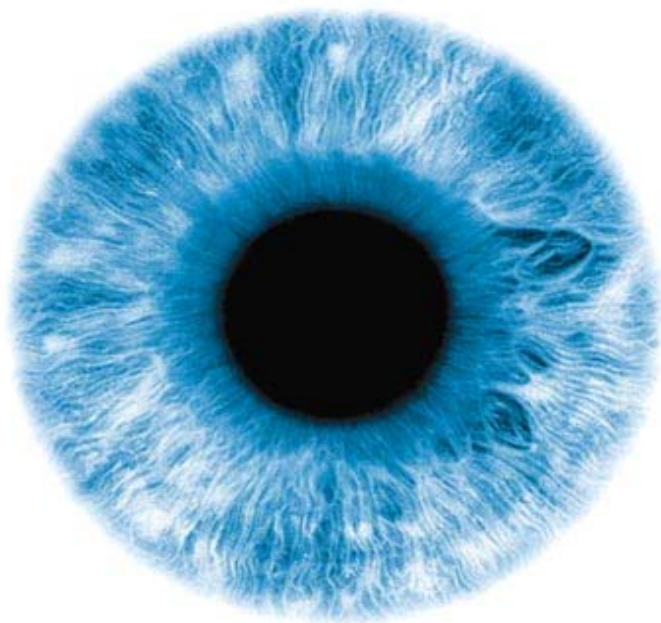


BME Építésmérnöki Kar
Építészeti Ábrázolás Tanszék

Előadó: Batta Imre

Látásról, színrendszerek



Fény

- Spektrális teljesítmény eloszlás
- Spektrális reflektancia eloszlás
- Színadaptáció
- Kontraszt

Látás

- Színérzékelés
- Érzékelő mező: az emberi pixel
- Szín pszichofizikai összetevői
- Színesség ↔ világosság

Színrendszerek

- Metamer színek
- Összeadó színkeverés
- Színrendszerek osztályozása

Trikromatikus színmérés

- Színmegfeleltetés
- Negatív színek
- Színinger megfeleltető függvények
- Színinger összetevők
- Képzetes alapszínek

Eszközfüggetlen színrendszerek

- CIE XYZ színtér
- CIE xyY színességi diagramm
- Színterjedelem (gamut) ábrázolása
- CIE Luv és CIE Lab színterek
- Színmegjelenés modellezése

Eszközvezérlő színrendszerek

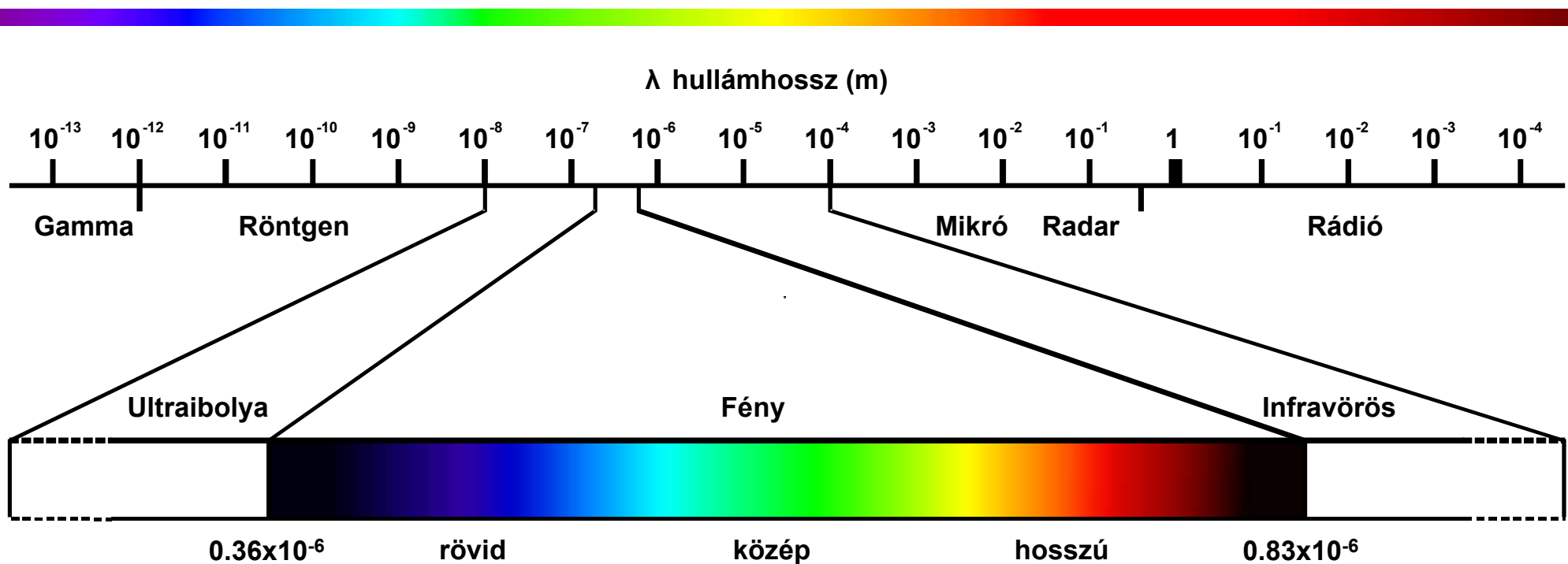
- RGB
- CMY
- HSV, HLS
- Színkülönbség modellek

Eszközfüggő színrendszerek használata

- Csatornák
- Színszámtan

Látásról

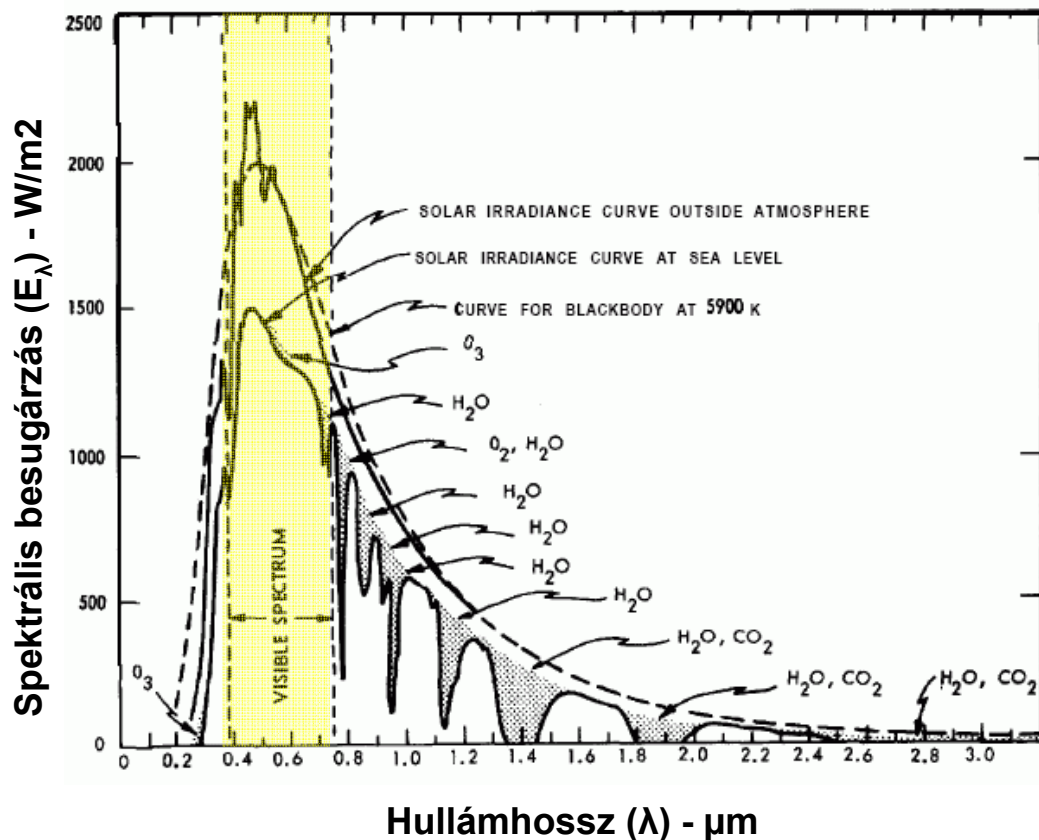
Fény



Elektromágneses sugárzás hullámhossz-tartományai:

- 10 nm – 1 mm, optikai sugárzás
- (360) **380** nm – **780** (830) nm, látható sugárzás (fény, spektrum)
- 100 nm – 380 nm, ultraibolya (UV) sugárzás
- 780 nm – 1 mm, infravörös (IR) sugárzás

A fényérzékelő idegsejtek (receptorok) érzékenységi tartományaira tekintettel, a neurobiológia a spektrumot rövid, közép és hosszú hullámhossz sávra osztja tovább. A rövid hullámhosszú sugárzást kék, a középsőt sárgászöld, a hosszút vörös színűnek érzékeljük.



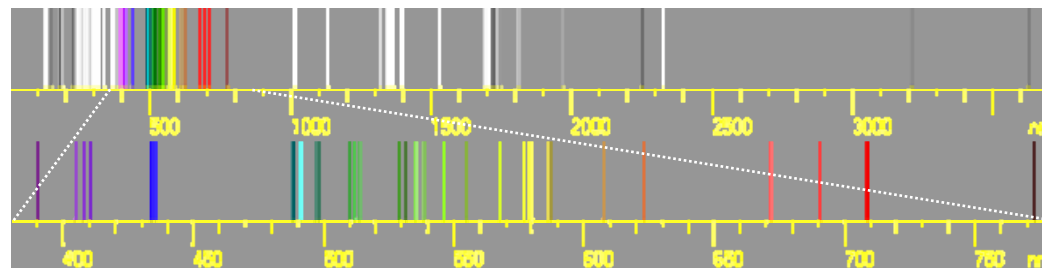
A nap spektrális besugárzása (E_λ) az atmoszféra felületén és a tengerszint felett, valamint a feketetest sugárzás 5900 K hőmérsékleten (szaggatott vonal). Az árnyékolt terület a tengerszint feletti atmoszférikus elnyelődést ábrázolja.

<http://lite.bu.edu/spex/v3/index.html>

A napfény, és a tárgyról visszaverődő sugárzás hullámhossz-összetétele változó.

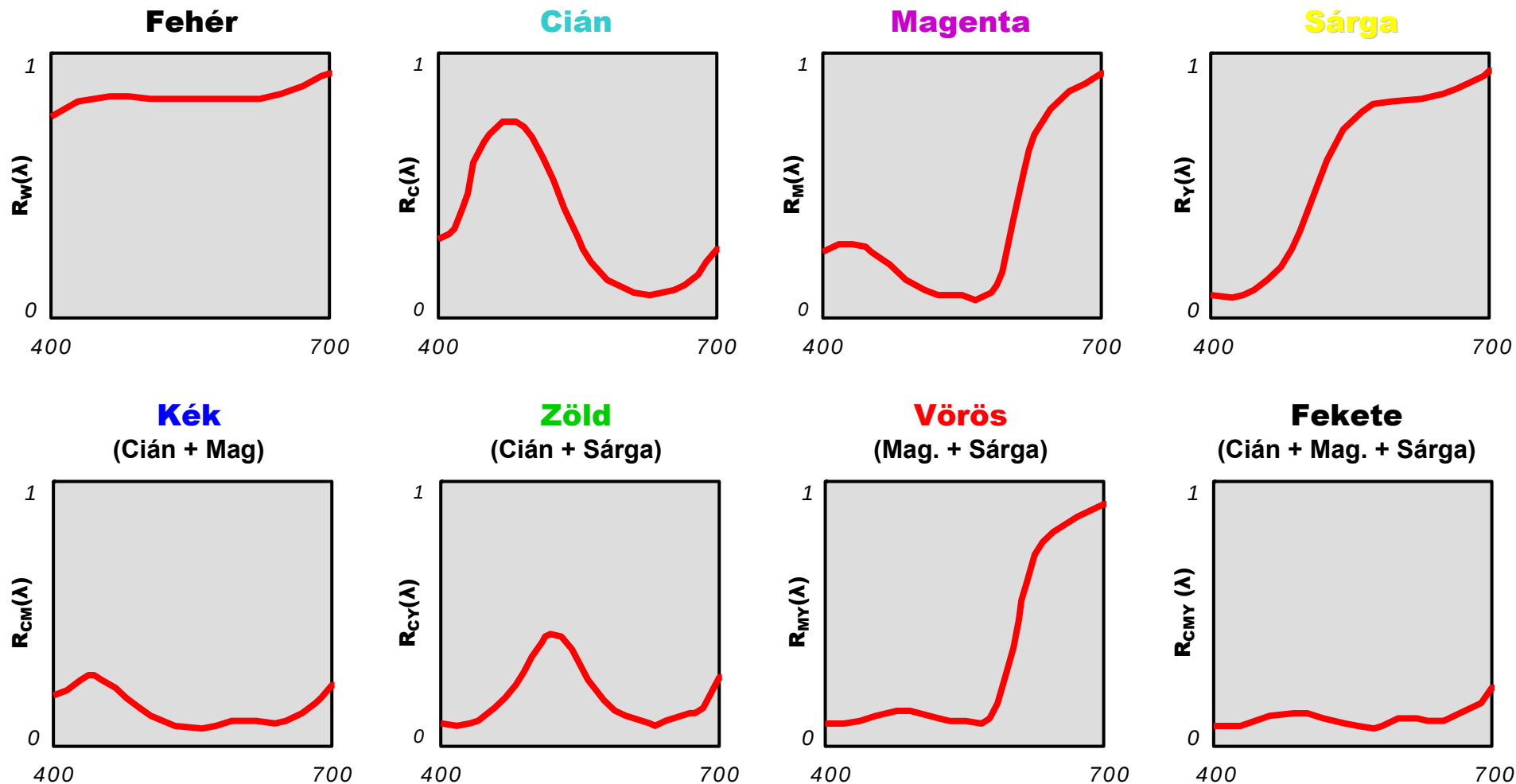
Az összetételt eloszlás függvény jellemzi, amelynek értékei az egységnyi hullámhossz közhöz tartozó energia illetve teljesítmény mennyiséget mutatja.

Elnevezése: **spektrális teljesítmény eloszlás, spektrális eloszlás, színekép.**



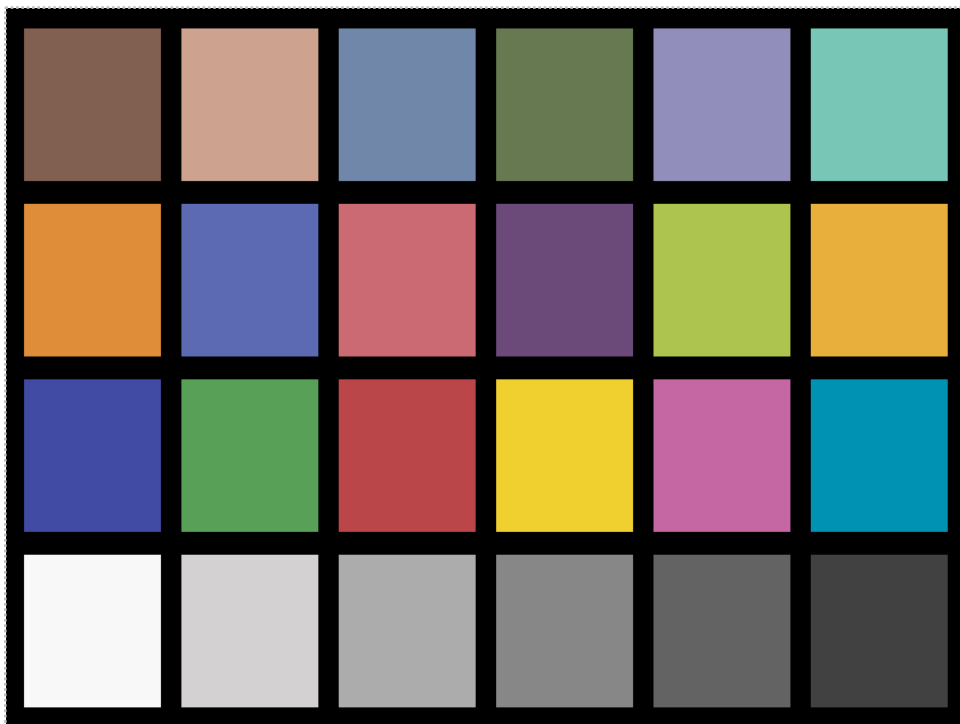
A higanygőz spektrum vonalai

A spektrális eloszlás lehet (1) a testek, folyadékok és nagynyomású gázok esetében folytonos, pl. napfény, (2) a gázok esetében vonalas, pl. higanygőz lámpa, vagy (3) közel egy hullámhosszú, monokromatikus, pl. lézerefény.



Alapszínek - tintasugaras nyomtatóval készített színmintákon mért - STE görbéi.

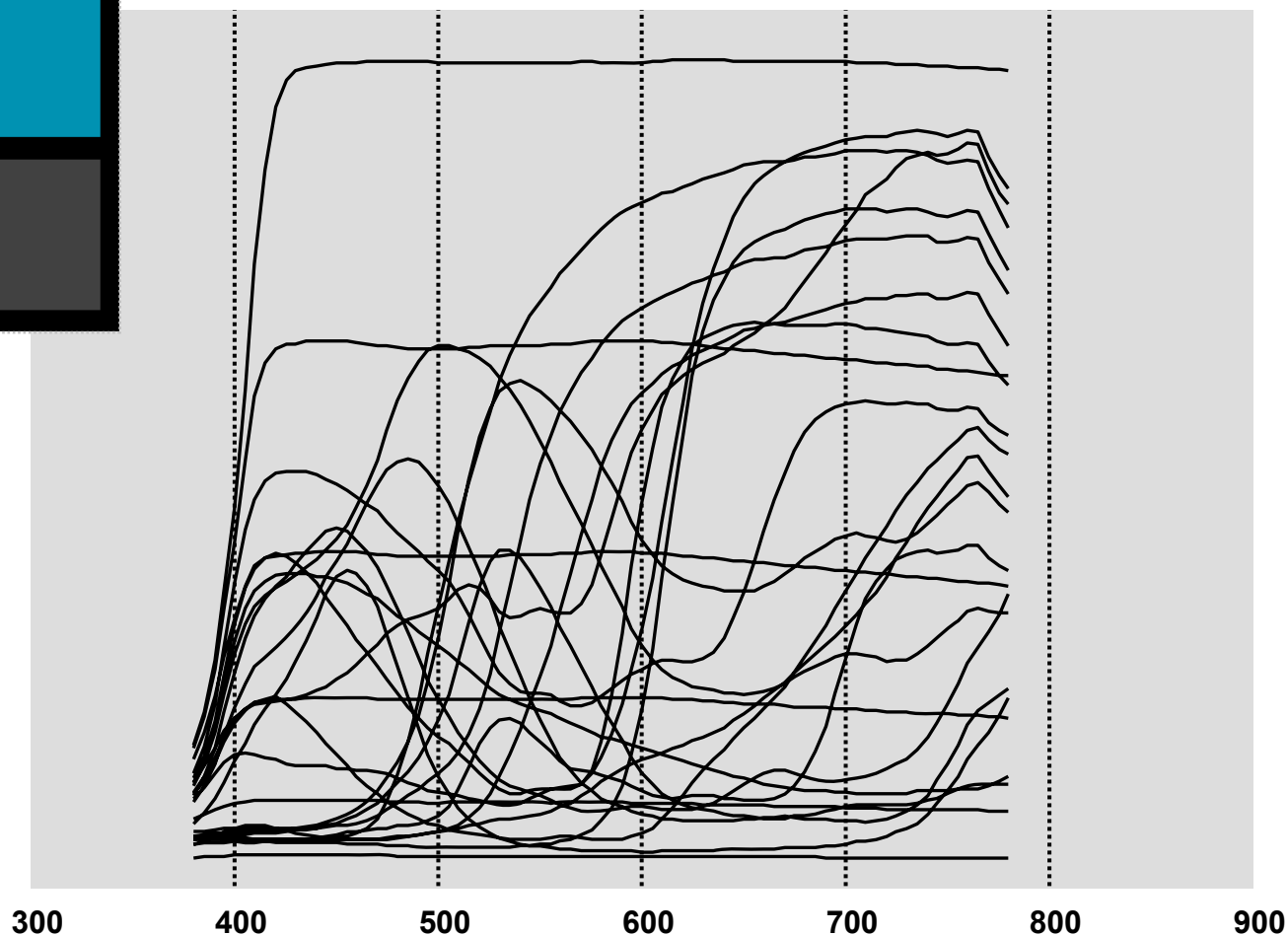
Forrás: Baqai: Digital Color Halftoning. Signal Processing Magazine, 2005.

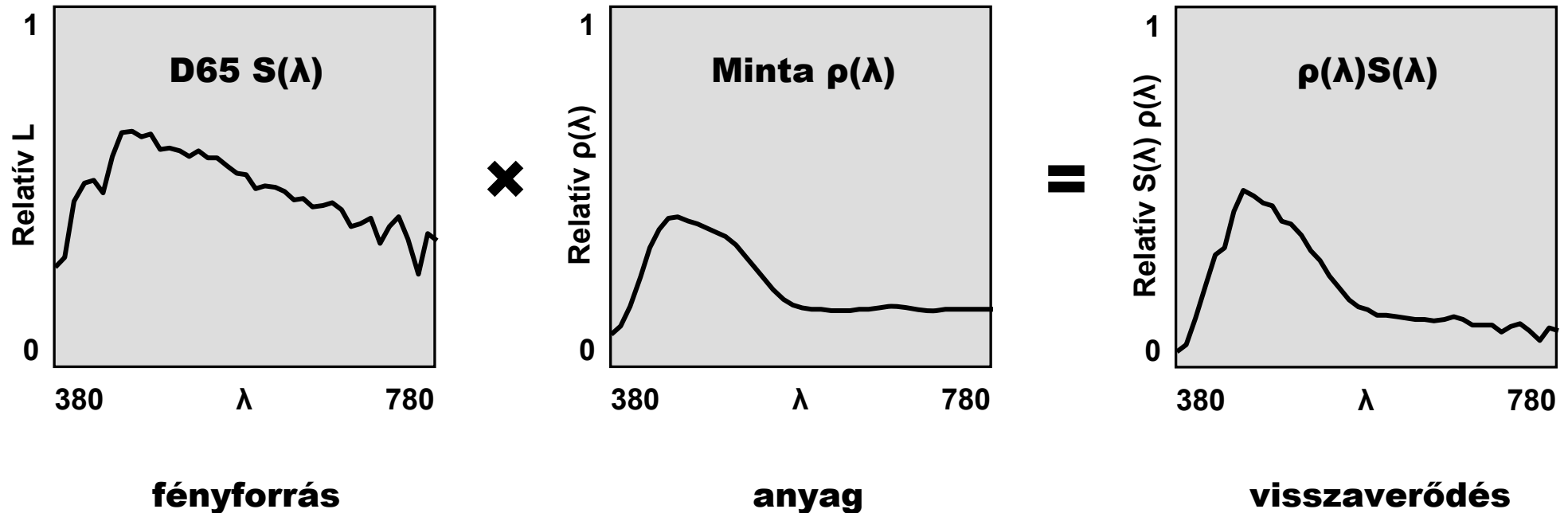


A felületekről, tárgyakról visszaverődő STE: a megvilágítás STE és a felület spektrális reflexiós tényezőjének a szorzata.

GretagMacbeth™ ColorChecker® mintáinak spektrális visszaverődési tényezői.

1	Sötét bőrszín	13	Kék
2	Fehér bőrszín	14	Zöld
3	Égbolt kék	15	Vörös
4	Lombozat	16	Sárga
5	Virágkék	17	Bíbor
6	Kékeszöld	18	Cián
7	Narancs	19	Fehér
8	Liláskék	20	Semleges 8
9	Közép vörös	21	Semleges 6.5
10	Lila	22	Semleges 5
11	Sárgászöld	23	Semleges 3.5
12	Narancssárga	24	Fekete

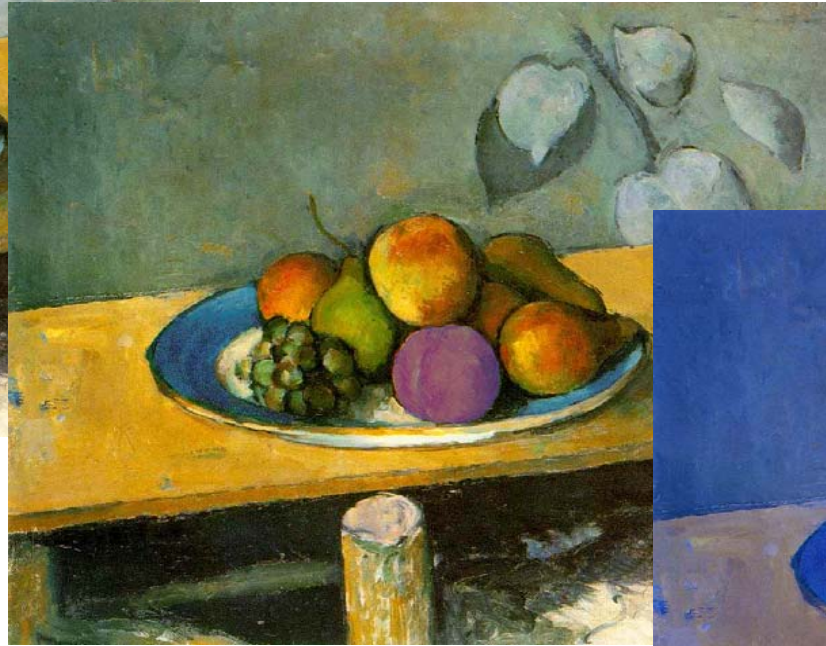




Az anyagokat azért látjuk különböző színűnek, mert a beeső EM sugárzásból egyes hullámhosszakat különböző mértékben elnyelnek vagy áteresztenek, illetve visszavernek. (A további jutó fény spektrális eloszlása módosulhat a megvilágítási és az áteresztési/visszaverődési (nézési) szögtől, valamint sugárzás közegétől is.)

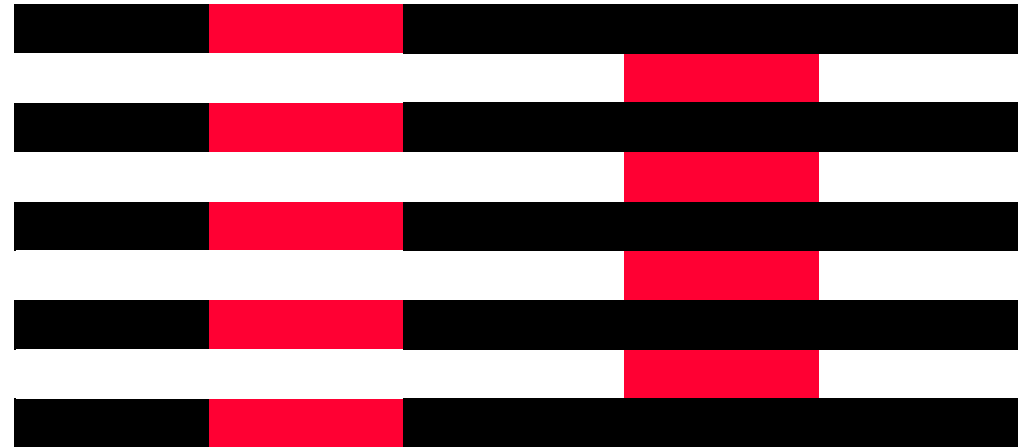
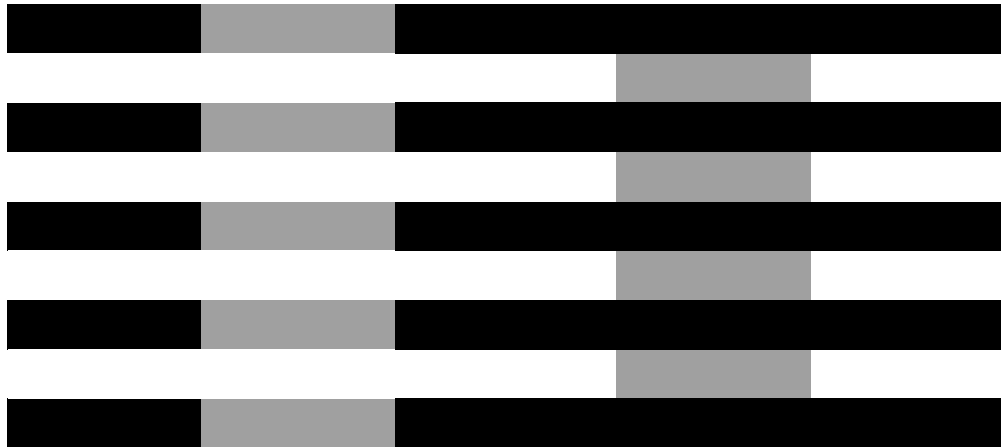
Elnevezések: visszaverődés (reflektancia), visszatükröződés (teljes visszaverődés).

Reflektancia tényező (albedó), denzitás ($1/\log$ reflektancia), reflektancia eloszlás.

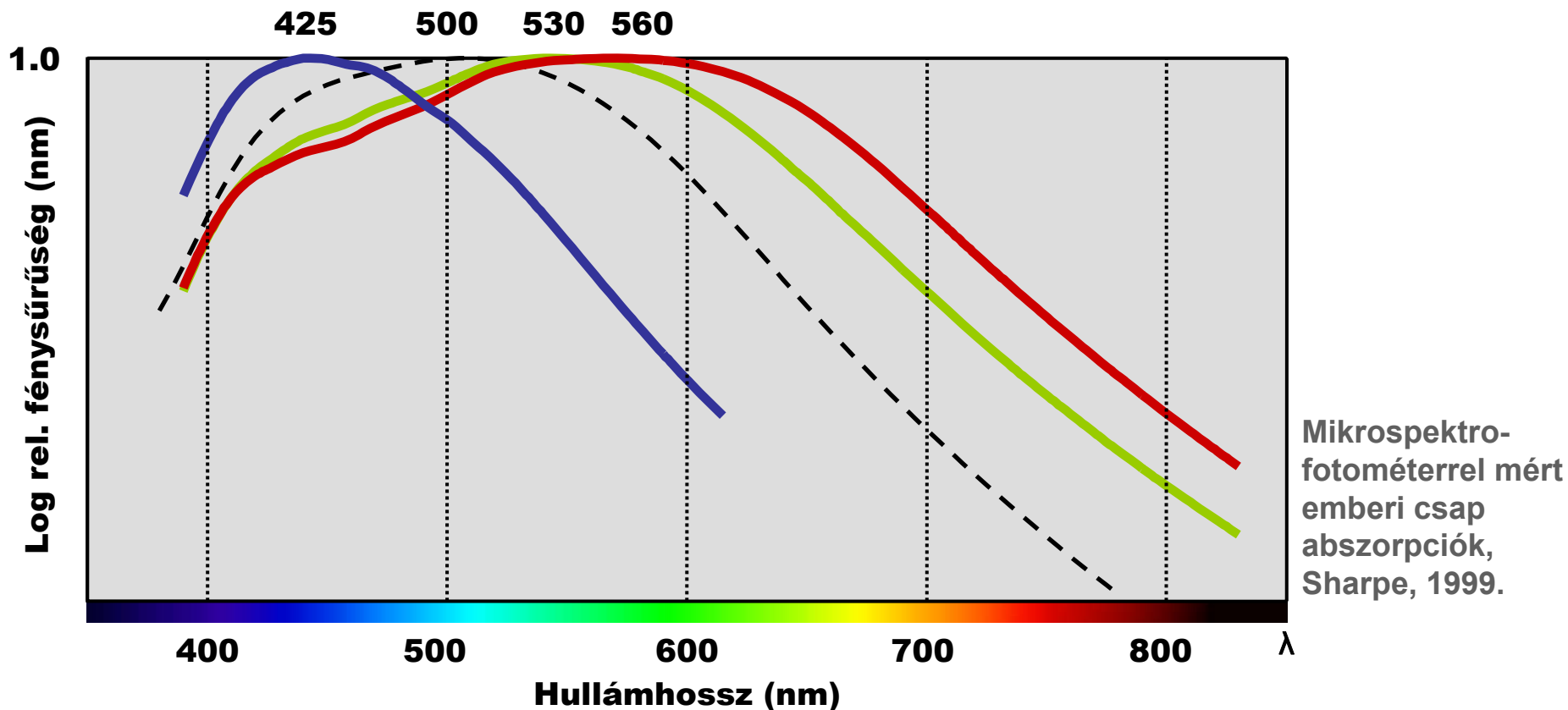


A látás alkalmazkodik a fényforrás színéhez (spektrális eloszlásához), és kiegyenlíti annak esetlegesen színtorzító hatását. Itt a festmény kék fénnel van megvilágítva.

Paul Cézanne: Almák, barackok, körték, szőlő (1879-80).



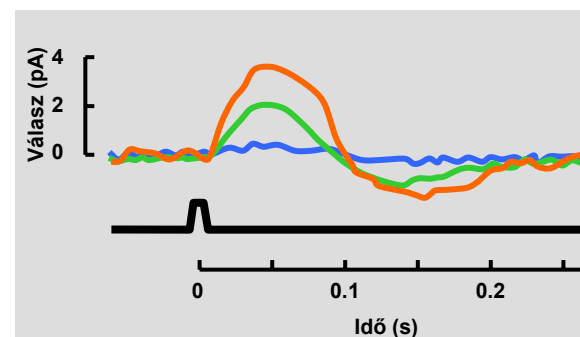
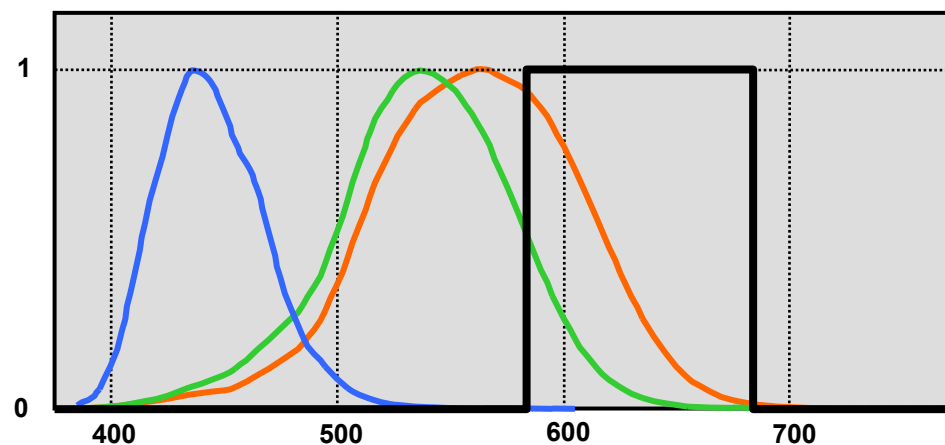
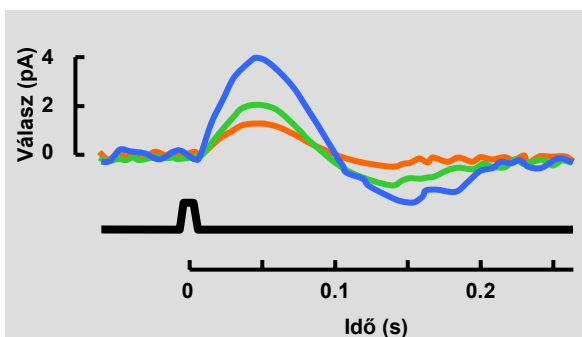
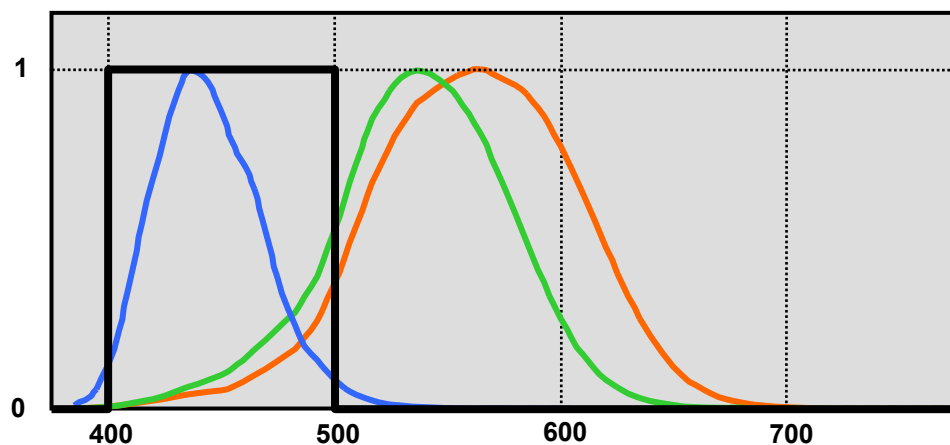
Fehér illúzió: tudattalan következtetéssel irányított szimultán kontraszt. A színek csoport alkotó elrendezése befolyásolja a világosság összevetés irányát. Itt az alakzatok attól függően világosabbak vagy sötétebbek, hogy a csoportjaik a sötétebb vagy világosabb sávokhoz tartoznak.



Receptorok érzékenységi görbéi

Az emberi szemben négy fényérzékelő idegsejt (fotoreceptor) típus található. Három csap alakú receptor nappali fényben működik, a pálca alakú pedig sötétben. A négy receptorban négy, különböző maximumhelyre hangolódott fotopigment fajta (apoprotein + fényelnyelő kromofór molekula) található, melyeknek hullámhossz érzékenysége átlapolva átfogja a spektrumot.

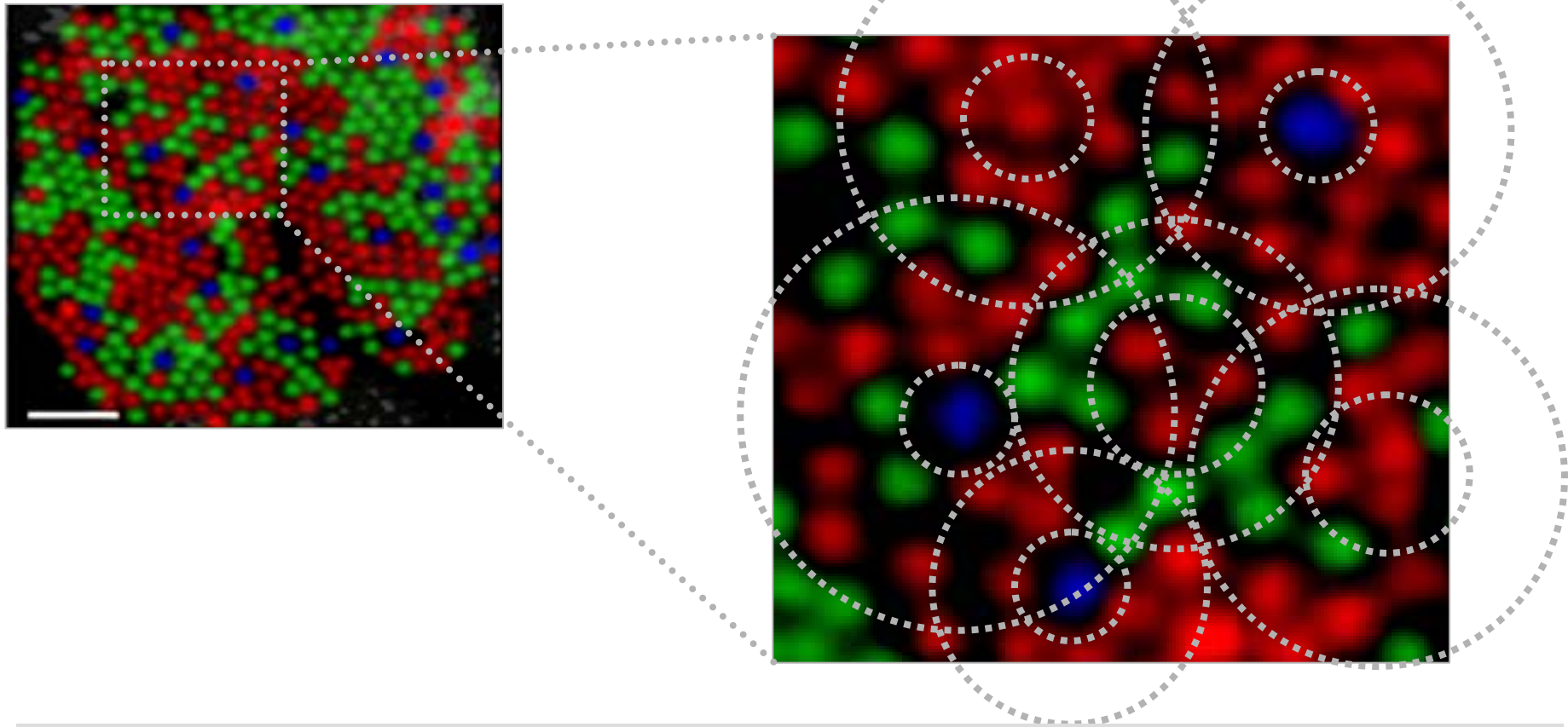
Abszorpciós maximumhelyek, csapok: ~425, ~530, ~560, pálca: ~500.



...ezért a receptorok nem színeket (diszkrét hullámhosszakat) látnak, hanem a spektrális eloszlások súlypontját érzékelik: a hullámhossz érzékenységtől függően az eloszlásokra erősebb vagy gyengébb válaszokat adnak.

Ha az EM energia túlnyomó része 400-500 nm közé esik, a rövid hullámhosszakra érzékeny csapok által adott biokémia jel erős lesz, a másik kettő pedig gyenge, a színérzetet kék lesz.

Ha a súlypont 580-680 nm közé esik, a hosszú hh-akra érzékeny csapok válasza lesz a legerősebb, a színérzet vörös lesz. Ha a három csap válasza közel egyforma, a színérzet fehér lesz, pontosabban szürke valamilyen árnyalata.



A szem fényérzékelő alapegysége, „az emberi pixel”, az érzékelő mező (Hartline, 1940) központ-gyűrű alakban szerveződő receptorokból áll, amelyet a gyűjtősejtek (horizontális, bipolaris és amakrin sejtek) hálózata működtet.

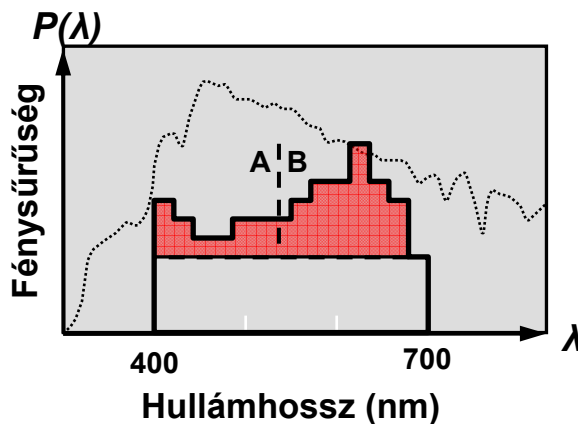
Transzdukció: A kémiai jeleket ganglion sejt fogadja, elektromos jellé alakítva axonjával az agyba továbbítja. A kimenő ganglion alapjel spontán elektromos kisülés sorozat, amely attól függően sűrűsödik, hogy a központ, a gyűrű, vagy mindkettő együtt kap megvilágítást.

Az érzékelő mezők átmérője (a csapok száma és a csapok átmérője) a foveától kifelé haladva növekszik: fovea : periféria = 1 : 50.

Kettő vagy több receptor által adott válasz összevetése eredményezi a szín (színérzet) pszichofizikai összetevőit. A fény spektrális eloszlásától (SE) függően...

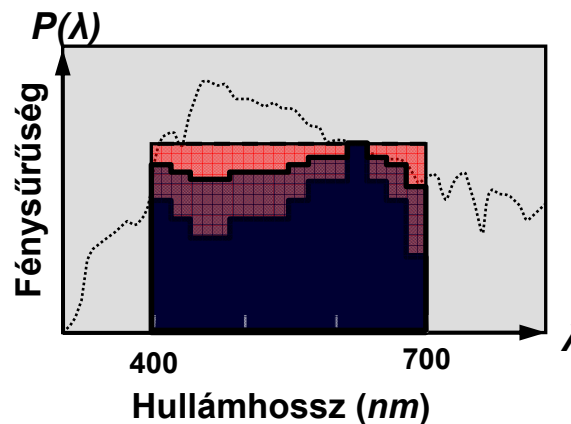
Színezet színérzetet a válaszok különbsége idézi elő.

Színezet érzetek szavakkal leírhatók: kék, piros, sárga stb.



Színtelenség* színérzetet a válaszok különbségének csökkenése idézi elő.

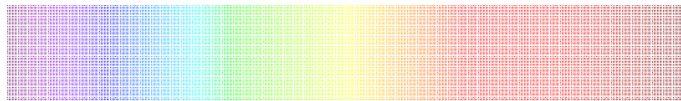
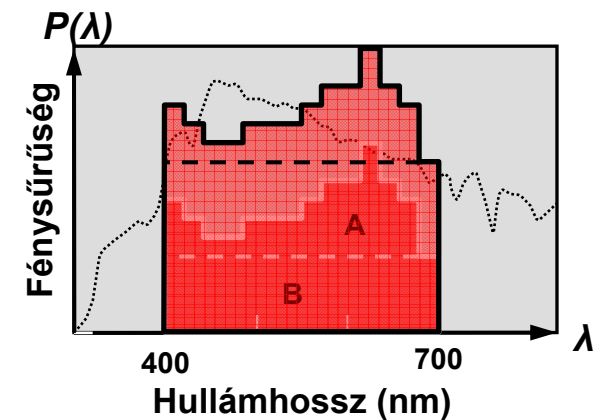
Ha az eloszlás egyenletes, színtelen színérzet keletkezik.
Ha az eloszlás egyenlőtlen, erős színérzet keletkezik.



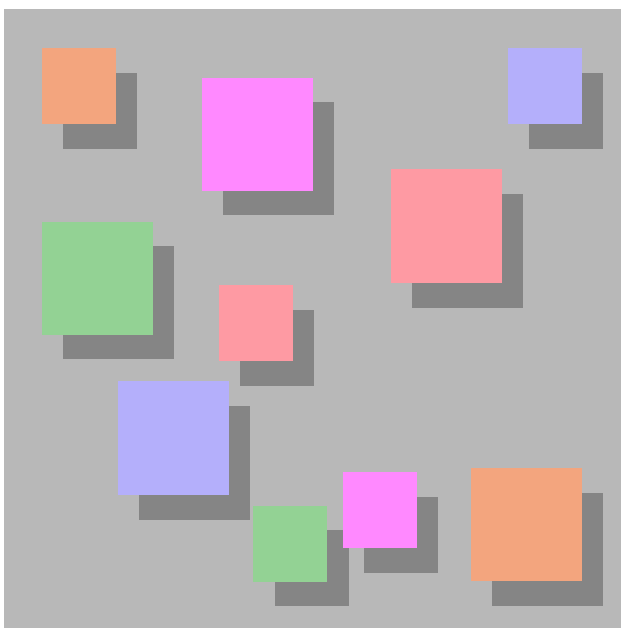
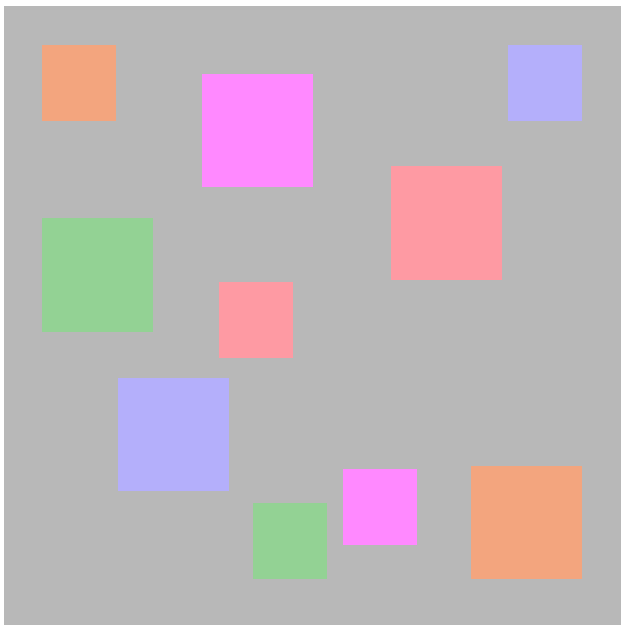
Világosság** színérzetet válaszok összege idéz elő.

„B” területtől függően az érzet világosabb vagy sötétebb.

„A” terület a színek heterokromatikus világossága.



Azonos világosságú
színek



Szín = szín(esség) + világosság

két összetartozó vizuális érzet, válasz a fény két fizikai tulajdonságára.

Szín(esség) (színezet & telítettség): a sugárzott teljesítmény relatív hullámhosszeloszlásának érzete. A szín az anyagok, tárgyak állandó tulajdonsága.*

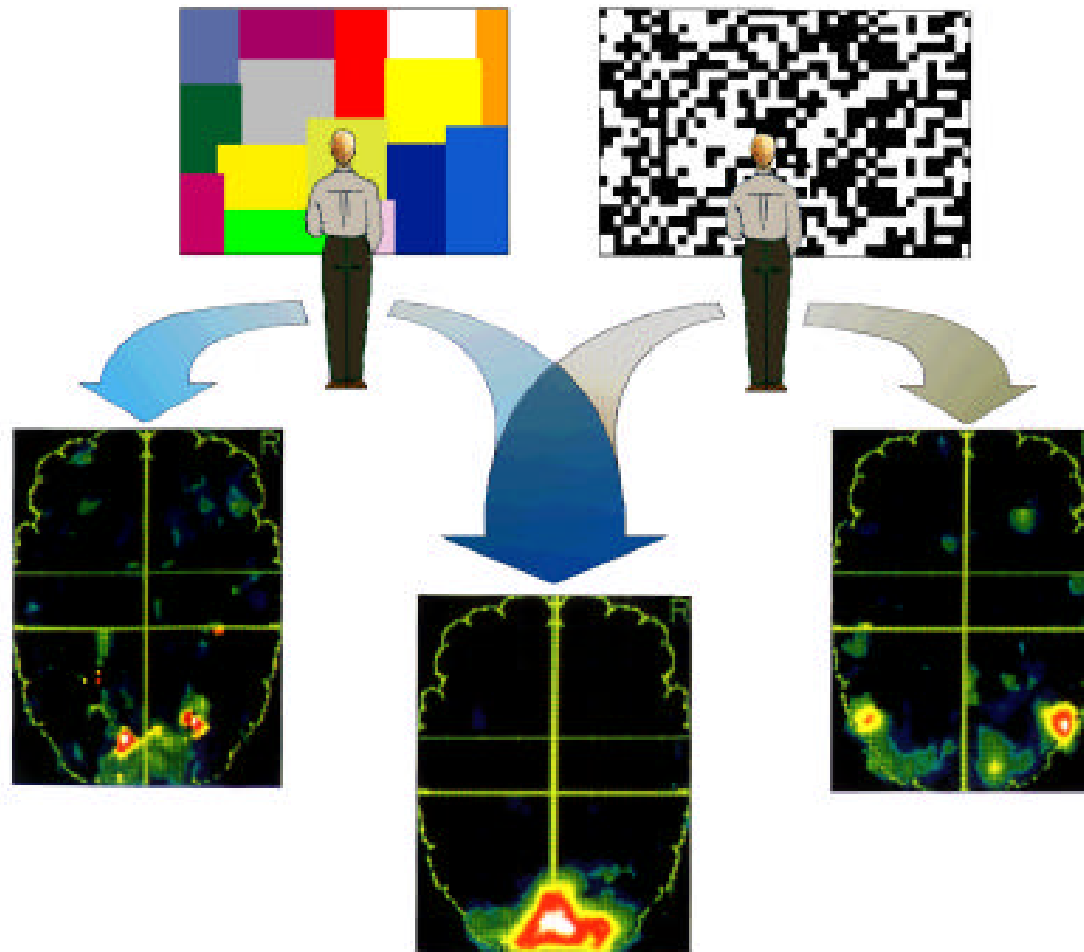
Világosság: a sugárzott összteljesítmény érzete. A világosság az anyagok, tárgyak helyzetétől függő** változó tulajdonsága.

Funkcionális szegregáció:
a színesség és a világosság feldolgozása az agykéreg anatómiailag elkülönült területein történik.

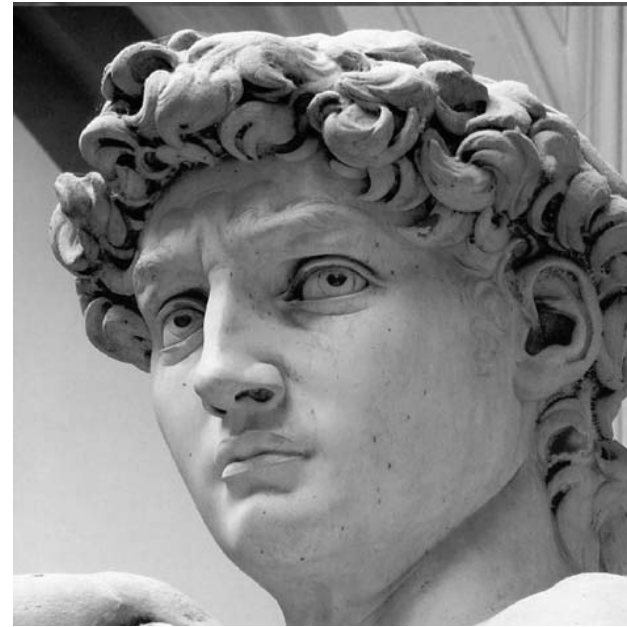
(Cerebral Dyschromatopsia)

* az állatok életterében, szokásos megvilágítási körülmények között.

** változó megvilágítás, közeg, árnyék, nézőpont, távolság stb.

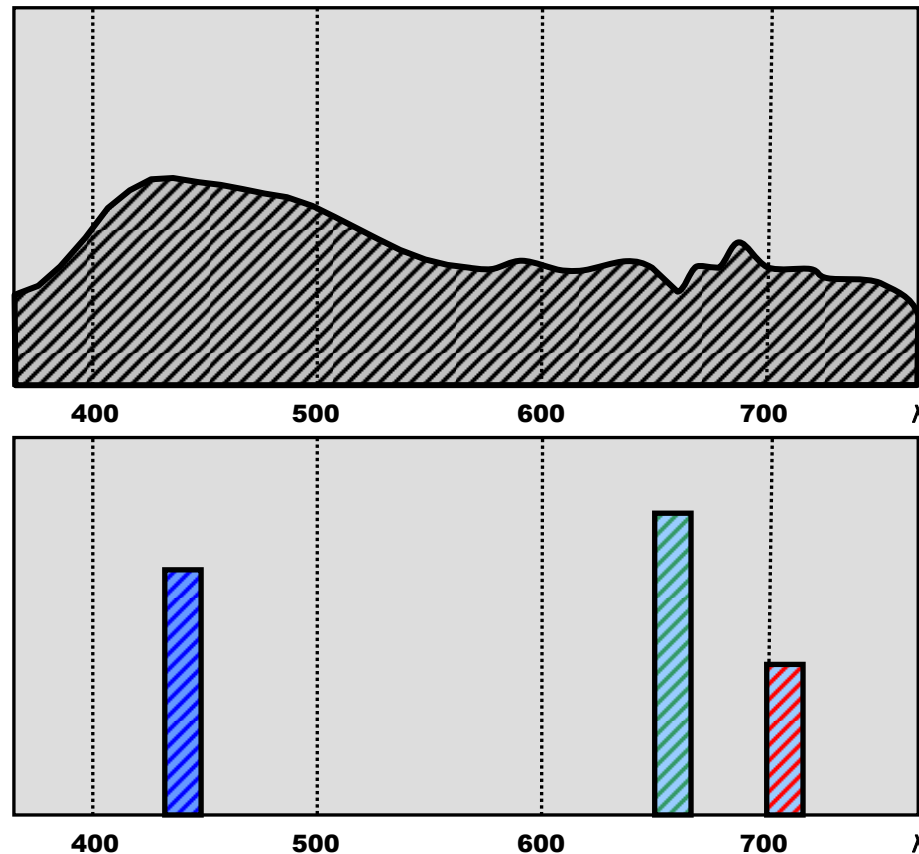


Funkcionális szegregáció: Positron Emission Tomograph (PET) képekkel követhető, hogy a többszínű állóképet nézve a V4 agyterület vérrellátása emelkedik (baloldali kép), mozgó pontokat nézve egy másik terület, a V5 mutat növekvő aktivitást (jobboldali kép). Ha a kettő együtt hat, a V1 és V2 területek aktívak (középső kép). (Zeki, 1990)



**A formalítás a világosság érzeten alapul:
a szín vadság, a forma értelem.**

Színrendszerek

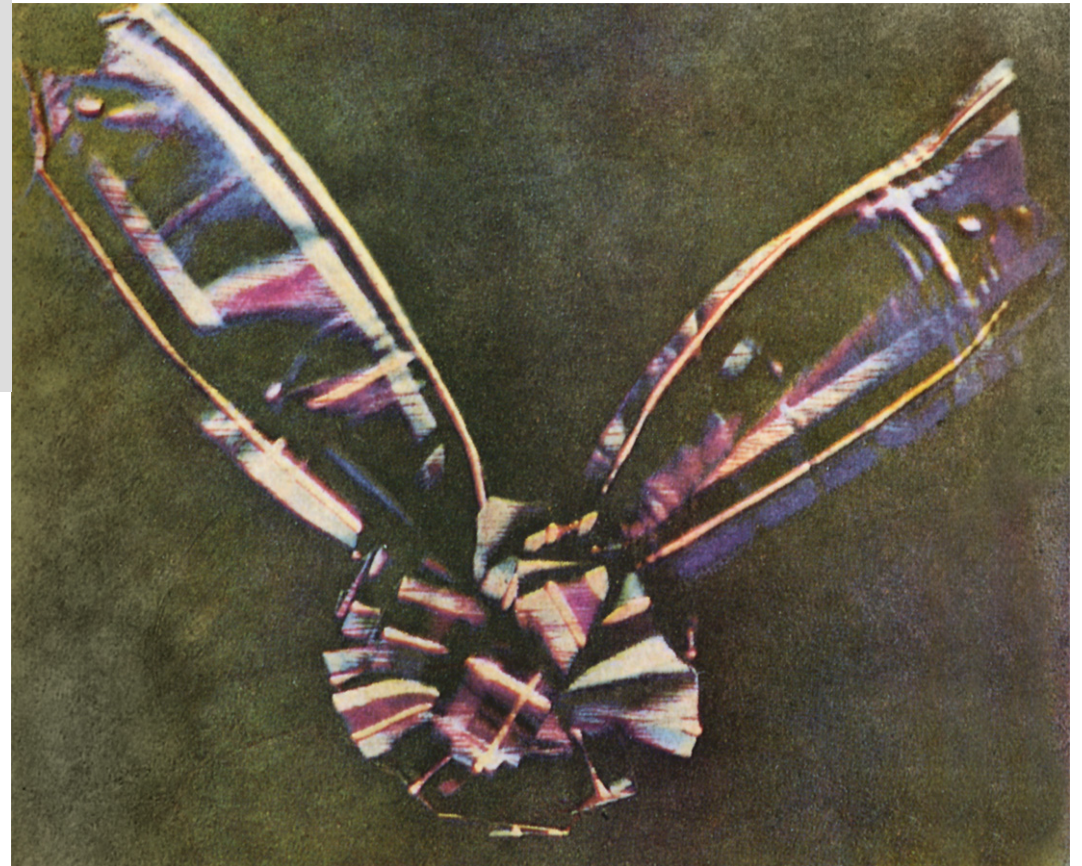
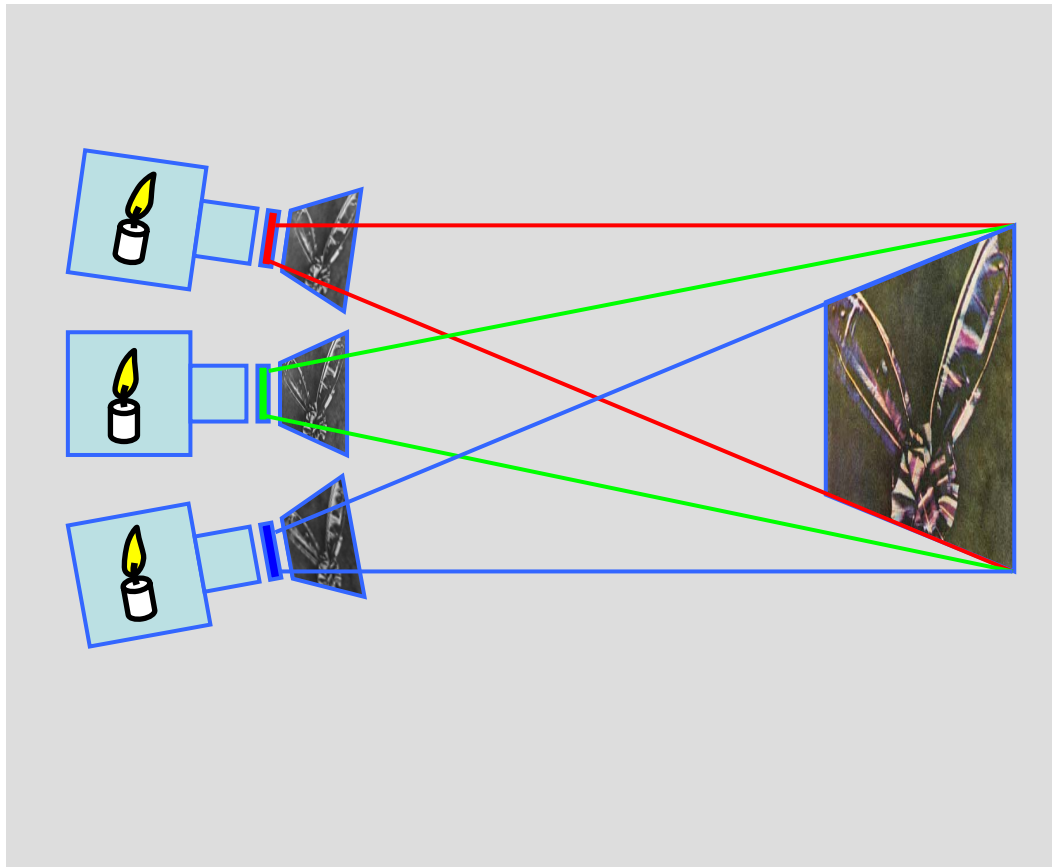


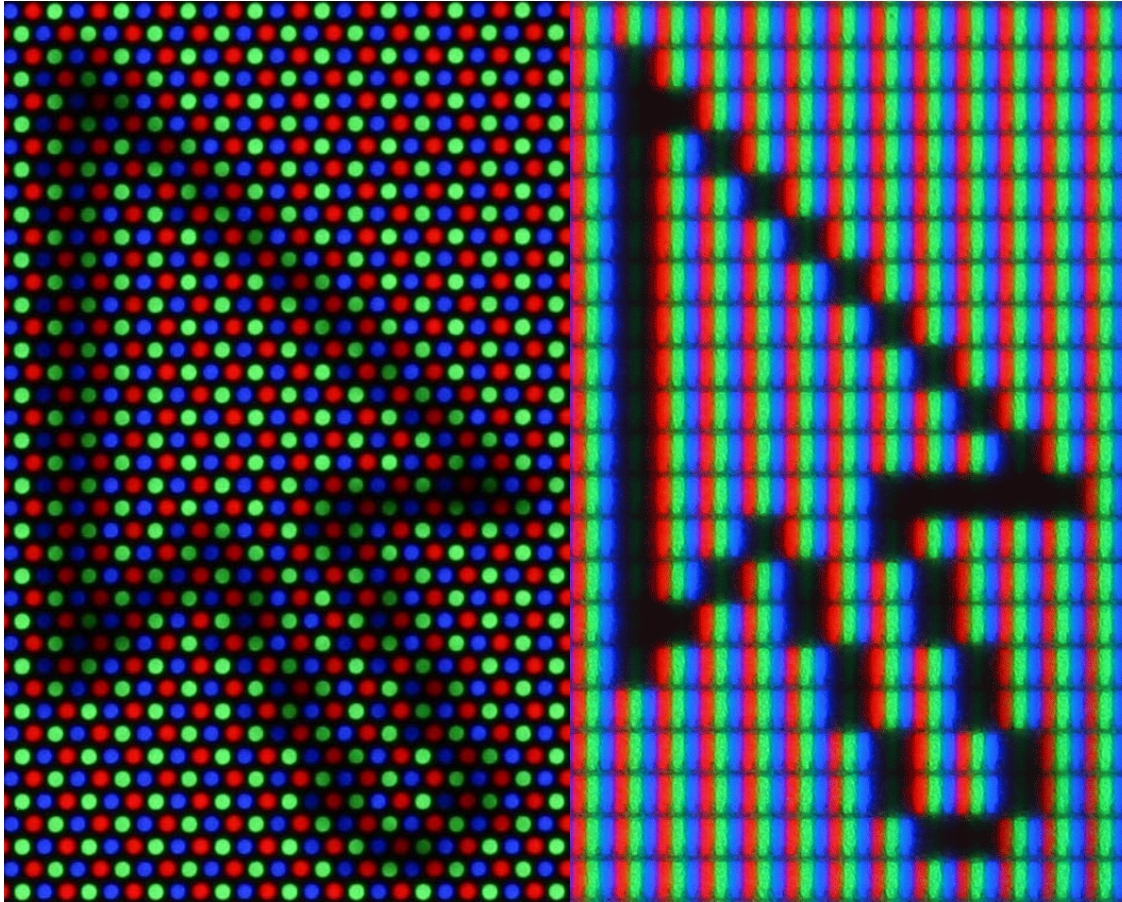
A metamer színpárok színérzete azonos, spektrális teljesítmény eloszlásuk azonban különböző.

(Metamer, görög, ugyanazon anyag különböző formában.)

http://www.cs.brown.edu/exploratories/freeSoftware/repository/edu/brown/cs/exploratories/applets/spectrum/metamers_guide.html

20 J.C. Maxwell: első színes fénykép, 1861



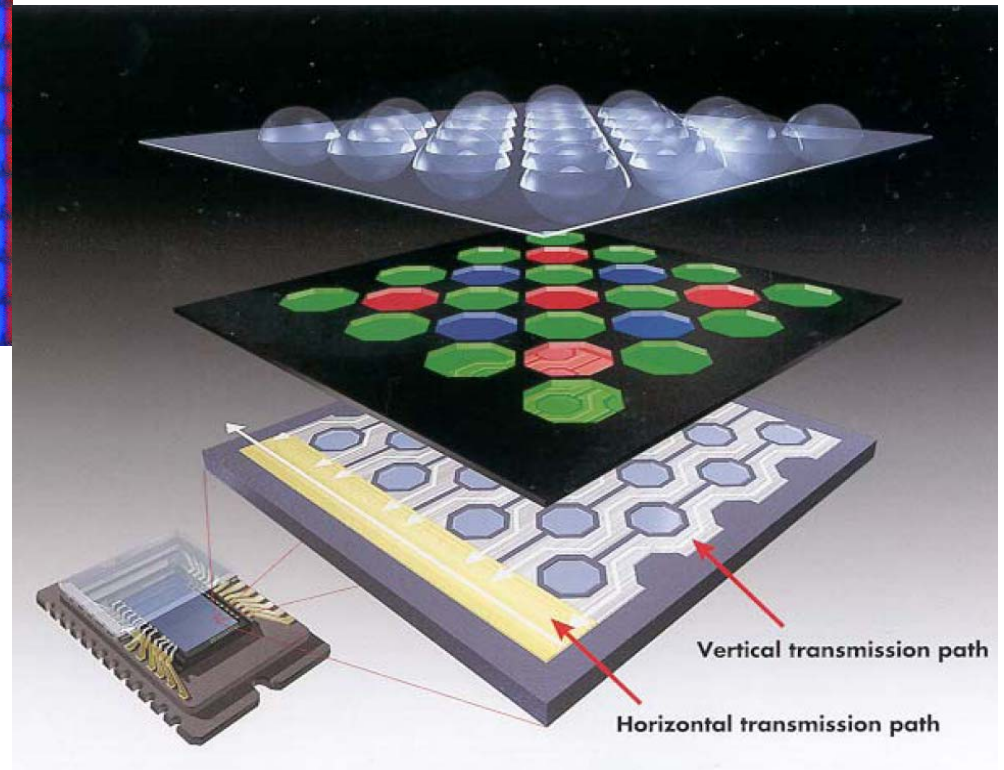


CRT képernyő

LCD képernyő

Összeadás a szemben (retinán):

- **szuperpozícióval**, pl. egymásra vetített képekkel;
- **időben**: ha a képváltó frekvencia több mint 8 kép / másodperc (Maxwell tárcsa, plazma TV - ditherálás);
- **térben**: ha a képelemek látószöge kevesebb 2 ívperc (színes tv).



Digitális kamera

I.**Színmérő rendszerek**

(színingermérő rendszerek)

- **CIE 1931 XYZ** (általános)
- **CIE színességi diagramok**
(általános)
- **CIE 1976 Luv**
(összeadó színkeveréshez)
- **CIE 1976 Lab**
(kivonó színkeveréshez)
- **CIE 1997 Cam**
(médiák közötti adatcseréhez)

Commission Internationale de l'Éclairage
(Nemzetközi Világítási Bizottság)

www.cie.co.at

II.**Eszközfüggő színrendszerek**

(eszközvezérlő színrendszerek)

- **RGB** (elektronikai eszközök)
- **HSV, HLS**
(számítógépes grafika)
- **LUV, YIQ, YCC**
(TV - videó)
- **CMY, CMYK**
(nyomtatók, nyomdagépek)

III.**Színminta gyűjtemények**

(színrendelő rendszerek)

- **Munsell 1906 -**
(általános célú katalógus)
- **RAL 1927 -**
(fémfestékek, építőipar, gépgyártás)
- **Pantone 1963 -**
(textil-, műanyag és nyomdaipar)
- **Színetalonok (NPL, NBS, OMH stb.)**
(színmérő műszerek ellenőrzéséhez)

**Rövid kitérő zárójelek között
(((CIE színmérés)))**

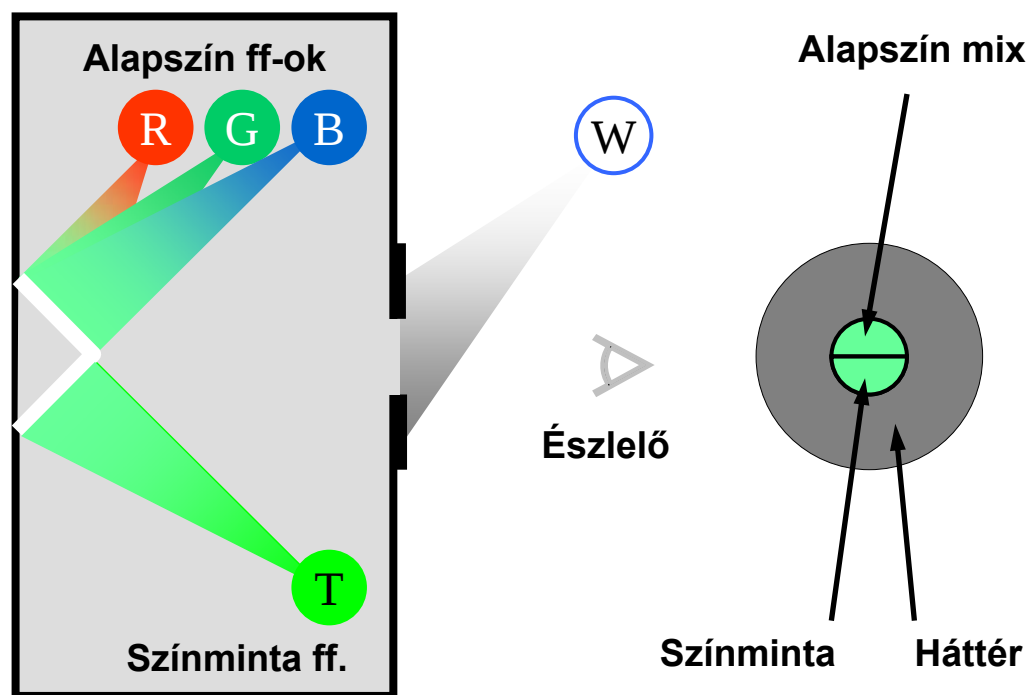
A **színmérés feladata**, hogy a fény fizikai összetételét (spektrális teljesítmény eloszlását), továbbiakban **a színt...**

- a vizuális érzet szempontjából számszerűsíthető mennyiségekkel meghatározza,
- két szín közötti érzeti eltérést (különbséget) számszerűen kifejezze,
- a színnek a látási körülményektől, a környezetétől és a képi tartalomtól függő módosulásait előre jelezze.

A **színméréssel kapott mértékszámok** alapján a színeket – a színelemlekezetünktől függetlenül – bármely képalkotó eszközzel, anyaggal újra előállíthatjuk, a különböző képfelvevő, képrögzítő, képtovábbító, megjelenítő eszközök színterjedelmét összehangolhatjuk.

A **színmérés történhet:**

- feketetest sugárzó különböző hőmérsékleteken keletkező színeihez hasonlítva (korrelált színhőmérséklet),
- három reprezentatív szín mennyiségi arányához hasonlítva (trikromatikus színmérés).



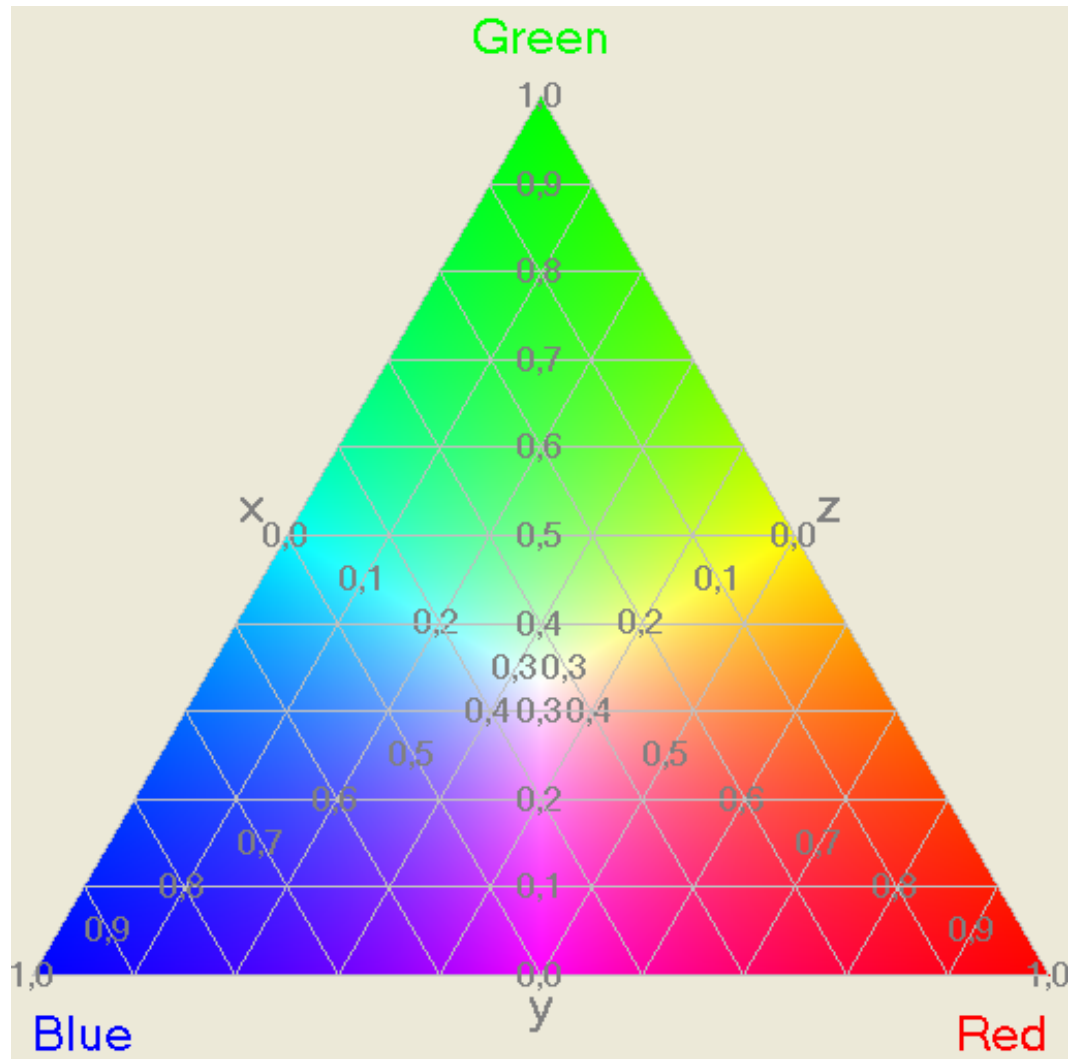
Valamennyi színérzet létrehozható három egymástól független szín additív keverékével. (A három szín akkor független egymástól, ha egyik sem hozható létre a másik kettő keverékeként.)

$$C_{\text{színminta}} = R(R) + G(G) + B(B)$$

A színminta és kettő vagy több alapszín additív keverékének metamer egyezését színmegfelelésnek, illetve színmegfeleltetésnek (Color Matching) nevezik.

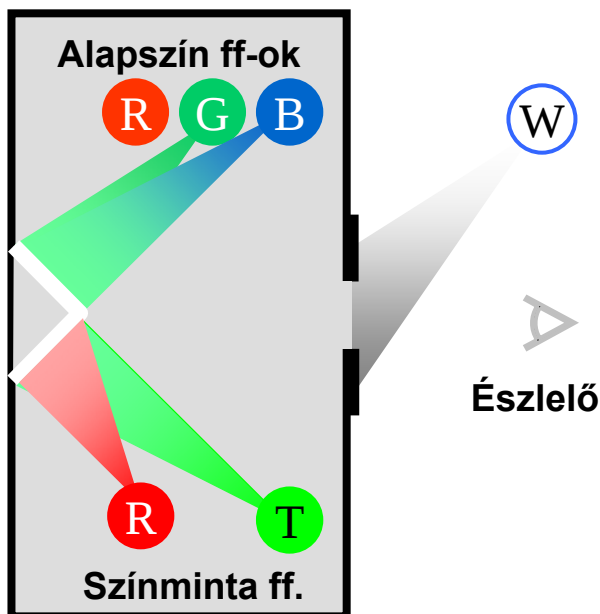
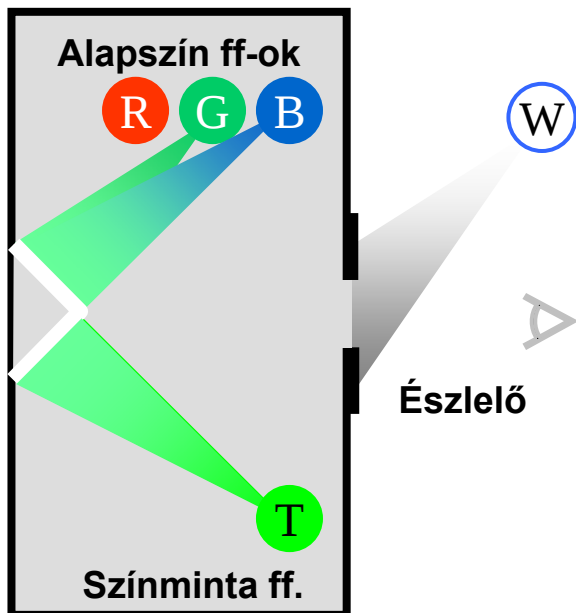
Az alapszínek jelölése: pl. (R), (G), (B).

A három alapszín arányával a színek „mérhetők”, a színek egymáshoz viszonyított helye 2D és 3D-s koordinátarendszerben ábrázolható.



Maxwell színháromszög, 1857

27 Trikromatikus színmérés: negatív színek

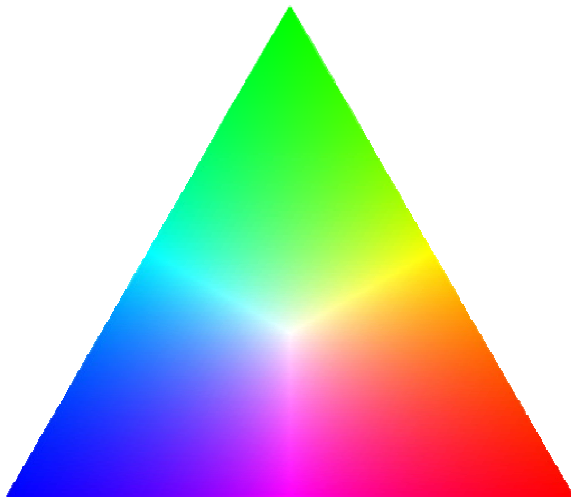
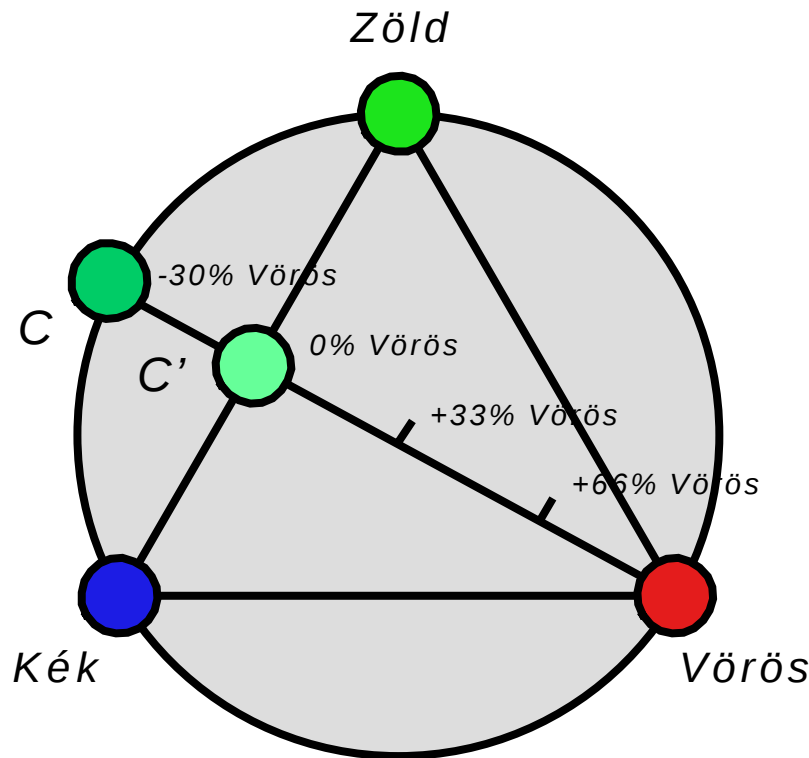


A három alapszínnel történő mérés fogyatékoossága: két szín additív keveréke mindig kevésbé telített színt eredményez, a hozzáadott harmadik alapszín a fehértartalmat növeli.

Ezért a színek egy része csak két méréssel katalogizálható:

1. az első mérés a színmintát a két közelálló alapszín keverékével hasonlítja össze;
2. a második mérés a színmintához a harmadik alapszínből annyit tesz hozzá, annnyival tompítja, hogy az megfeleljen a másik kettő keverékének. Ez utóbbi hozzáadott alapszín értéke tehát negatív előjelű.

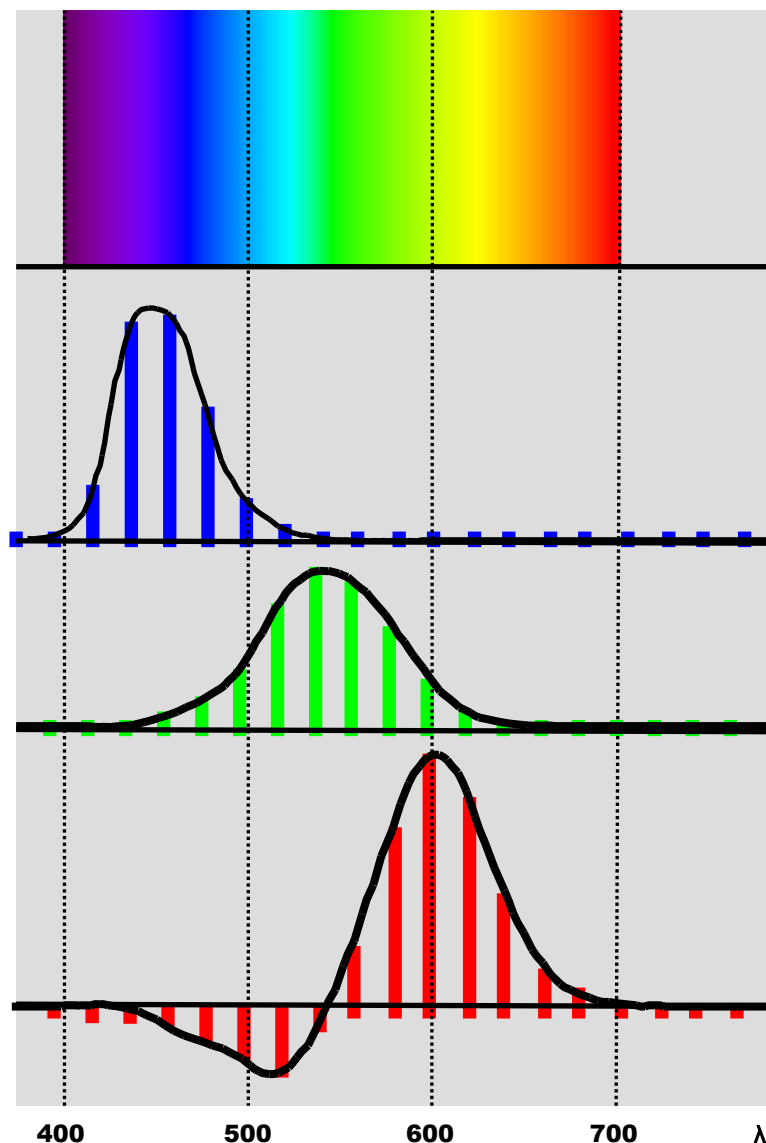
28 Trikromatikus színmérés: negatív színek



A három alapszínnel történő mérés fogyatékoossága: két szín additív keveréke mindig kevésbé telített színt eredményez, a hozzáadott harmadik alapszín a fehértartalmat növeli.

Ezért a színek egy része csak két méréssel katalogizálható:

1. az első mérés a színmintát a két közelálló alapszín keverékével hasonlítja össze;
2. a második mérés a színmintához a harmadik alapszínből annyit tesz hozzá, annnyival tompítja, hogy az megfeleljen a másik kettő keverékének. Ez utóbbi hozzáadott alapszín értéke tehát negatív előjelű.



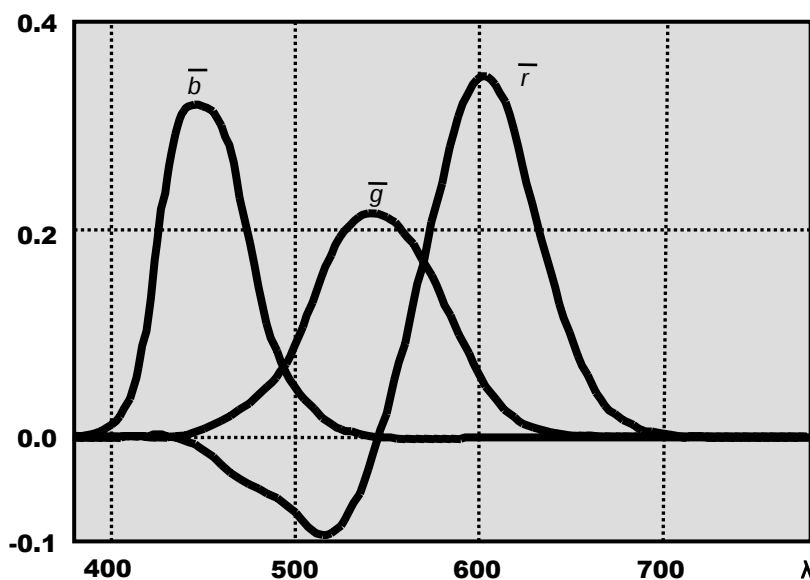
Három alapszín mennyiségi (fényerősség) arányai, amelyeknek additív keverékei azonosnak látszanak a spektrumot alkotó monokromatikus színekkel.

Összehasonlító színmérés csak vizuálisan végezhető el, mert a metamer egyezést csak az agy képes megállapítani. A szín(inger)-megfeleltető függvények segítségével a három alapszín aránya műszeresen is megállapítható.

Szín(inger)-megfeleltető függvények három választott alapszín – kísérleti úton, 5 nm-es közökkel, vizuális összehasonlítással megállapított – mennyiségi arányai, melyeknek additív keverékei azonosnak látszanak, megfelelnek a spektrumot alkotó színekkel. (Spektrum színek: közel egy hullámhosszból álló, un. monokromatikus színek.)

Jelölésük: $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$.

A három alapszín alapmennyiségei az $1(R) + 4,5907(G) + 0,601(B)$ fénysűrűség arányok, hogy az additív keverékük fehér színnek feleljen meg.



CIE 1931-es 2°-os $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ és $\bar{b}(\lambda)$ színinger-megfeleltető függvények.

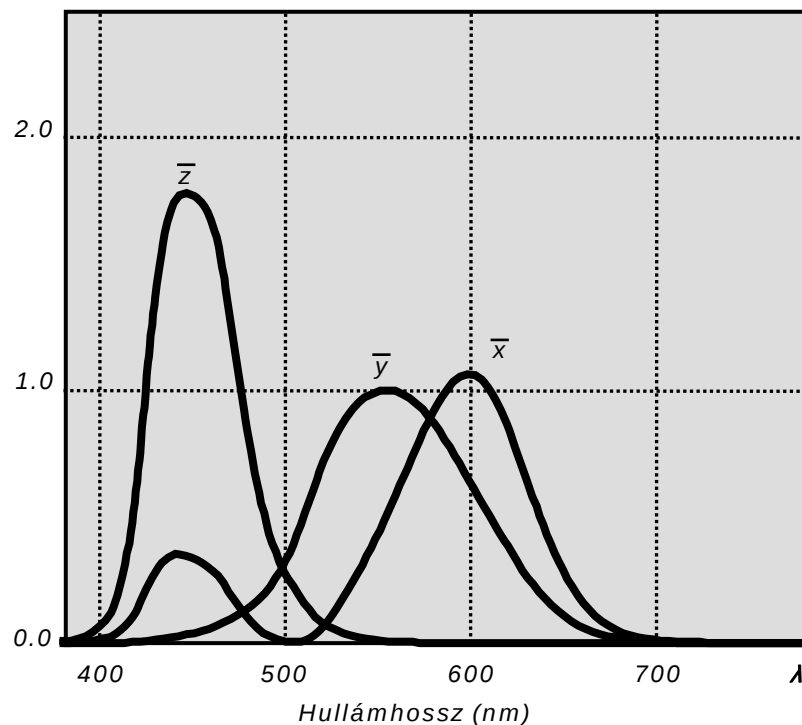
A függvények közül kettő egyes hullámhossztartományokban negatív értéket vesz fel. A negatív adatok megnehezítették korabeli színmérő számításokat, amelyek kézzel történtek.

Színinger-megfeleltető függvény segítségével egy színminta műszeresen mért spektrális eloszlásában hullámhosszról - hullámhosszra ($d\lambda$ -ként) kiszámítható a három alapszín mennyiségi aránya. Az arányszámok összesítése (integrálása) ugyanazt az eredményt adja mint a vizuális összehasonlító színmérés.

Összesítés után kapott számhármast mint „mennyiség” a szín mértékszáma, elnevezése szín(inger)-összetevők. (A színinger-megfeleltető függvények a szín mértékegysége.)

Jelölésük: R, G, B.

A szín(inger)-összetevőkkel mint vektorokkal a színek 3D vagy 2D-s koordináta-rendszerben elhelyezhetők, rendszerezhetők.



CIE 1931-es 2°-os $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ és $\bar{z}(\lambda)$ színinger-megfeleltető függvények.

CIE 1931-es transzformációs együtthatók:

$$(X) = 2.76888 (R) + 1.75175 (G) + 1.13016 (B)$$

$$(Y) = 1.00000 (R) + 4.59070 (G) + 0.06010 (B)$$

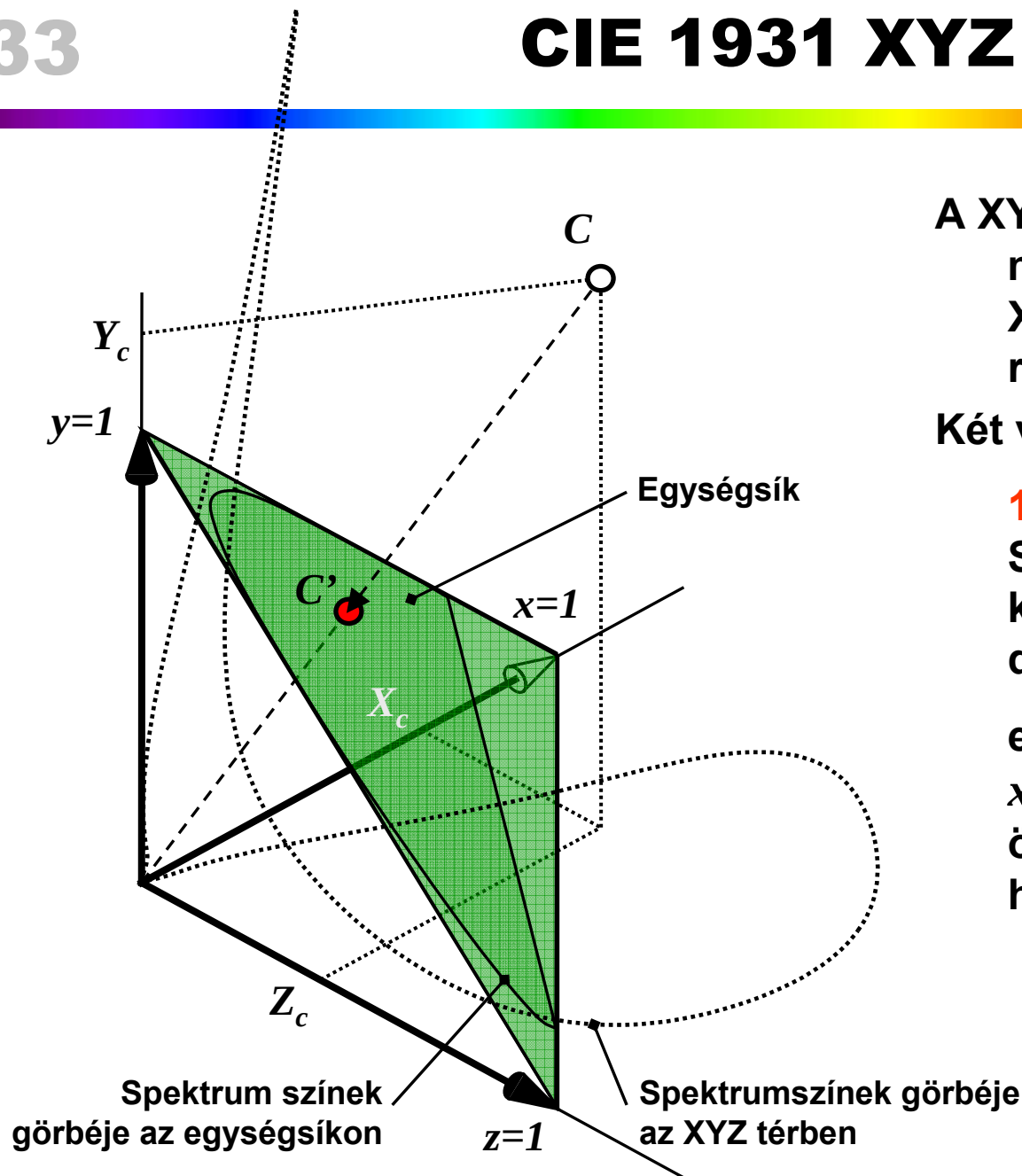
$$(Z) = 0.00000 (R) + 0.05651 (G) + 5.59427 (B)$$

Az 1931-ben szabványosított CIE 1931 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ színinger-megfeleltető függvények az rgb függvények lineáris mátrix-transzformációja.

A transzformáció céljai és eredménye:

- A negatív előjelű mértékszámok megszüntetése.
- A színmérés és a fénymérés összekapcsolása: az $\bar{y}(\lambda)$ alakja azonos a $V(\lambda)$ láthatósági függvénnyel, ezért az Y színösszetevő egyúttal fotometriai mennyiség is.
- A színmérés és rendszerezés összekapcsolása: a színek a szíenkoordináta-rendszer egy tényolcadába csoportosulnak.
- Az alapszínek már nem realizálható, képzetes színek, jelölésük: (X), (Y), (Z).
- Színinger-összetevők (mértékszámok) jelölése: X, Y, Z.

Eszközfüggetlen színrendszerek



C színminta és a spektrumszínek helye az XYZ színtérben és centrális vetülete az egységsíkon.

A XYZ színinger-összetevőkkel meghatározott színek rendszerezése az XYZ és az xyY koordináta-rendszerekben történik.

Két vetítés egymásután:

1. vetítés. Az XYZ színtér (XYZ Color Space) pontjai a három egységvektorral kifeszített egységsíkra kerülnek, mert definíció szerint

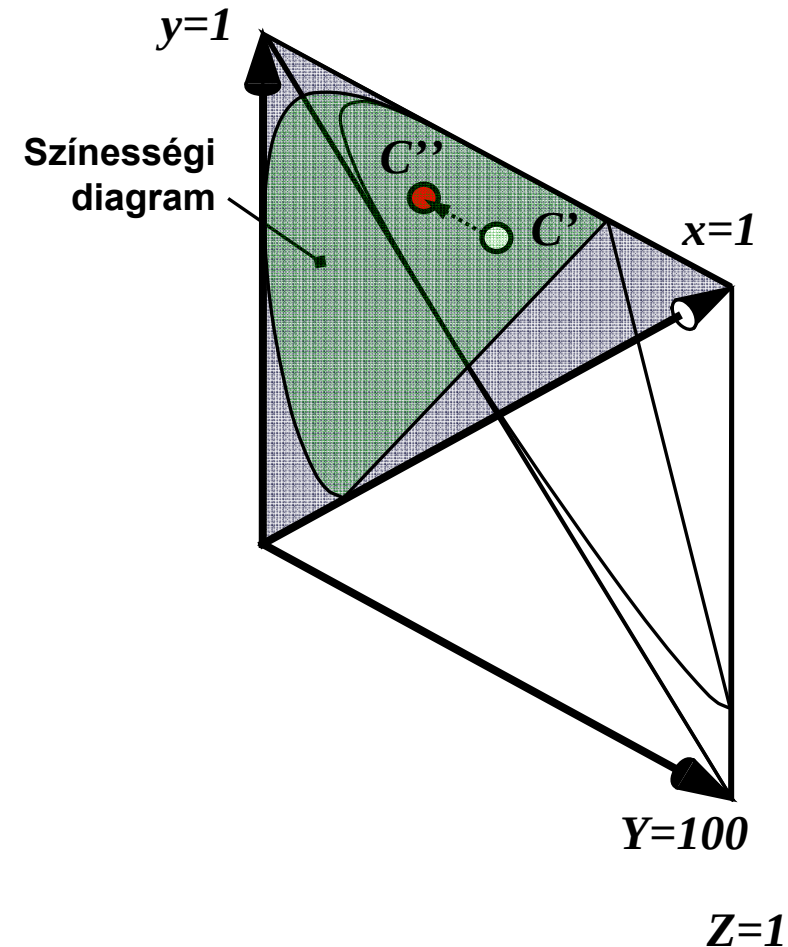
egy *C* színminta koordinátái (jelölésük: *x*, *y*, *z*), az X, Y és Z színinger-összetevők és azok összegének hányadosa. Képlettel:

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$z = Z / (X + Y + Z)$$

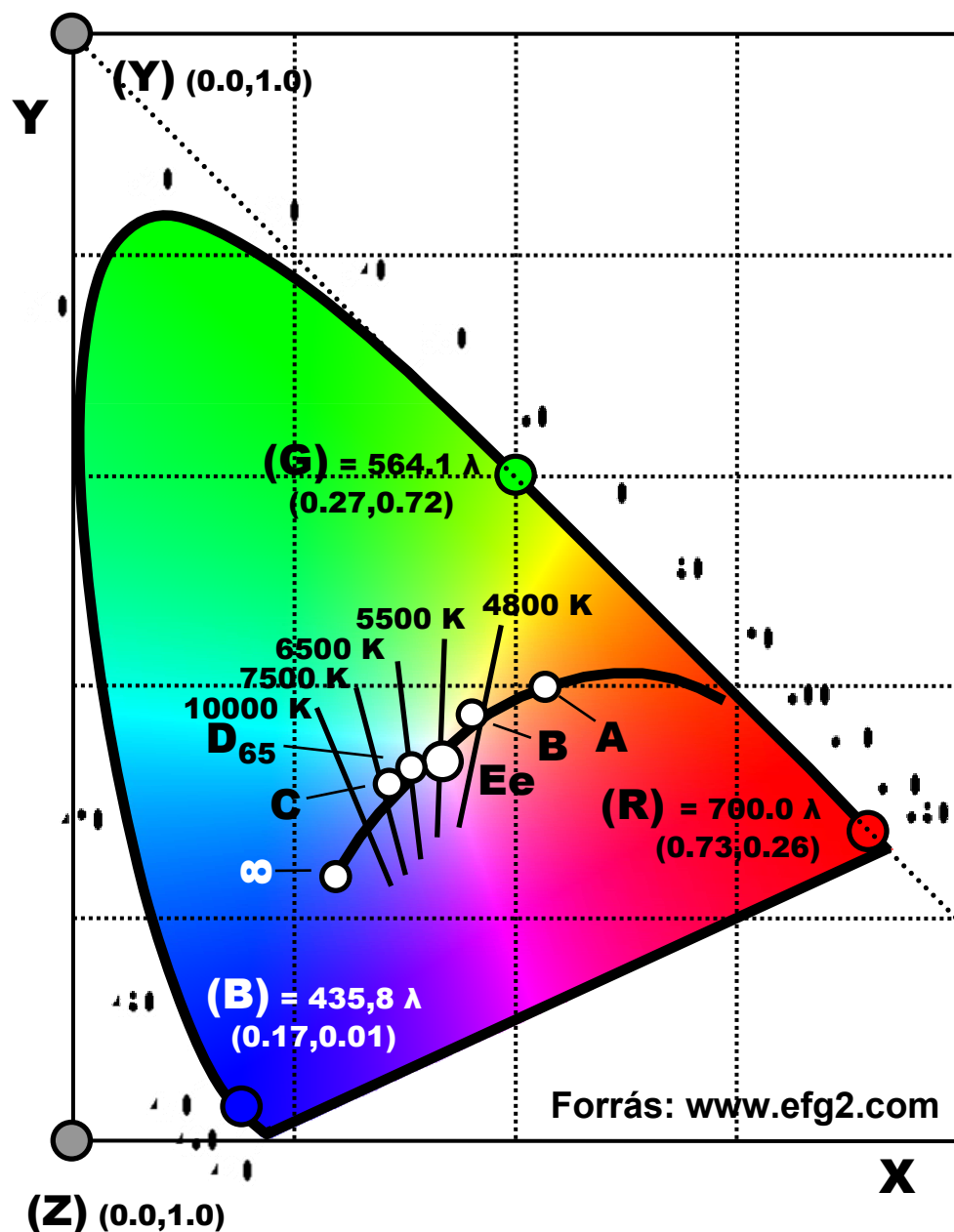
$$\text{így } x + y + z = 1$$



2. vetítés. Mivel $z = 1 - x - y$, a z koordináta redundáns adat, ezért elmarad. Az egységsík a koordináta-rendszer X, Y síkjára vetül, a színeket x, y koordináta-pár határozza meg.

Az ábrázolási mód elnevezése CIE 1931 xyY színességi diagram (Chromaticity Diagram).

	R=1	G=1	B=1
Hullámhossz (λ)	700	564,1	435,8
Fénysűrűség (L)	1	4,59	0,06
x, y koordináták	0.73, 0.26	0.27, 0.71	0.17, 0.01



Helyek (Locus*)

(X), (Y), (Z) képzetes alapszínek

(R), (G), (B) alapszínek

Spektrum színek (monokromatikus színek)

Bíbor színek

Feketetest színek (Planck görbe)

CIE szabványos megvilágítók

Ee fehér (5500 K**, 0.33, 0.33)

A wolfram izzólámpa (2856 K, 0.45, 0.41)

B közvetlen napfény (4874 K**, 0.35, 0.35)

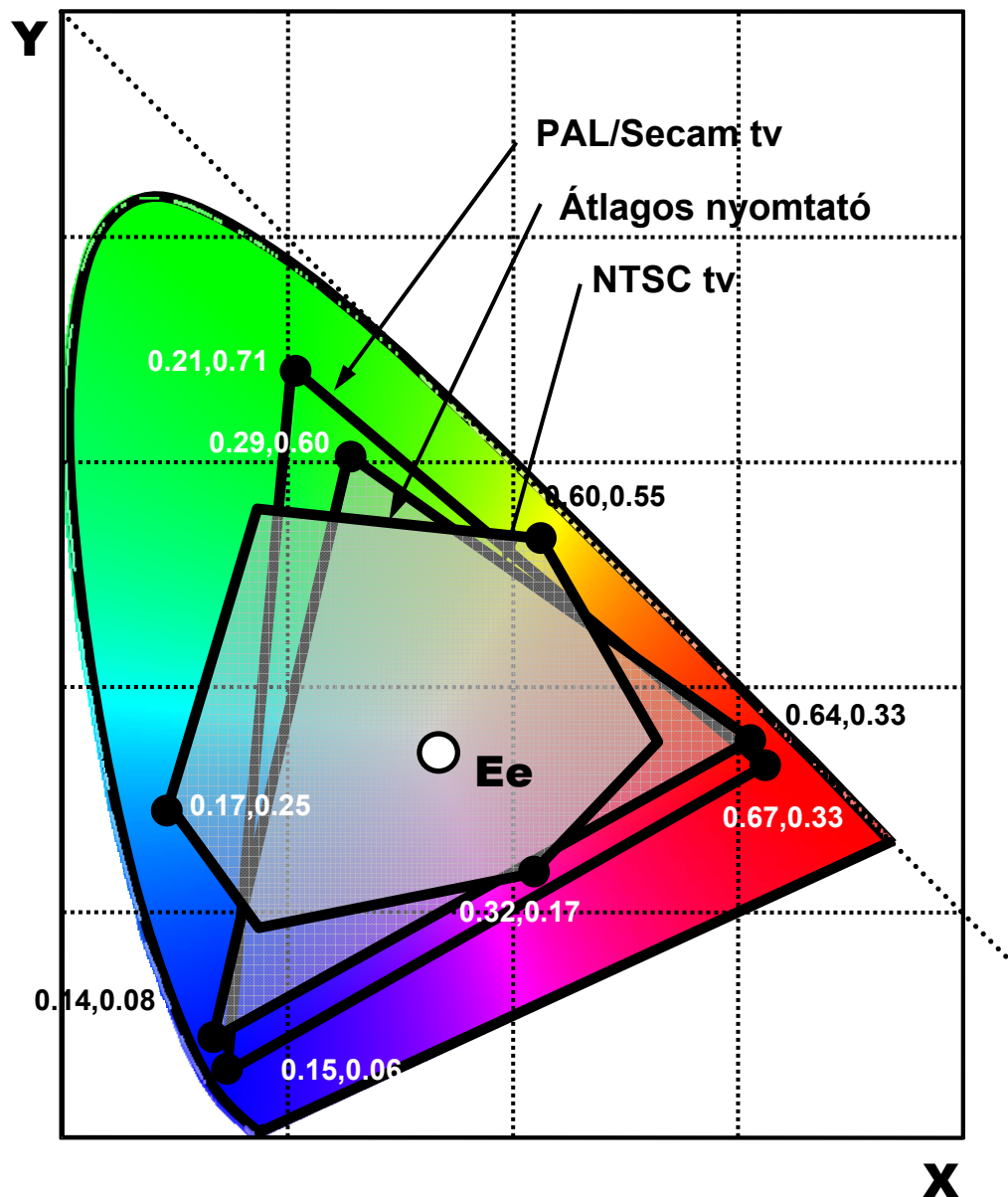
D65 átlagolt nappali fény (6504 K**, 0.31, 0.33)

C átlagos nappali fény (6774 K**, 0.31, 0.32)

∞ K (0.24, 0.23)

(X) (1.0, 0.0)

• locus, loci - lat. hely, helyek.
** korrelált színhőmérséklet



Gamut (színterjedelem)

a képkötő (felvő, rögzítő, továbbító, megjelenítő) eszközök színrögzítő illetve színvisszaadó képessége.

Példák:

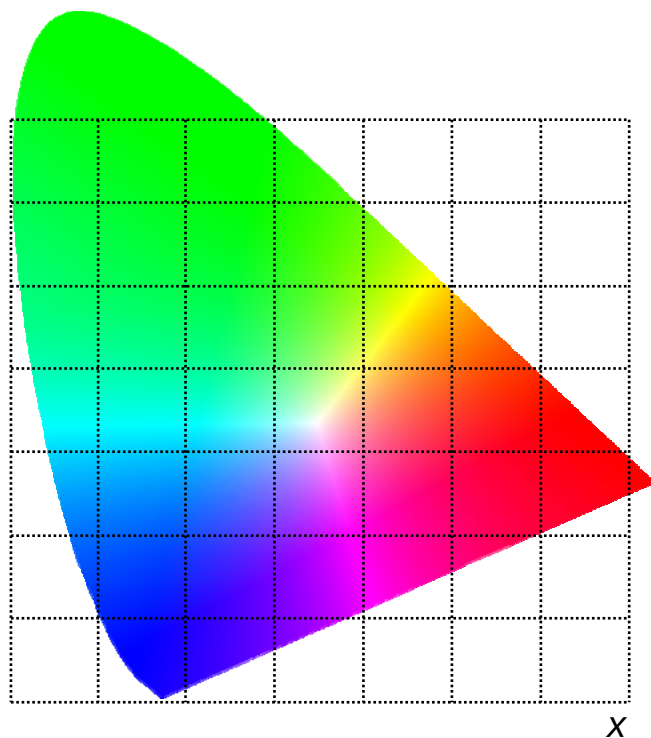
PAL/Secam (európai tv)

NTSC (USA tv)

CMYK (átlagos nyomtató)

A képkötő lánc (pl. szkennert – képernyő – nyomtató) színeinek összehangolására a Color Management eljárás szolgál.

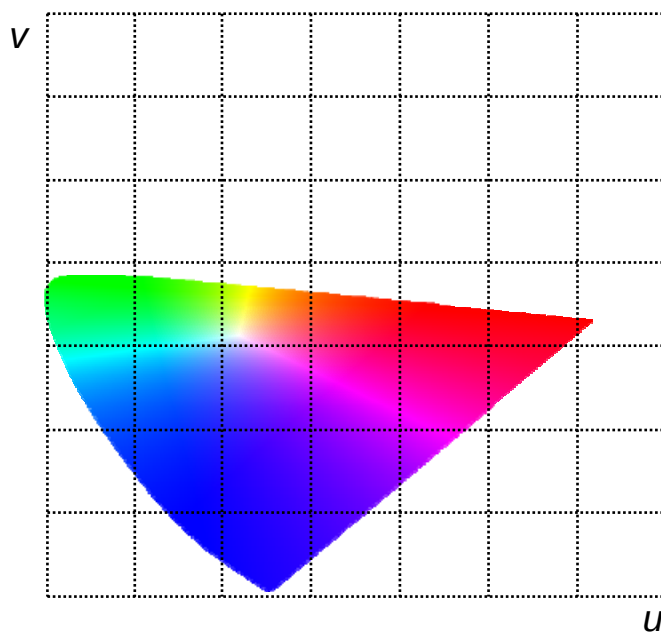
CIE 1931 xy színességi diagram



$$x = X/(X+Y+Z) =$$

$$y = Y/(X+Y+Z) =$$

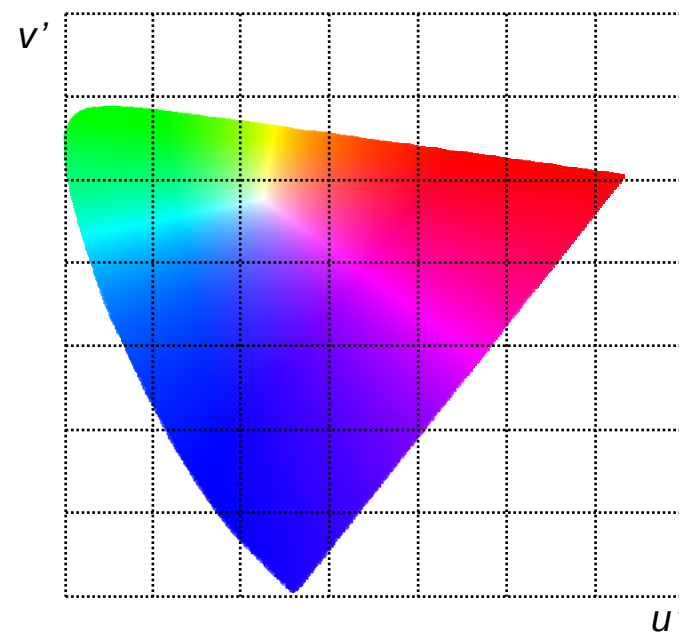
CIE 1964 uv színességi diagram



$$u = 4X/(X+15Y+3Z) = 4x(-2+12y+3)$$

$$v = 6Y/(X+15Y+3Z) = 6y(-x+12y+3)$$

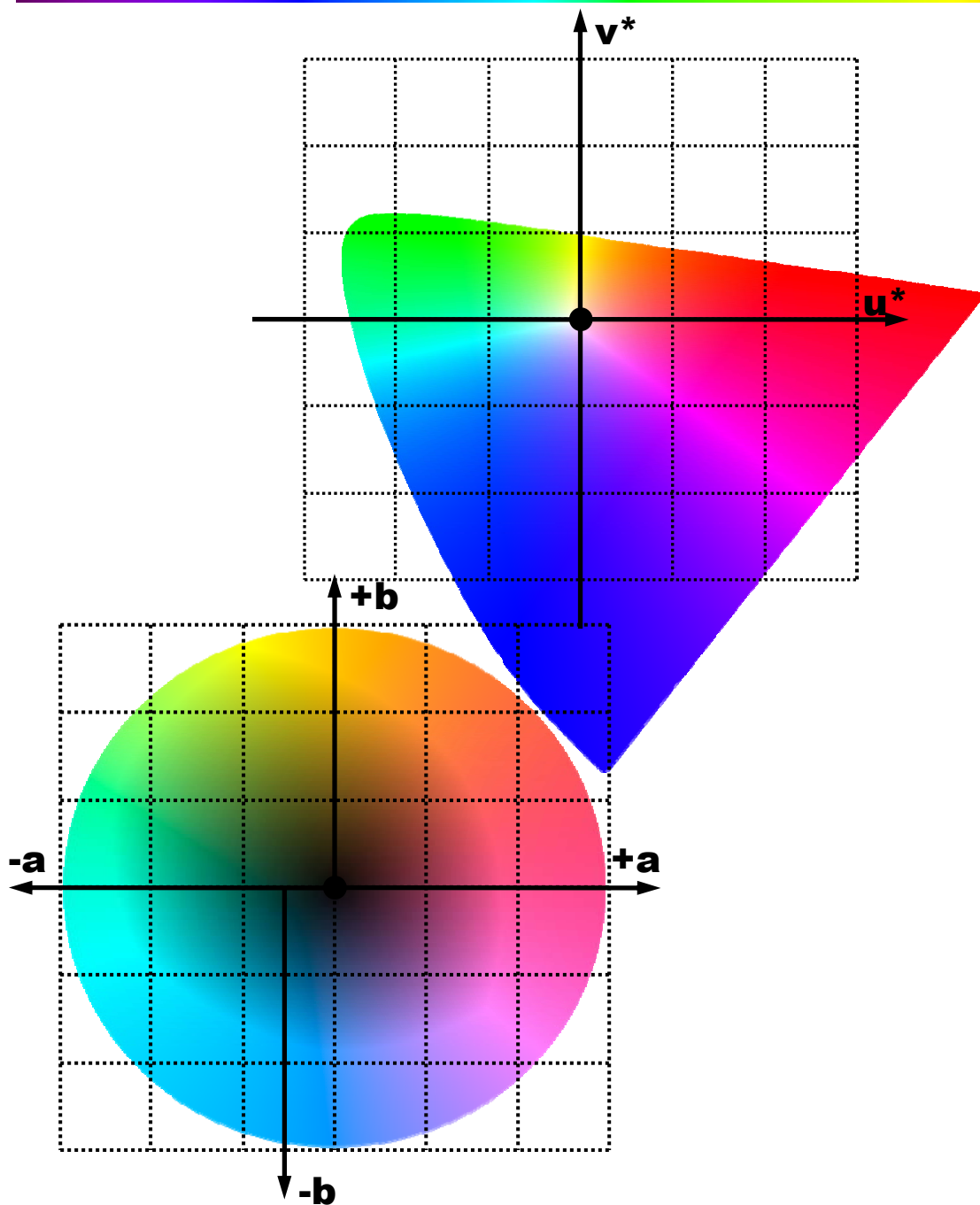
CIE 1976 u'v' színességi diagram



$$u' = 4X/(X+15Y+3Z) = 4x(-2+12y+3)$$

$$v' = 9Y/(X+15Y+3Z) = 9y(-2x+12y+3)$$

CIELUV és CIELAB színtér



1976-ban elfogadott két egyenrangú színtér.

L^* (Lightness) világosság tengely azonos: a színek akromatikus világossága fekete (0) és fehér (100) közötti zárt skálán helyezkednek el.

CIELUV 1976 színtér a TV, videó rendszerek beállításához használatos.

u^* és v^* tengelyek a fehér pontba tolt CIE 1976 UCS u' és v' tengelyek.

CIELAB 1976 színtér a festék-, textil-, műanyag és nyomdaiparban elterjedt.

a^* tengely: zöld ($-a$) és vörös ($+a$) nyitott skála.

b^* tengely: kék ($-b$) és sárga ($+b$) nyitott skála.

39 Színmegjelenés modellek 1997-2002

Új célok:

előre becsülni (predict) a színek megjelenését (color appearance), amely módosul:

- média váltásnál: ugyanaz a CIE XYZ szín másnak látszik a képernyőn és nyomaton,
- azonos médián, de különböző megvilágítási körülmények között,
- a színadaptáció különböző fázisaiban.



A CIECAM (Color Appearance Model) a CIE 1997-ben bevezetett kísérleti számítási rendszere

Utolsó verzió 2002 CIECAM02 egyszerűsített változat.

A színmegjelenés modellekkel számítható:

Technikai különbségek:

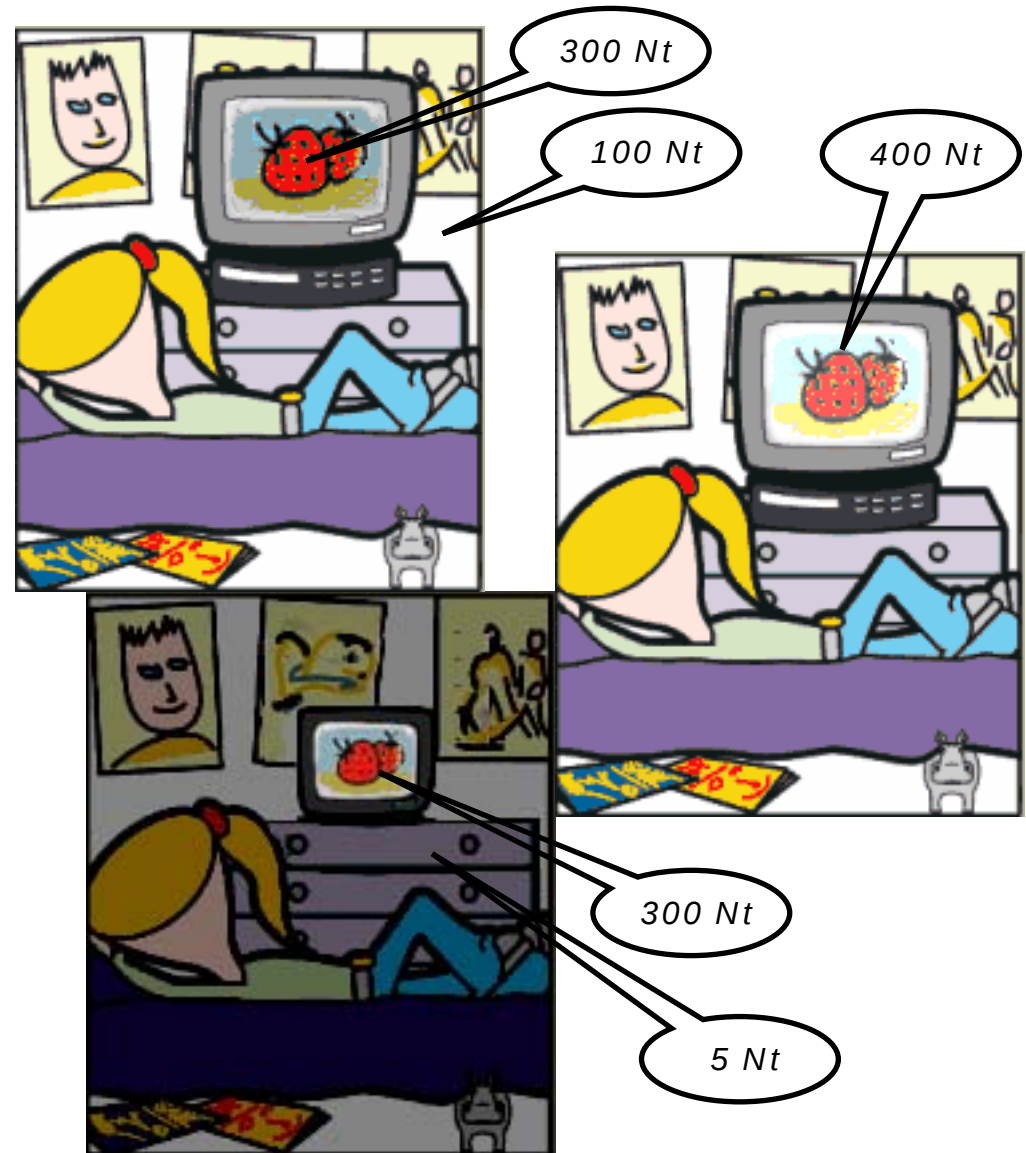
- eltérő általános fénysűrűség,
- eltérő felbontás (színmélységben, térben),
- eltérő képjellemzők (gamma, gamut, dinamika, stb.)

Eltérő látási körülmények:

- szomszédos színek,
- háttér megvilágítása,
- környezet megvilágítása,

Képi tartalom:

- pszichofizikai tényezők,
- pszichológiai tényezők: méret, alak (forma), mélység, viszony.
- kognitív értékelés.



Eszközvezérlő színrendszerek

Eszközfüggő (eszközvezérlő)

színrendszerek a képrögzítő, tároló, továbbító és megjelenítő eszközökkel megvalósítható színek koordináta-rendszerbe foglalt halmaza.

Feladatuk: a színek kódolása és dekódolása, az eszközök vezérlése.

Adott eszközzel megvalósítható színterjedelem (gamut, színtest) kitölti a koordináta-rendszert.

EF színikoordináta-rendszer koordinátái (vektori) lehetnek:

- **színösszetevők** (pl. RGB), vagy...
- **pszichofizikai színjellemzők** (pl. szín, telítettség, világosság).

EF színikoordináta-rendszerek főbb típusai: Descartes, hengeres.

EF koordináta-rendszerek normalizáltak: a számításokban a koordináták 0-1 közötti értéket kapnak.

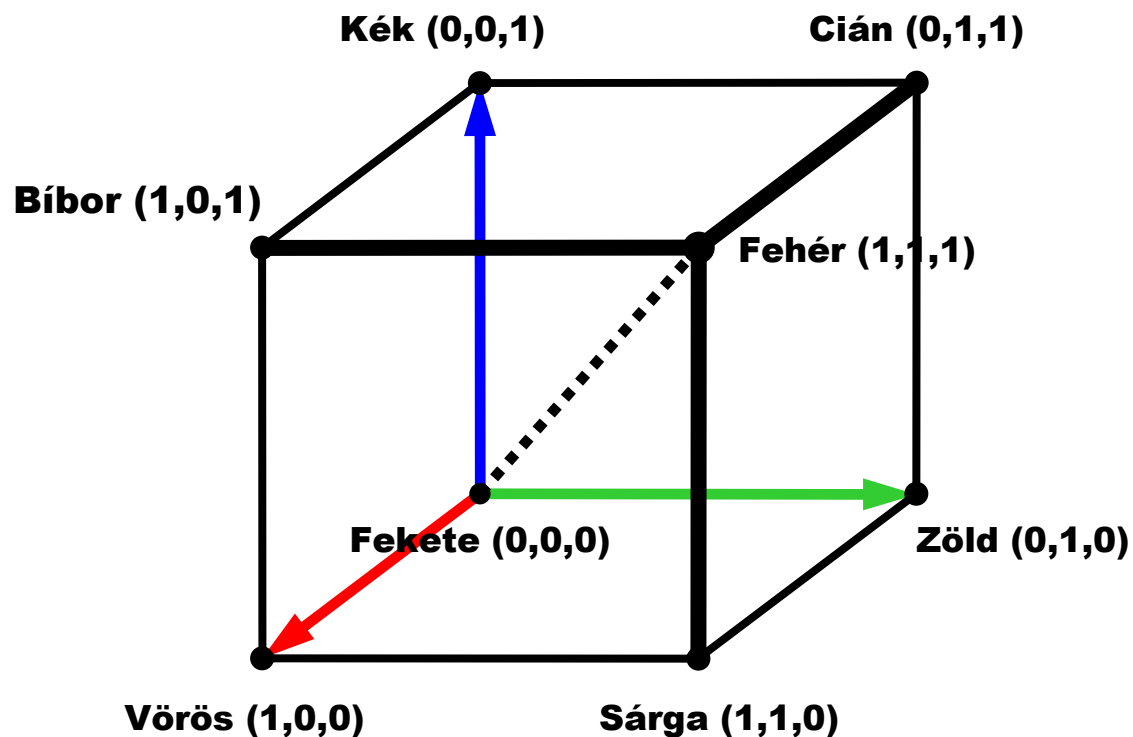
0 = a színösszetevőnek elvben nincs fénysűrűsége, (összeadó színkeverés), illetve max. a fényelnyelése, (kivonó színkeverés, nyomtatás).

1 = a színösszetevő max. fénysűrűségű, illetve min. a fényelnyelése*.

A kivezérelt tényleges érték az eszköz képességeitől függ:

- árnyalatszám (2, 8, 16, 64, 256 stb.),
- min. fénysűrűség, max. fényelnyelés,
- max. fénysűrűség, min. fényelnyelés.

* A kivonó színkeverés csak elvben inverze az összeadónak.



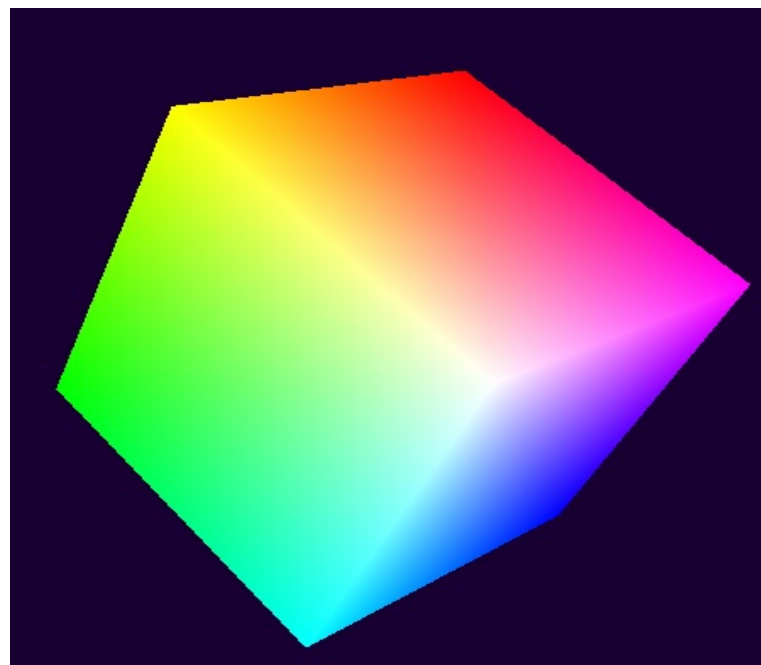
RGB színrendszer

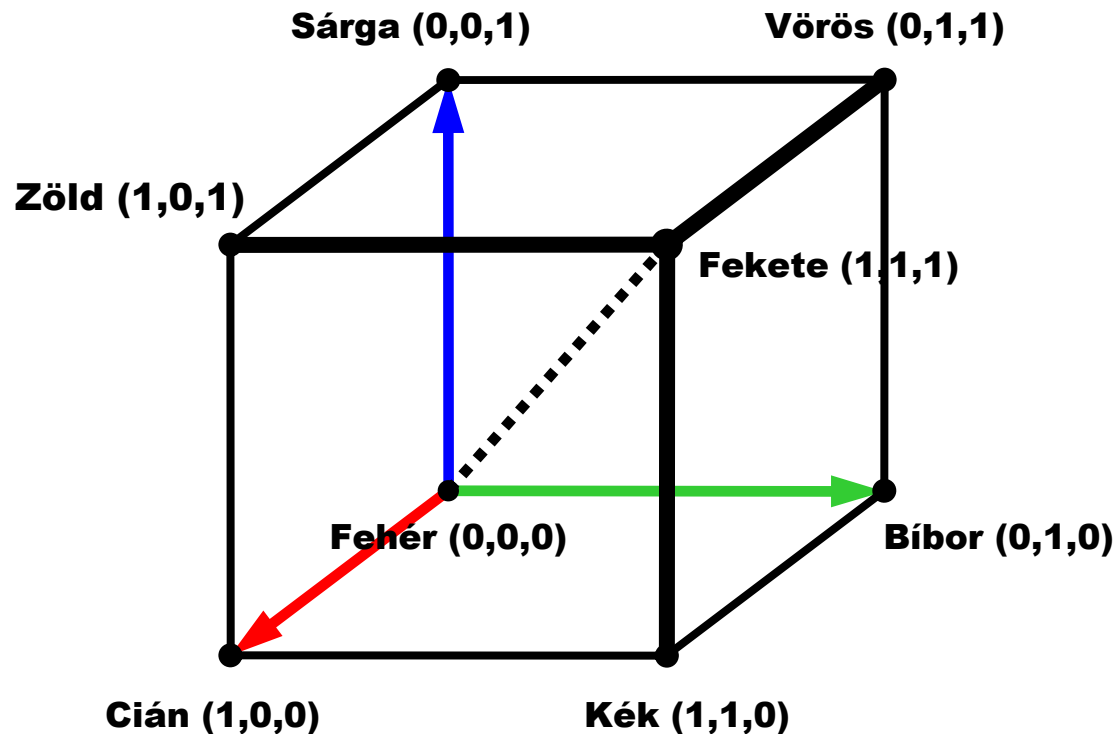
Színösszetevőket vezérlő Descartes koordináta-rendszer.

Színterjedelem (gamut, színtest) kocka alakú.

Színérzetek közötti távolság nem egyenletes.

Nem szemléletes, a felhasználó számára a színkeverés és színbeállítás nehézkes.





CMY színrendszer

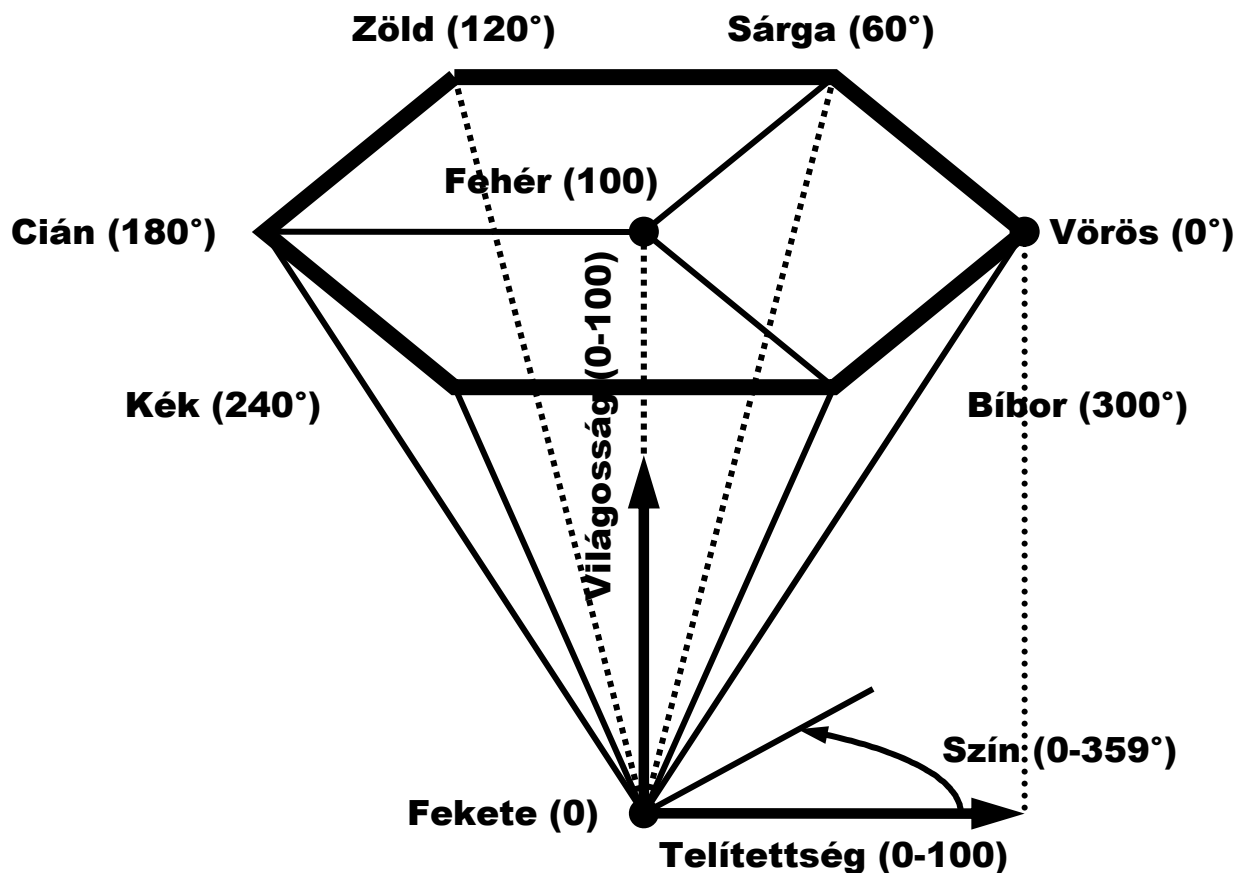
Kivonó színkeveréssel megvalósítható színek 3D-s elrendezése, az RGB színrendszer inverze.

A három színösszetevő: sárga, cián (türkizkék) és a magenta (bíbor).

Nyomtató vezérlésre nem alkalmas.
Bővebbet a CMY rendszerek fejezetben.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$



Színinterpoláció a zöld és vörös között a HSV és az RGB színrendszerben.

HSV színrendszer

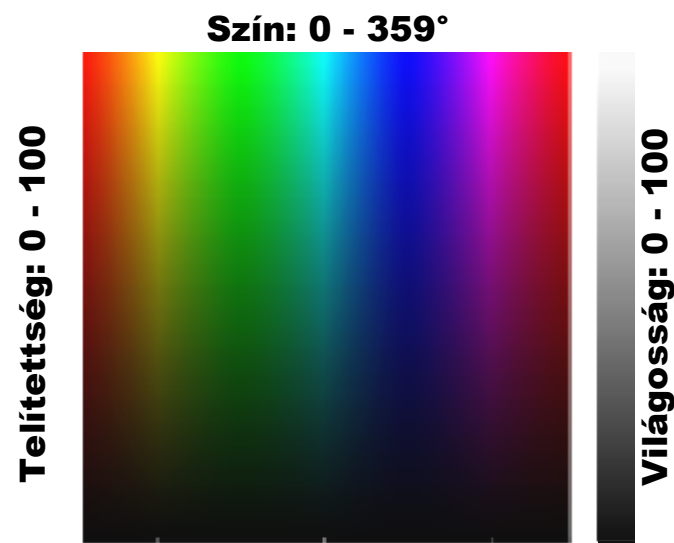
Pszichofizikai színjellemzőket vezérlő henger koordináta-rendszer.

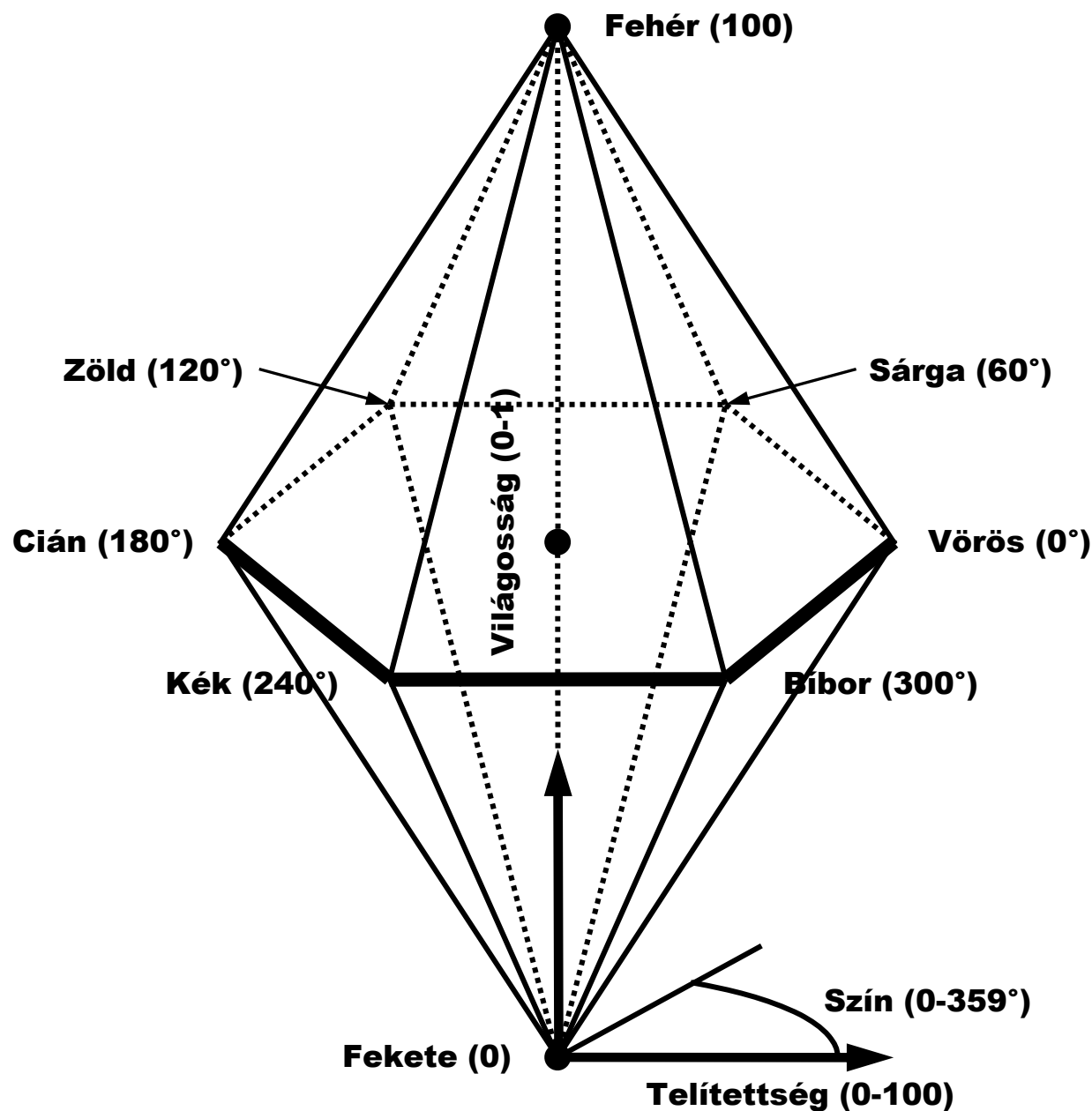
Hue = szín

Saturation = telítettség

Value = világosság

Színterjedelem (gamut, színtest) hatszögletű gúla alakú, az RGB kocka 2D-s vetülete.





HLS színrendszer

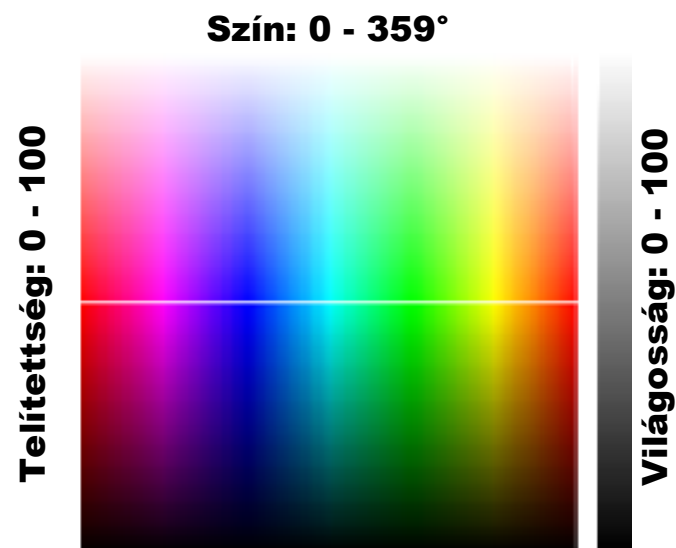
Pszichofizikai jellemzőket vezérlő henger koordináta-rendszer. Vektorai:

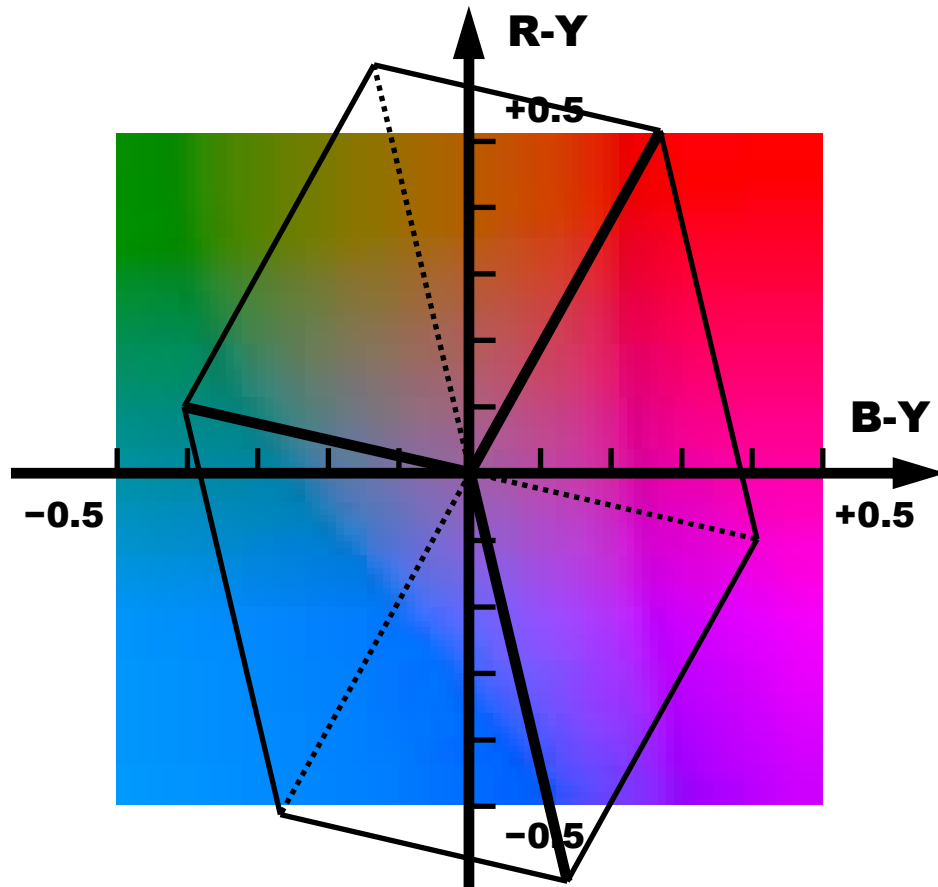
Hue = szín

Lightness = világosság

Saturation = telítettség

Színterjedelem (gamut, színtest) kettős hatszögletű gúla.





$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YUV/RGB transzformációs mátrix

A színes TV adás bevezetésének feltétele: fekete-fehér készülékkel is nézhető legyen. A színesség (árnyalat & telítettség) és a világosság információt el kellett különíteni.

Színkülönbség színrendszerek

az analóg / digitális színes TV-videó jel továbbításához*, rögzítéséhez használt színkoordináta-rendszerek.

Az RGB színterjedelem (gamut, színtest) csúcsára állított paralelepiped (lásd következő diát).

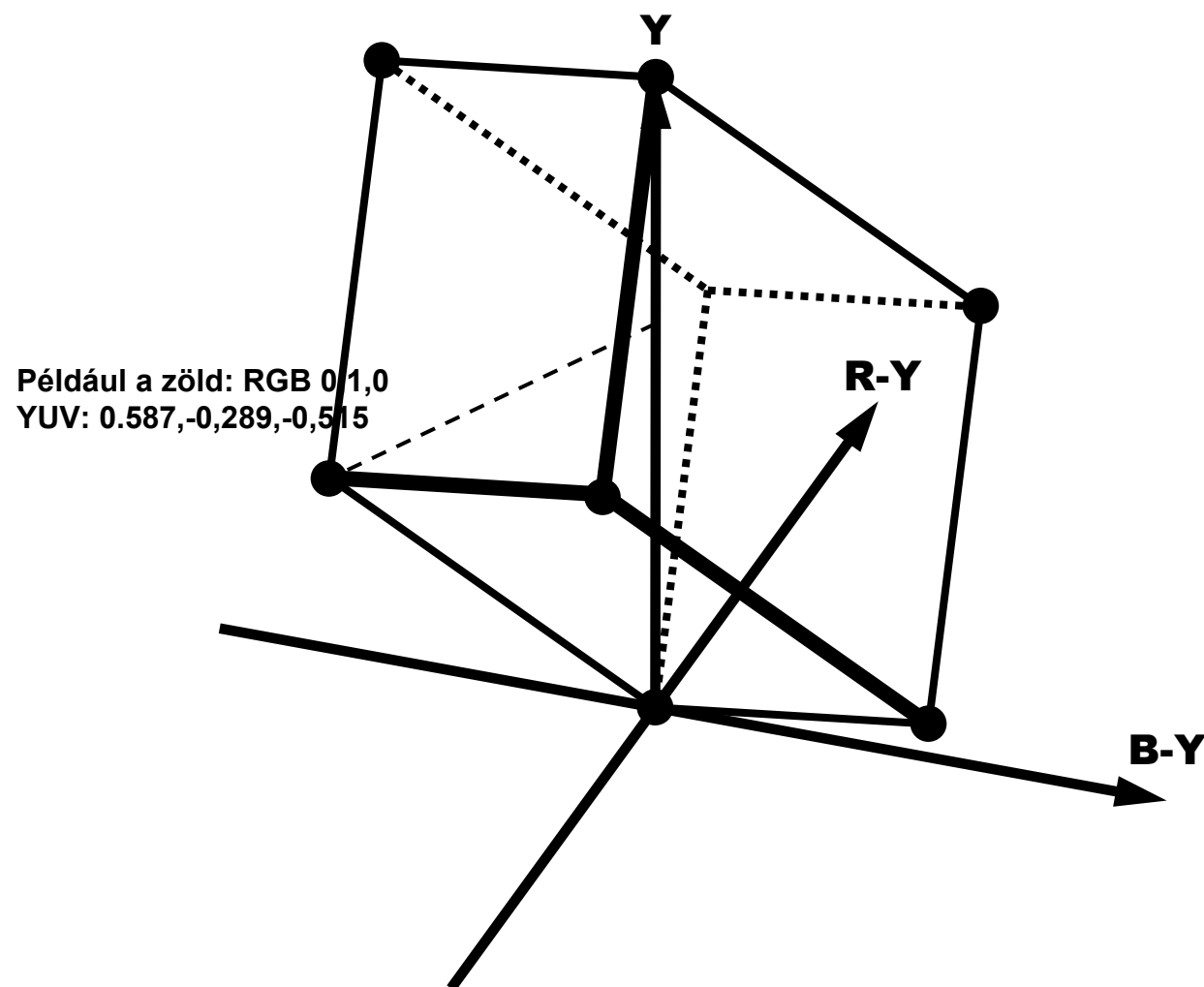
Y vektor a szín világosságát (fényssűrűségét) vezérli. Az Y jelben az RGB összetevők aránya:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

U vektor = Kék – Világosság (B–Y).

V vektor = Vörös – Világosság (R–Y).

* A felvétel és a megjelenítés továbbra is RGB színrendszerrel működik! Az RGB - YUV (YCC) konverzió a kamera, YUV (YCC) - RGB konverzió a vételi oldalon történik.



RGB színtest a YUV színekoordináta-rendszerben.
Felülnézetét lásd az előző dián.

Típusai csak az RGB transzfomációs mátrix értékeiben különböznek egymástól.

YUV - analóg jelgeneráláshoz (PAL és NTSC tv szabványok).

- Kompozit (egyesített YUV + hang földfelszíni analóg adásjel).
- Komponens (szétválasztott Y, U és V videojelek, hang nélkül).
- S-video (szétválasztott Y és UV videojelek, hang nélkül).

YIQ - analóg jelgeneráláshoz (NTSC tv, megszűnt).

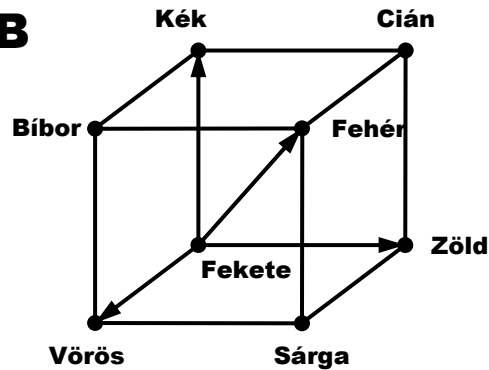
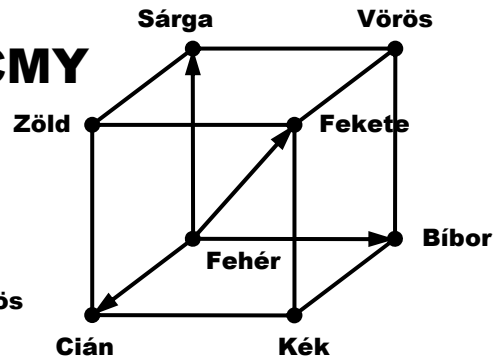
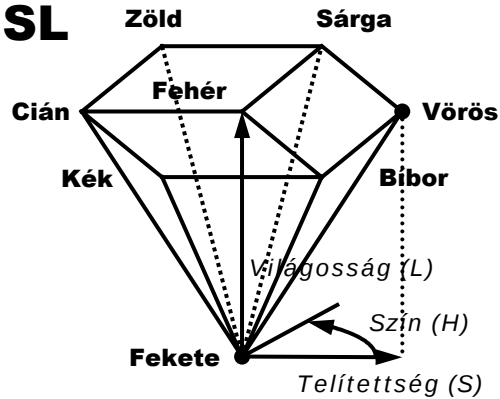
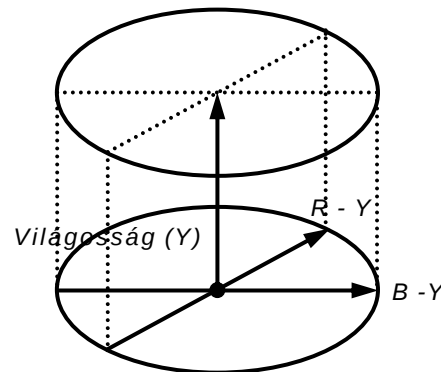
YCbCr - digitális jelgeneráláshoz, (dig. kamera/fényképezőgép, DVB, CD, DVD, HD-DVD, Blue-Ray, azaz minden eszköz, amely a jelfogadáshoz, továbbításhoz és rögzítéshez a Jpeg/Mpeg/WM9 képfájl formátumot használja).

YPbPr - analóg jelgeneráláshoz, a digitális képjelek analóg kimenete, megjelenítők analóg bemenete. Az RGB-YPPr trafómátrix ua. mint az RGB-YCC mátrix.



Y, Cb és Cr csatornákra bontott kép.

Fotó: Jodi Cobb <http://www.nationalgeographic.com/photography/biographies/cobb.html>

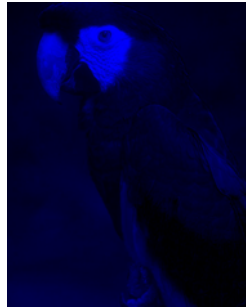
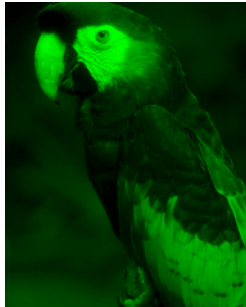
RGB**CMY****HSL****YCC**

Egy rendszeren belül a koordináta-rendszerek színpontjai kölcsönösen megfeleltethetők egymásnak, pl. az RGB és a HSL között.

A megfelelés többnyire itt sem lineáris, a színek közötti távolságok megváltozhatnak!

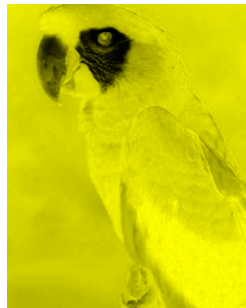
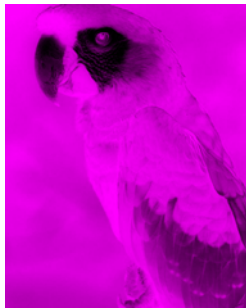
Különböző rendszerek között, pl. képernyő és a nyomtató között, a megfeleltetés, tehát a színazonosság csak korlátok között valósítható meg, mert az eszközök színterjedelme különböző.

A megfeleltetéshez, átosztáshoz a közös platformot az eszközfüggetlen színrendszerek szolgáltatják (színmenedzsment).



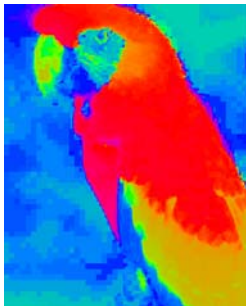
RGB

Vörös, kék, zöld



CMYK

Cián, bíbor, sárga, fekete



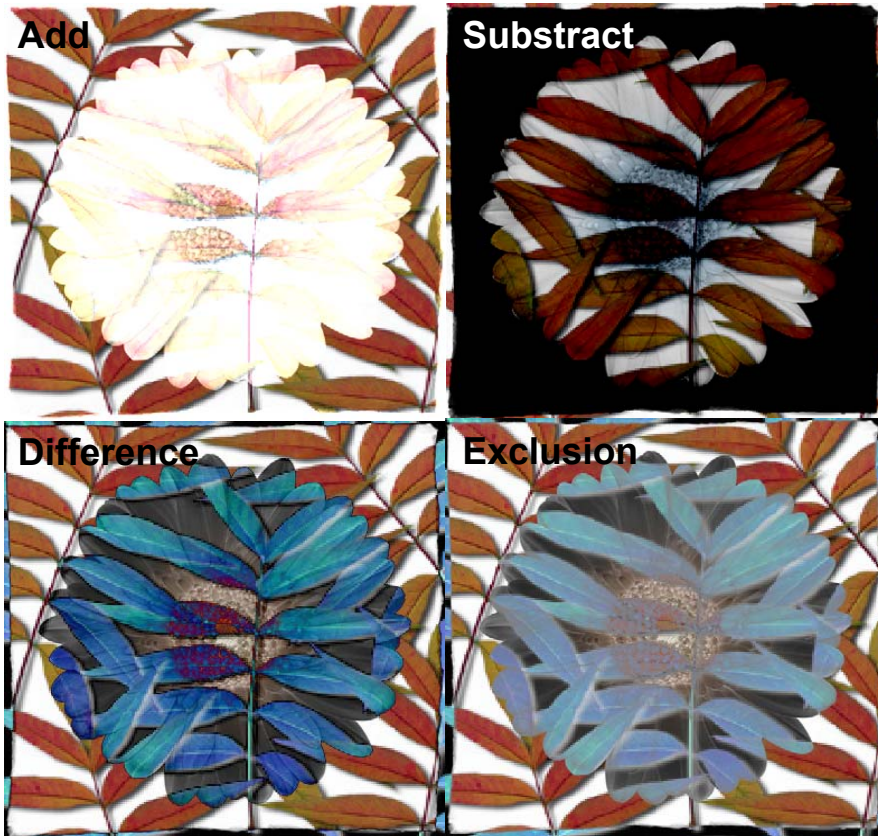
HSV, HLS stb.

Színezet, telítettség,
világosság,



YCbCr, YUV stb.

Világosság, B-Y króma, R-Y
króma



Add (összeadás) összeadja a háttér és az előtér színét. Az eredmény mindig világosabb szín, vagy fehér. A művelet kommutatív.

$$C = \min(H + E, 1)$$

Subtract (kivonás) kivonja a háttér és az előtér színét. Az eredmény mindig sötétebb szín, vagy fekete. A művelet kommutatív.

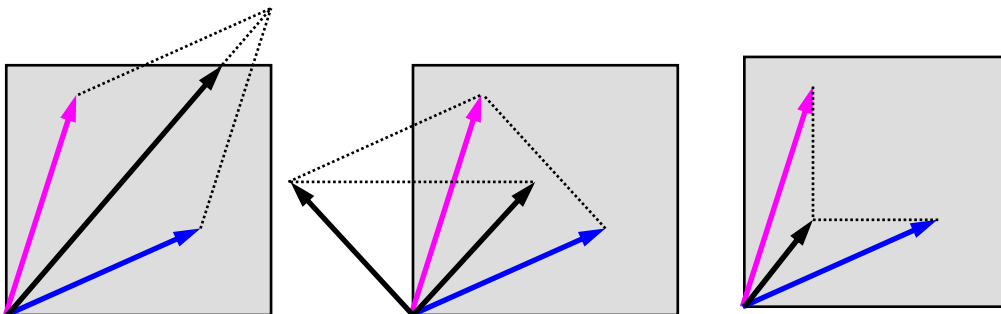
$$C = \max(H - E, 0)$$

Difference (különbözet) kivonja a háttér színéből az előtér színét, az eredmény abszolút értékét veszi. Ahol az előtér színe fekete, ott a háttérszín jelenik meg. A művelet kommutatív.

$$C = \text{abs}(H + E)$$

Exclusion (különbözet) hasonló eredményt ad mint a különbség, de gyengébb kontraszttal. A fehér előtérszín komplementer háttérszín eredményez, fekete esetén a háttérszín látszik.

$$C = (H + E) - 2 \cdot H \cdot E$$



www.star.bme.hu

© BME Építésmérnöki Kar, Építészeti Ábrázolás Tanszék munkaközössége: Batta Imre, Fejér Tamás, Kovács András, Kovács András Zsolt, Ledneczki Pál, Strommer László, Szoboszlai Mihály, 2007.

http://www.cs.rit.edu/~ncs/color/a_spaces.html