

A szín érzékelése

Firtha Ferenc

BCE, ÉTK, Fizika-Automatika Tanszék



© 2001 National Geographic Society. All rights reserved.

nationalgeographic.com



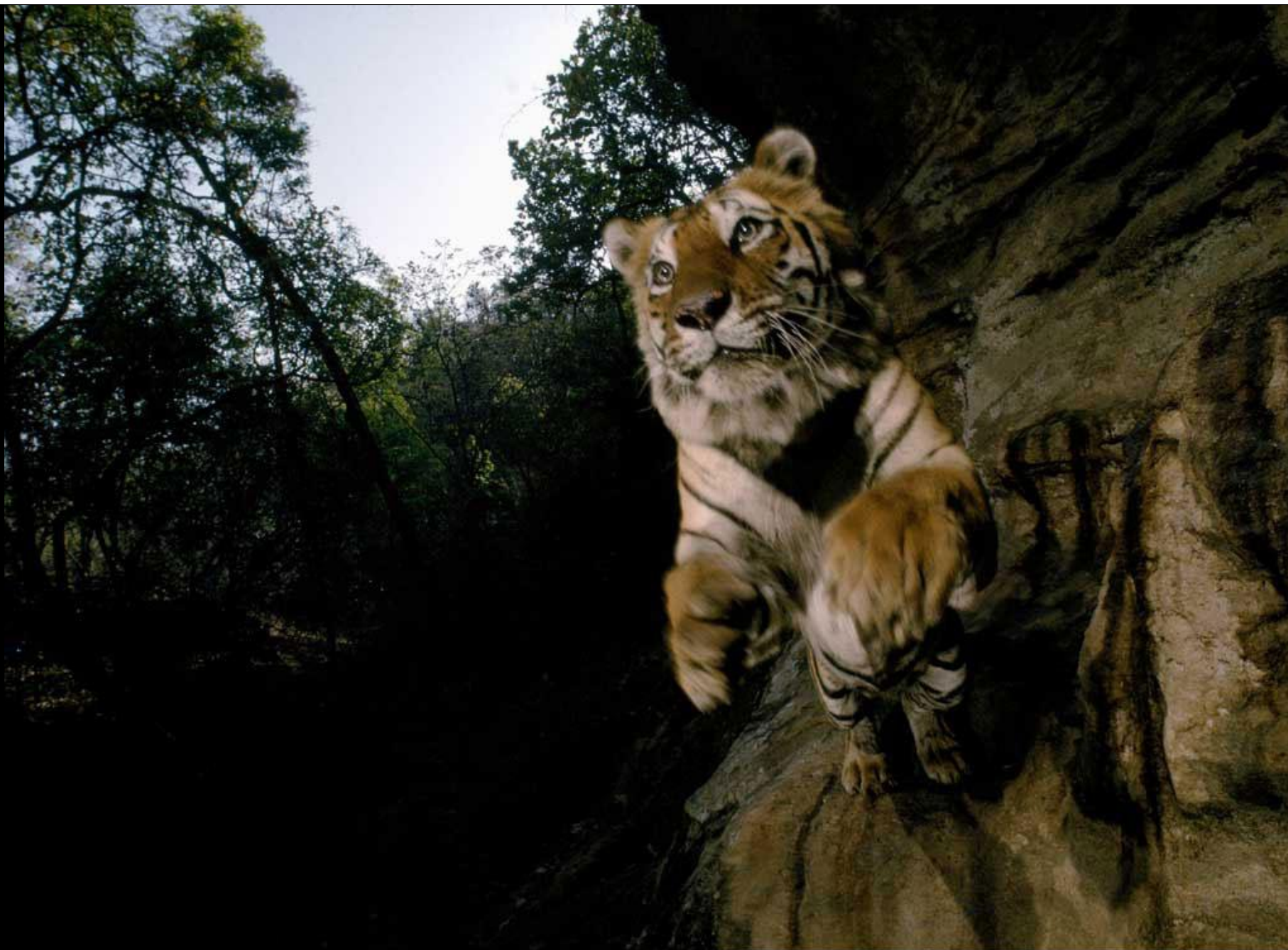
A szem (érzékelő), idegpályák (adatbusz) és agy (processzor) kapacitása véges, ezért a szín spektrális érzékelése helyett csak színingert érzékel és dolgoz fel



© 2001 National Geographic Society. All rights reserved.

nationalgeographic.com

A színérzet (spektrum helyett az RGB skalár) hely szerinti eloszlásának feldolgozásával gyorsabban el lehet dönteni, hogy mi táplálék, ki barát, ...



© 2002 National Geographic Society. All rights reserved.

 NATIONALGEOGRAPHIC.COM

és ki ragadozó.



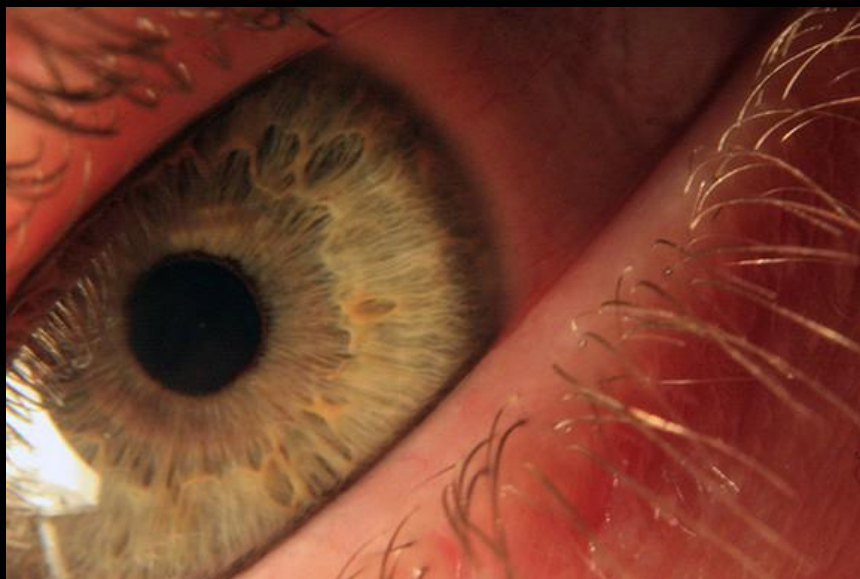




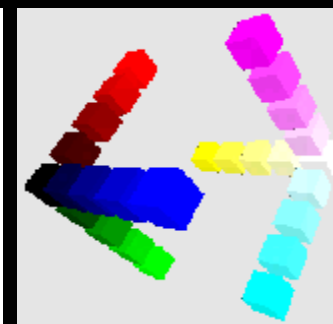
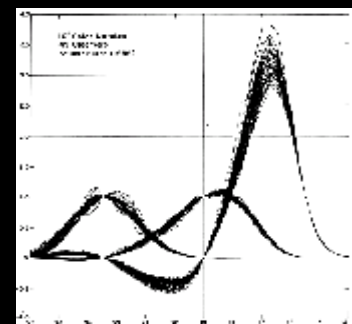




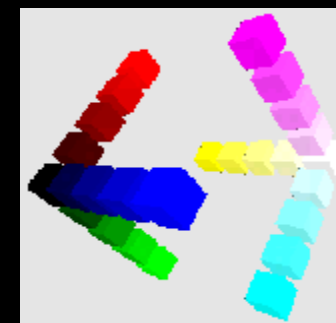




A retinán lévő csapokban három különböző fotopigment található.
A **Young-Helmholtz** elmélet szerint ezek abszorpciós görbéjén alapul a színinger.

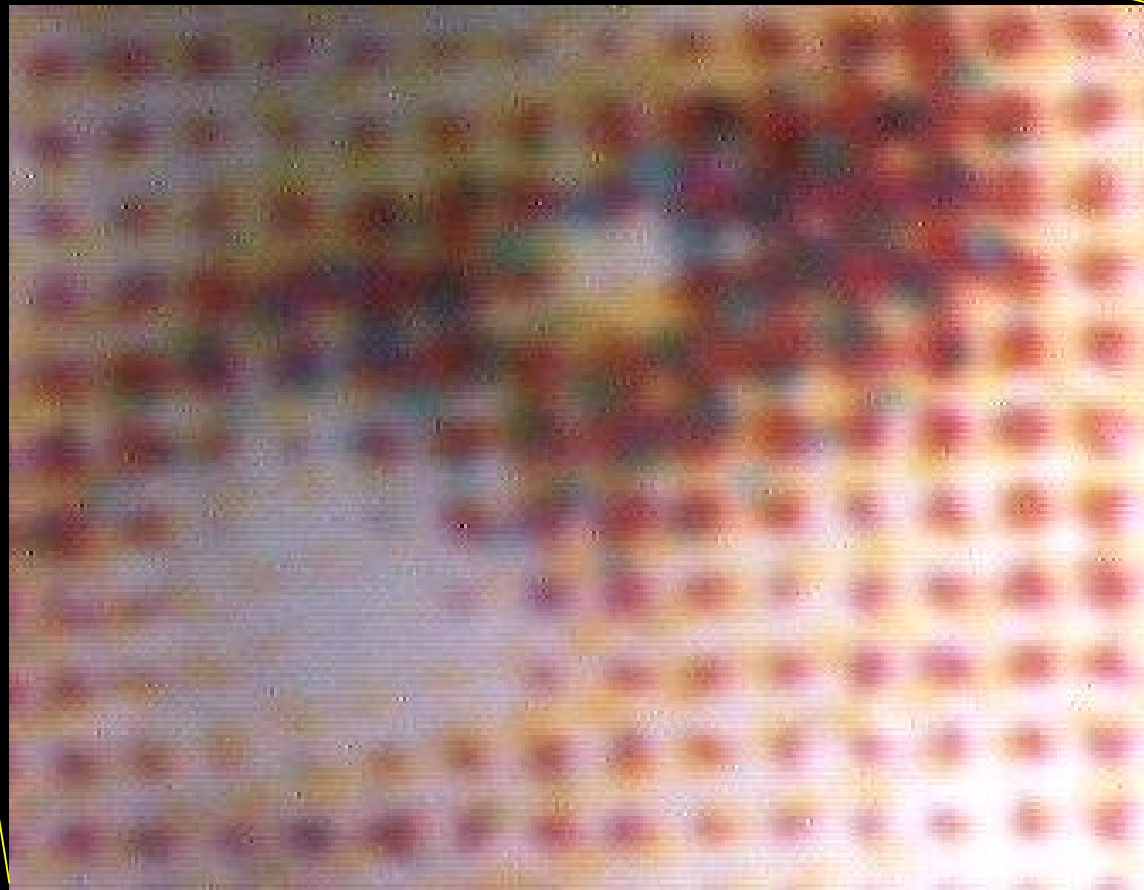


Bármely színérzet kikeverhető az alapszínek (Red, Green, Blue) additív keverésével



és az alapszínek (Cyan, Magenta, Yellow) szubtraktív keverésével

Vegyes színkeverés (additív és szubtraktív) a nyomdatechnikában





Miért kell színt mérni? Mert vizuális észlelésünk (világosság, szín, alak) relatív. 



Kék környezetben a kék különböző árnyalatait észleli az agy





The upper and lower cubes in the foreground appear very different in brightness: white below and dark grey above. Despite this appearance, the surfaces are in fact physically identical. Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true' similarity.

'MASK'

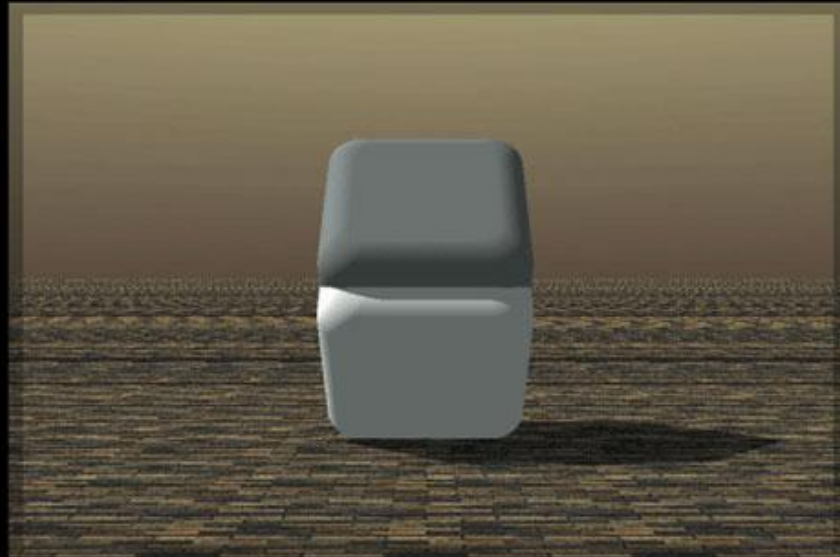


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'

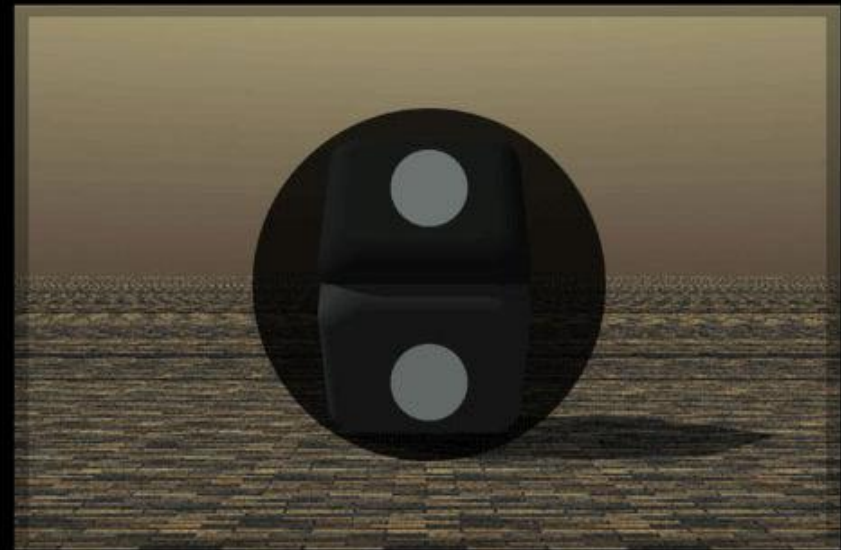


Image by R. Beau Lotto

A világosság relatív észlelése számtalan illúzióval demonstrálható

Notice that there appears to be white stripes in shadow, and dark grey stripes on the top surface in light. Move your mouse over the 'mask' to reveal the 'true' physical similarity in the stipes.

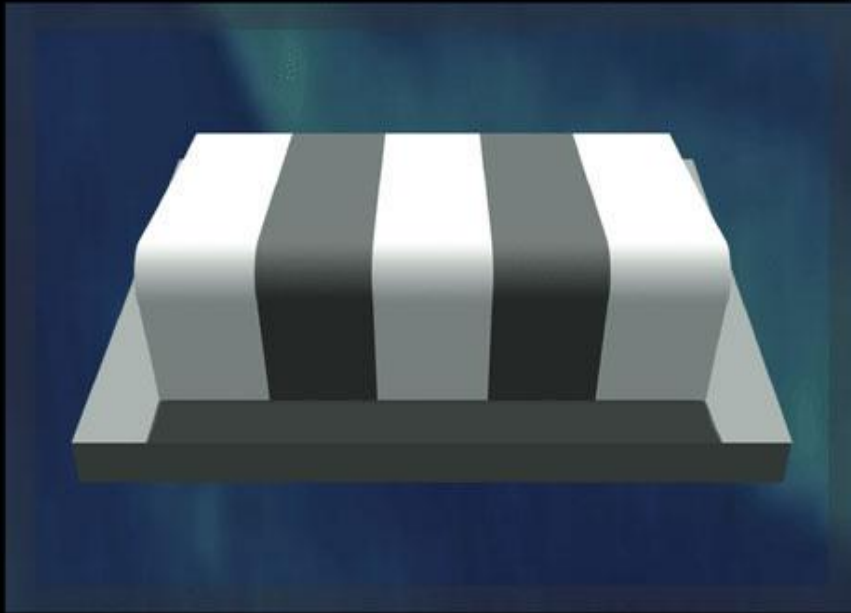


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'



Image by R. Beau Lotto

Not only does the blue tile in 'shadow' appear brighter than the blue tile on the top of the cube, the tiles also appear different in kind: One a surface and the other a light source. Despite this appearance, the surfaces are in fact physically identical. Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true' similarity.

'MASK'

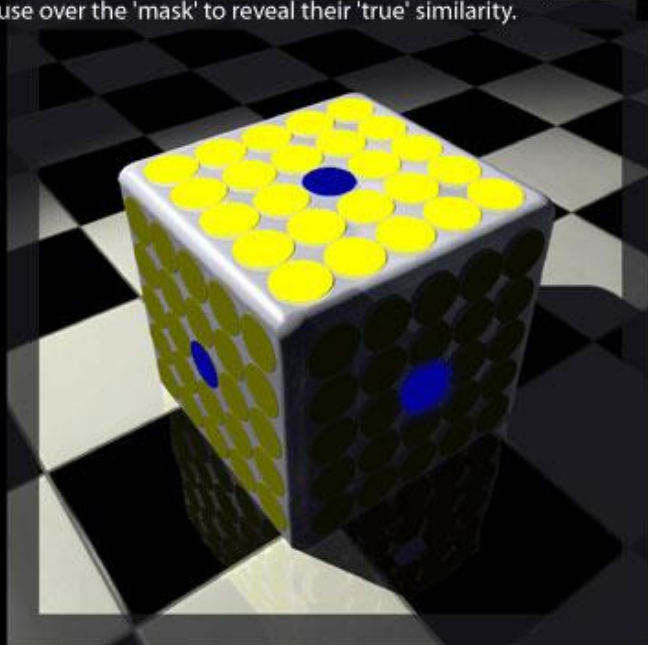


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'

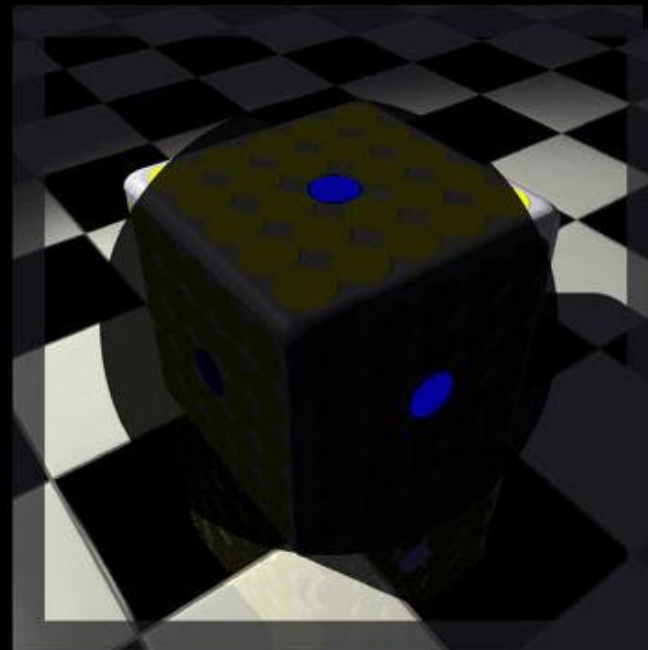


Image by R. Beau Lotto

Despite the fundamental difference in the apparent colour of the 'blue' tiles on top of the left cube, and the 'yellow' tiles on the top of the right cube, all the tiles are in fact physically identical ('grey' in both cases). Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true'

'MASK'

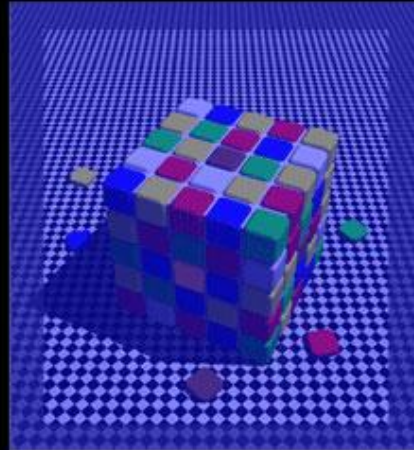
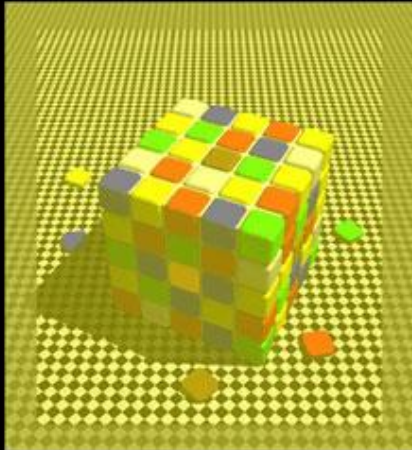


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'

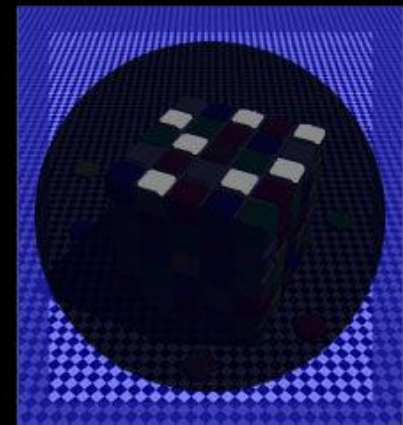
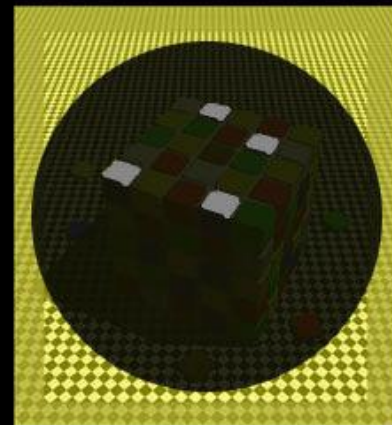
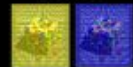


Image by R. Beau Lotto

A szín észlelése szintén relatív

The central squares on the upper and lower surfaces of this object appear very different in colour: Green on the top and orange on the bottom. Despite this appearance, the surfaces are in fact physically identical. Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true' similarity.

'MASK'

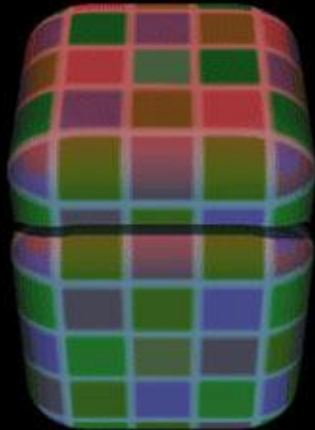


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'

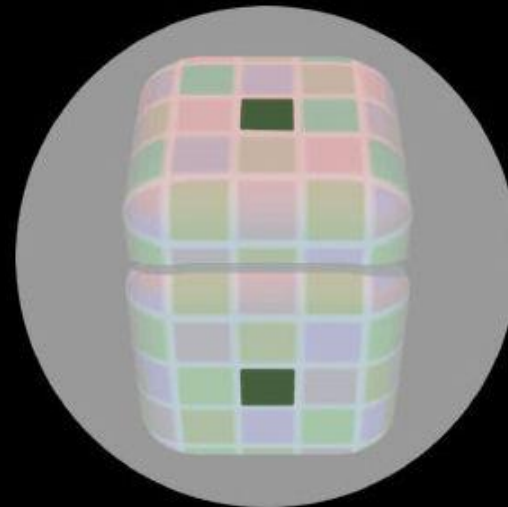


Image by R. Beau Lotto

The central squares of the two discs (see black dots) appear very different in colour: Green on the left and orange on the right. Despite this appearance, the surfaces are in fact physically identical. Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true' similarity.

'MASK'

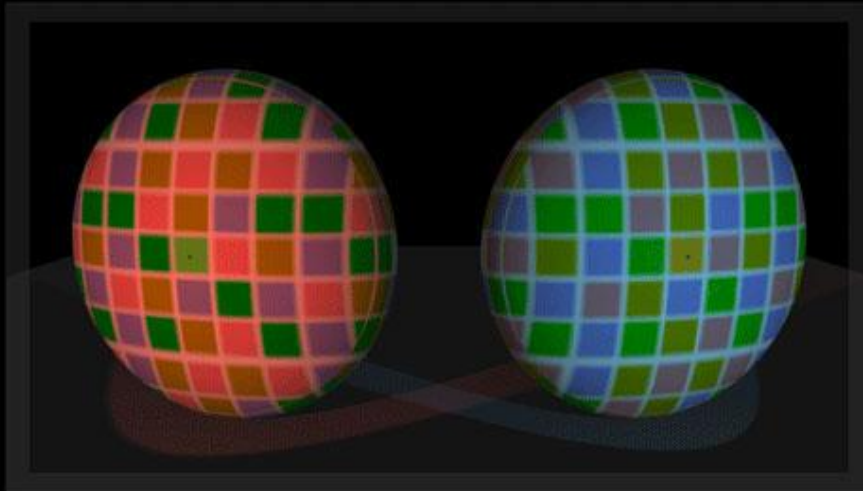


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'

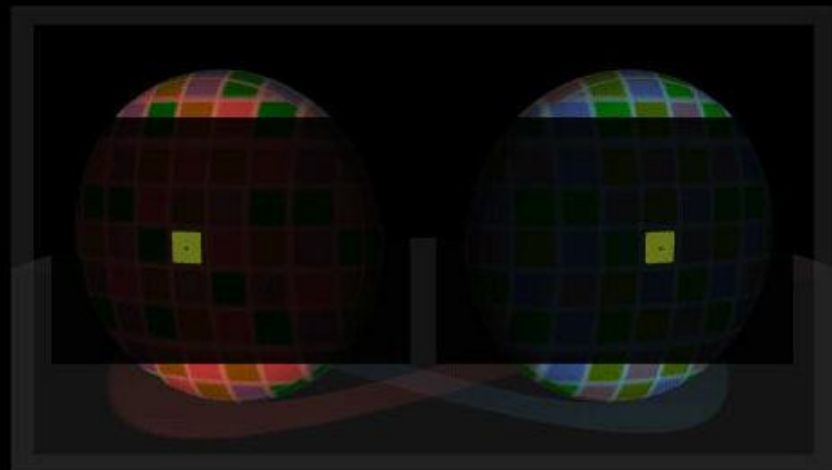
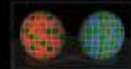


Image by R. Beau Lotto

These two tables appear to have very different dimensions. In fact, the length of the green table is identical to the width of the red table; and the length of the red table is the same as the width of the green table. Move your mouse over the 'mask' to reveal their 'true' similarity.

'MASK'

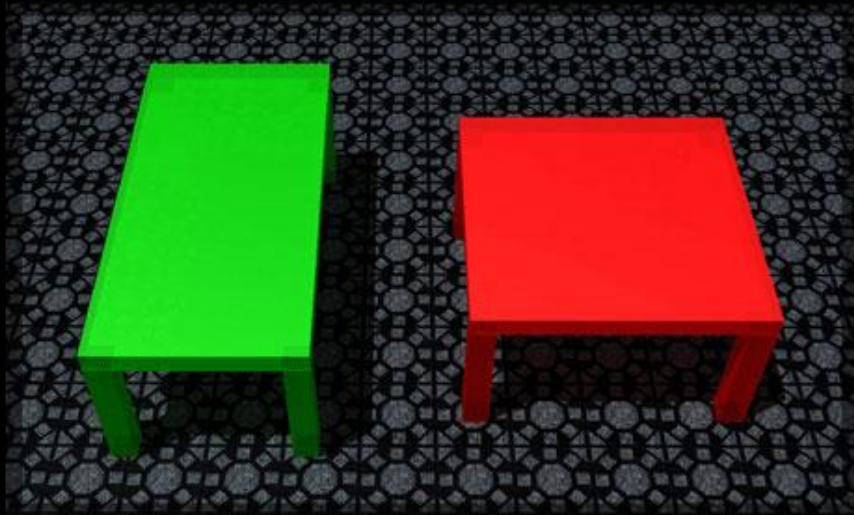


Image by R. Beau Lotto

'IMAGE'



yellow lines are the same length,
as are the blue lines

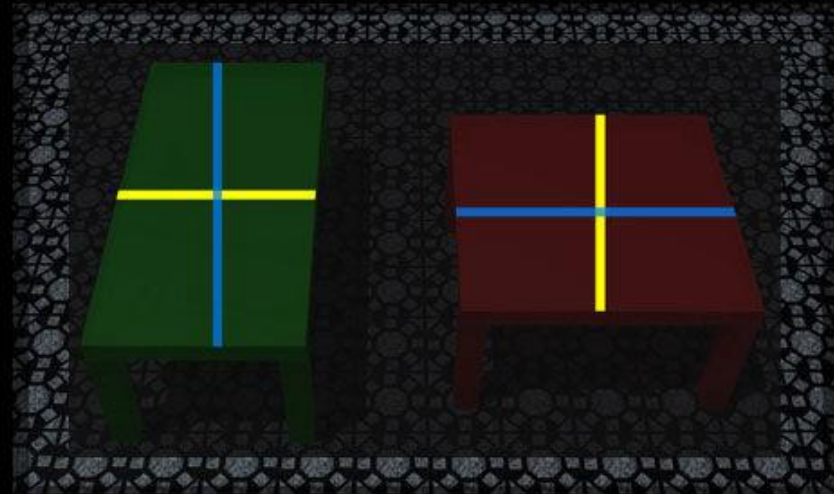


Image by R. Beau Lotto

Még az alak (méret) észlelését is befolyásolja az agy átkódolása

This image combines illusions of form and colour. The central element of the two 'X' objects appear very different in colour (dark blue on the left and light yellow on the right). What's more, the angles of each 'X' appear either smaller or larger than 90 degrees. Move your mouse over the 'mask' to reveal the 'true' nature of these objects.

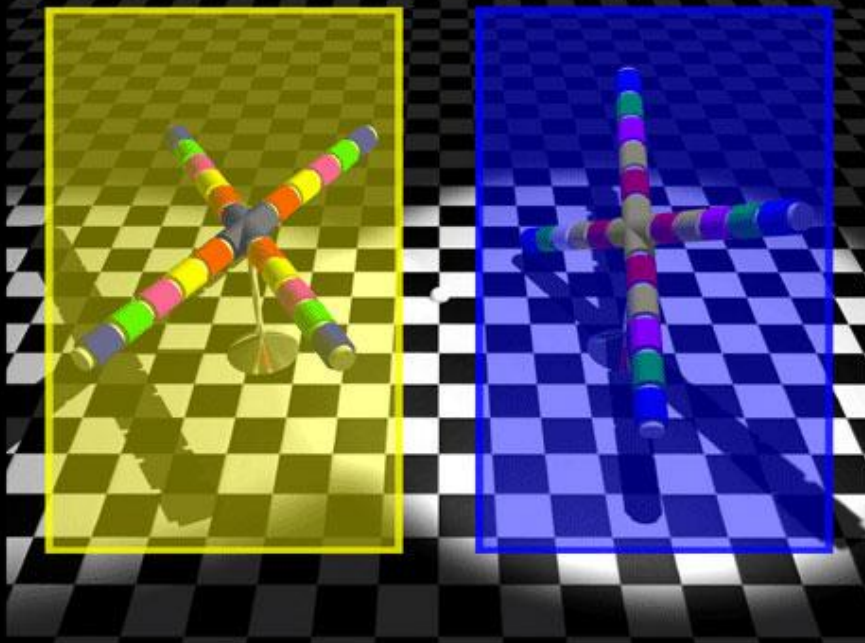


Image by R. Beau Lotto

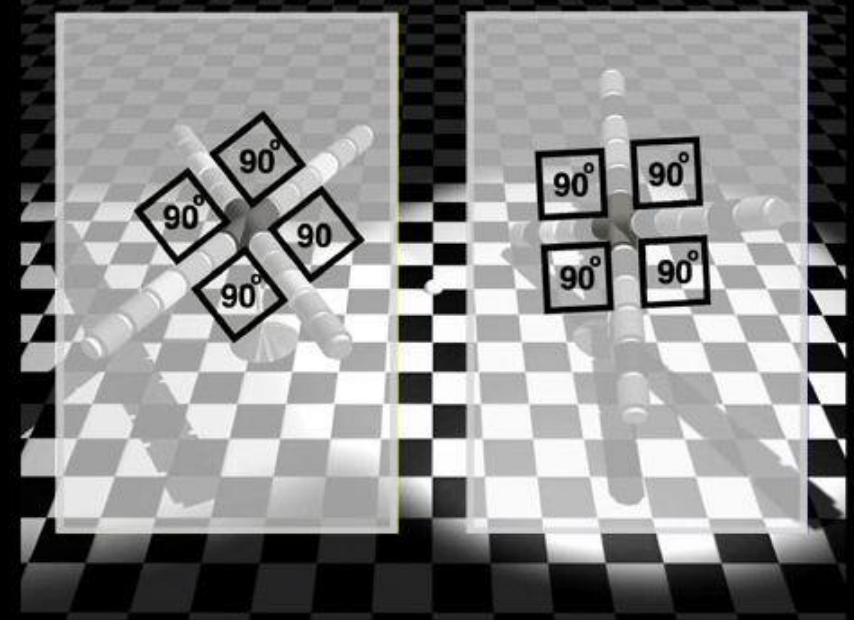


Image by R. Beau Lotto



A színt, a mintázatot, az alakot mérni kell

Színmérés, számítógépes képfeldolgozás, spektrális képfeldolgozás

Színek rendezési példái:

- **Newton** (*Optics*, 1704: prizma, színkör),
- **Goethe** (*Farbenlehre*, 1810: RGB színkör),
- **Maxwell** (*Theory of Colour Vision*, 1860: 1-1-0 színháromszög),
- **Einstein** (1921)

Munsel színminta atlasza (1915):

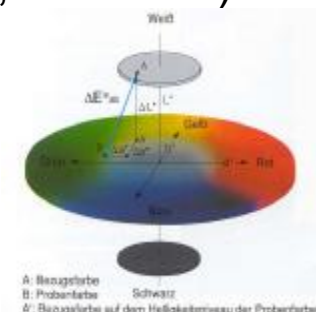
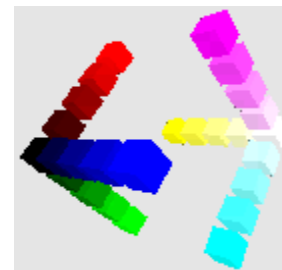
- **Hue**: színezet (szög: $1..10^{\circ}$)
- **Chroma**: telítettség (sugárirány: $1..16$)
- **Value**: világosság (függőleges: $1..10$)



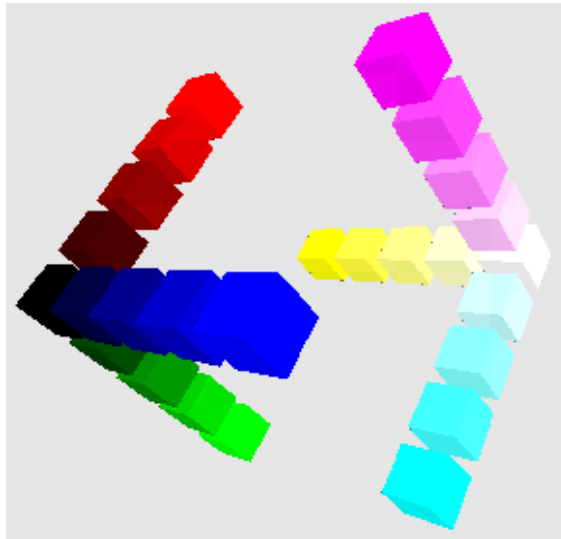
Alapvető irányok:

Háromszín: Young-Helmholtz:
retinán csapok: 3 fotopigment
(„trikromatikus”, színinger)

Ellenszín: Edwald Hering:
vörös-zöld, sárga-kék, fekete-fehér
ingerek kioltják egymást
(„opponent coding”, színérzet)



CIE 1931 az **additív** színkeverésből indul ki (additív / szubtraktív / vegyes)

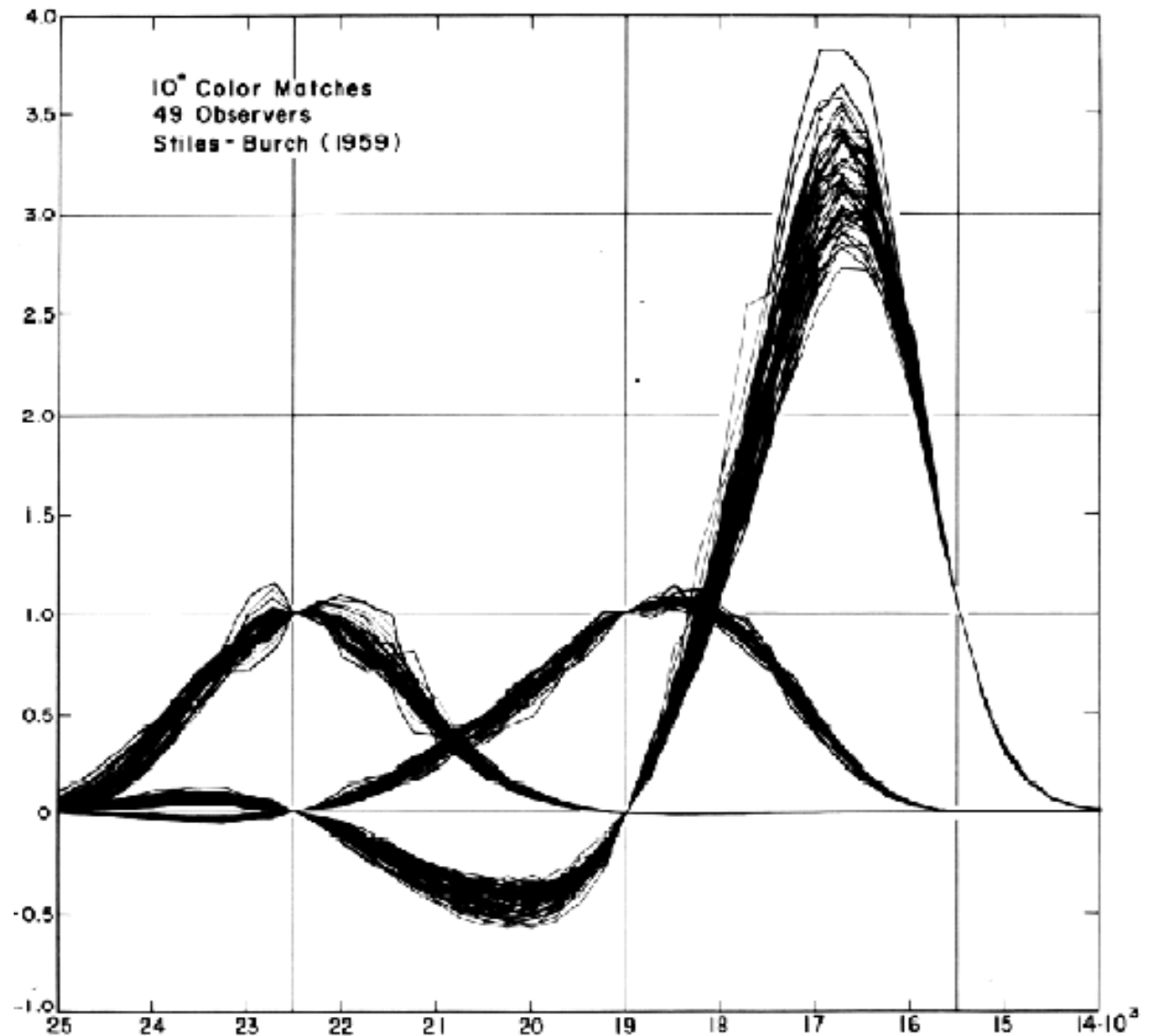


CIE 1931 additív
alapszíninger-összetevői
(RGB primaries):

$$\lambda_B = 435,8 \text{ nm}$$

$$\lambda_G = 546,1 \text{ nm}$$

$$\lambda_R = 700,0 \text{ nm}$$



átlagos észlelő („standard observer”) r, g, b színinger-
megfeleltető függvényei (1931: 2°, 1964: 10°)

CIE 1931 XYZ

Egyes telített színeket az alapszínekből additívan nem, csak negatív együtthatókkal lehet kikeverni. Méréstechnikai kényelmi szempontból határozták meg az RGB rendszer olyan lineáris kombinációját, amelyben

- minden szín pozitív együtthatókkal keverhető ki,
- egyenlő mennyiségük meghatározza a fehér színingert
- Y arányos a teljes fénysűrűséggel (LX : LY : LZ arány)

Így kapjuk a képzetes XYZ **színinger-összetevőket**:

$$X = 2,36460 \cdot R - 0,51515 \cdot G + 0,00520 \cdot B$$

$$Y = -0,89653 \cdot R + 1,42640 \cdot G - 0,01441 \cdot B$$

$$Z = -0,46807 \cdot R + 0,08875 \cdot G + 1,00921 \cdot B$$

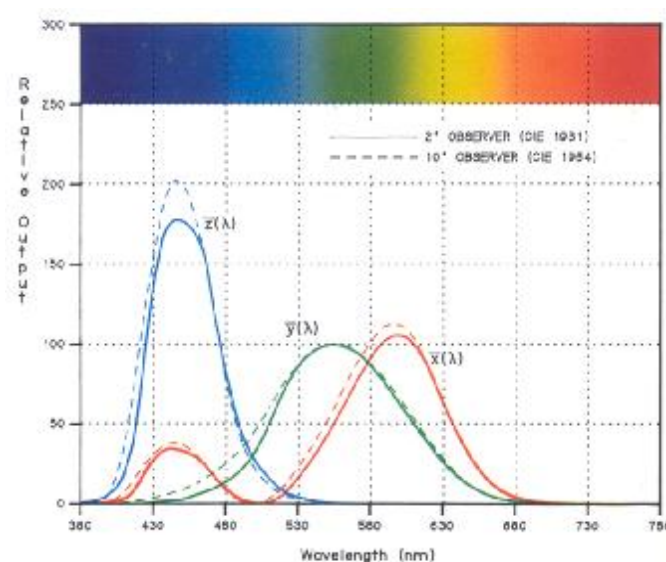


Figure 4: CIE 2° and 10° Standard Observers

XYZ színtest -> xy színháromszög

Az XYZ képzetes összetevők által kifeszített színtérben már csak a pozitív $\pi/2$ térszögben figyelhetők meg színek. A kitöltött tartományt hívjuk **színtestnek**.

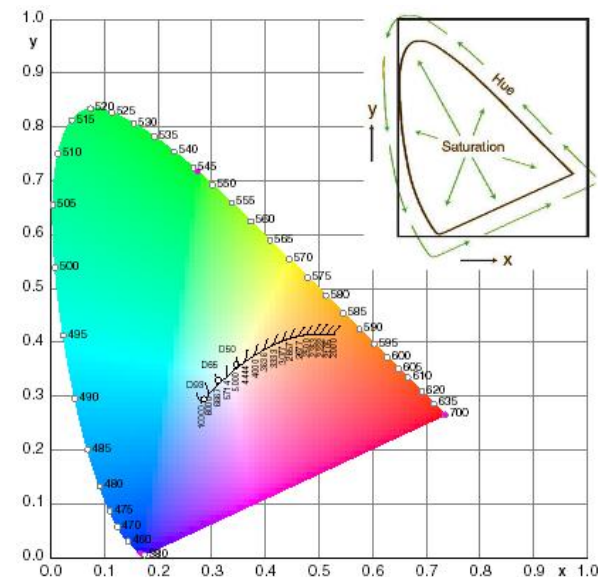
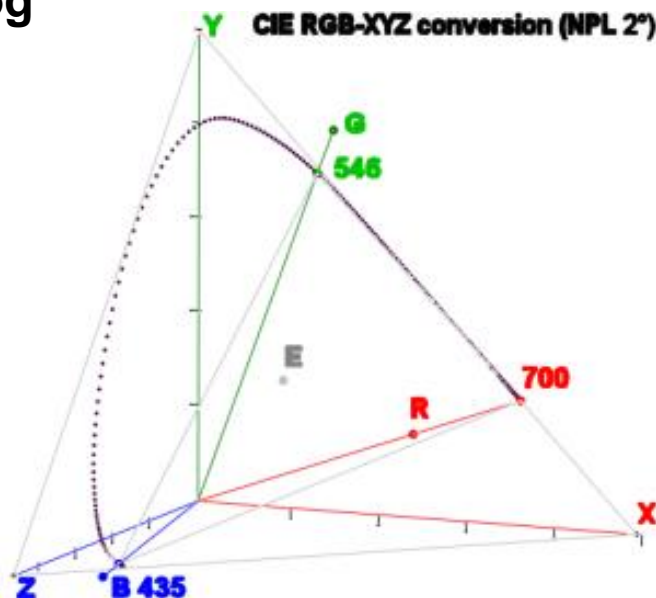
Feltételezve, hogy az XYZ színtérben a (100,0,0) - (0,100,0) - (0,0,100) pontok által kifeszített sík pontjainak világosság-ingere azonos, a színtest színeit a síkra vetítve elvonatkoztatunk a **világosságtól**. A színre jellemző **színezet** és **telítettség** információ a színvektor hosszától nem, csak az összetevők arányától függ. Súlypont-meghatározáshoz hasonló számítással kapjuk a **színességi-koordinátákat**:

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

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

$$z = Z / (X+Y+Z) \quad ; \quad z = 1 - x - y$$

A színtest, és az említett sík metszetének immár két-dimenziós, xy képe a **színinger-háromszög**

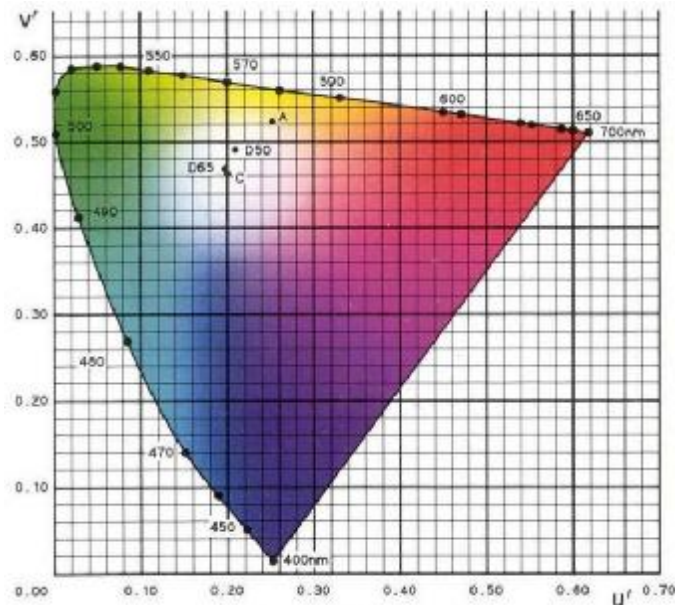


CIE 1964 UCS: Egyenlő színtávolság

Az emberi szem a mérések szerint kb. 500 világosság-értéket ($\text{Intensity} \Rightarrow L_{\text{ightness}}$), 160 árnyalatot ($\text{Hue} \Rightarrow h$) és mindössze 20 telítettség-értéket ($\text{Saturation} \Rightarrow C_{\text{hroma}}$) tud megkülönböztetni. Az egyenlő színtávolság igényének kíván megfelelni a CIE 1964 UCS (Uniform Chromaticity Scale), vagy más néven $Y u' v'$ ajánlása (6. ábra). Mivel világosság-érzékelésünk un. láthatósági függvénye a zöld színinger-megfeleltető függvényhez hasonló harang-függvény (csak annál szélesebb), az intenzitást itt már csak a zöld összetevőből számítják.

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4x}{-2x + 12y + 3}$$

$$v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} = \frac{9y}{-2x + 12y + 3}$$



-> CIE 1976 Luv

$$L^* = 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

$$u^* = 13L^* \cdot (u' - u_n)$$

$$v^* = 13L^* \cdot (v' - v_n)$$

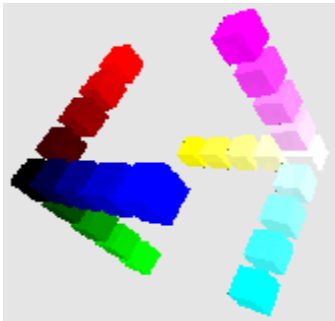
CIE Lab 1976

A Munselhez hasonló, de Ewald Hering: „Opponent colour” elméletén alapuló tér,
azaz egy színérzet nem lehet egyszerre

zöld és piros (**a**= -60..+60),

kék és sárga (**b**= -60..+60)

Színinger: trikromatikus



Színérzet: Opponent color



Munsel: Value, Chroma, Hue

$$X_1 = X/X_n \quad Y_1 = Y/Y_n \quad Z_1 = Z/Z_n$$

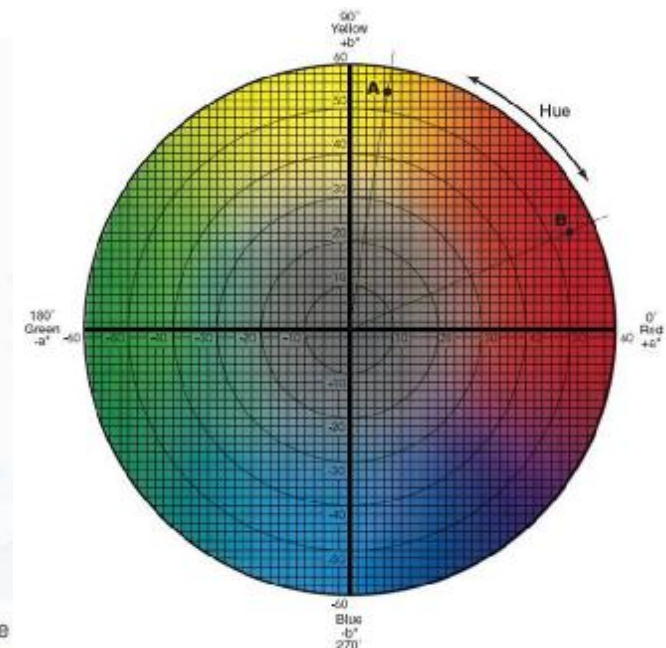
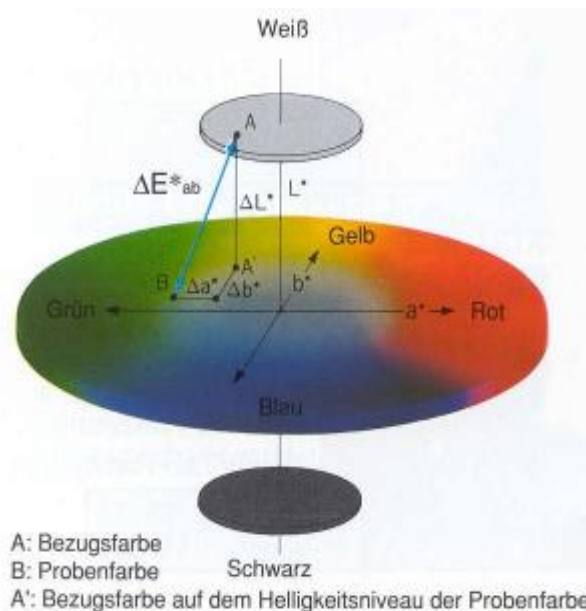
$$X_2 = (X_1 > 0,008856) ? (X_1^{1/3}) : (7,787 \cdot X_1 - 16/116)$$

Y_2, Z_2 ugyanígy

$$L^* = 116 \cdot Y_2 - 16$$

$$a^* = 500 \cdot [X_2 - Y_2]$$

$$b^* = 200 \cdot [Y_2 - Z_2]$$



Lab/Lch színrendszer: Lightness, Chroma(saturation), Hue