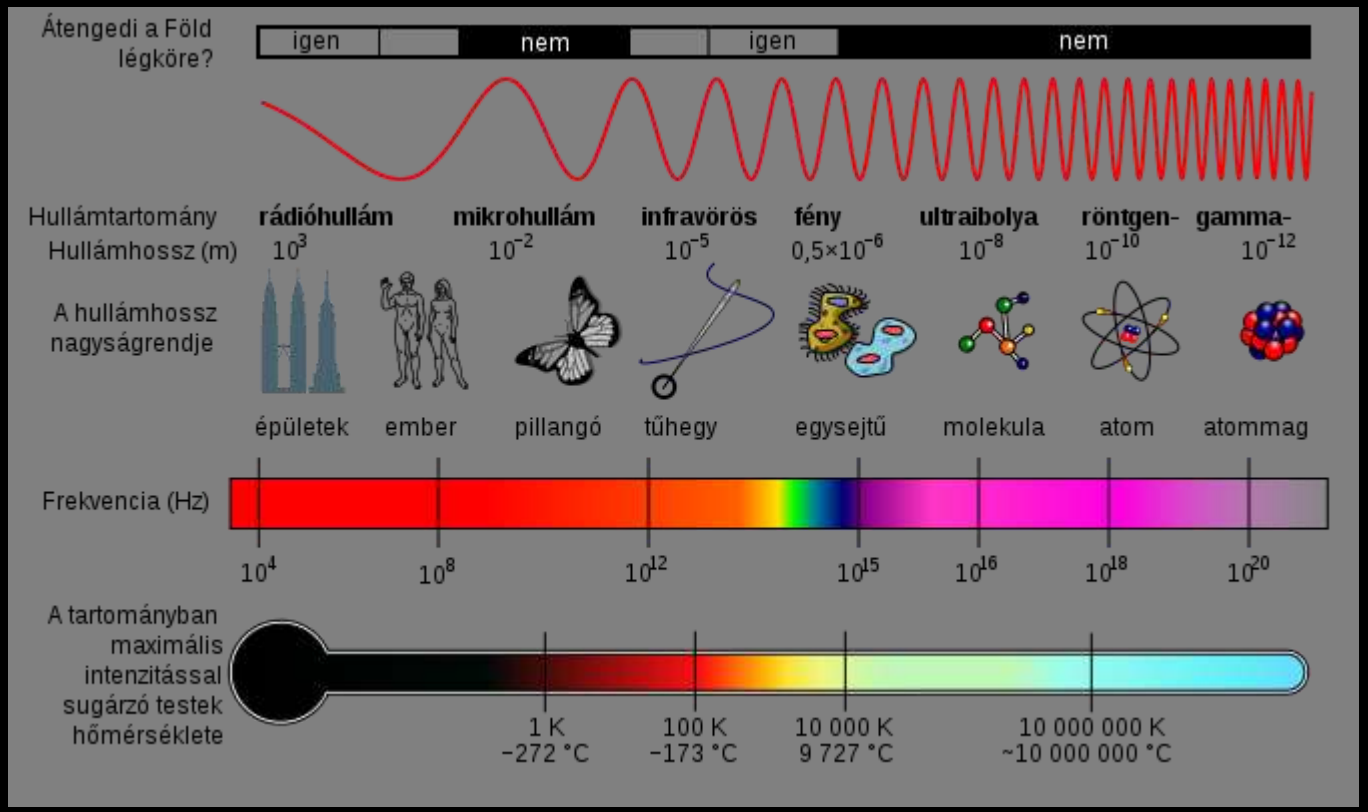
Világítástechnika



- Világítástechnika
  - A világítás elvi alapjaival és műszaki gyakorlatával foglalkozó tudományág. Az optikai sugárzás keltésével és alkalmazásával foglalkozó általánosabb tudományág megjelölésére a *fénytechnika* megnevezés használatos.

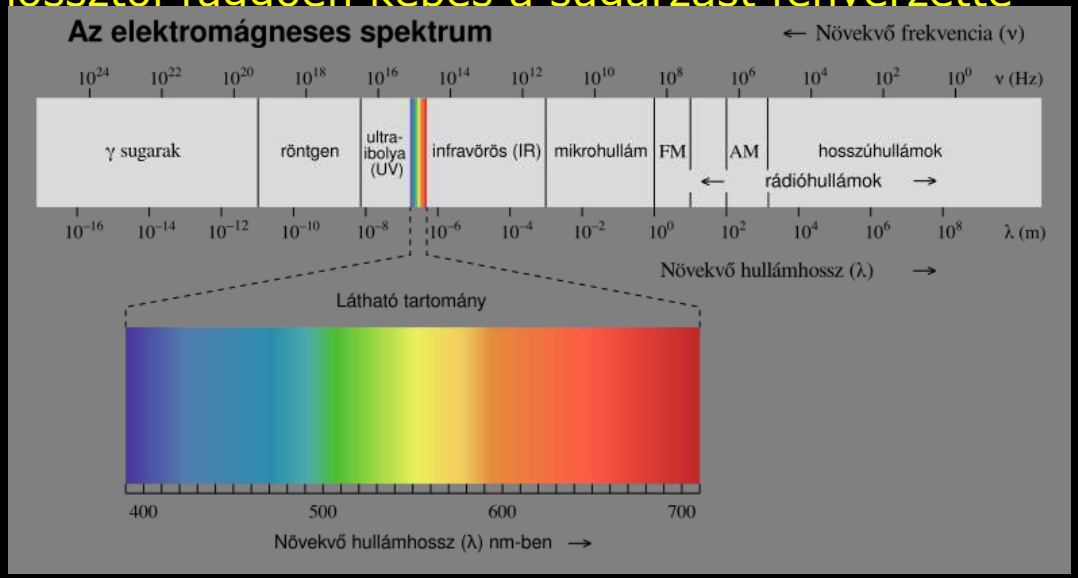
Az elektromágneses sugárzás

- Az elektromágneses sugárzás egymásra merőlegesen haladó oszcilláló elektromos és mágneses tér



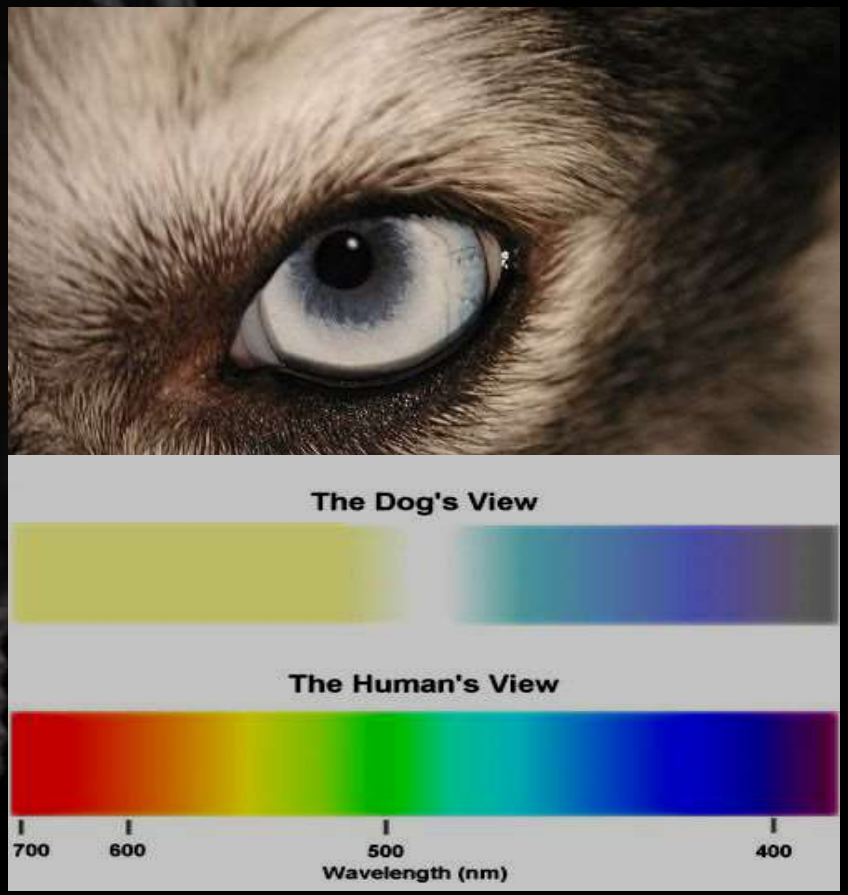
A fény

- A FÉNY emberi szemmel érzékelhető elektromágneses sugárzás
  - hullámhossz (frekvencia) ~ szín
  - amplitúdó (nagyság) ~erősség
  - polarizáció (rezgéssík) [nem látjuk]
- Kettős természet: hullám és részecske
- FÉNY: A fény az elektromágneses sugárzás szemünk által érzékelhető hányada. Az un. látható tartomány 380 nm-től 780 nm-ig terjed, ezen belül a szemünk a hullámhossztól függően képes a sugárzást fényérzetté alakítani



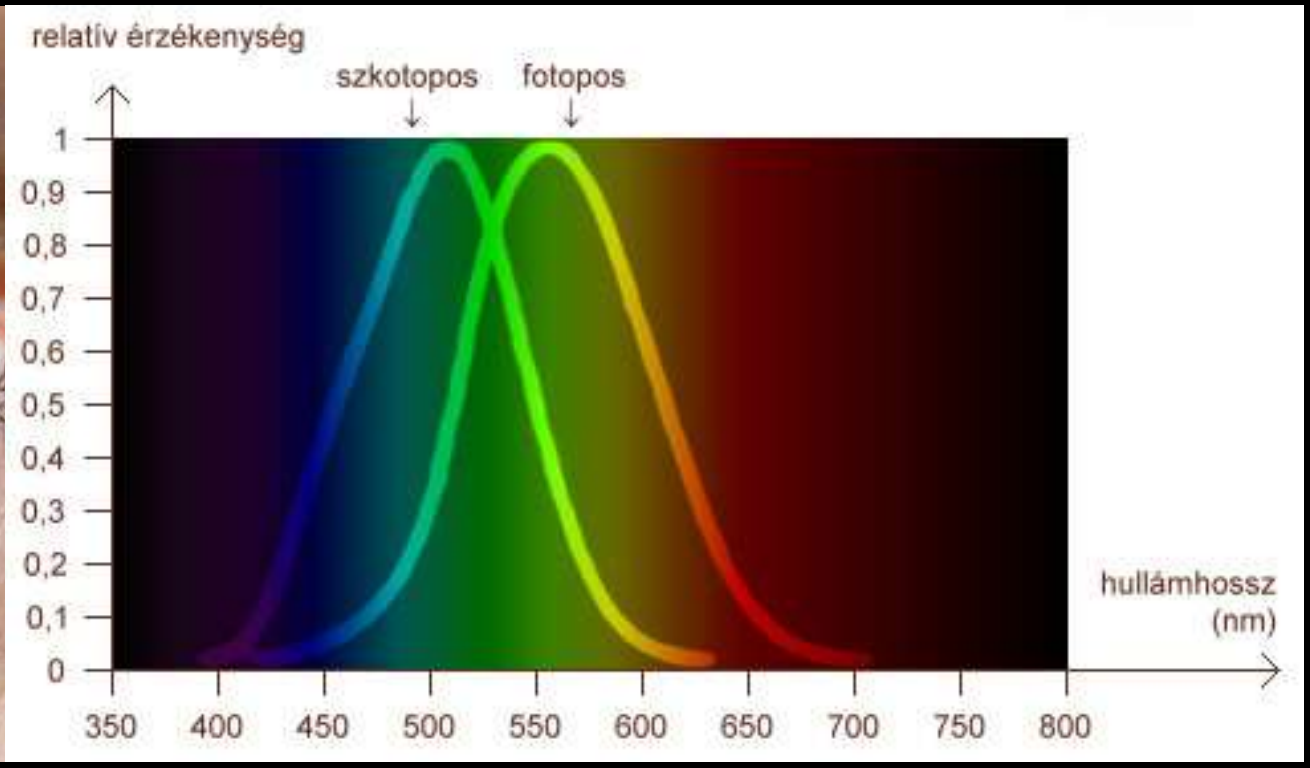
Ki mit lát?

- Emlősök

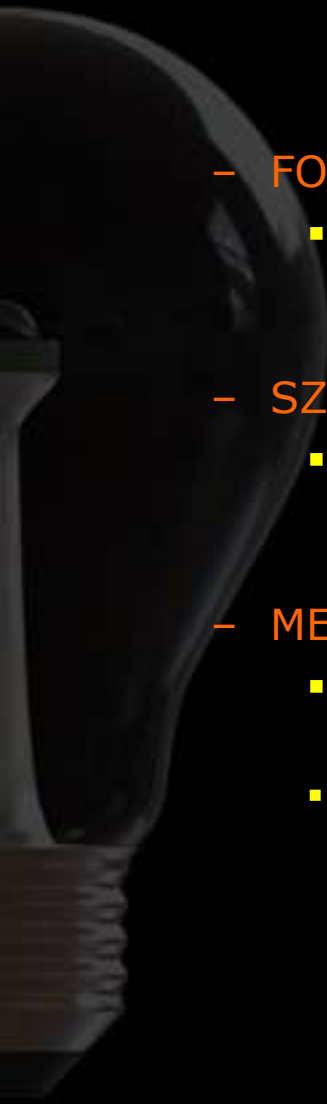


Ki mit lát?

- Szem érzékenysége: láthatósági függvény
  - FOTOPOS látás v(λ) max: 555nm
  - SZKOTOPOS látás v'(λ) max: 507nm



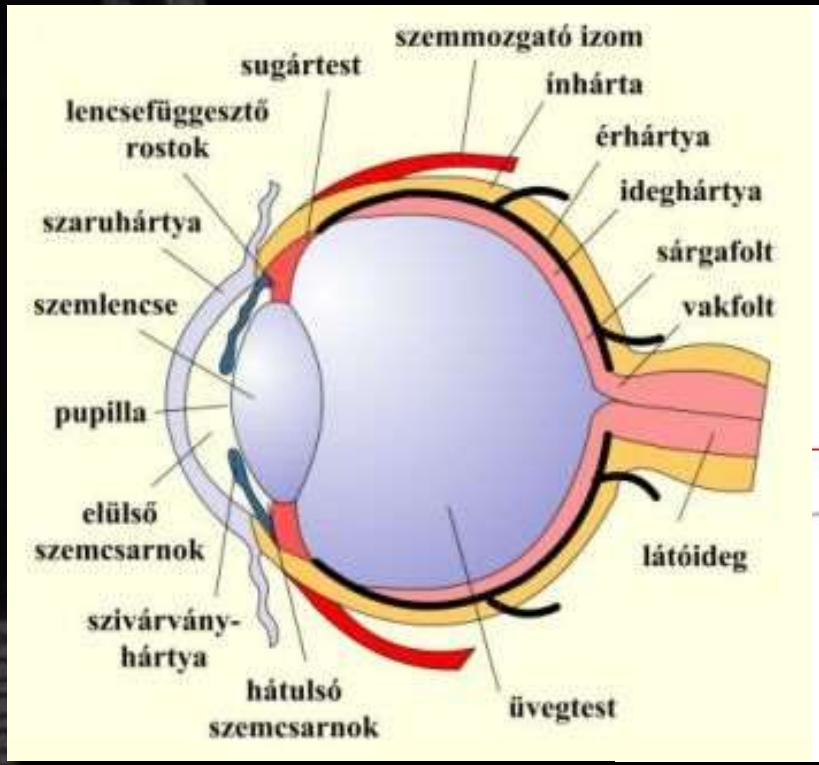
Ki mit lát?

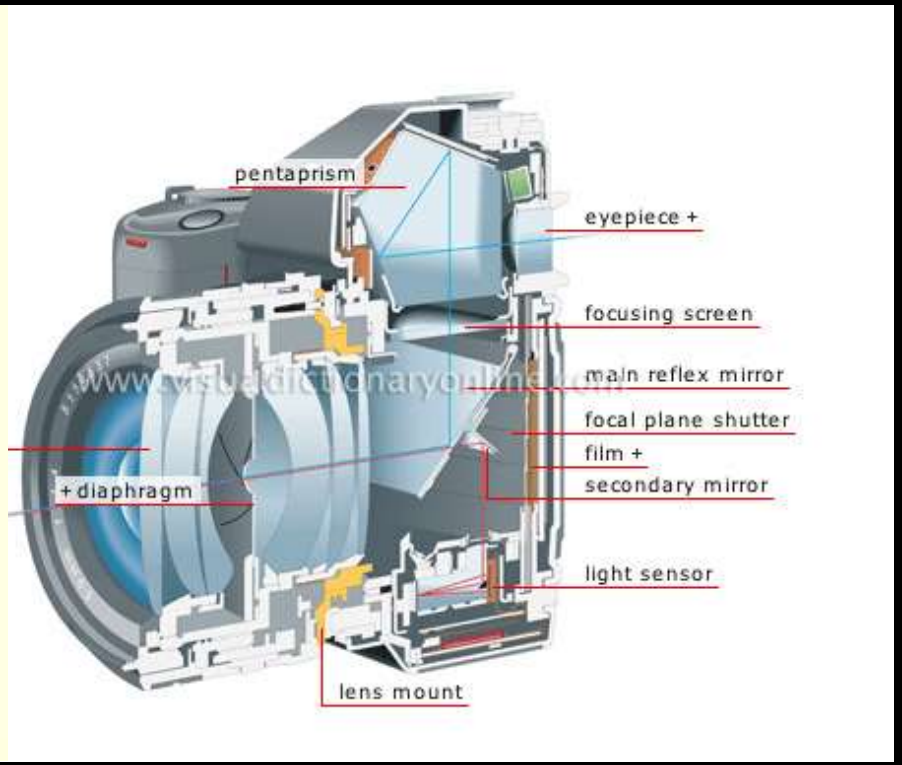


- FOTOPOS látás
  - A néhány cd/m2-nél nagyobb fénysűrűségre adaptált normális szem látása. Ilyenkor elsősorban a csapok működnek. Ilyenkor színlátás jó.
- SZKOTOPOS látás
  - A század cd/m2 nagyságrendnél kisebb fénysűrűségre adaptált normális szem látása. Ilyenkor elsősorban a pálcikák működnek. Szkotopos látás esetén színlátás gyakorlatilag nincs.
- MEZOPOS látás
  - A fotopos és szkotopos látás tartományai közötti látás. A mezopos látásban a csapok és pálcikákegyaránt működnek.
  - Mezopos látás esetén színek még megkülönböztethetők, de már nem érik el a fotopos látásszínvilágát. A mezopos látás során a hosszabb hullámhossz tartományba tartozó meleg színek, pl. avörös tűnnek el először. A rövidebb hullámhosszúságú színek, pl. kék a mezopos – szkotopos látáshatáráig még felismerhetők. (Purkinje jelenség)

Látásfiziológia

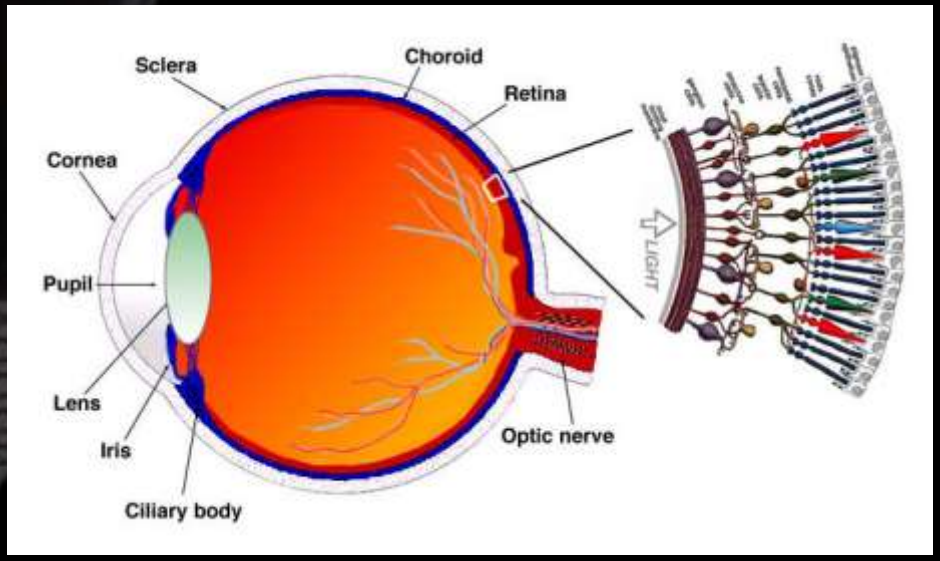
- SZEM főbb részei

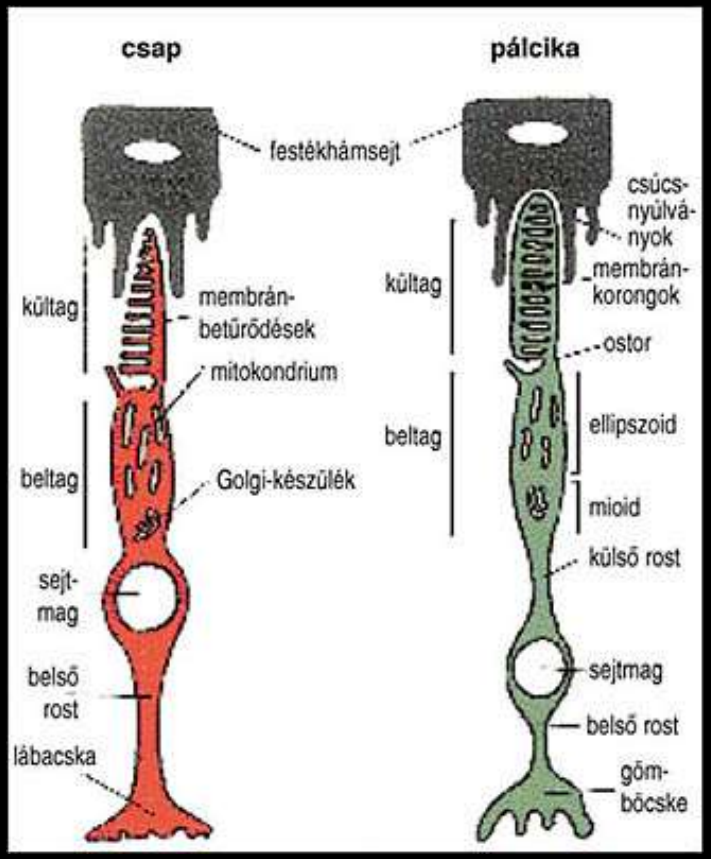




Látásfiziológia

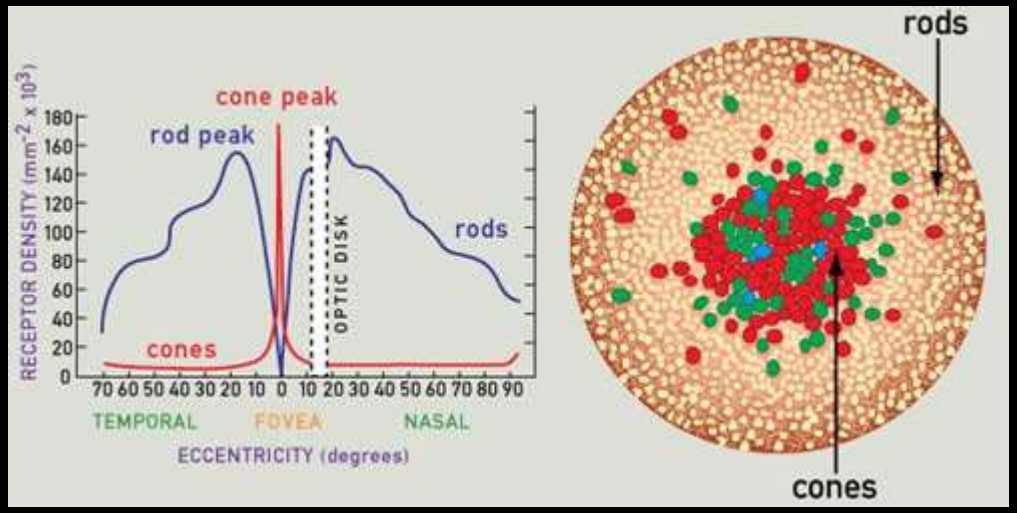
- Retina
  - CSAPOK – színeslátás
  - PÁLCIKÁK – sötétben látás





Látásfiziológia

- Retina
  - csapok ~8 millió – elsősorban a foveán
    - R csap – rövidhullám-érzékeny (420 nm, ibolya szín) ~1 millió szórványosan, fovea szélén több
    - K csap – középhullám-érzékeny (530 nm, zöld szín) ~4.5 millió
    - H csap – hosszúhullám-érzékeny (560 nm, sárga szín) ~2.5 millió K és H főleg a fovea középső részén
  - pálcikák ~120 millió – perifériális és szkotopos látás

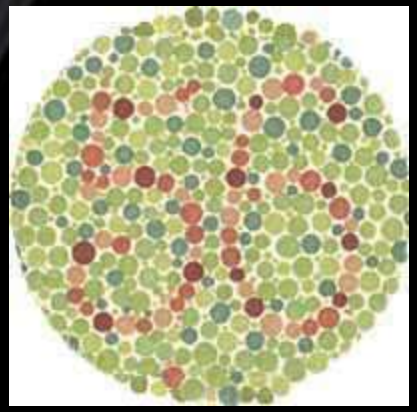


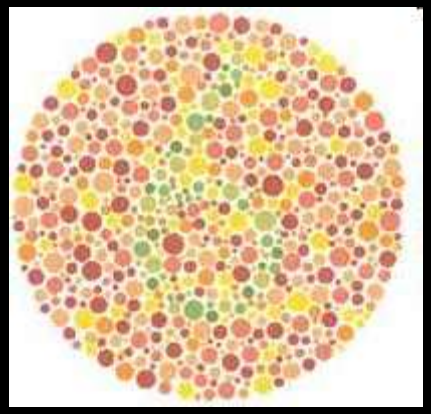
Látásfiziológia

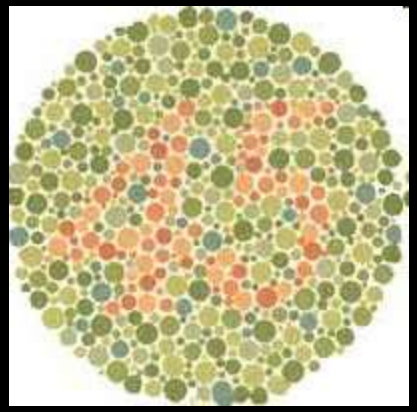
- SZÍN (–Világítástechnikai)
  - Normális látású (nem színtévesztő) emberekben a látható sugárzás a fényérzettel együtt és attól elválaszthatatlanul színérzetet is létrehoz. Ezt három jellemzővel lehet leírni:
    - 1. a színezet a szín jellegére utal (pl. kék, zöld, vörös);
    - 2. a színdússág a szín erősségére utal;
    - 3. a világosság a szemünkbe jutó fény mennyiségére utal.
  - Ezért a szín kifejezést általában nem lehet önmagában használni.
  - A színérzetet a szemünkbe jutó sugárzáson (színinger) kívül az észlelés körülményei és agyi folyamatok is befolyásolják.

Látásfiziológia

- Színtévesztés
  - egyik szín érzékelése hiányzik vagy nem teljes
  - magyar férfiak 8%, nők 0.2%
  - Ishihara teszt (pöttyös tábla)
  - korongválogatás

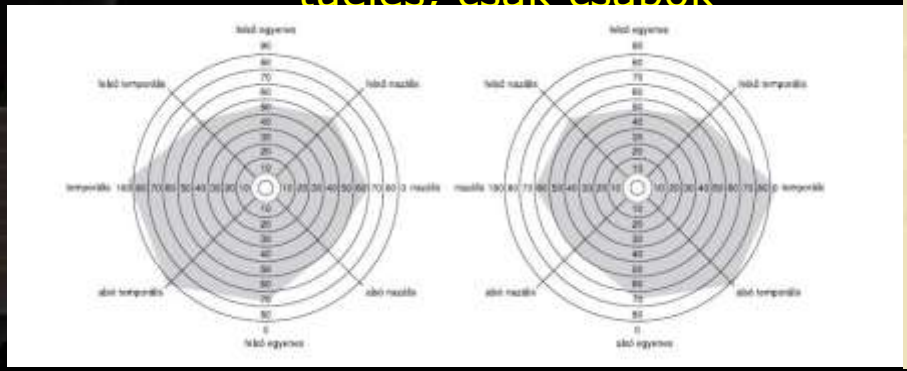


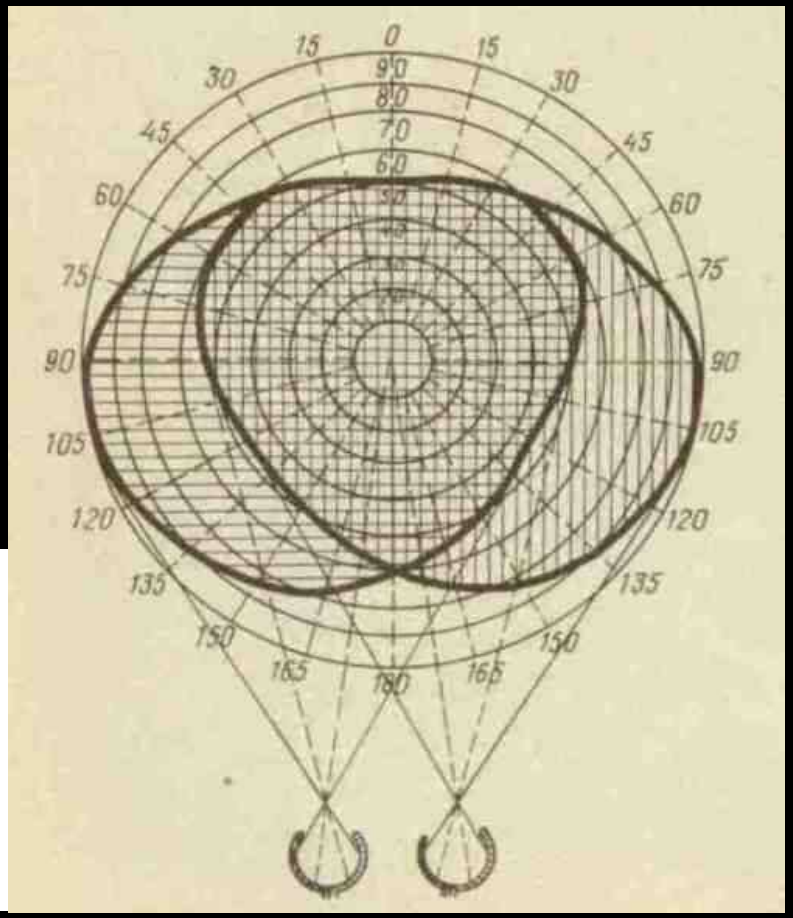




Látásfiziológia

- Látótér
  - perifériális látás (kb 2*90°)
    - alacsony szín és részlet
  - kétszemes látás–térlátás ~115°
  - centrális tér ~30°
  - sárgafolti látás ~3° X 12°
    - éles és színes
    - letapogatás: pl. olvasás
  - látógödör ~1°
    - tűéles, csak csapok





Látásfiziológia

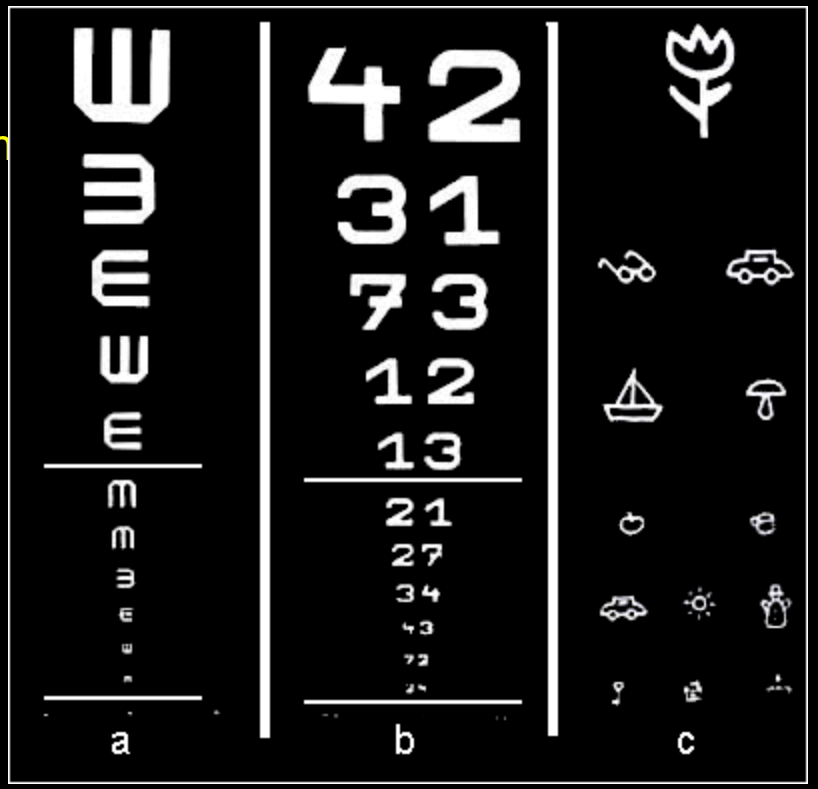
- Látótér
  - A térbeli irányoknak azt az összességét, amelyben, a nyugalomban lévő, előre tekintő emberi szem valamely tárgyat észlelni képes nevezzük. Az ember a tér közel felét látja, de csak a látótér középső részéről képes pontos képet kialakítani. A látótérnek a nézési irányra merőleges metszete alátómező.
  - A látótér határai két szemmel nézés esetén: jobbra-balra nagyobb 90-90° , felfelé 50-60° ; lefelé 60-70°

Látásfiziológia

- Térlátás
  - szem konvergenciája
  - retinális eltérés (2 kép közti eltérés)
  - szemlencse alakja (akkomodáció)
  - mozgási parallaxis (mozgó tárgy szögsebessége)
  - perpektivikus hatás
  - takarások
  - méretek (rövidülés)
  - relativ magasság (látószög függvénye)
  - árnyékok
  - részletgazdagság
  - fényszóródás (párásság, köd, főleg kék komponens)

Látásfiziológia

- Felbontóképesség
  - alapvetően a szem geometriája és a csapok távolsága határozza meg
  - rossz leképezés esetén a kép elmosódik, ingerület bizonytalan
  - átlagos „jó” szem felbontóképessége 1 szögperc (visus 1 = 20/20)
- Részletek érzékelése: térszög
- Kiterjedés érzékelése
  - közel-nagy vs. távol-kicsi
- Összetett érzékelés:
  - milyen színű+
  - mekkora a világossága



Látásfiziológia

- AKKOMODÁCIÓ
  - közelre nézéshez való alkalmazkodás
  - Távolra nézve akkor látunk élesen, ha a tárgy 6m< van.
  - Ennél közelebbi tárgyak képe a retina mögé vetül → a szemnek alkalmazkodnia kell (növelni a fénytörést)
  - Emberben csak a lencse fénytörő képessége változtatható!
  - 30 éves korig kb. 10D-t is növelhető a lencse fénytörése → a szem közelpontja 10 cm
  - Presbyopia: a lencse rugalmassága csökken (idős korban)
  - Korrekció: gyűjtő lencsével
- Kromatikus aberráció (kivédhetetlen)
  - UV közeli kékre rövidlátás (a retina előtt lesz éles a kép)
  - IR közeli vörösre távollátás

Látásfiziológia

- AKKOMODÁCIÓ

  A szemlencse törőképességének az az illeszkedése, amelynek következtében a különböző

  távolságban lévő tárgyak képe a retinán képződik le. Közeli tárgyra tekintve a szemtengelyek

  erősen konvergálnak, és a pupilla összeszűkül. Távoli tárgyat figyelve a szemlencse görbületi

  sugara nagyobb lesz, a szemtengelyek közel párhuzamosak, és a pupilla is kitágul. Azt a területet,

  amelyen belül a szemlencse a közeli és távoli pontok között változni képes akkomodációs

  területnek nevezzük. Nagyságát dioptriával mérjük, egy 25 éves ember akkomodációs területe

  mintegy 10 dpt (dioptria). (A végtelentől a szem előtti 10 cm-ig lát.)

Látásfiziológia

- ADAPTÁCIÓ
  - a folyamat, mely során a szem a látótér fénysűrűségéhez és a színingerekhez alkalmazkodik
  - pupilla és a retina játszik nagy szerepet.
  - A szem 10^{-6} cd/m2 és 10^{5} cd/m2 közötti fénysűrűséghez képes alkalmazkodni. (ez 10^{11} tartomány!!!, hét nagyságrenddel nagyobb a hallás tartományánál)
  - Az adaptáció ideje függ a kezdeti és az állandósult állapothoz tartozó fénysűrűségtől
  - a világosból sötét felé haladva sötétre adaptálás (5-30 perc)
  - fordított esetben világosra adaptálás (5-30 másodperc)

Látásfiziológia

- ADAPTÁCIÓ
  - Az a folyamat, amely során a látószerv tulajdonságai alkalmazkodnak az egymást követő –

    fénysűrűségben, spektrális eloszlásban és látószögben különböző – fényingerekhez.

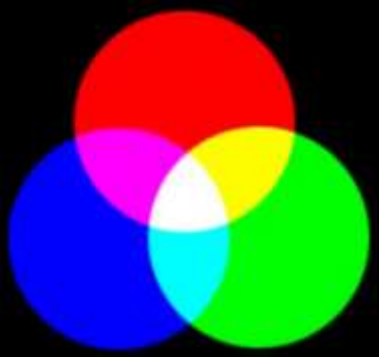
    Használatosak a világosra adaptált és sötétre adaptált kifejezések. Világosra adaptált a szem, ha a

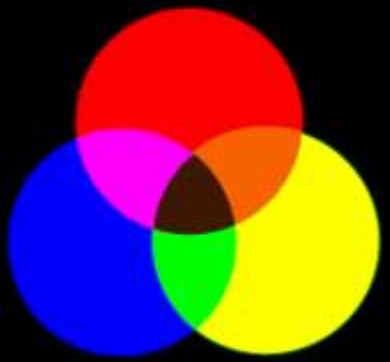
    fénysűrűség legalább néhány cd/m2, sötétre adaptált állapotról beszélünk; ha a fénysűrűség néhány

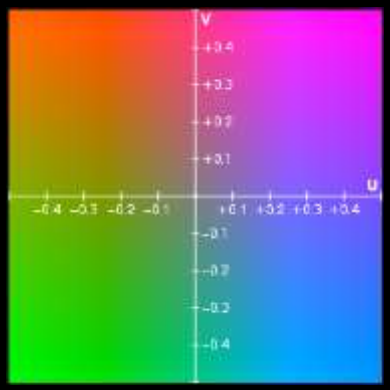
    század cd/m2-nél kisebb.

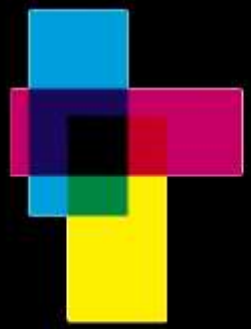
Látásfiziológia

- színrendszerek
  - RGB
  - RGY
  - HSB
  - CMYK (CMY)
  - YUV
  - stb.



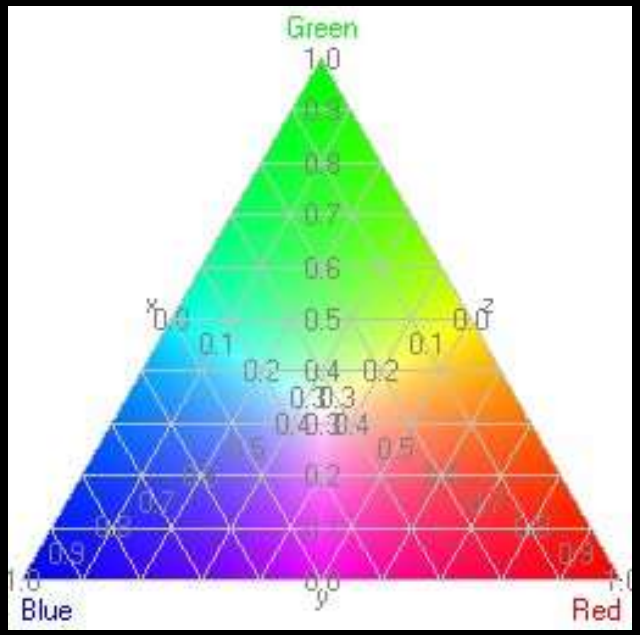


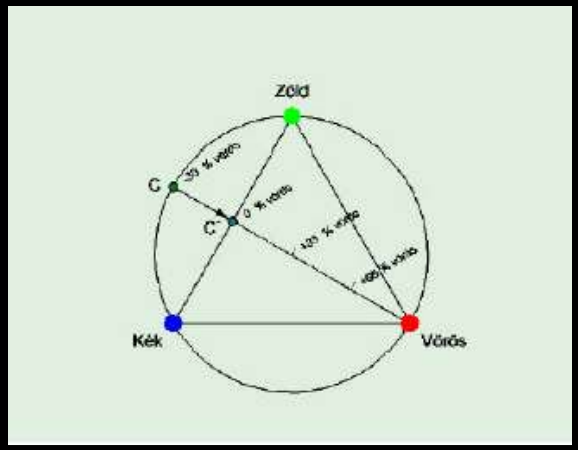




Látásfiziológia

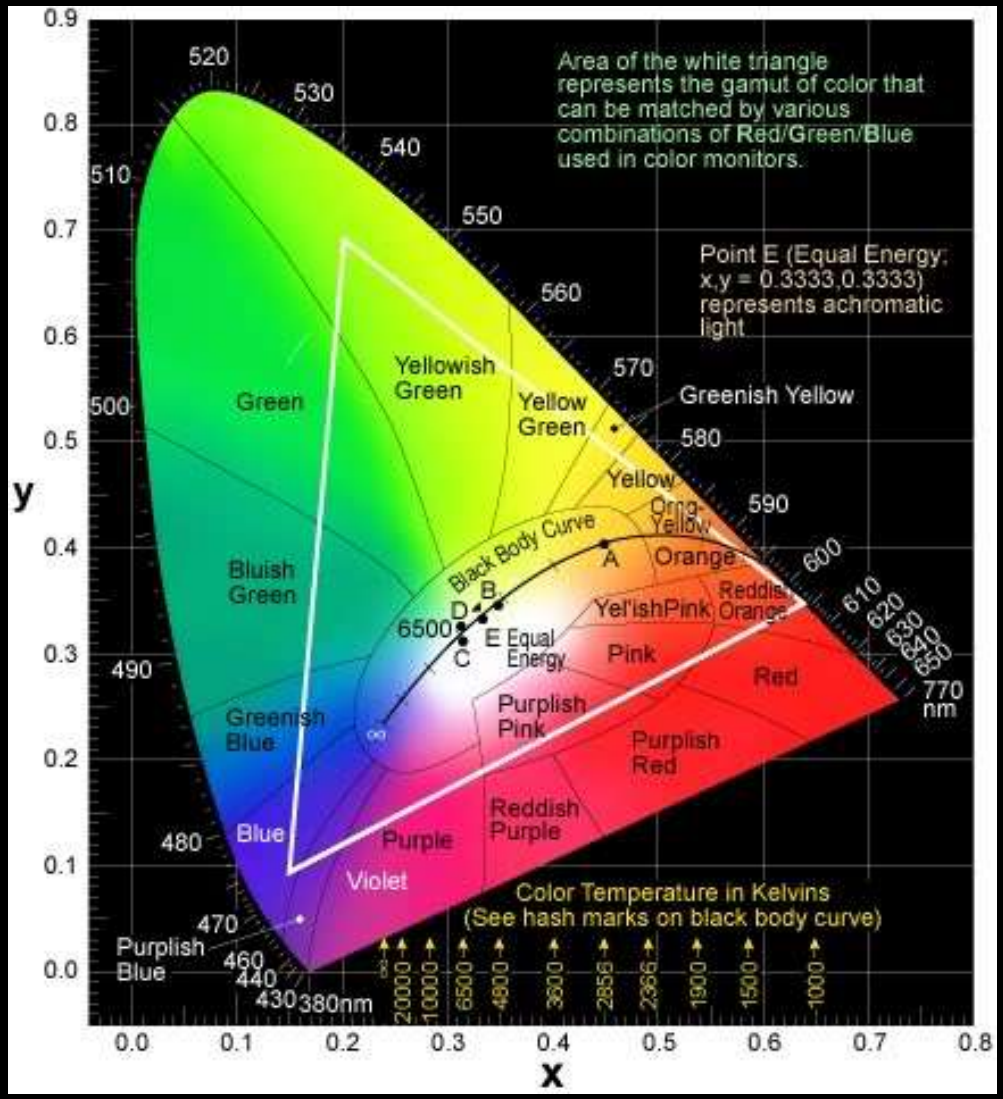
- Színek ábrázolása
  - 9 000 000 színt látunk
  - színháromszög
    - RGB telített színek
    - primer színek
    - szekunder színek
    - tercier színek
  - nem a szem érzékenységnek megfelelő
  - nem keverhető így ki minden látható szín





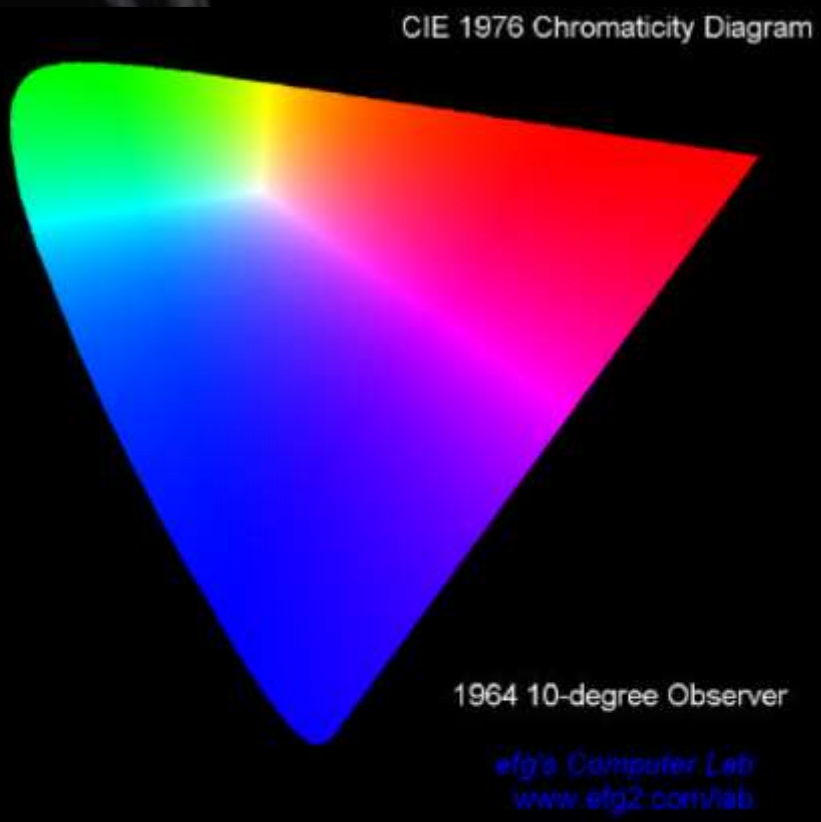
Látásfiziológia

- CIE 1931 színdiagram
  - (Nemz. Vil. tech. Biz.)
  - spektrumszínek
  - bíborvonl
  - Planck-görbe
  - RGB

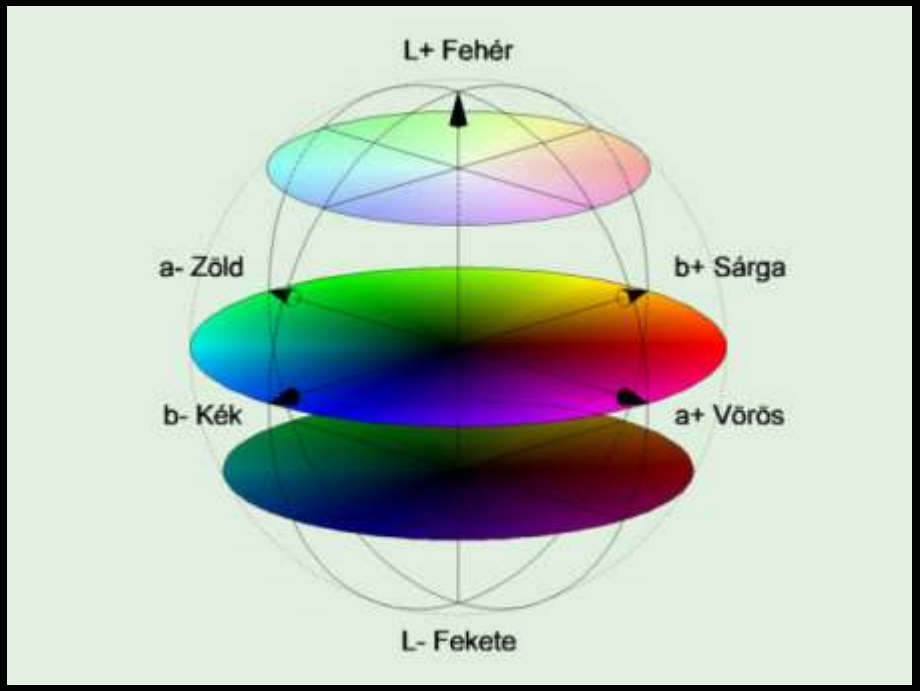


Látásfiziológia

- CIE 1976 - CIELUV



- CIE 1976 - CIELAB

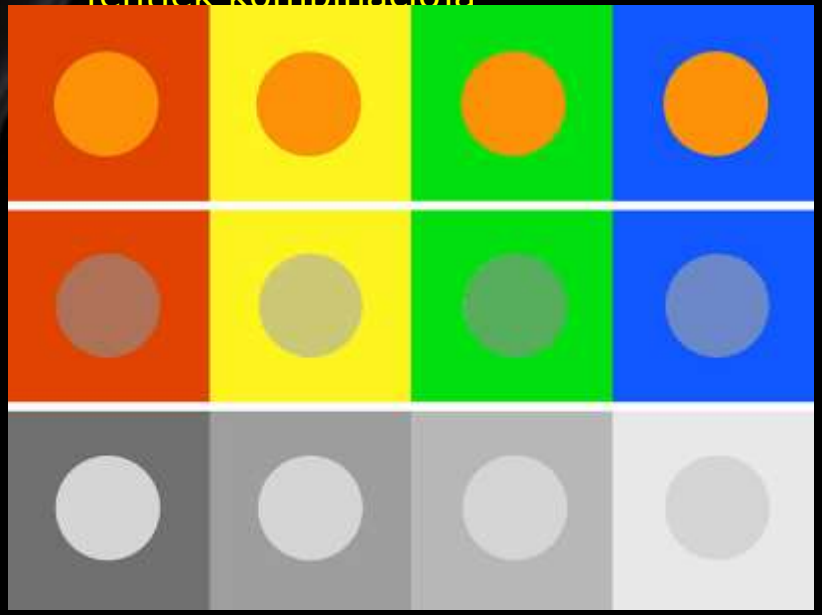


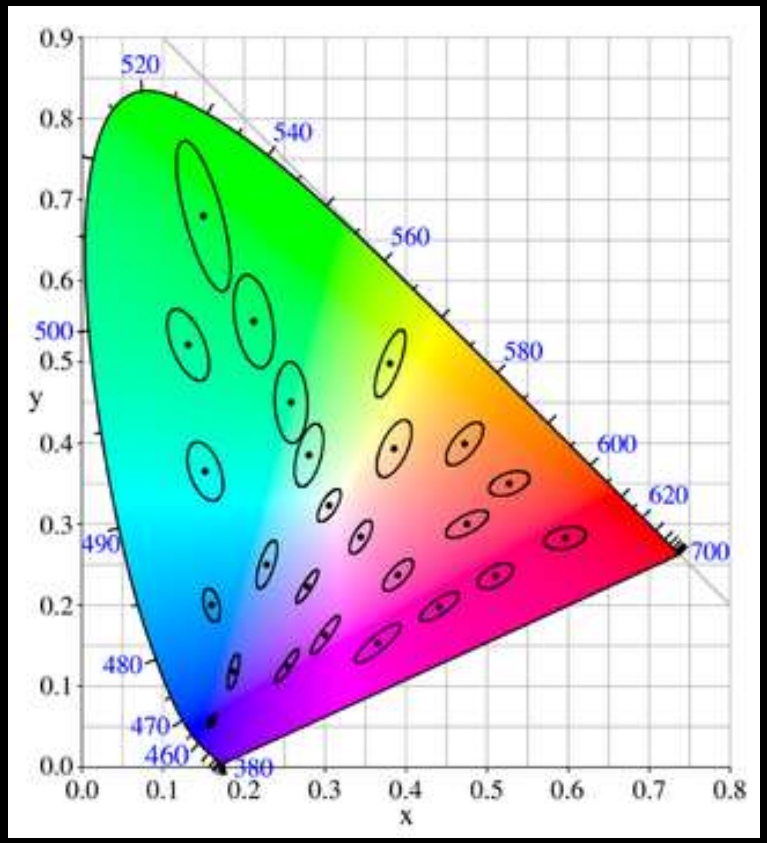
Látásfiziológia

- FÉNYSŰRŰSÉG KONTRASZT
  - K=(L1-L2)/(L1+L2)≤1
  - Pozitív kontraszt:
    L háttér < L tárgy
  - Negatív kontraszt:
    L háttér > L tárgy
- Kontraszt érzékenység: valamely adaptációs szintnél a már érzékelhető legkisebb fénysűrűség különbség és az adaptációs fénysűrűség hányadosa.
  - SC= L1/(L2-L1)min=L1/ΔL

Látásfiziológia

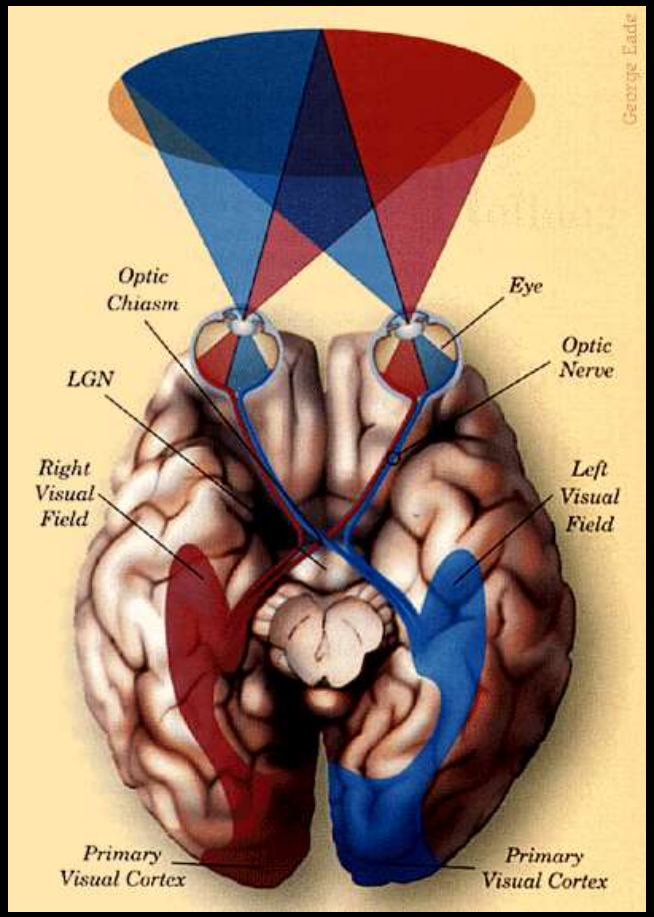
- SZÍNKONTRASZT
  - színek különbözősége meghatározható Δu és Δv külbségeként
  - CIE színdiagramon azonos különbségűek a McAdam ellipszisek
- Színkontraszt létrejön:
  - eltérő színezet
  - eltérő telítettség
  - eltérő világosság
  - fentiek kombinációja



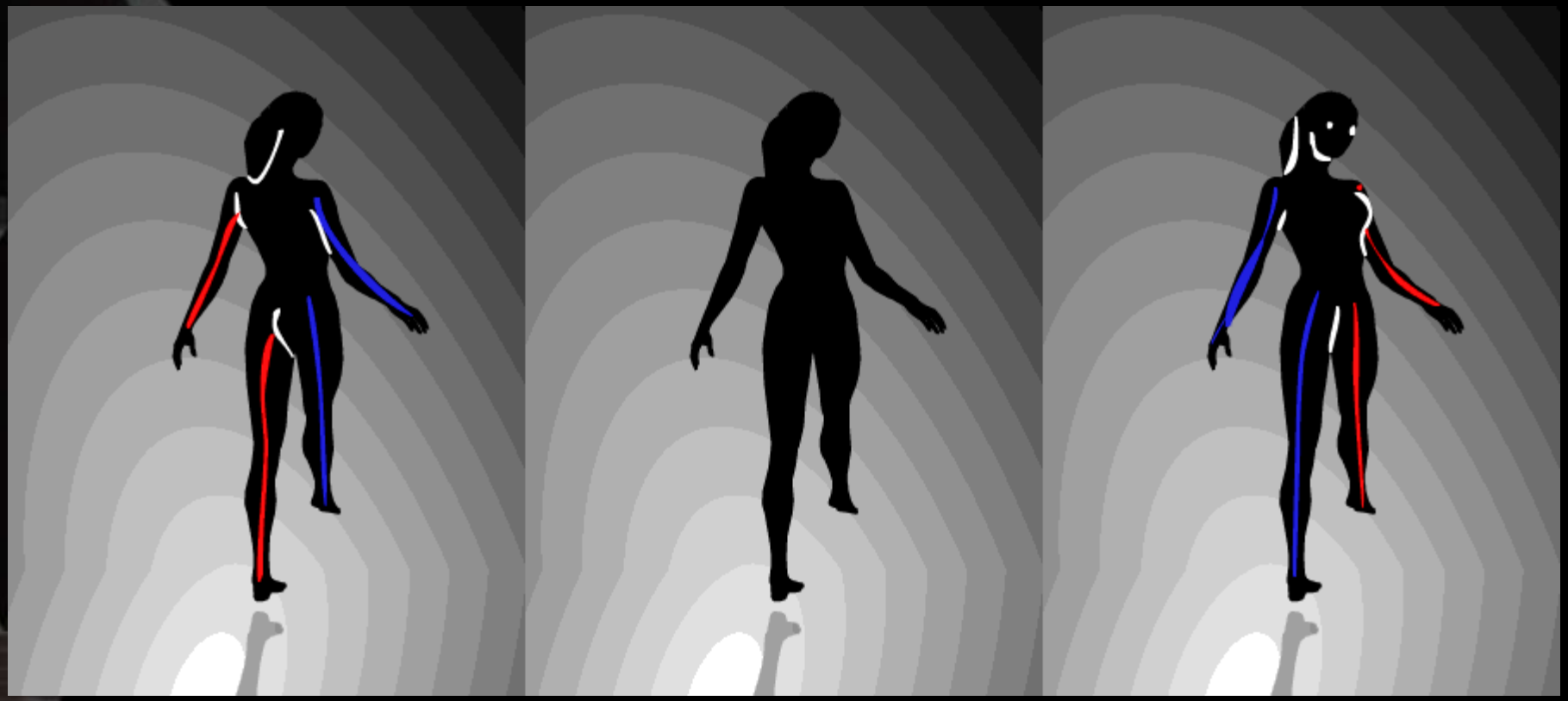


Látás

- Agyi látás
  - fél térfeles látás
  - ellentétes térfél idegpályák keresztezik egymást
  - agy a képet feldolgozza



Látás

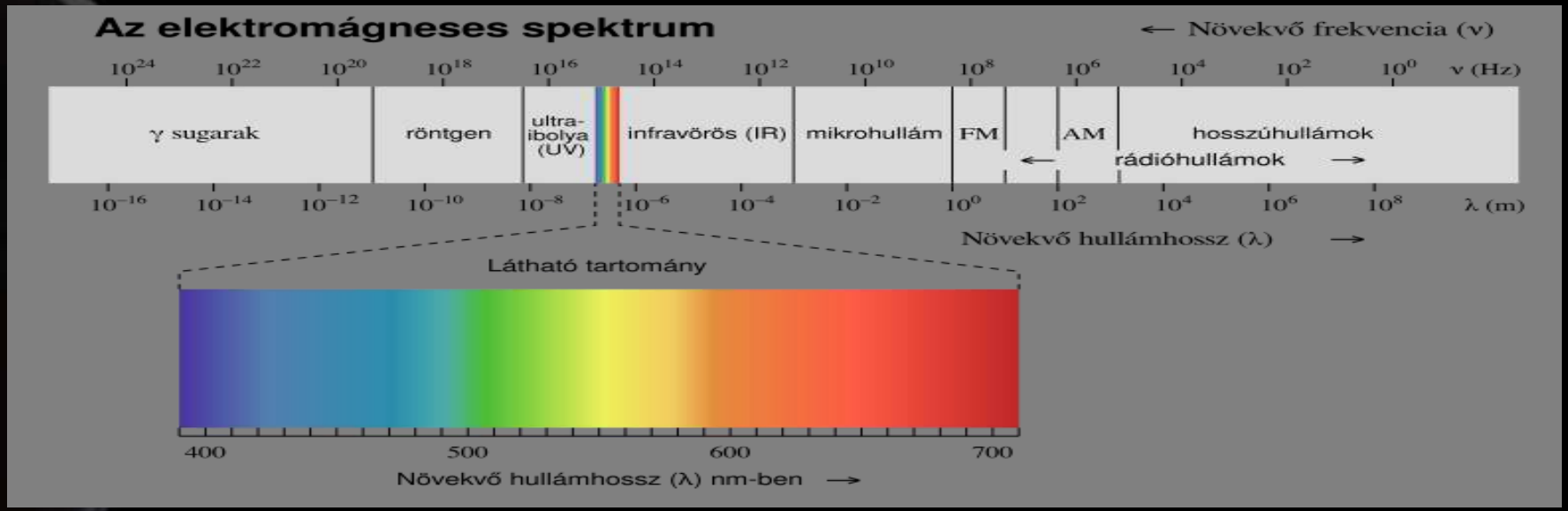


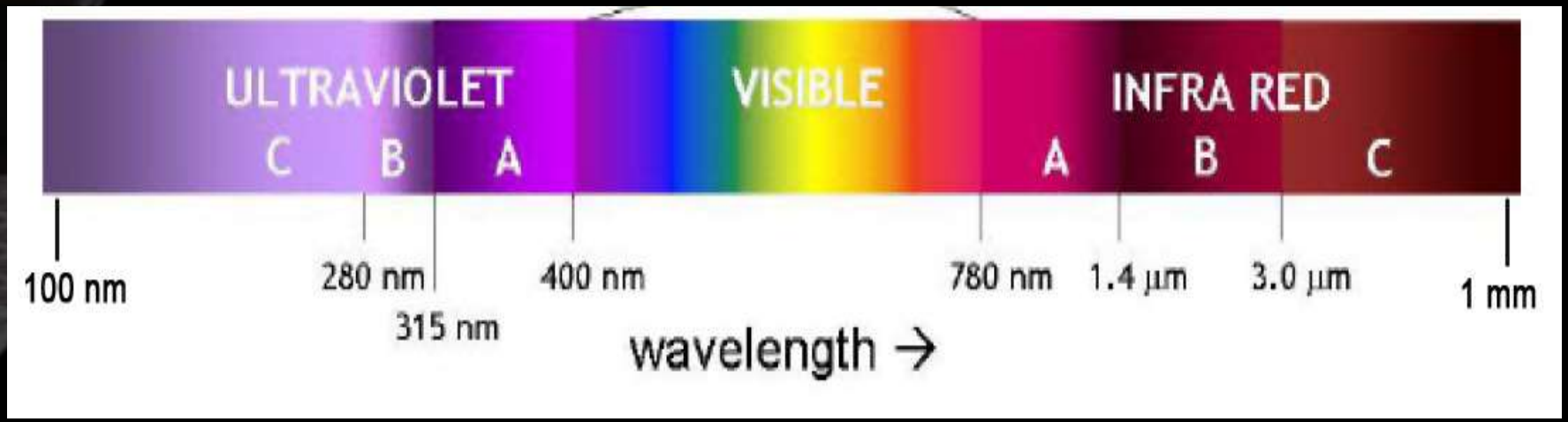
Fény eredete

- természetes
  - fúziós: Nap (Hold), csillagok
  - elektromágneses: villám, sarki fény
  - lumineszcens: szentjánosbogár, lámpáshal, stb
- mesterséges:
  - hőmérsékleti: fáklya, gyertya, petróleumlámpa, izzólámpák
  - gerjesztéssel: fénycsövek, fémhalogénlámpa, Na-lámpák, LED, stb.
  - lumineszcens: világító rúd, elektrolumineszcens fóliák

„…Mi mennyi?”

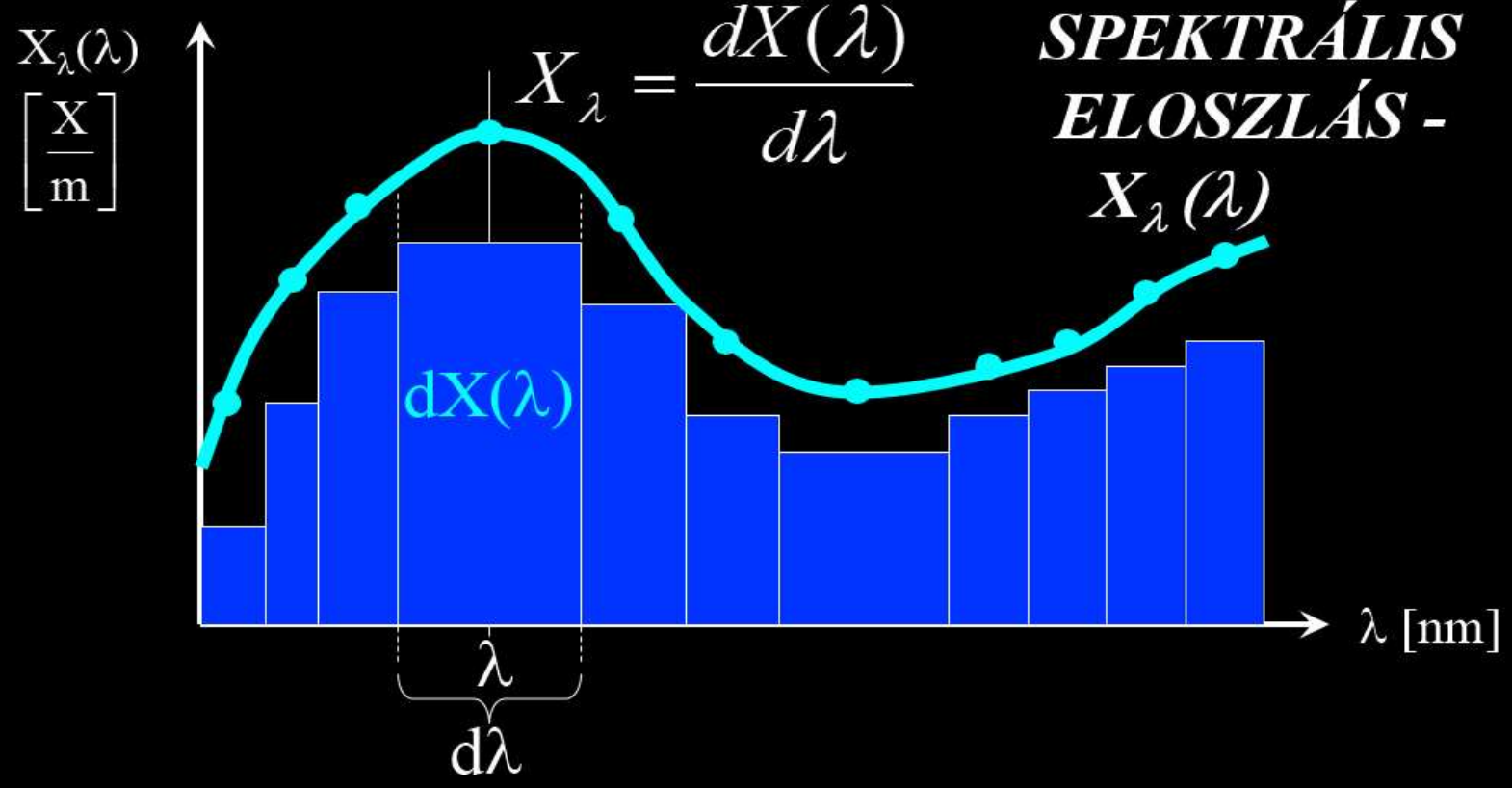
Az optikai színkép felosztása





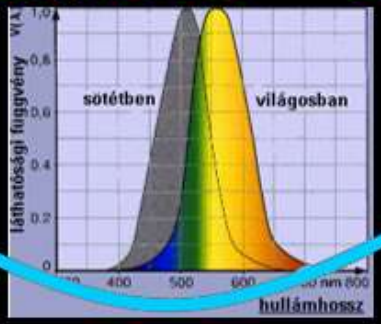
Energia spektrális eloszlása

SPEKTRÁLIS: X mennyiség függ a hullámhossztól $X(\lambda)$



Sugárzásból -> fény

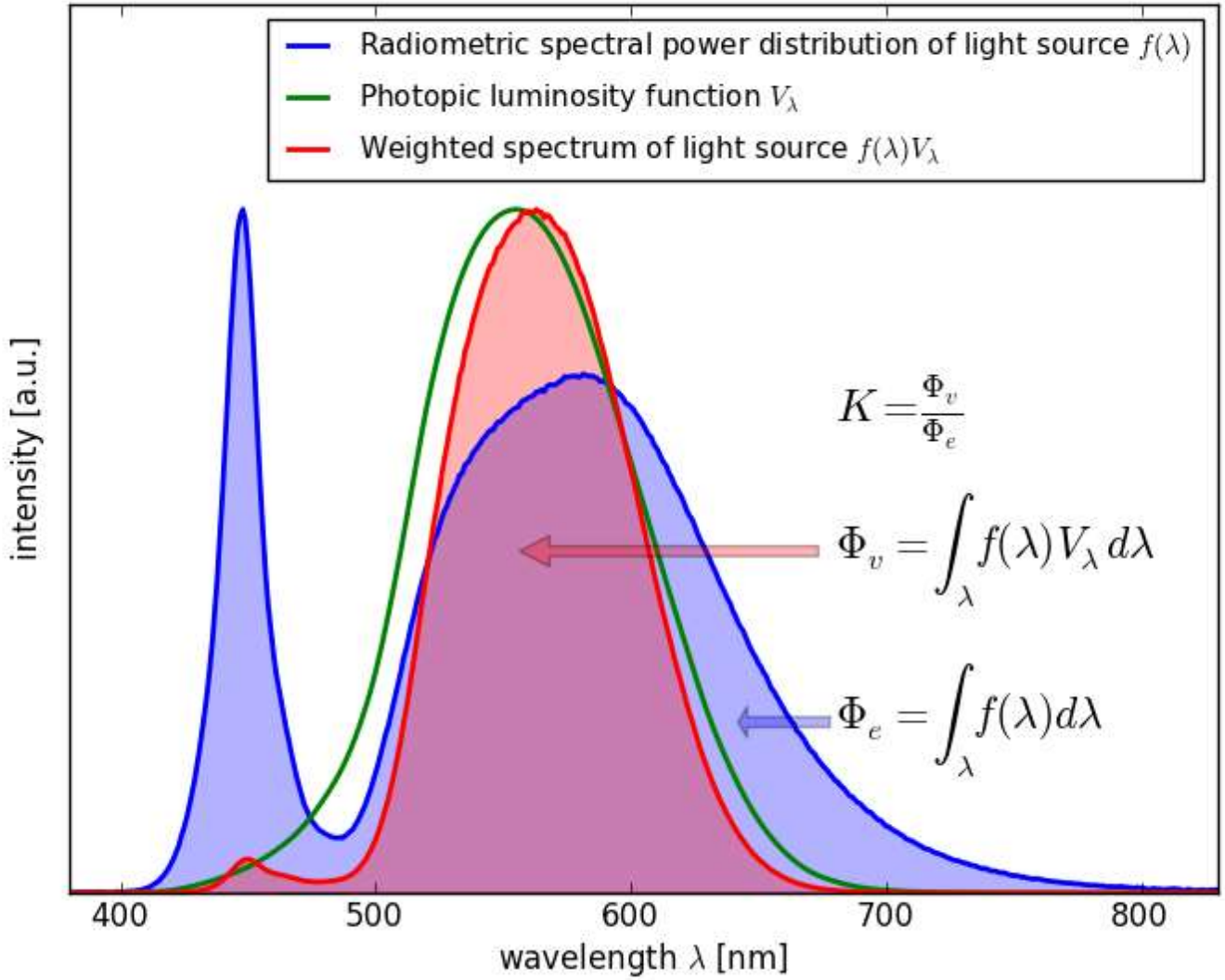
Optikai **RADIOMETRIA** **FOTOMETRIA**



Az optikai sugárzást fizikai mennyiségek formájában határozza meg.

Az optikai sugárzást az átlagos emberi megfigyelő látására jellemző színképi függvény szerint értékeli

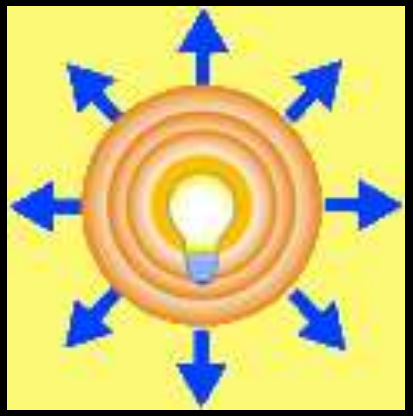
Fényáram


Radiometric spectral power distribution of light source $f(\lambda)$
Photopic luminosity function V_λ
Weighted spectrum of light source $f(\lambda)V_\lambda$
intensity [a.u.]
400
500
600
700
800
wavelength λ [nm]
$K = \frac{\Phi_v}{\Phi_e}$
$\Phi_v = \int_\lambda f(\lambda) V_\lambda \, d\lambda$
$\Phi_e = \int_\lambda f(\lambda) d\lambda$

Fényáram

FÉNYÁRAM

- egy adott térrészbe kisugárzott összes fény (az el. mágn. sugárzás fizikai teljesítmény és a láthatósági tényező szorzata)
- **jele: Φ mértékegysége: lumen [lm]**
- elméleti maximum: 555nm hullámhosszúságú fény esetén 683lm, 1W felvett teljesítmény esetén
- egy 100W izzólámpa fényárama kb. 1300lm (hasonlóan egy 20W kompakt fénycsőhöz)
- hétköznapi értelemben egy fényforrás fényárama az őt körülvevő térbe kisugárzott összes fény,
  - irányfüggetlenül
  - de függ a fényforrás színképétől (színétől) - $V(\lambda)$



Teljesítmény -- fényáram

RADIOMETRIA

Sugárzott teljesítmény

$(\Phi_e ; \Phi ; P)$

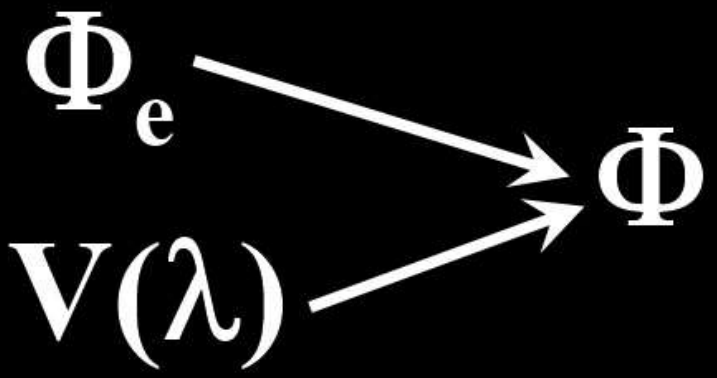
Sugárzás formájában kibocsátott, áteresztett vagy felfogott teljesítmény

[W]

FOTOMETRIA

Fényáram

$(\Phi_{(v)} ; \Phi)$



lumen [lm]

Fényáram

$$\Phi = K_m \cdot \int_{380nm}^{780nm} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda$$

$\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda}$ **a sugárzott teljesítmény spektrális eloszlása**

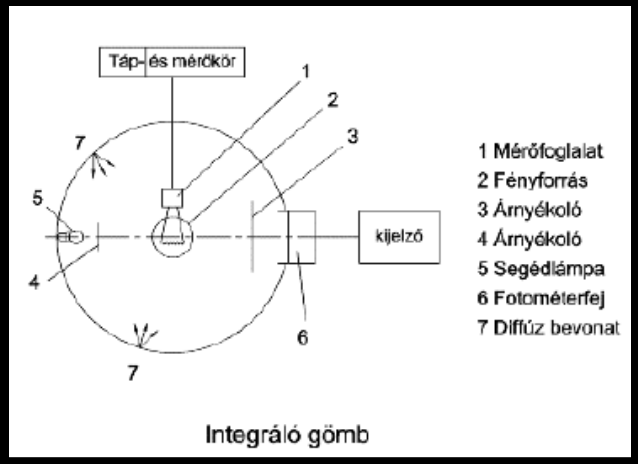
$V(\lambda)$ **a fotopos látásra vonatkozó láthatósági tényező**

K_m **a fotopos látásra 683 lm/W**

Fényáram

Fényáram mérése:

- Integráló fotométer (Ulbricht gömb): Teljes térbe kisugárzott fényáram mérésére szolgáló eszköz. A gömb belső felületét diffúz világosszürke (fehér) bevonat borítja, falába vágott ablakban helyezkedik el a fotométer, melyet árnyékolólemez fed el a fényforrás (lámpatest) közvetlen fényétől. A mérendő fényforrást alkalmas tartószerkezet tartja a gömb középpontjában. A mérés a „szubsztitúció” (helyettesítés) elven alapul, ismert fényáramú lámpát hasonlítunk össze a mérendő lámpával.

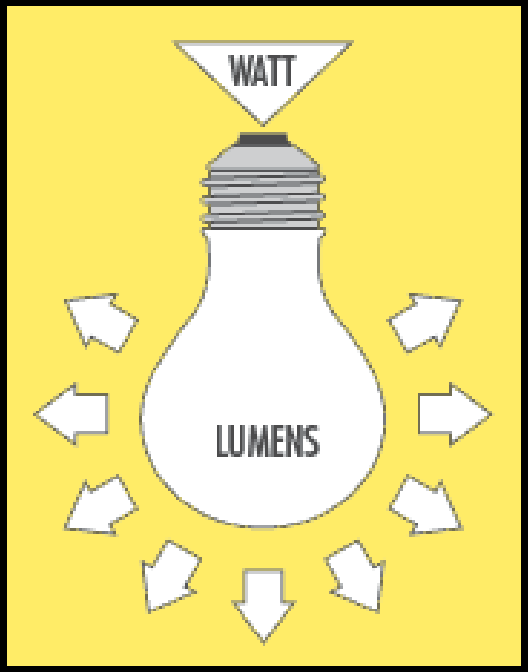


Integráló gömb

Fényhasznosítás

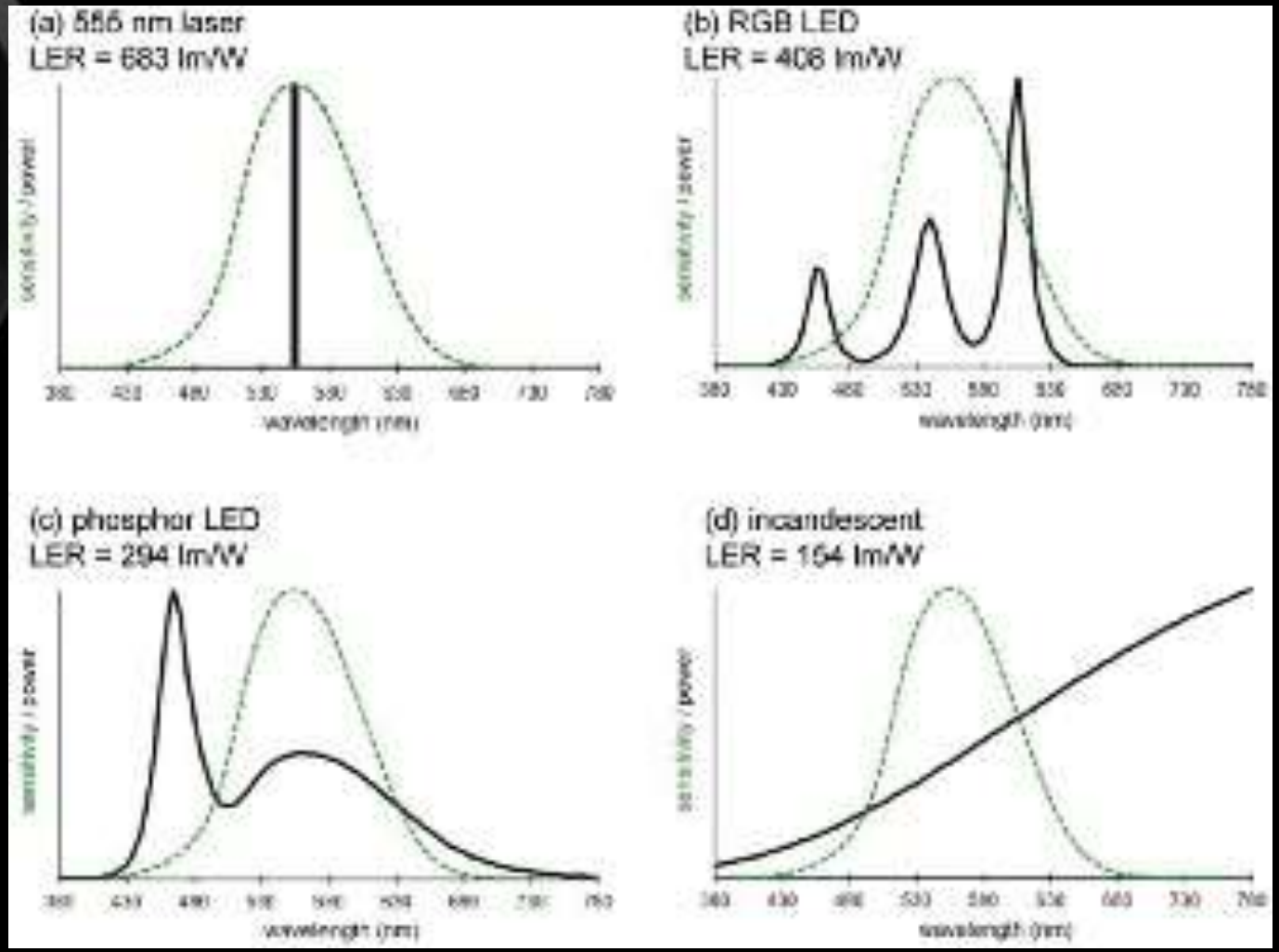
Fényhasznosítás

- A fényáram és a fényforrás által felvett teljesítmény hányadosa.
- **Egysége: lumen/watt [lm/W], jele: η**



- Néhány jellemző fényforrásfajta fényhasznosítása:
  - Normál izzólámpa 10...15 lm/W
  - Halogén izzólámpa 18…25 lm/W
  - Fénycső 80 - 90 lm/W
  - Higanylámpa 40 - 52 lm/W
  - Fémhalogénlámpa 60 - 90 lm/W
  - Nagynyomású Na lámpa 80 -120 lm/W
  - Kisnyomású Na lámpa 160...200 lm/W

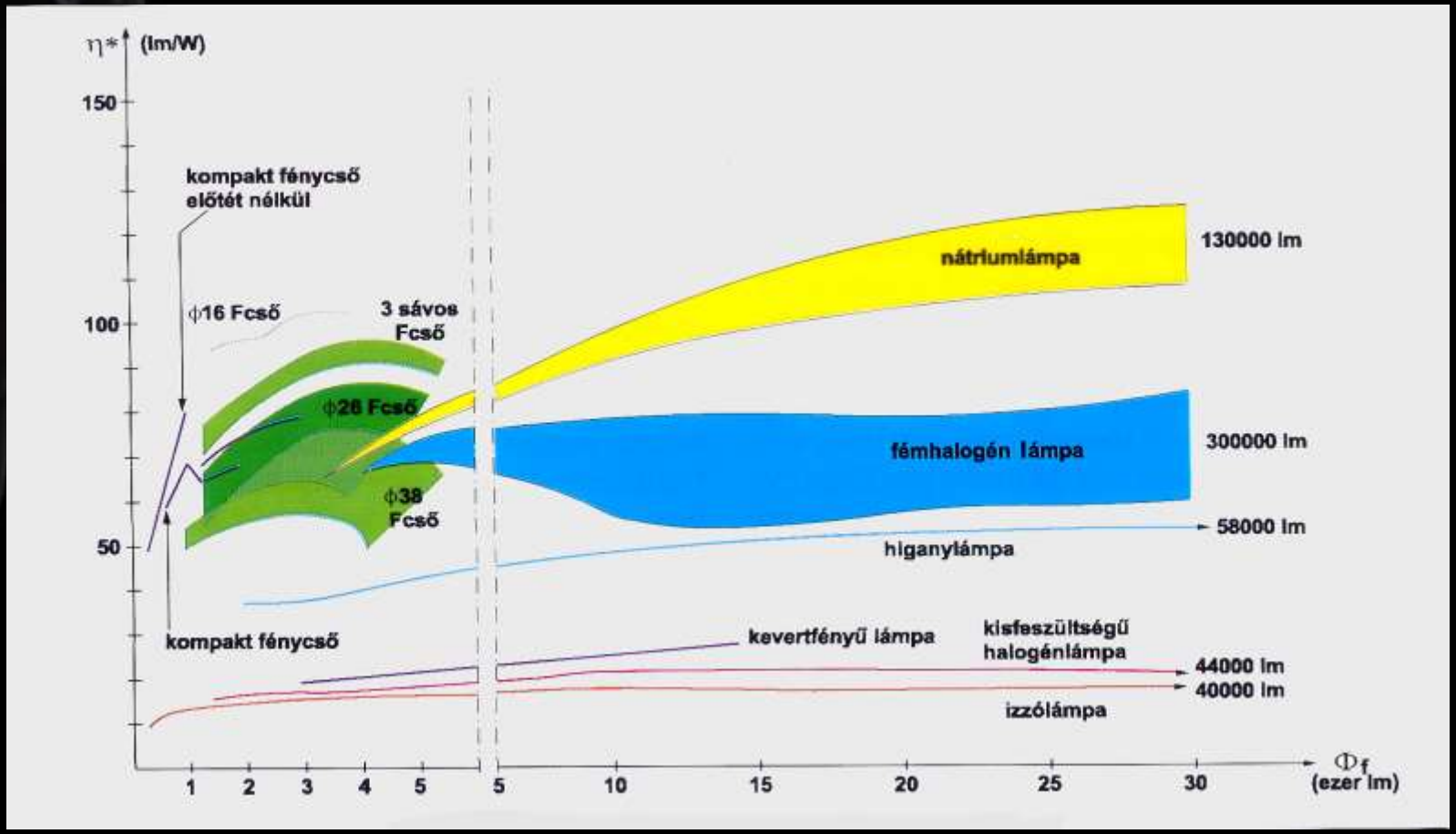
Fényhasznosítás



Fényhasznosítás

Fényhasznosítás

- Néhány fényforrás fényhasznosítása



Fénymennyiség

Fénymennyiség

- A fényáram és a fénysugárzás időtartamának szorzata.
- **Jele: Q_v, egysége: lumen másodperc, lumenóra [lmh]**

$$Q_v = \int \Phi_v \, dt$$

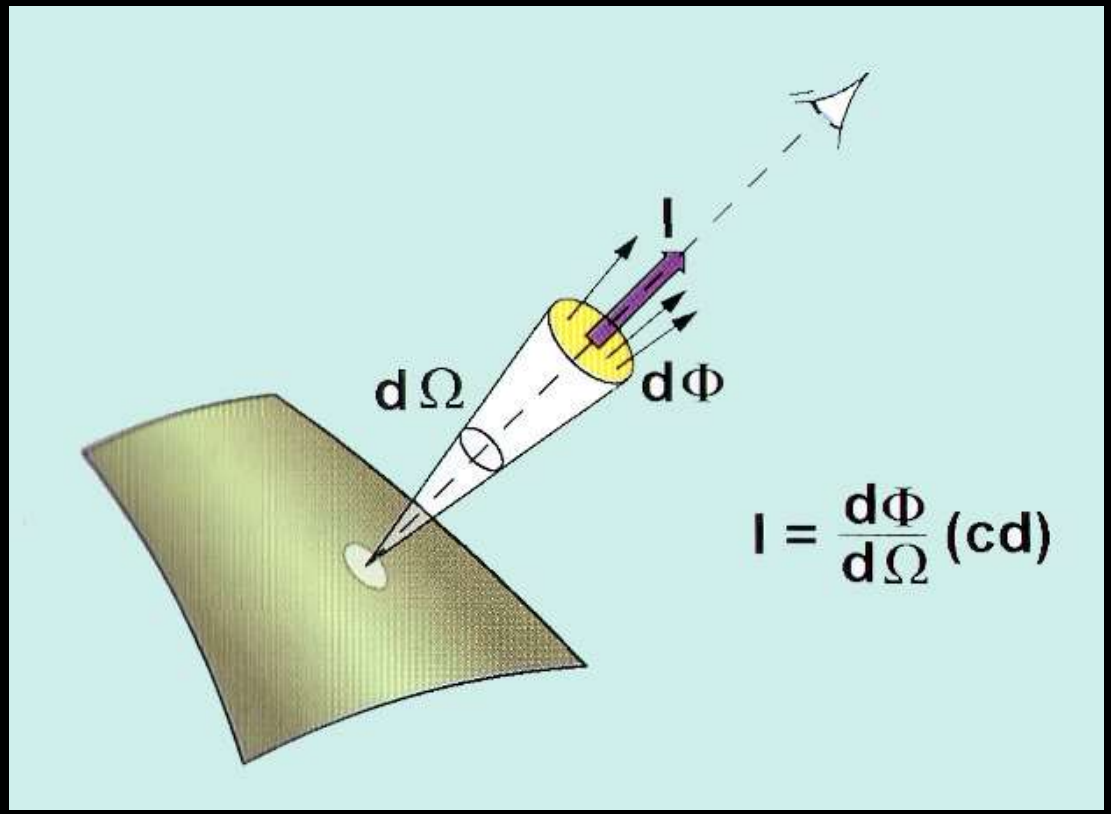
-világítási rendszerek gazdaságosságának összehasonlításakor

Hatásfüggvényekkel súlyozva
-biológiai hatások, fotopatológia
-fény károsító hatása (pl. textiák, műtárgyak)

Fényerősség

FÉNYERŐSSÉG

- A fényáram adott irányú elemi térszögbe sugárzott része a fényerősség
  - **mértékegysége a kandela [cd] – SI alapegység**
  - **jele: I**



Fényerősség

Fényerősség

FÉNYERŐSSÉG

- Valamely sugárzó adott irányban értelmezett fényerősége a sugárzóból adott irányt tartalmazó elemi térszögbe sugárzott, $d\Phi_v$ fényáramnak és a $d\Omega$ térszögnek a hányadosa:

$$\mathbf{I_v = d\Phi_v/d\Omega}$$

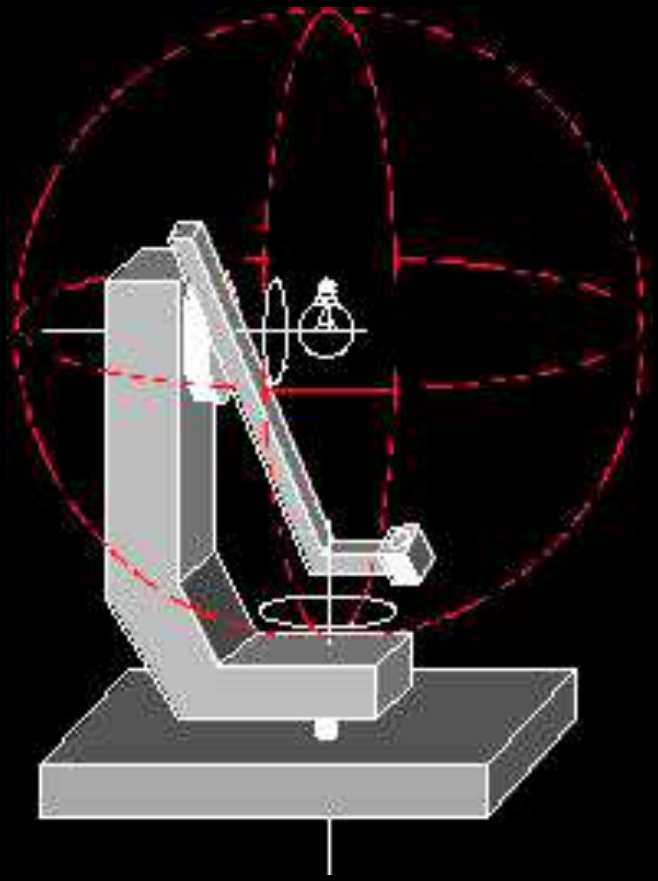
Mértékegysége: cd (kandela). A fénytechnikai mennyiségeket a fényerősség egységére vezetik vissza.

- SI alapegység:
  - A kandela az olyan fényforrás fényerőssége adott irányban, amely **$540 \cdot 10^{12}$ Hz frekvenciájú monokromatikus** fényt bocsát ki és **sugárerőssége ebben az irányban 1/683 W/sr**.

Fényerősség

Fényeloszlás mérése

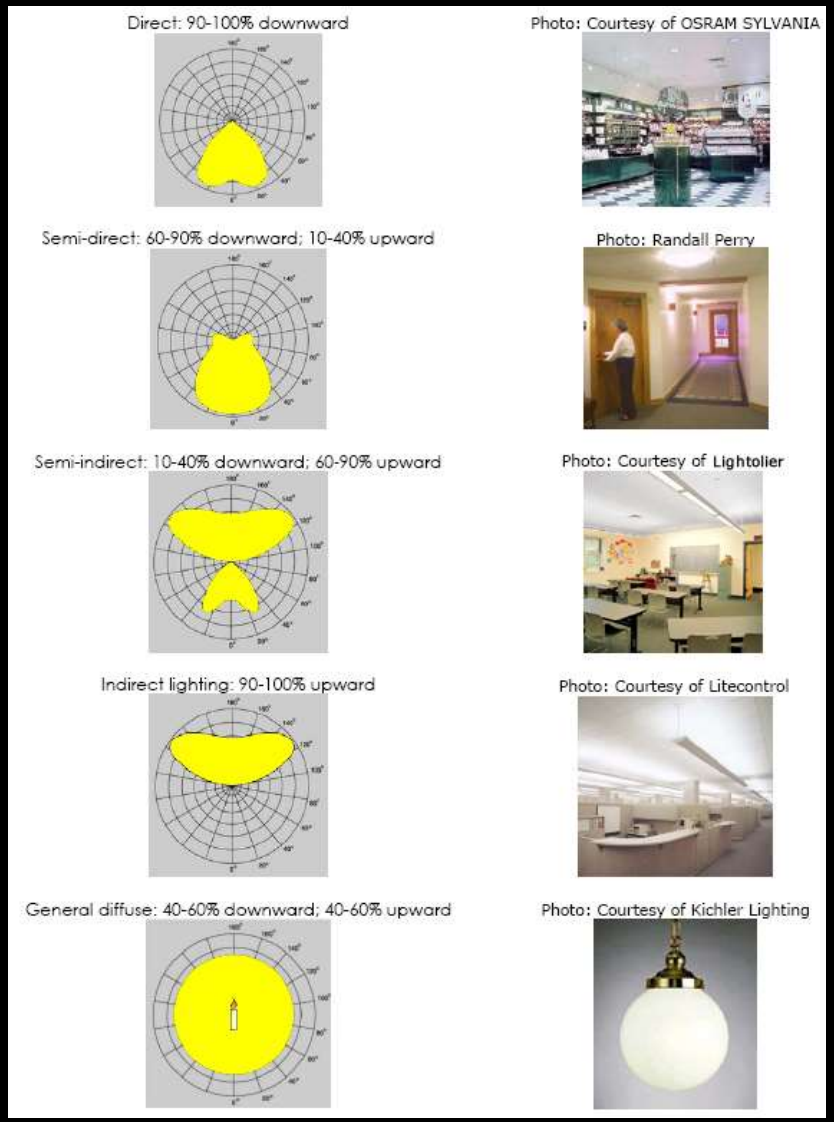
- Goniofotométer: Berendezés, fényforrások és lámpatestek térbeli fényeloszlásának meghatározásához. A goniofotométerben a fényforrás és a fotométer relatív helyzete oly módon változtatható, hogy a fotométer a teljes teret bejárja a fényforrás körül. A fotométer jelét általában számítógép dolgozza fel. Teljes fényáram, zónafényáramok, fényerősség és fénysűrűségeloszlás mérhető ily módon nagy pontossággal.

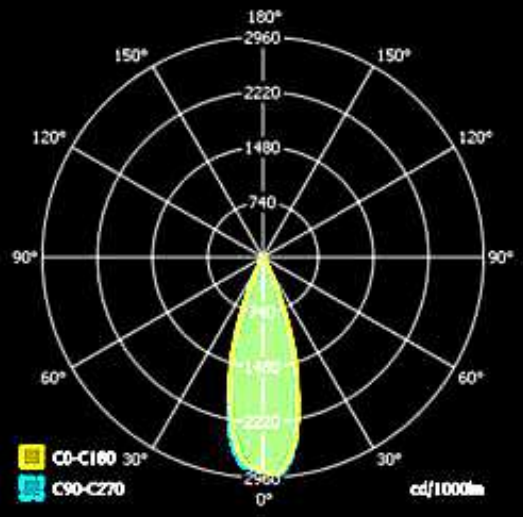


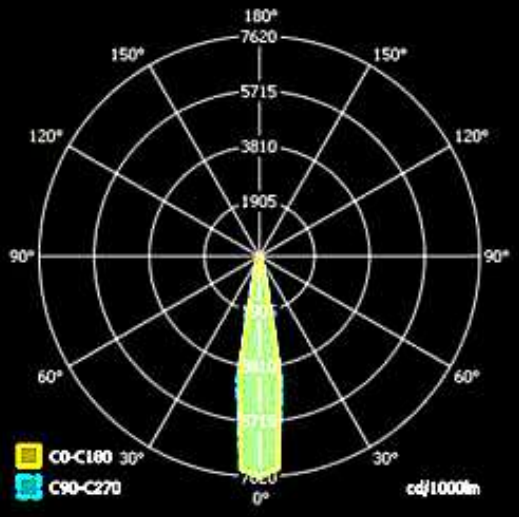
Fényerősség

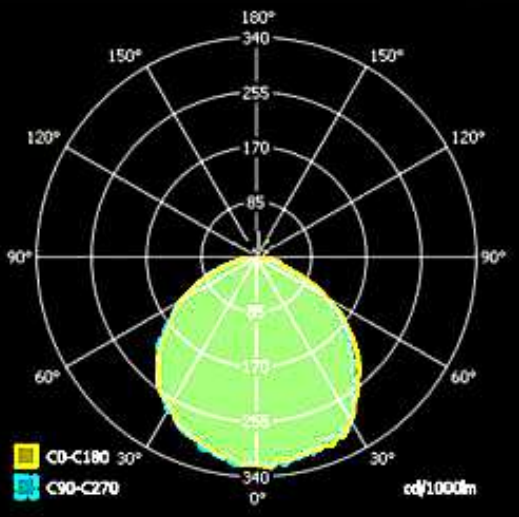
FÉNYELOSZLÁS

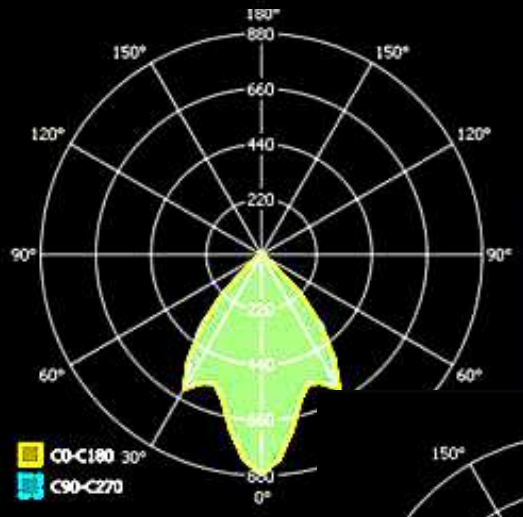
- Egy fényforrás vagy lámpatest a tér különböző irányaiban általában nem egyenletesen, hanem különböző erősséggel sugároz. Ha az optikai középpontból kiindulva felmérjük nagyság és irány szerint a fényerősségek vektorait, akkor azok végpontjai határozzák meg a fényeloszlást. A gyakorlatban a különböző katalógusokban a fényeloszlás síkmetszeteit, a fényeloszlási görbéket adják meg. A lámpatest katalógusokban a fényeloszlási görbéket relatív léptékben, 1000 lm fényáramra vonatkoztatva szokásos megadni.

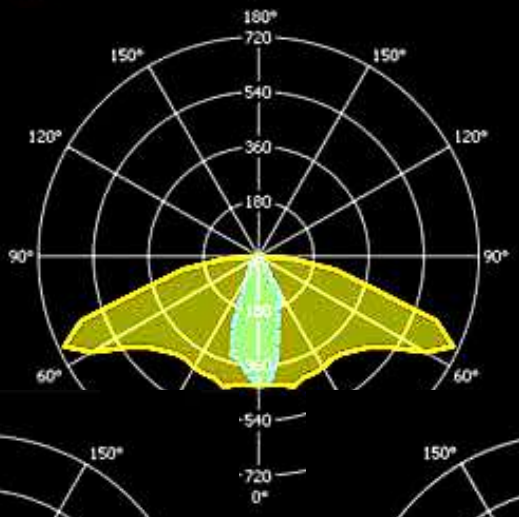


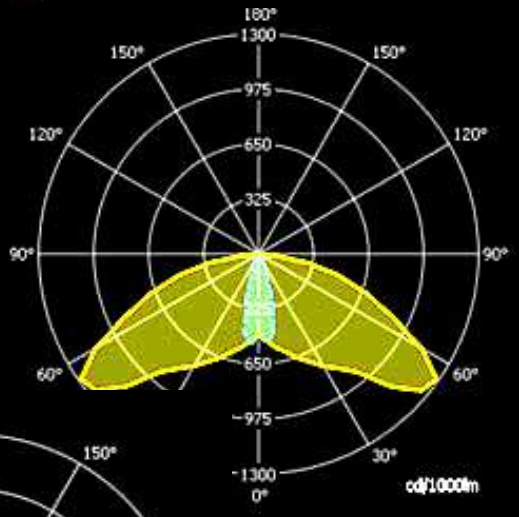

180°
2960
2220
1480
740
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270
cd/1000lm

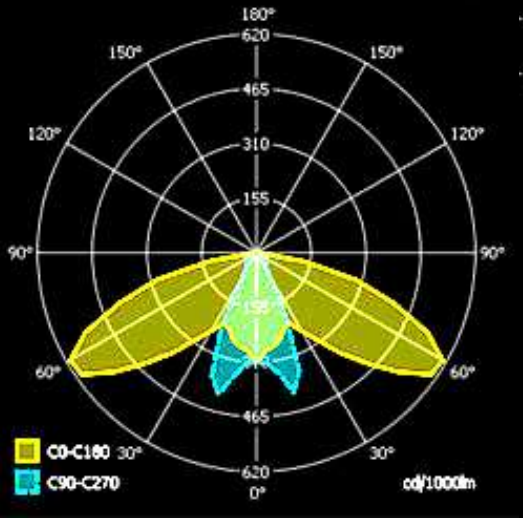

180°
7620
5715
3810
1905
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270
cd/1000lm

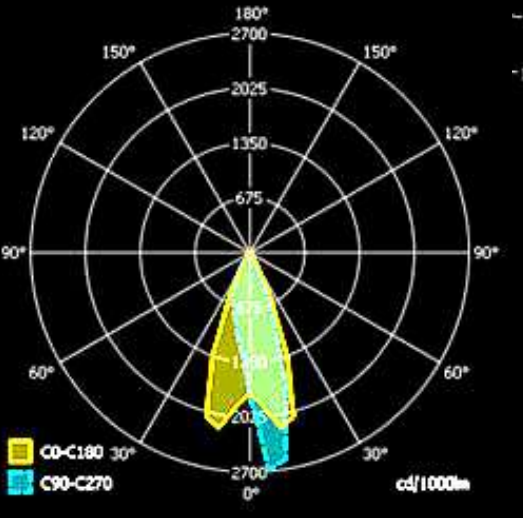

180°
340
255
170
85
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270
cd/1000lm


180°
880
660
440
220
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270


180°
720
540
360
180
150°
120°
90°
60°
30°
0°

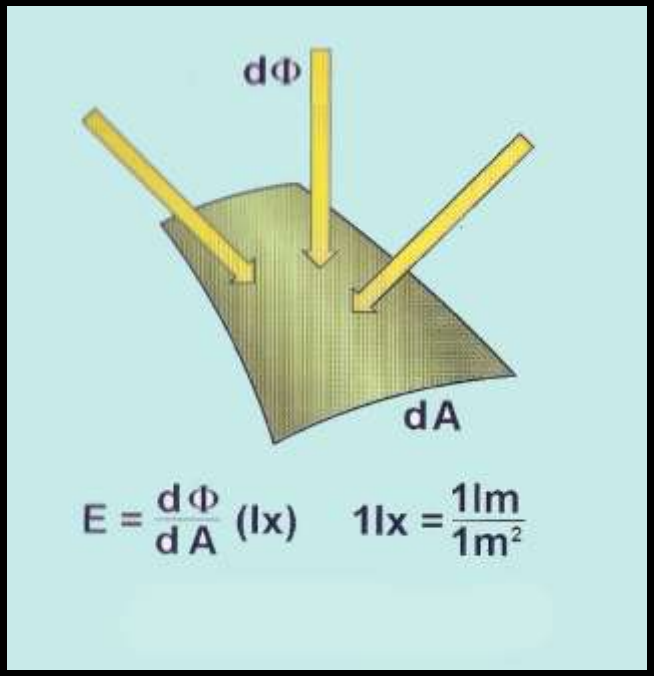

180°
1300
975
650
325
150°
120°
90°
60°
30°
0°
cd/1000lm


180°
620
465
310
155
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270
cd/1000lm


180°
2700
2025
1350
675
150°
120°
90°
60°
30°
0°
C0-C180 30°
C90-C270
cd/1000lm

Megvilágítás

- **MEGVILÁGÍTÁS:**
  - Az adott pontot tartalmazó felületelemre beeső fényáramnak és a felületelemnek a hányadosa.
  - **Jele: E.**
  - **Mértékegysége: lux [lx]**

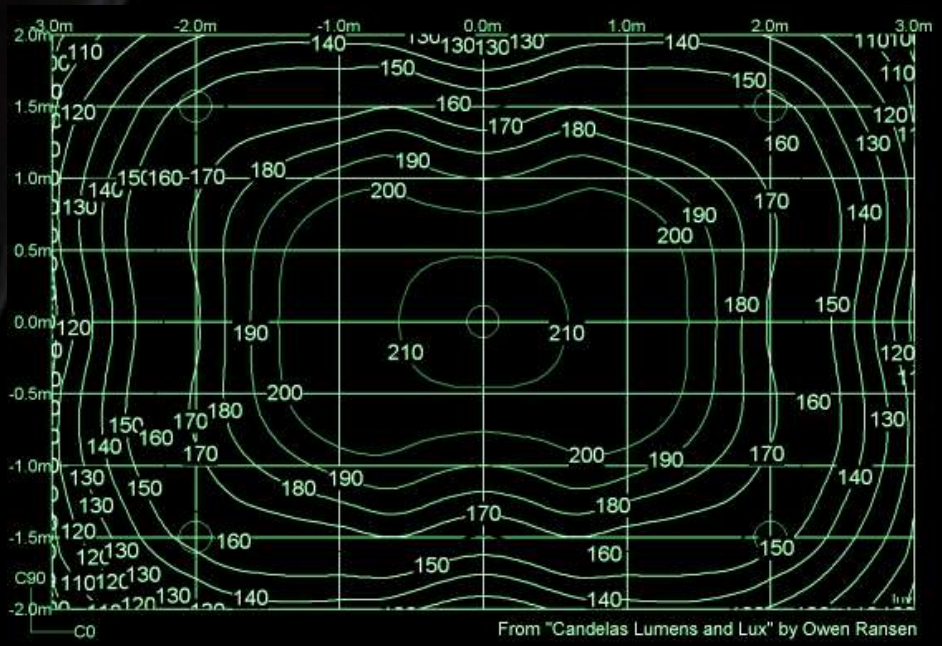


Tipikus megvilágítási értékek:

A világítás leírása	Megvilágítás, lx
100W-os izzólámpától 1 m távolságban	~ 100
Irodai munkahelyen	300 – 500
Felhős időben külső térben nyáron	~ 20.000
Déli napfényben nyáron	~ 150.000
Teliholdnál	~ 1

Megvilágítás

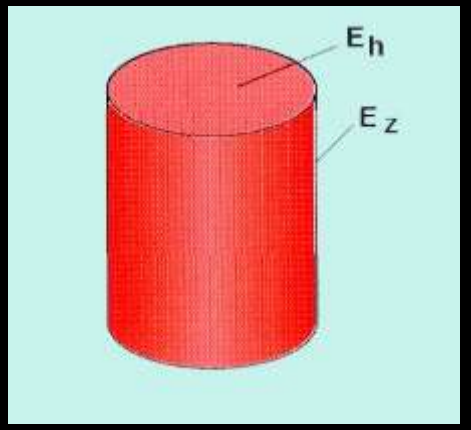
- Mérése:
  - megvilágításmérővel
    - fénymérő szenzor
    - V-lambda érzékenység, cos α
- Ábrázolás:
  - izolux diagramok



From "Candelas Lumens and Lux" by Owen Ransen

Megvilágítás

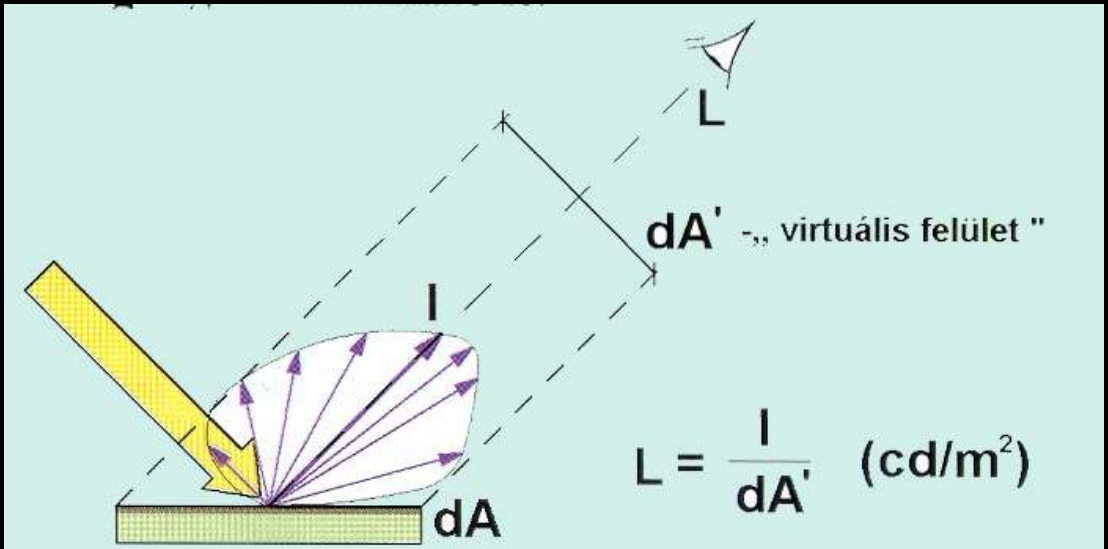
- **horizontális**
  - munkasík, padlósík
  - vonatkoztatási felület
  - munkaterület és annak környezete
  - mérési felület
- **vertikális**
  - függőleges sík
  - falak, szekrények
- **cilindrikus**
  - hengerpaláston
  - plasztikusság, alakfelismerés
- **szférikus**
  - gömbfelületen
  - térérzet, térbeli kiterjedés



Fénysűrűség

FÉNYSŰRŰSÉG

- A legfontosabb: csakis ezt látjuk!
- A fényerősség és a felület nézési irányra merőleges vetületének hányadosa
- A felület egészen kicsi is lehet (pl. egy káprázтató fényforrás)
- **Jele: L**
- **Mértékegysége: kandela/négyzetméter [cd/m²]**
- A korszerű szemléletű világítástechnika legfontosabb egysége



1.25. ábra. A fénysűrűség

Fénysűrűség

FÉNYSŰRŰSÉG

- (adott irányban, a fényforrás vagy a megvilágított felület vagy a fénynyaláb adott pontjában)

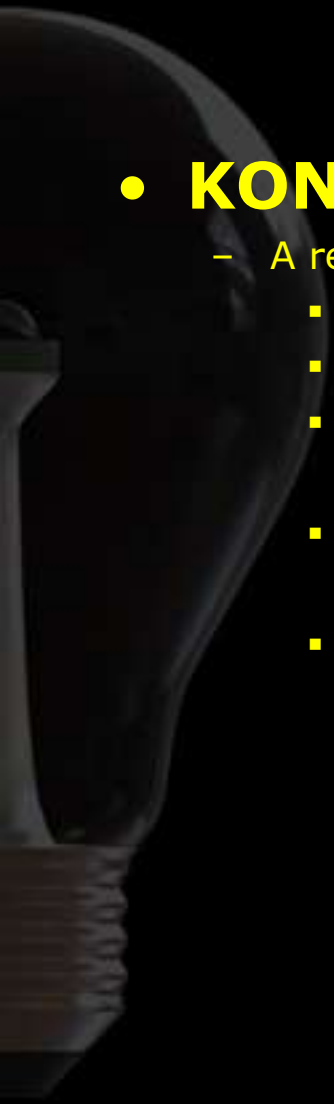
$$L_v = \frac{dI_e}{dA\cos\varepsilon} \quad [\mathrm{cd/m^2}]$$

ahol L a fénysűrűség, I a fényerősség, dA a felületelem nagysága és ε a fény iránya, tehát a felület adott pontjából kiinduló fényerősségnek és a felület erre merőleges vetületének hányadosa. A világítástechnikai tervezés alapvető mennyisége, mivel szemünk ezt érzékeli.

Fénysűrűség

- Fénysűrűségmérő
- Olyan műszer, amely optika segítségével meghatározott térszöget metsz ki, ezt egy V(λ) függvényhez illesztett érzékelőre vetíti. Az érzékelő megvilágítása arányos a leképezett felület átlagos fénysűrűségével.

Kontraszt



- **KONTRASZT**
  - A részletek egymáshoz (környezetükhöz) viszonyított különbözősége
    - fénysűrűség-különbség (fénysűrűségkontraszt)
    - színek közti különbség (színkontraszt)
    - fentiek kombinációja (kontraszt)

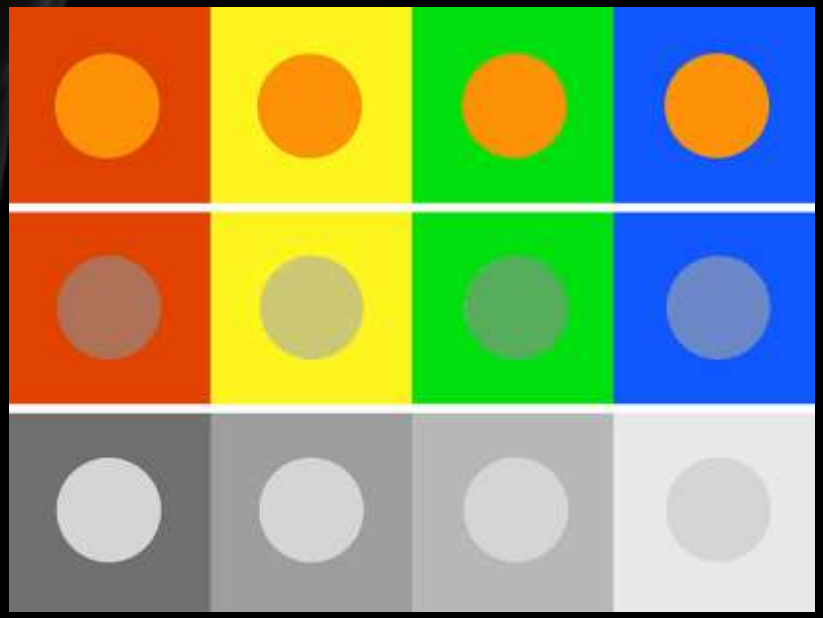
    - szubjektív
      - ❖ képrészletek egyéni észlelése közötti különbség
    - objektív
      - ❖ mérésen, számításon alapuló

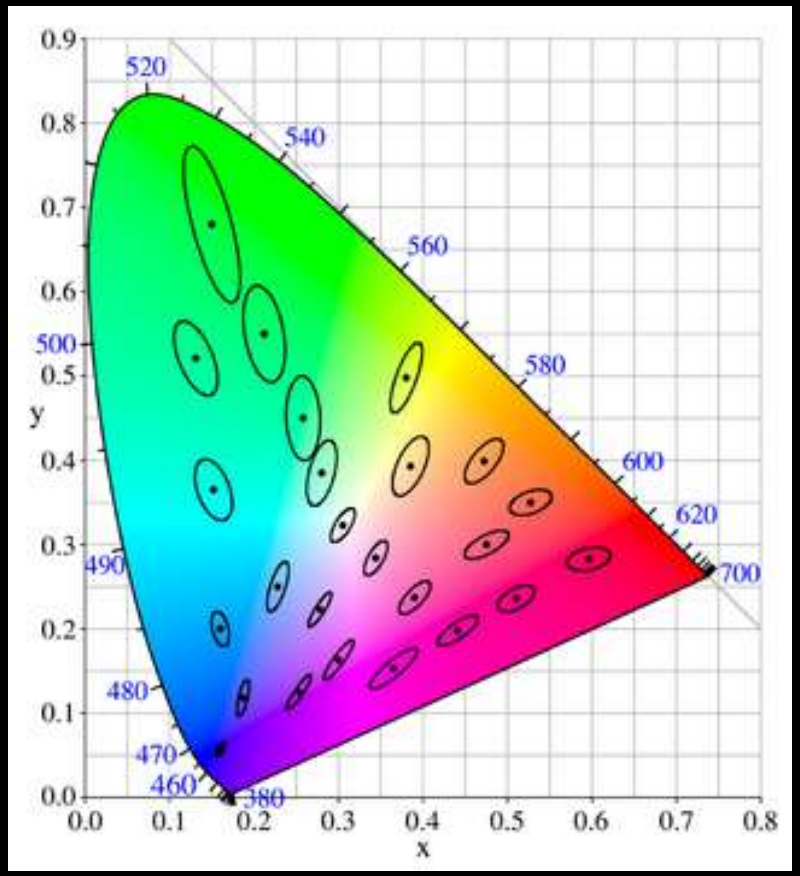
Kontraszt

- **FÉNYSŰRŰSÉG KONTRASZT**
  - K=(L1-L2)/(L1+L2)≤1
  - Pozitív kontraszt:
    L háttér < L tárgy
  - Negatív kontraszt:
    L háttér > L tárgy
- Kontraszt érzékenység: valamely adaptációs szintnél a már érzékelhető legkisebb fénysűrűség különbség és az adaptációs fénysűrűség hányadosa.
  - SC= L1/(L2-L1)min=L1/ΔL

Kontraszt

- **SZÍNKONTRASZT**
  - színek különbözősége meghatározható Δu és Δv külbségeként
  - CIE színdiagramon azonos különbségűek a McAdam ellipszisek
- Színkontraszt létrejön:
  - eltérő színezet
  - eltérő telítettség
  - eltérő világosság
  - fentiek kombinációja





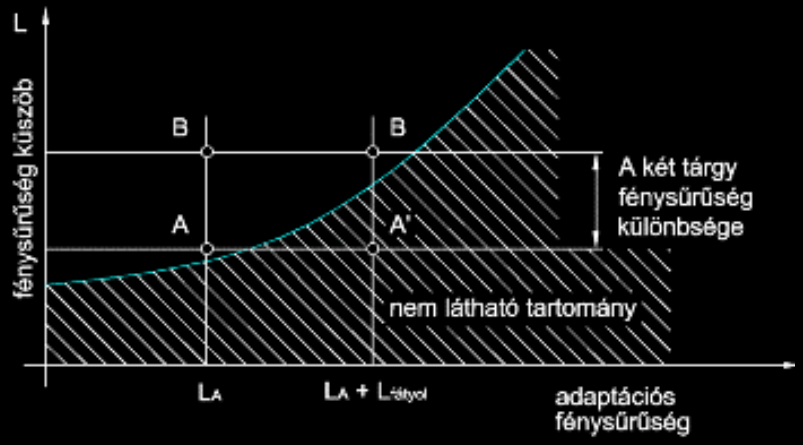
Káprázás

- **Káprázás**
  - Látási zavar vagy kényelmetlenség, amelyet nagy fénysűrűségek, és/vagy fénysűrűség különbségek okoznak

- Típusai:
  - **zavaró káprázás**
    - A kápráztató hatások közül az, amely látási kényelmetlenséget okoz anélkül, hogy rontaná a látást. (pl. egy nagy fénysűrűségű tárgy vagy fényforrás a perifériás látótérben)
  - **rontó káprázás**
    - A kápráztató hatások közül az, amely látásromlást eredményez vagy csökkenti a látóteljesítményt. (Pl. fátyolfénysűrűség)

Káprázás

- Fátyolfénysűrűség
  - Az a fénysűrűség, amelyet, mind a szem adaptációs állapotát meghatározó háttér fénysűrűségéhez, mind a tárgy fénysűrűségéhez hozzá kell adni ahhoz, hogy a rontó káprázás nélküli fénysűrűségkülönbség küszöbértéke megegyezzék a rontó káprázás állapotát jellemző tényleges küszöbértékkel.
  - Más megfogalmazás szerint a fátyolfénysűrűségről akkor beszélhetünk, amikor a káprázás forrása a látási irányon kívül esik, ekkor képe a retina perifériális részén jelenik meg. A fény szemen belüli szóródása miatt csaknem a teljes retinára kiterjedő fényfátyol alakul ki, aminek következtében a szem érzékenysége és a látási teljesítmény csökken (ez Schober elmélete).

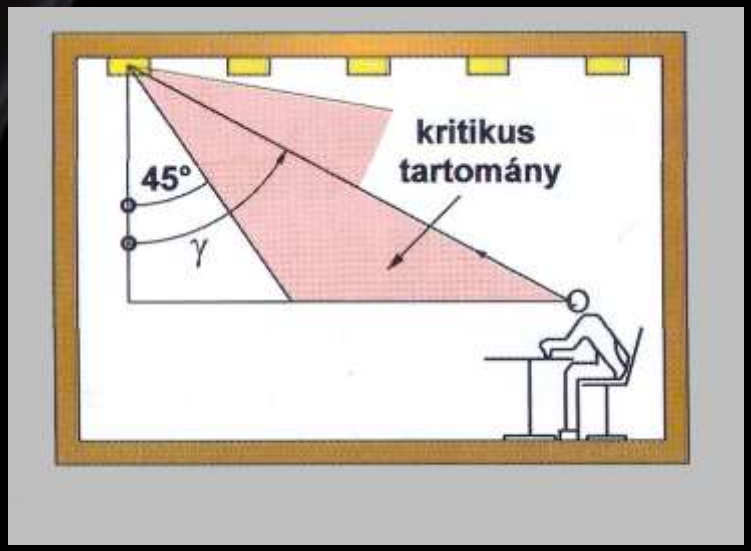


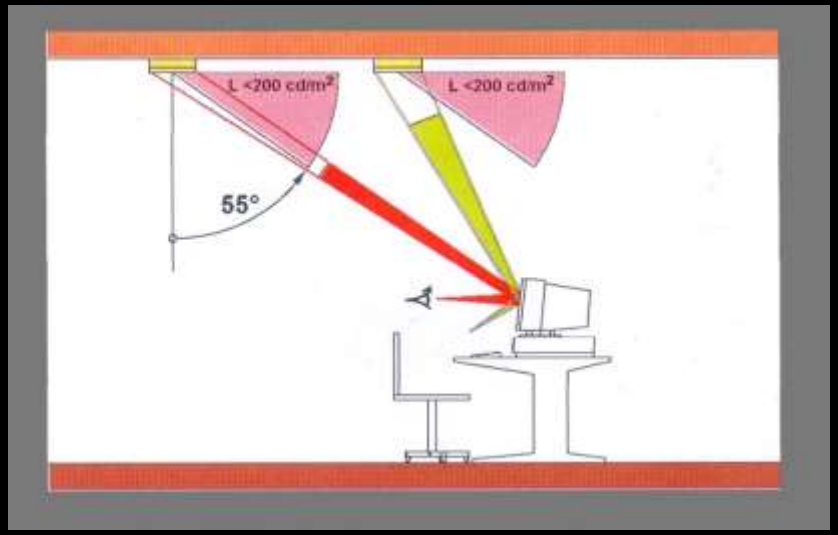
A "fátyol fénysűrűség" okozta látásromlás

A és B tárgy fénysűrűség különbségét tudjuk érzékelni. A' -t azonban nem érzékeljük, ha a kápráztató forrás miatt az adaptációs fénysűrűség megnövekszik. (A növekmény a fátyol fénysűrűség)

Káprázás

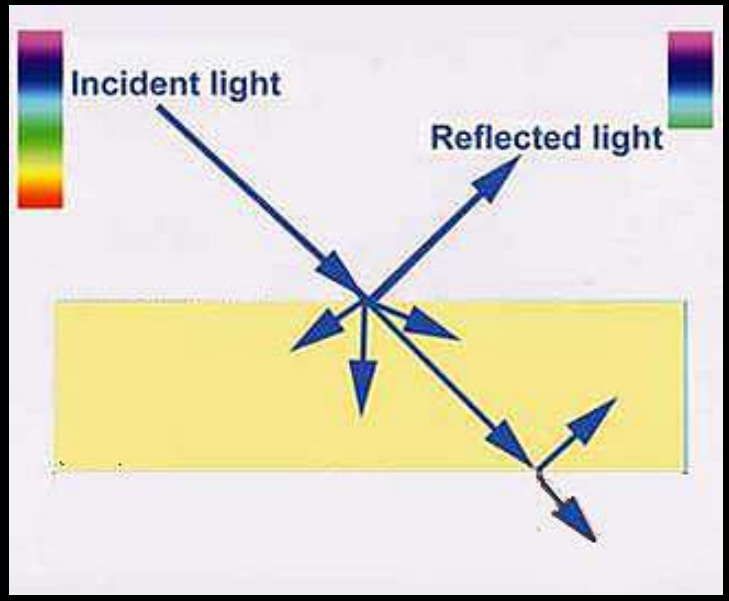
- Eredete szerint:
  - **közvetlen**
    - a nézési irányban levő önvilágító tárgy, fényforrás (pl. lámpa, Nap)
  - **közvetett**
    - nézési irányon kívül fekvő nagy fénysűrűségű felület tükörképe, mely a látótérben a kontrasztot számottevően rontja





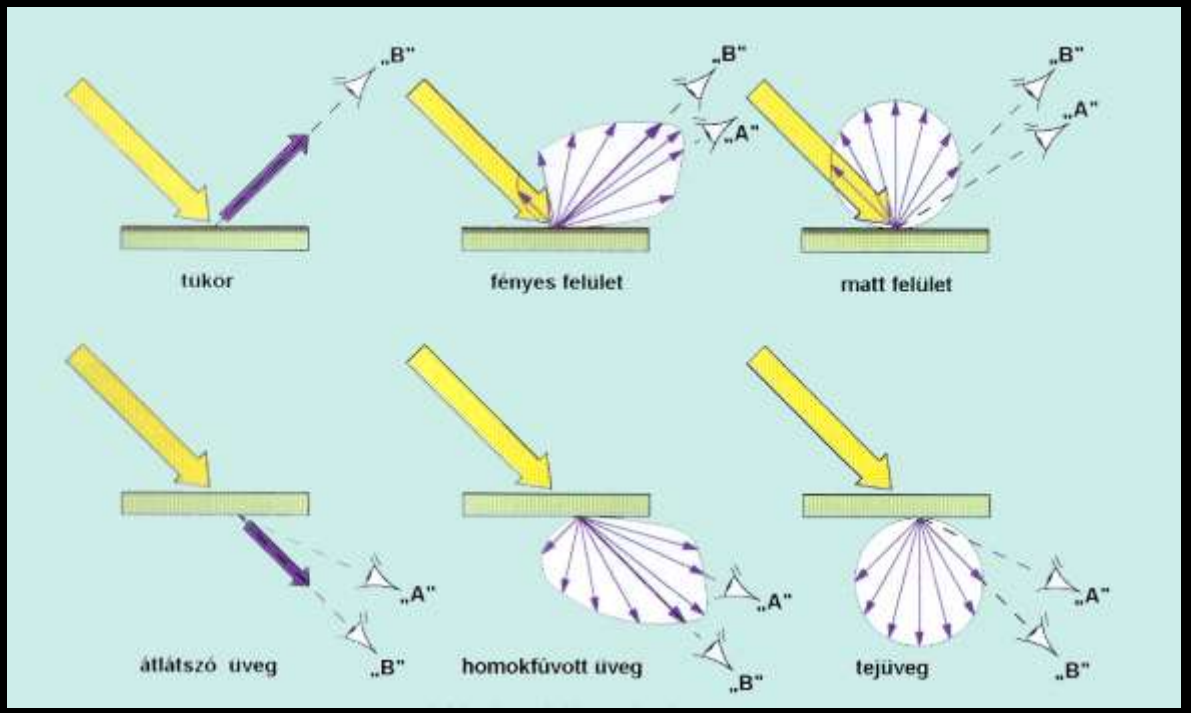
Anyagok

- **Optikai anyagjellemzők**
  - fény visszaverődik vagy elnyelődik vagy áthalad
  - **energiamegmaradás: $\Phi = \Phi\rho + \Phi\alpha + \Phi\tau$**
    - **ρ : reflexió**
    - **α : abszorpció**
    - **τ : transzmisszó**
  - függ:
    - hullámhosszúságtól (spektrális ~)
    - beesési szögtől
      - szórási indikatrix
      - totálreflexió (opt. törésmutatók)



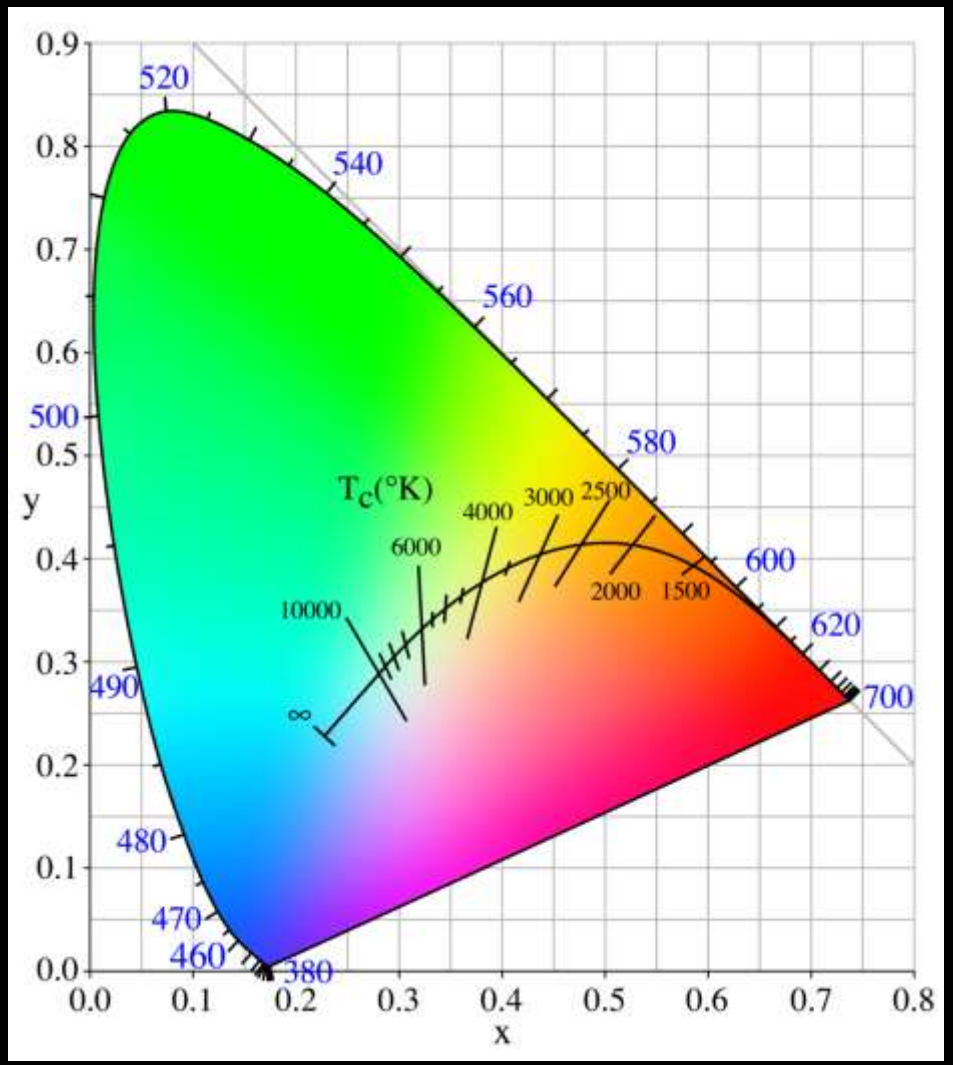
Felületek

- Visszaverődésnél vagy áteresztésnél a két anyag határfelülete (felület) a gyakorlatban nagyon eltérően viselkedhet:
  - irányított
  - irányítottan szórt
  - szórt
  - vegyes

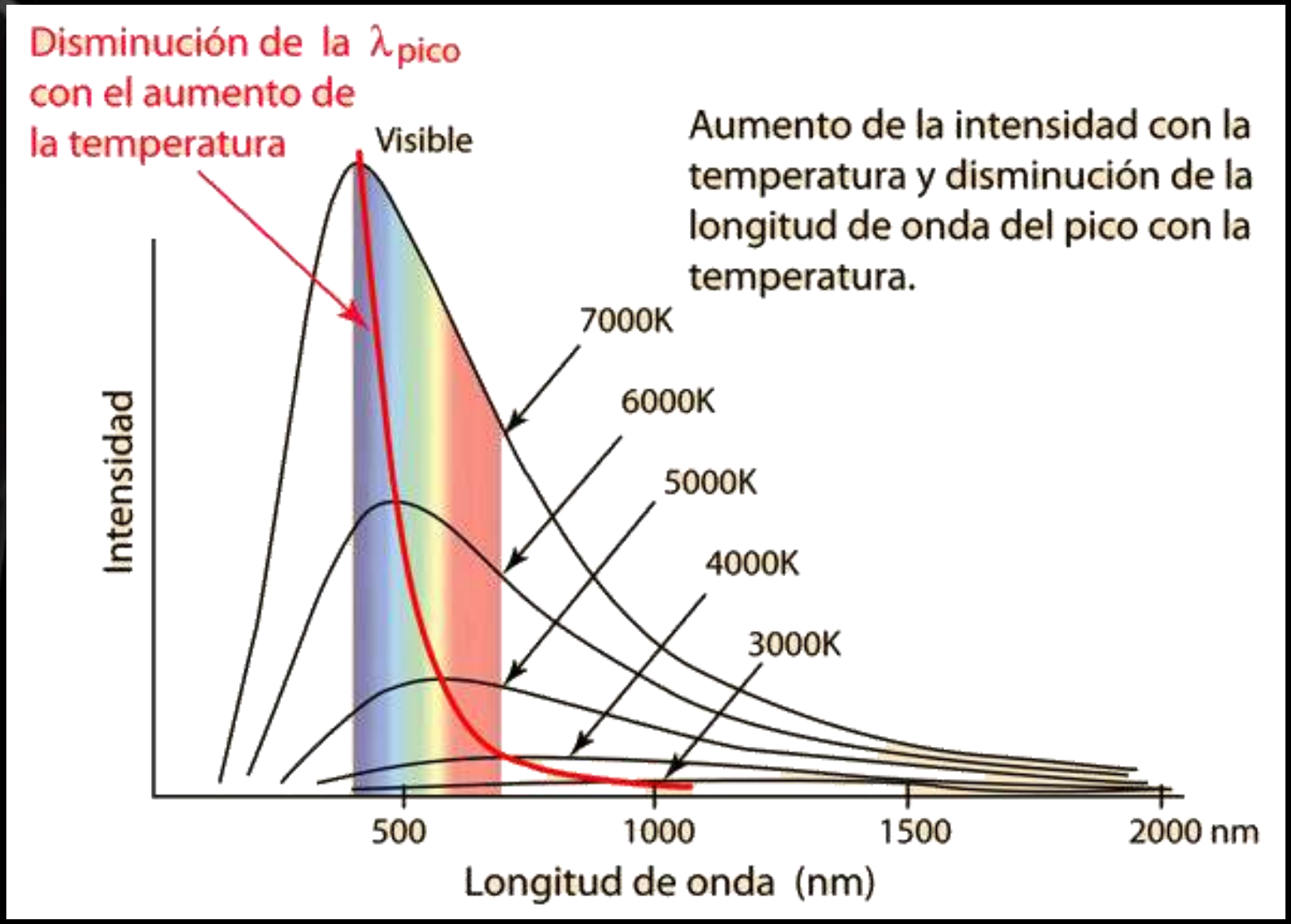


Színhőmérséklet

- **SZÍNHŐMÉRSÉKLET**
  - az abszolút fekete test izzási hőmérséklete
  - hőmérsékleti sugárzó fényének színe, mely megegyezik egy fekete test izzási hőmérséklettel
  - Planck-görbe!
- **Korrelált színhőmérséklet**
  - A fekete test azon valóságos abszolút hőmérséklete, amelynek a fekete test színe a legjobban hasonlít a kérdéses sugárzó színére.



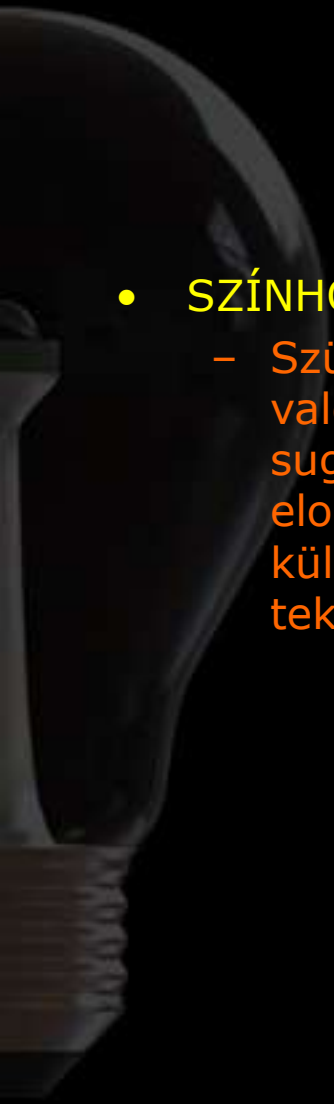
Wien


Disminución de la λ_{pico} con el aumento de la temperatura
Visible
Aumento de la intensidad con la temperatura y disminución de la longitud de onda del pico con la temperatura.
7000K
6000K
5000K
4000K
3000K
Intensidad
500
1000
1500
2000 nm
Longitud de onda (nm)

Színhőmérséklet

- A színhőmérsékleti csoportok jellemzően:
  - Meleg <3300K
  - Semleges 3300-5300K
  - Hideg >5300K

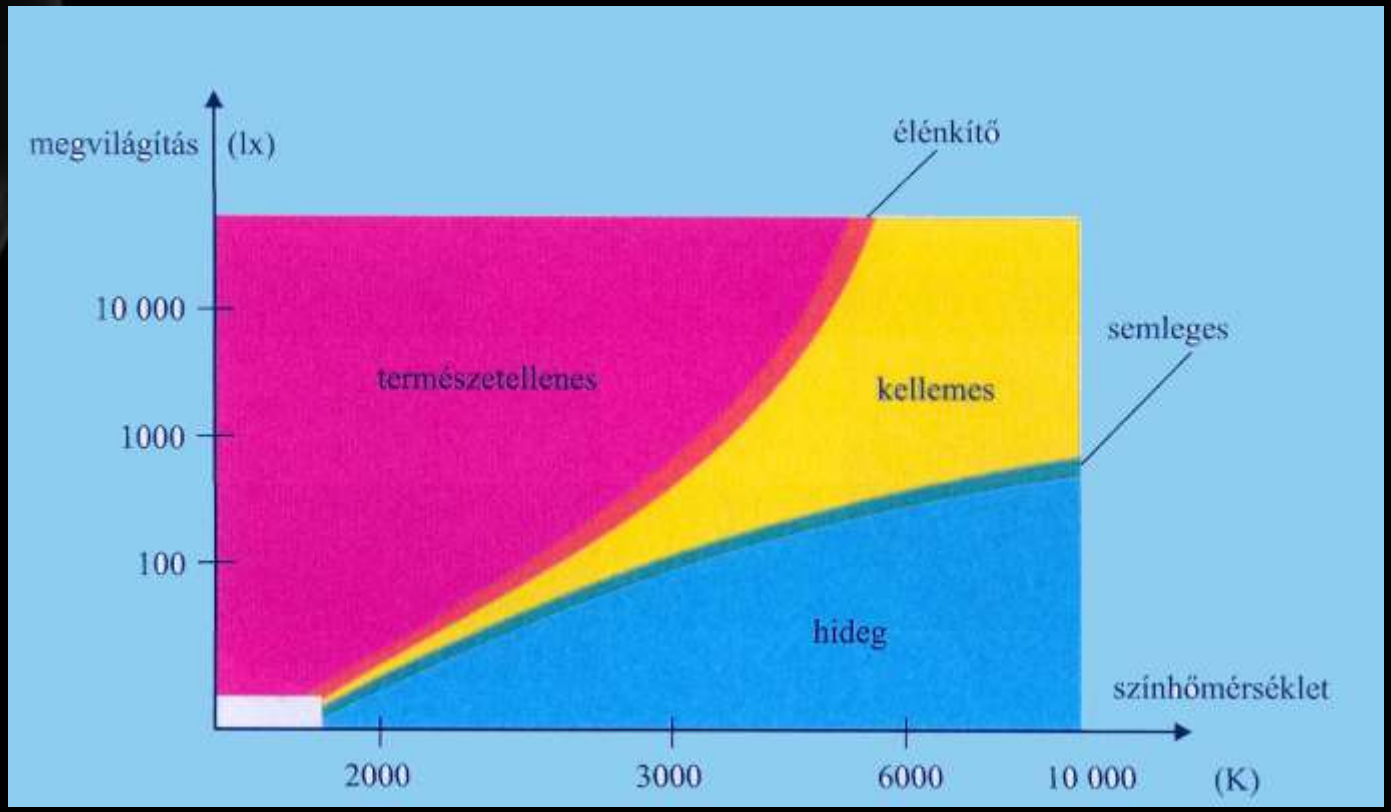
Színhőmérséklet



- SZÍNHŐMÉRSÉKLET
  - Szürke sugárzókra értelmezhető mennyiség, azon fekete sugárzó valódi hőmérséklete, amelynek színe megegyezik a kérdéses szürke sugárzó színével. Ez abból következik, hogy a két sugárzó spektrális eloszlása „hasonló”, csupán egy állandó szorzó, az emissziós tényező különbözteti meg őket. A szürke sugárzó emissziós tényezője a tekintetbe vett hullámhossztartományban állandó.

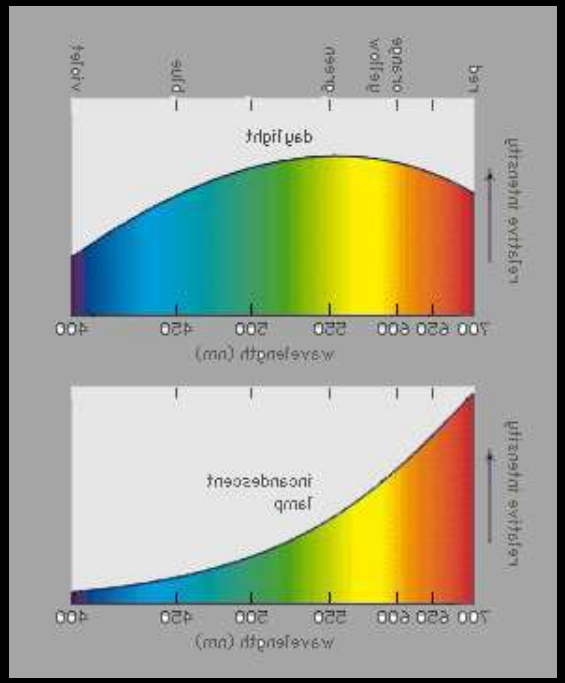
Színhőmérséklet

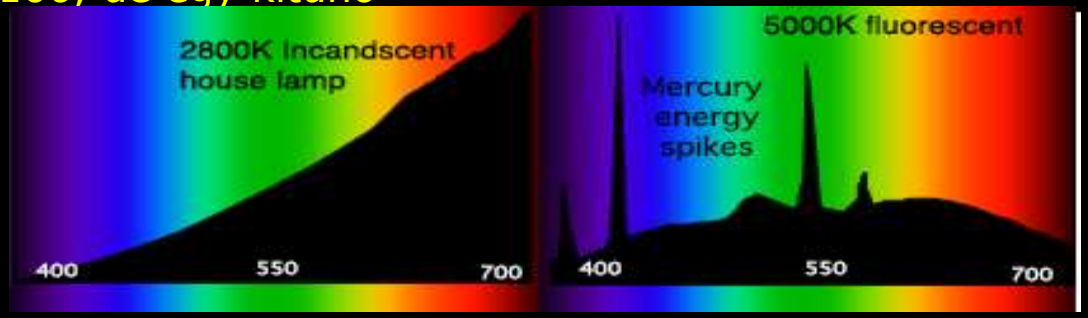
- Színhőmérséklet és megvilágítás kapcsolata - Kruithoff



Színvisszaadás

- Színvisszaadási index: R_a
  - értéke 1÷100 közötti
  - jelzi, hogy az adott fényforrással megvilágítva valamit, annak színe mennyire tér el a referenciától
  - a referencia a természetes fény vagy hőmérsékleti sugárzó
- Általános esetekben:
  - jó szinvisszadású a 80 feletti
  - kitűnő (plyan helyekre, ahol a színárnyalatok megkülönböztetése vagy azonossága különösen fontos) 90 feletti
- A színvisszaadás nem jellemzi a spektrális arányokat (kékben szegény izzólámpa=100, de egy kitűnő fénycső is csak 95-98)



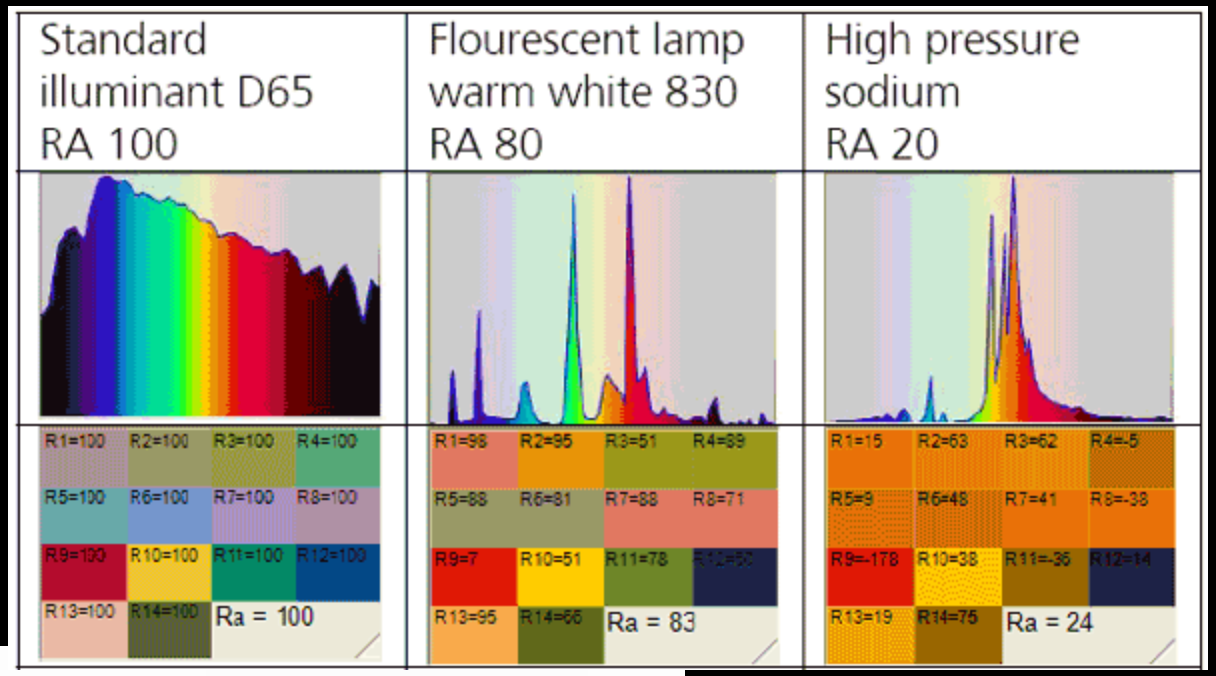


Színvisszaadás

- SZÍNVISSZAADÁSI INDEX
  - A színvisszaadási index egy mérőszám arra, hogy a kérdéses, spektrális sugárzáseloszlásával jellemzett fényforrással megvilágítva, kiválasztott jellemző színminták (referencia színminták 1…8) színe milyen mértékben változik meg a referenciasugárzóval megvilágított színükhöz képest. A referenciasugárzó Planck sugárzó, ha a fényforrás korrelált színhőmérséklete kisebb, mint 5000K; és nappali fény, ha nagyobb mint 5000K. A 8 minta átlagából a színi áthangolódást is figyelembe véve számított Ra általános színvisszaadási index értéke 100, ha nincs színeltolódás és, minél nagyobbak a színkülönbségek, annál kisebb az index értéke. Az egyes színmintákra (pl. emberi bőr színe, levélzöld stb. külön-külön is értelmezhetők a speciális Ri színvisszaadási indexek.

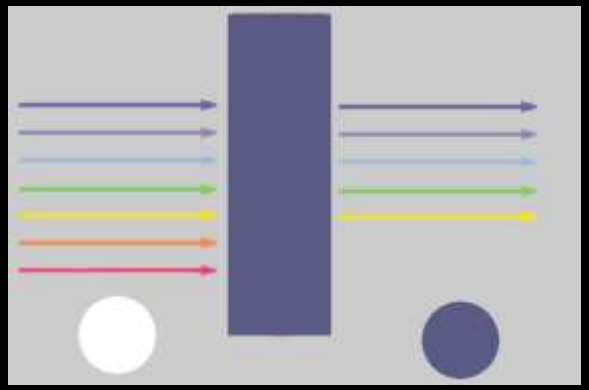
Kategória	R_a	Színlátás	Példák
1 A	> 90	kiváló	Izzólámpák, többsávos fénycsövek
1 B	80…90		Fémhalogénlámpák ritkaföldfém adalékkal
2 A	70…80	jó	De luxe fénycsövek, fémhalogénlámpák
2 B	60…70		De luxe fénycsövek, fémhalogénlámpák
3	40…60	közepes	Higanylámpák
4	< 40	gyenge	Nagynyomású nátriumlámpák

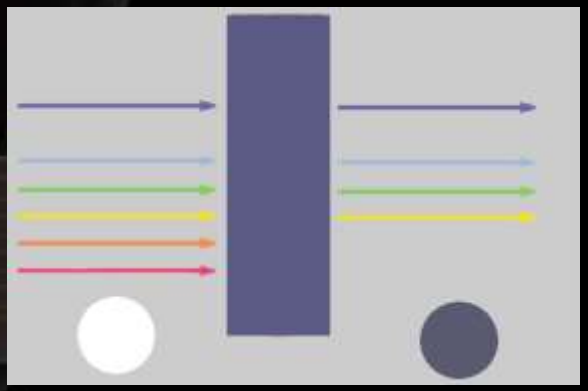
Színvisszaadás

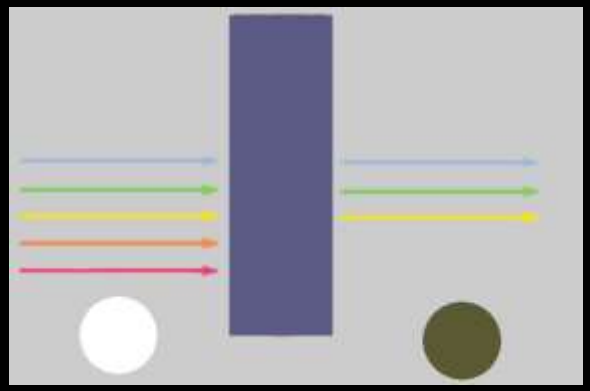


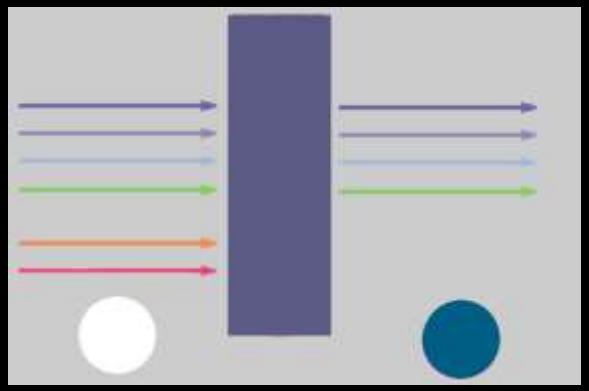
Színvisszaadás

- Felületszín
  - Olyan színinger, amely másodlagos sugárzóról indul ki. A felületszínek a visszaverő és áteresztő felületeken érzékelhető színeket foglalják magukban. Csak akkor láthatók, ha a visszaverő vagy áteresztő felületekre elsődleges fényforrás fénye esik. A felületek színét azok anyagi minőségétől és felületi kiképzésétől függő spektrális visszaverési tényezőjük (áteresztési tényezőjük) és a beeső sugárzás spektrális összetétele S(λ) együttesen határozza meg.









Színvisszaadás

Démokritosz ie. 460- 370

- „Csak látszólag van a dolgoknak színe...”

Irodalom

- Szerző: Majoros András
- Cím: Belsőtéri vizuális komfort
- Kiadó: Terc, 2004

- Szerző: Arató A., Dr. Borsányi J.,..
- Cím: Világítástechnika I, II
- Kiadó: BMF KVK, 2003

- Szerkesztő: Nagy János
- Cím: Világítástechnikai kislexikon
- Kiadó: Világítástechnikai Társaság 2001

- Szerző: Majoros András
- Cím: Belsőterek világítása
- Kiadó: Műszaki, 1998

Elérhetőség

Nádas József
Óbudai Egyetem
Kandó Villamosmérnöki Kar
Mikroelektronikai és Technológia Intézet
1084 Budapest, Tavaszmező u. 15. B. ép. 014.
nadas.jozsef@kvk.uni-obuda.hu
Tel.: +36 1 666 5073
Mobil: **+36 20 999 3355**

Fénymérés Bt. (**fenymeres@fenymeres.hu**)