

Hang és fény

(Akusztika, fénytechnika)

A hang fizikai leírása

Hang – rugalmas közeg mechanikai rezgései

szilárd anyag – testhang

cseppfolyós anyag – folyadékhang

levegő – **léghang** (emberi hallás)

Léghang – légnyomásingadozás

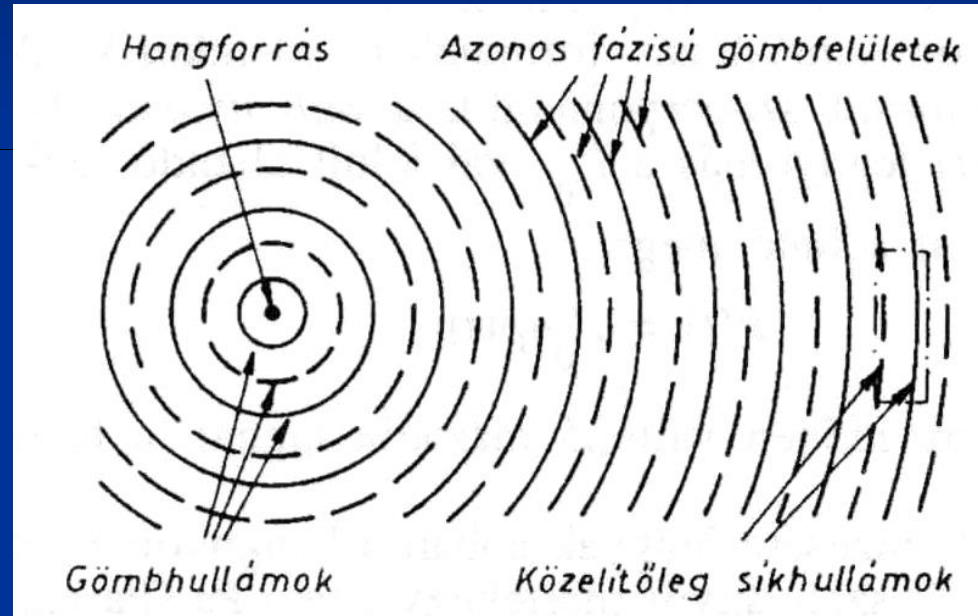
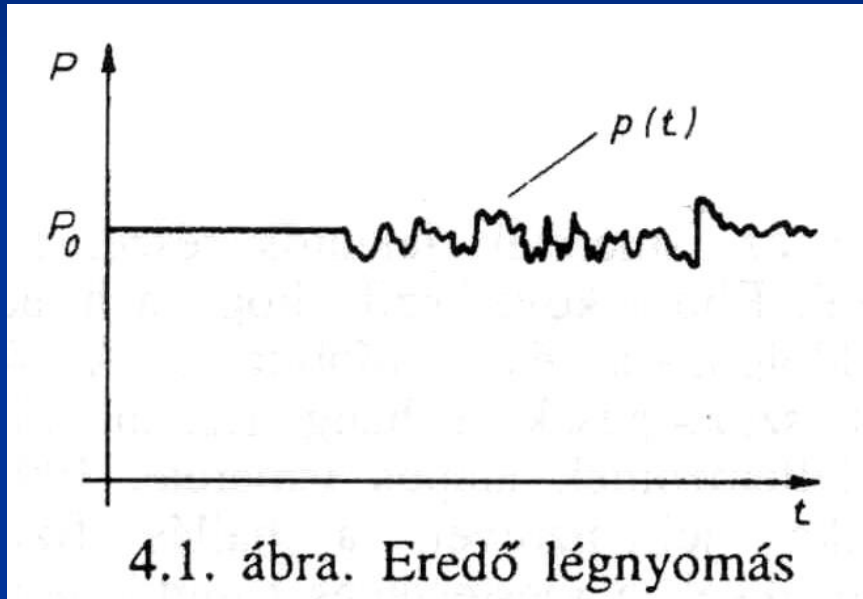
$$P(t) = P_o + p(t)$$

← hangnyomás

$$P_o = 100000 Pa (N / m^2)$$

A hang fizikai leírása

Léghang – légnyomásingadozás



Longitudinális hullámok

A hang fizikai leírása

Fogalmak:

hangnyomás



p

$1 \text{ Pa.} = 1 \text{ N/m}^2$

hangnyomásszint

hangintenzitás

intenzitás szint

A hang fizikai leírása

Fogalmak:

hangnyomás

hangnyomásszint

hangintenzitás

intenzitás szint


$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad [dB]$$

$$p_0 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$$

átlagembernél 1000 Hz-es
szinuszhang hallásküszöbje

A hang fizikai leírása

Fogalmak:

hangnyomás

hangnyomásszint

hangintenzitás

időegység alatt a felületegységen áthaladó energia

$$I = p \cdot v = \frac{p^2}{\rho_o \cdot c}$$

intenzitás szint

A hang fizikai leírása

Fogalmak:

hangnyomás

hangnyomásszint

hangintenzitás

intenzitásszint


$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

$$I_o = 1 \text{ pW} / \text{m}^2$$

átlagembernél 1000 Hz-es
szinuszhang hallásküszöbje

A hallás pszichofizikai (pszichoakusztikai) jellemzői

fizikai		hangérzet
intenzitás		hangosságérzet
spektrum		hangszín
frekvencia		hangmagasság

Az emberi hallás fíziológiája

Emberi hallás

kvantált és logaritmikus jellegű

két hang különböző erősségűnek hallható,
ha 10% (1 dB) hangenergia eltérésűek

különböző magasságúnak, ha 2-3%
frekvencia eltérésűek

amplitudó – kb. 120 szint

frekvencia – kb. 840 szint

Az emberi hallás fíziológiája

Fogalmak:

hallásküszöb

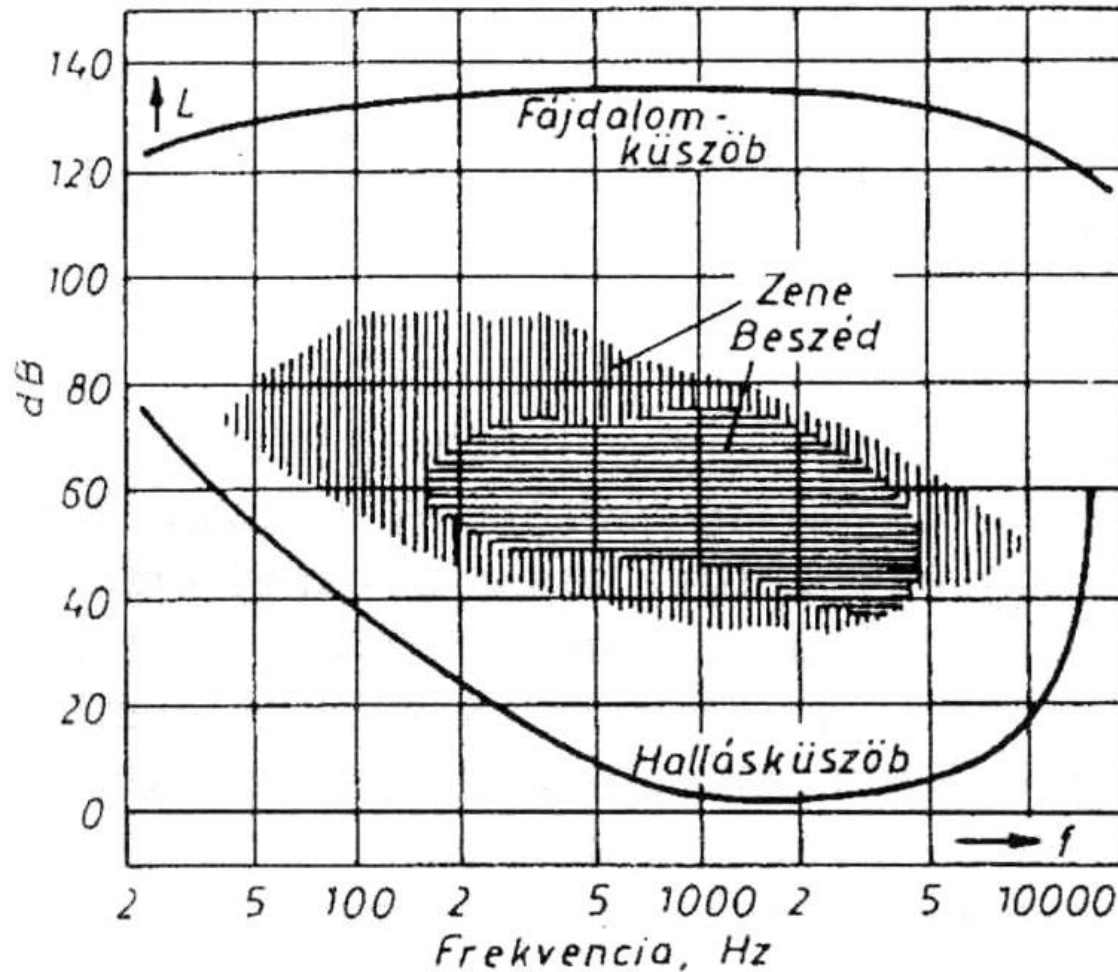
fájdalomküszöb

hangerősség

hangosság

hangelfedés

Az emberi hallás korlátai



4.3. ábra. Az emberi hallás korlátai

Az emberi hallás fíziológiája

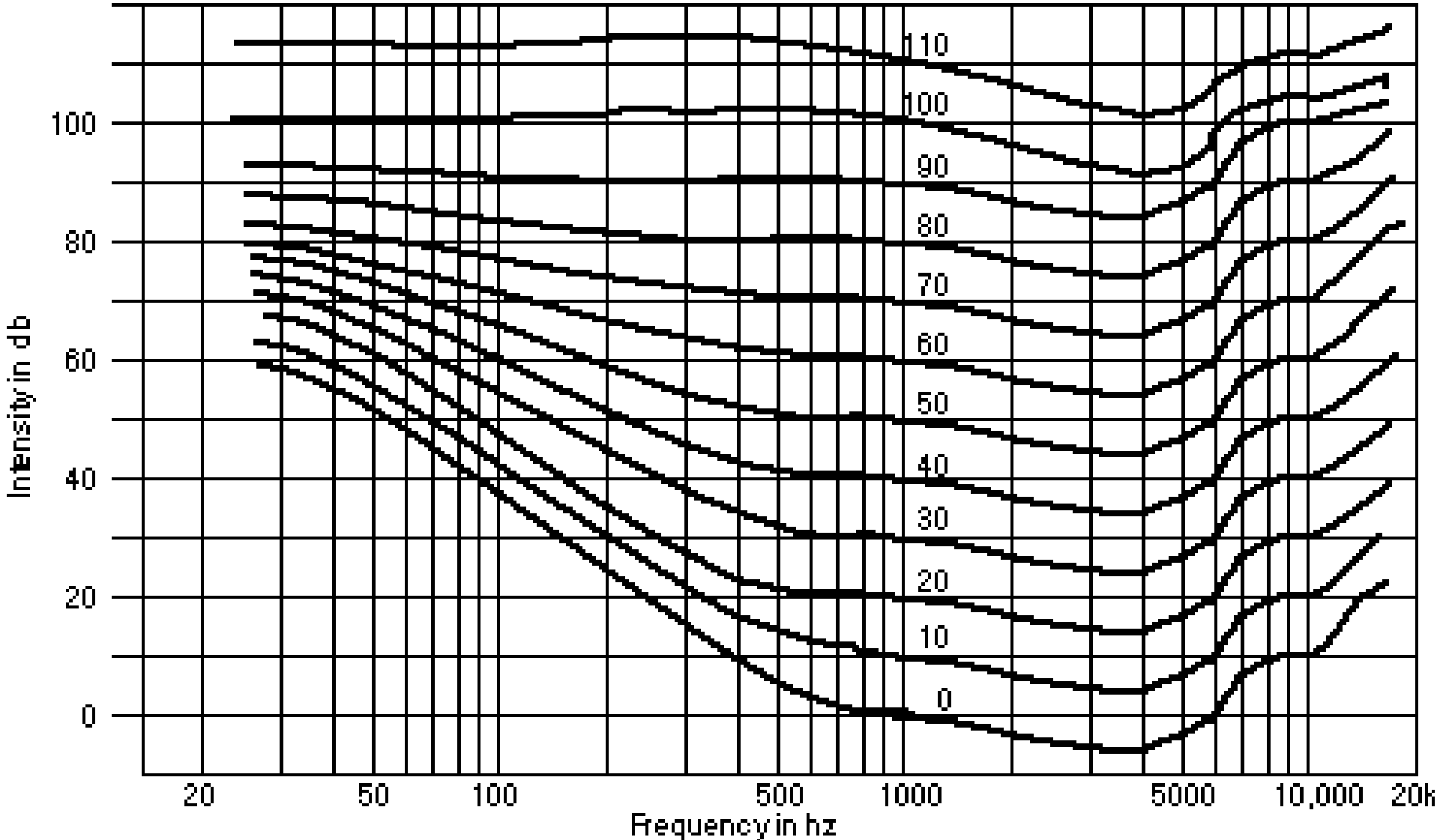
Szubjektív hangosságérzet – hangerősség

tetszőleges frekvenciájú hang hangerőssége annyi phon, ahány dB a vele azonos hangosságérzetet keltő 1000 Hz-es színuszhang hangnyomásszintje

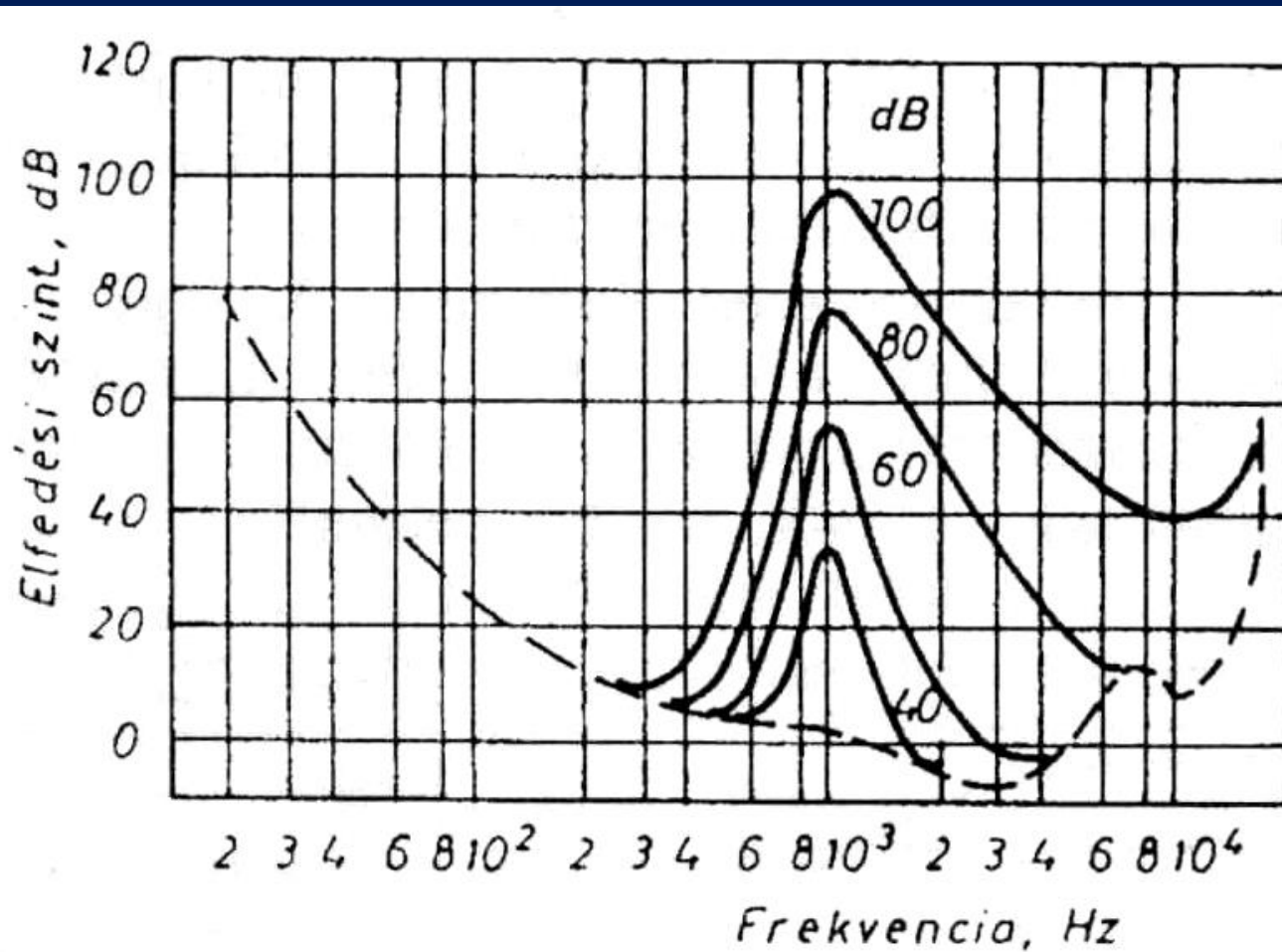
Azonos hangerősségű pontokat a frekvencia függvényében összekötve – Fletcher-Munson görbék.

Az így megállapított hangerősség L_N

Fletcher-Munson



Hangelfedés



4.5. ábra. Hangelfedés

Az emberi hallás fízíológiája

Hangforrás iránya

oldalirány –

alacsony frekvencián úthosszkülönbségből
adódó fáziseltérés

magas frekvencián fej árnyékolása miatti
intenzitáskülönbség

függőleges irány –

fej mozgatása – fül iránykarakterisztikája

Az átvitel fajtái, minőségi követelmények

Típusa	Frekv. tart.	S/N	k	Áthallási csill.
Távbeszélő	300-3400 Hz	20-25 dB	5-10 %	
AM	100-4500 Hz	40 dB		
URH-FM	50Hz-15kHz	60 dB	<1%	
URH-FM-ST	50Hz-15kHz	60 dB	<1%	40 dB
Analóg hanglemez	40Hz-16kHz	50..60 dB	$\approx 1\%$	30..40 dB
Analóg mágneses	40Hz-16kHz	70 dB	$\approx 1\%$	
CD(16 bites)	10Hz-20kHz	96 dB	<0.005%	

Digitális hangrögzítés

CD – digitális lézerlemez

16 bites kvantálás

44.1 kHz mintavételezés

gyakorlatilag áthallásmentes sztereo

R-DAT – digitális hangmagnetofon

12 v. 16 bites kvantálás

32, 44.1 vagy 48 kHz mintavételezés

P.2.1. Bolyongás a Fletcher görbéken

A szinuszos jelet szolgáltató függvénygenerátor jelét hangszóróra vezetjük.

Az így előállított, éppen hallható 10 kHz frekvenciájú hang hangnyomásszintje 10 dB .

A generátor frekvenciáját 1 kHz -re csökkentve, a mért hangnyomásszint 30 dB , tovább csökkentve 100 Hz -re a hangnyomásszint 0 dB lesz

(az előállított jel amplitúdója közben nem változott!).

a) Mekkora a 10 kHz -es hang hangossága *phon*-ban?

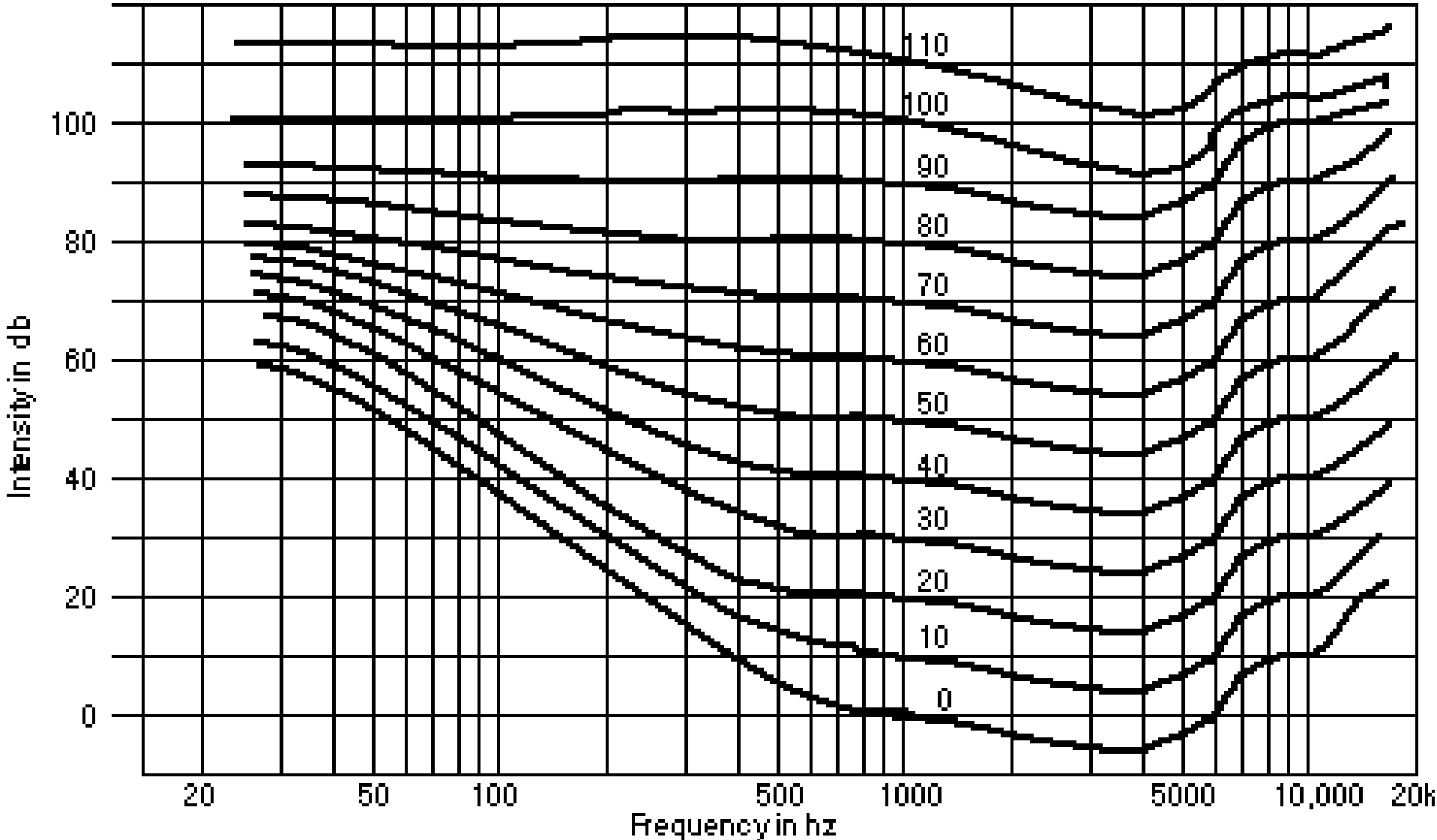
b) Mekkora az 1 kHz -es hang hangossága *phon*-ban?

c) Mekkora az 100 Hz -es hang hangossága *phon*-ban?

d) Mivel magyarázza, hogy a mért hangnyomásszintek eltérőek, holott mind a három esetben azonos a generátor jelének amplitúdója?

P.2.2. A hangerőszabályozás dilemmája

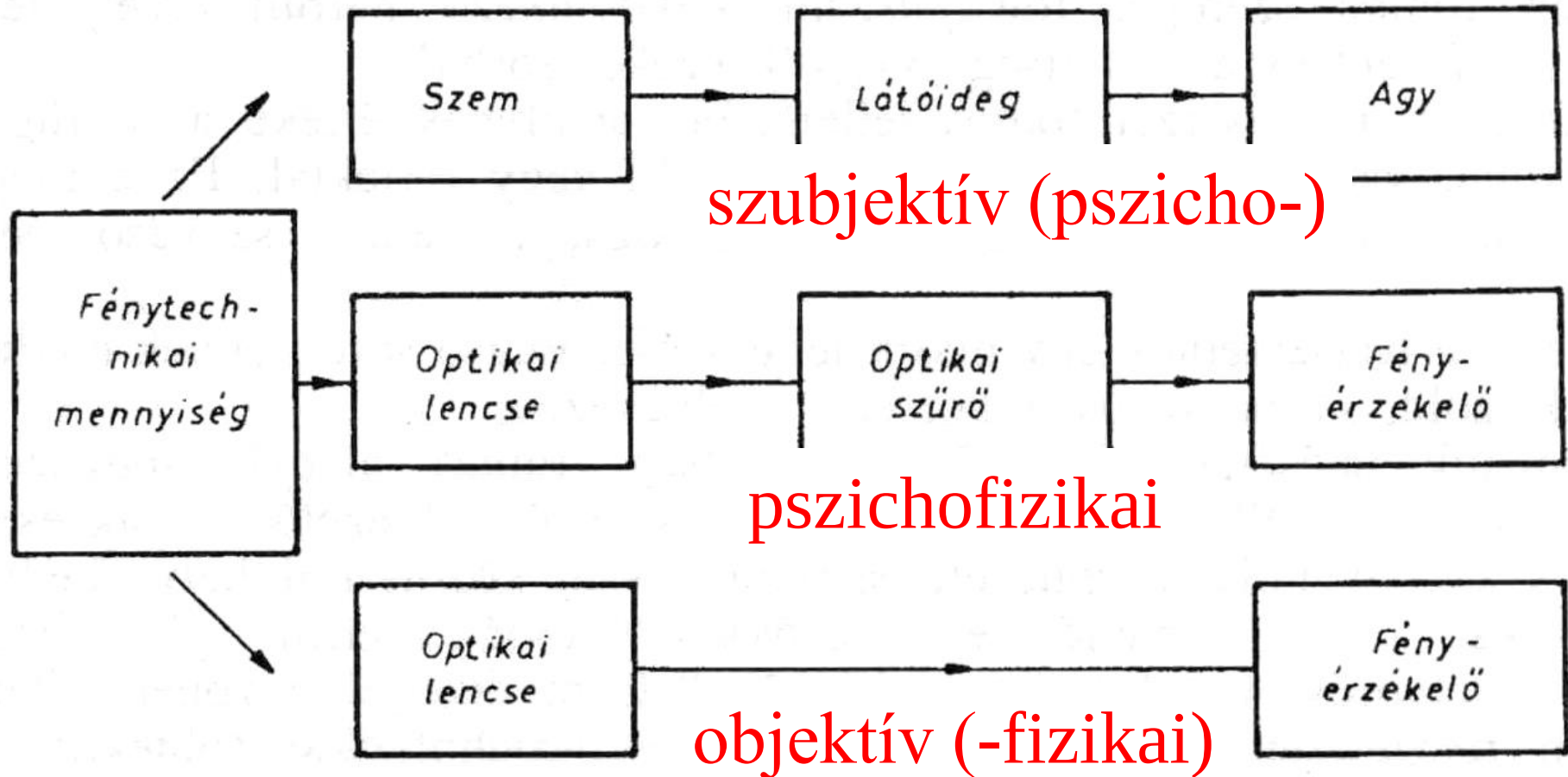
Fletcher-Munson



Fénytechnikai alapok

Fénytechnikai alapok

Érzet, fizikai és pszichofizikai jellemzők



5.1. ábra. A fénytechnikai mennyiségek leírási módjai

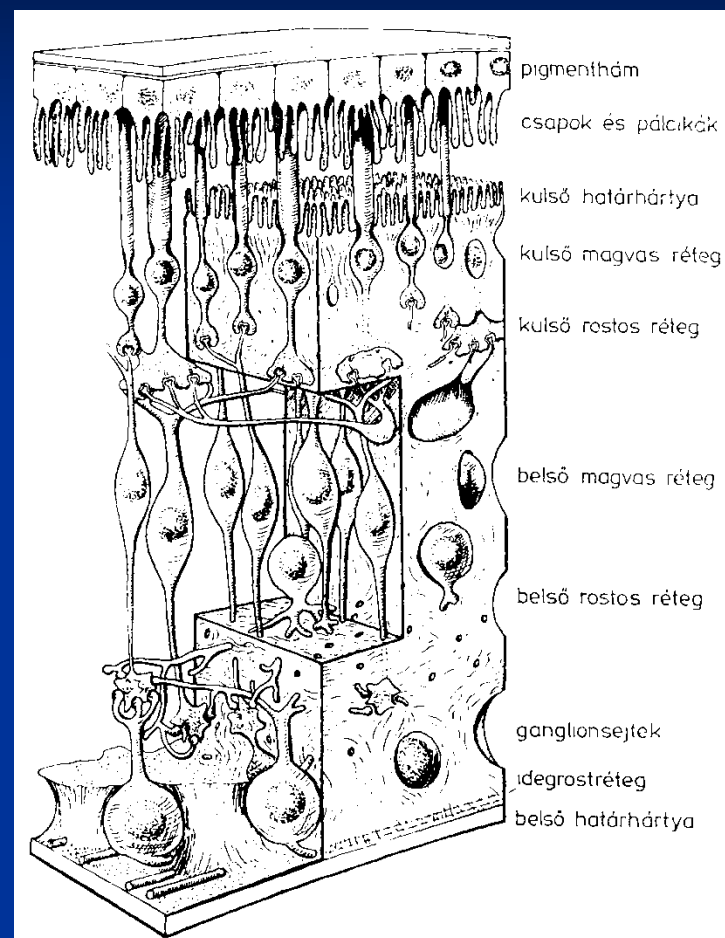
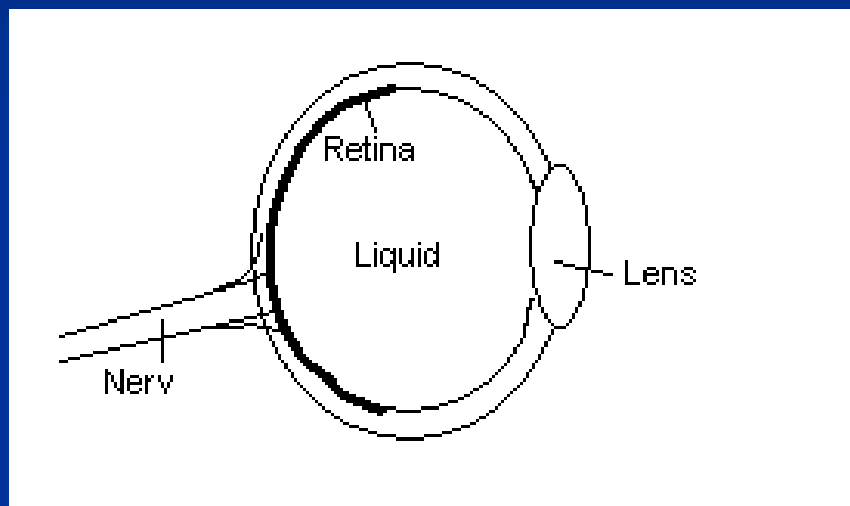
Fénytechnikai alapok

CIE – Commission International de l'Éclairage

szabványosított mérések

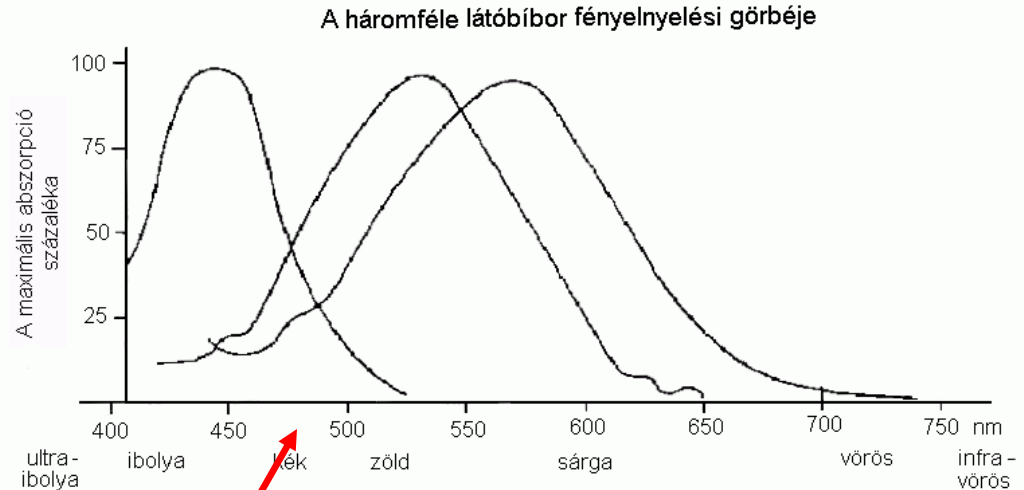
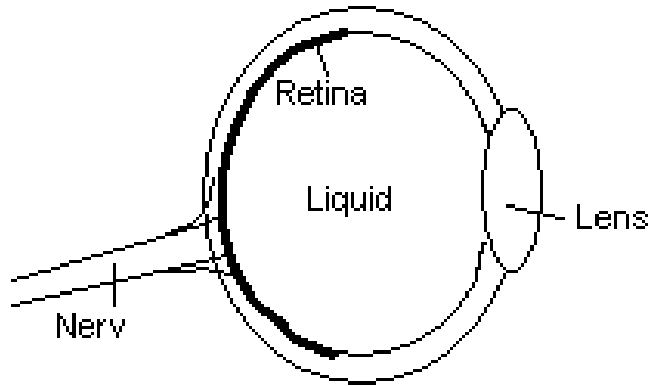
a szubjektív tényezőket szabványosított
karakterisztikával vesszük figyelembe

A látás fiziológiája

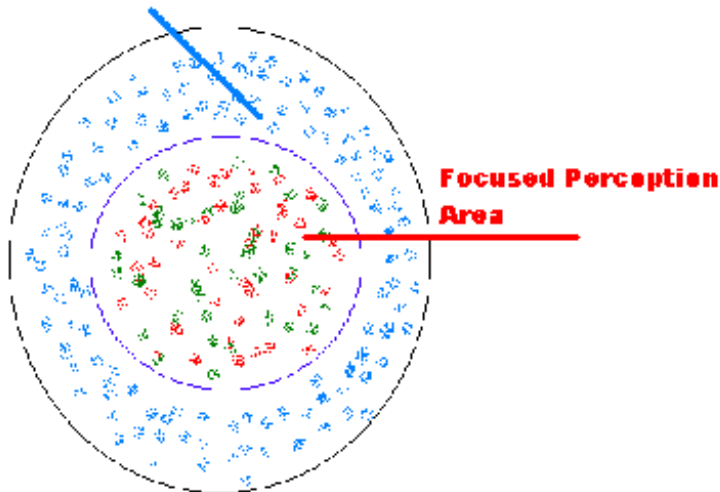


A retina felépítése

A látás fiziológiája



Peripheral Perception Area



Ideghártyában (retinán) idegvégződések

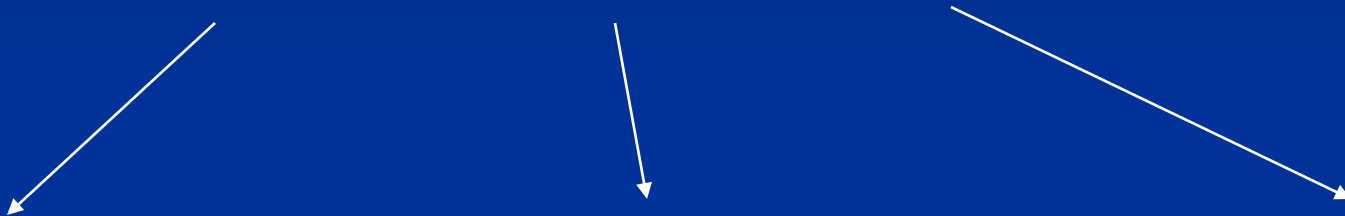
Csapok – erős fényben

Pálcikák – gyenge fényben

A látás fiziológiája

Érzetjellemzők (mik a pszichofizikai megfelelőik?)

világosság, színezet, telítettség



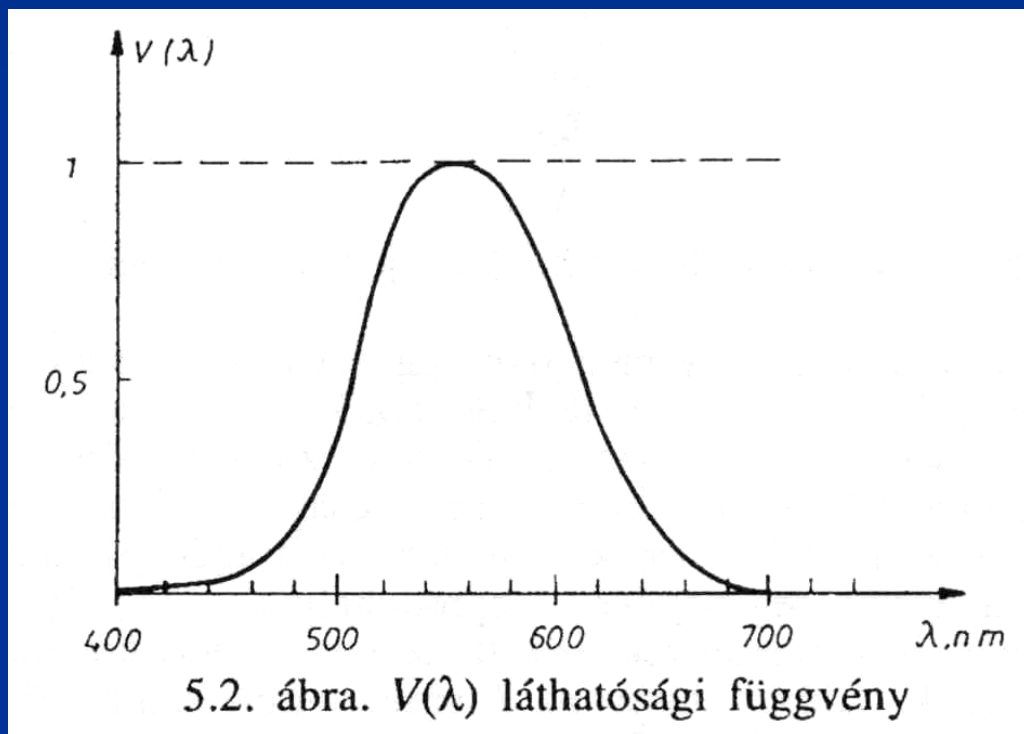
Egy felület több
v. kevesebb fényt
bocsát ki ill.
reflektál

Színek (kék,
zöld...)

A fehér és a telített
(spektrális) szín
között hol
helyezkedik el
(világoszöld,
sötétvörös...)

Fotometriai mérések

látószerv frekvenciafüggő érzékenységet is
figyelembe veszik – műszem 1924 –ben szabvány



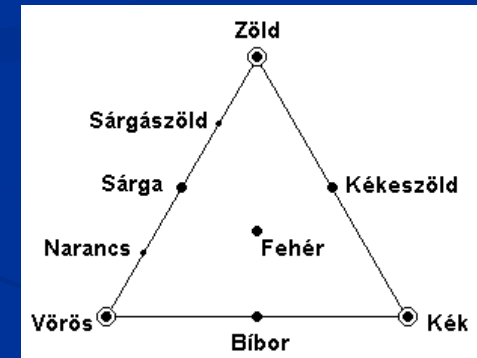
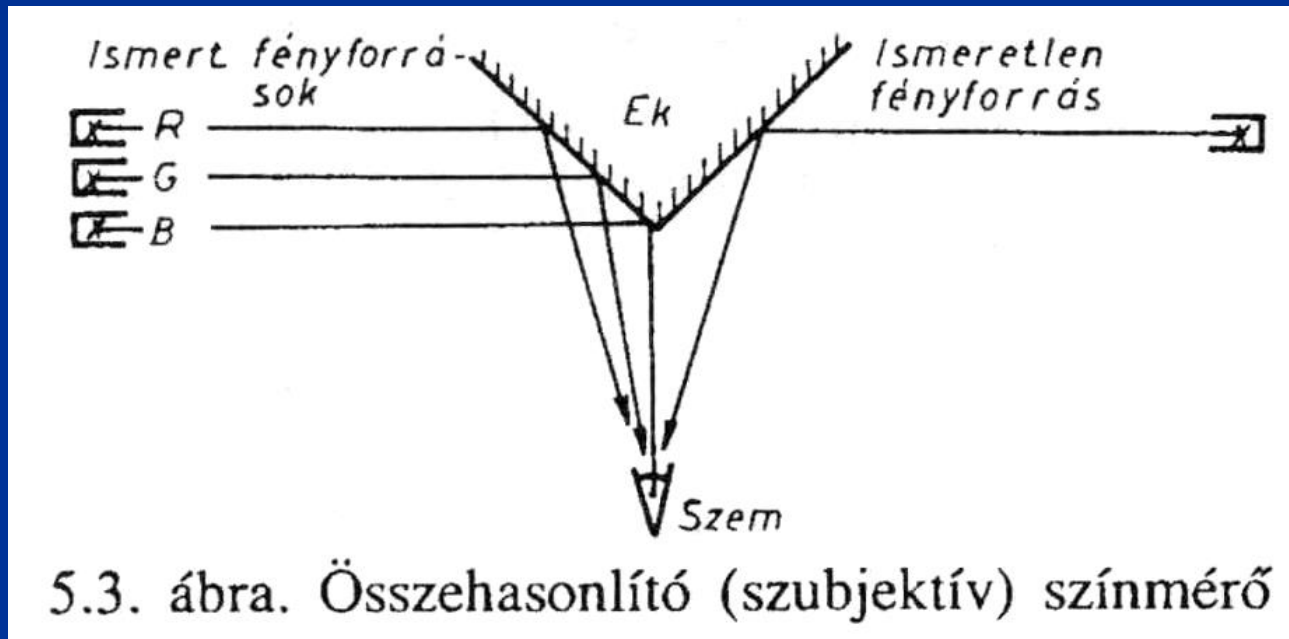
CIE fénymérő **fénysűrűség**
(a világosság
pszichofizikai megfelelője)

Színmérés

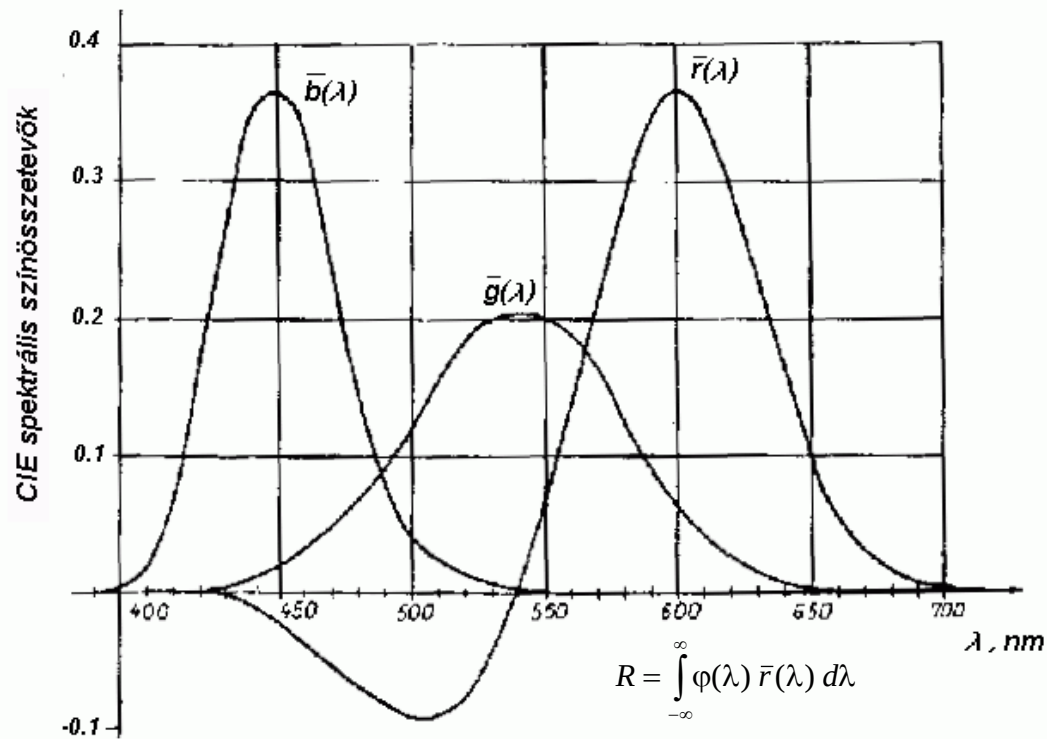
	R	G	B
Hullámhossz [nm]	700,0	546,1	435,8
Intenzitás [rel]	1	4,59	0,06

színérzeteket figyelembe veszik –1951–ben CIE szabvány $\lambda_R=700$ nm, $\lambda_G=546.1$ nm, $\lambda_B=435.8$ nm

2.1. ábra. A Maxwell háromszög

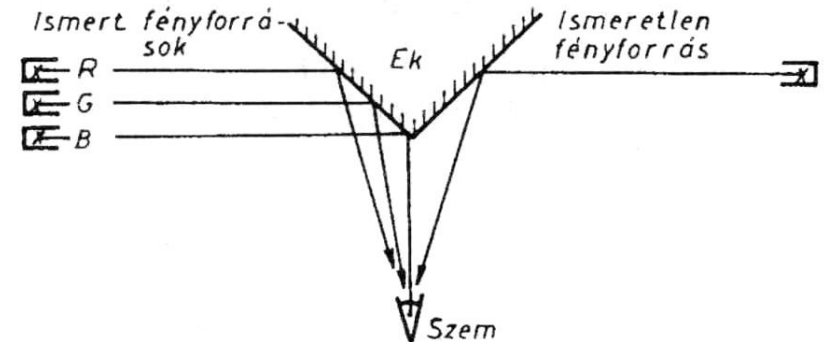


izokrom színingerek – több RGB beállításban is létrejöhet azonos színinger



$$G = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

$$B = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda$$



5.3. ábra. Összehasonlító (szubjektív) színmérő

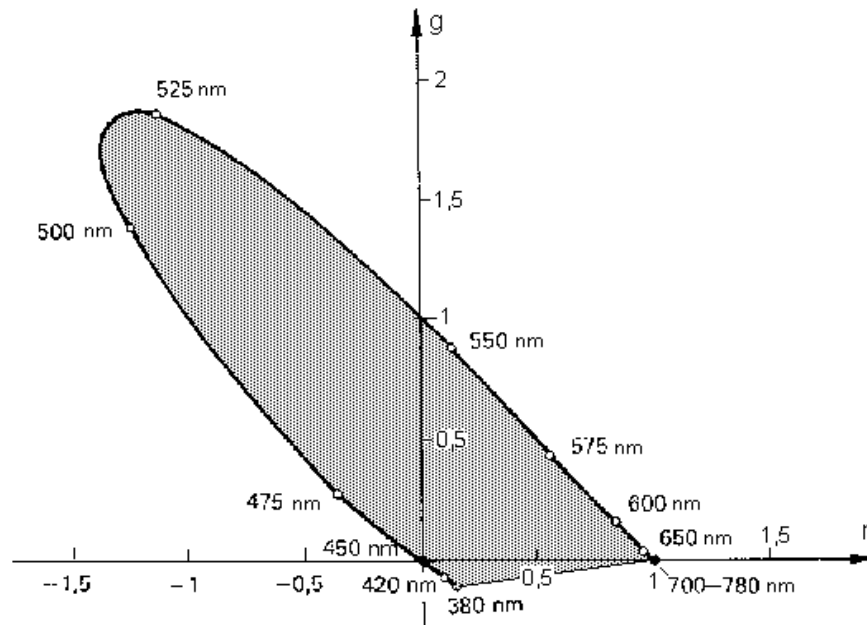
Additív színkeverés; r és g koordináták

$$r = \frac{R}{R+G+B}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B}$$

$$r + g + b = 1$$



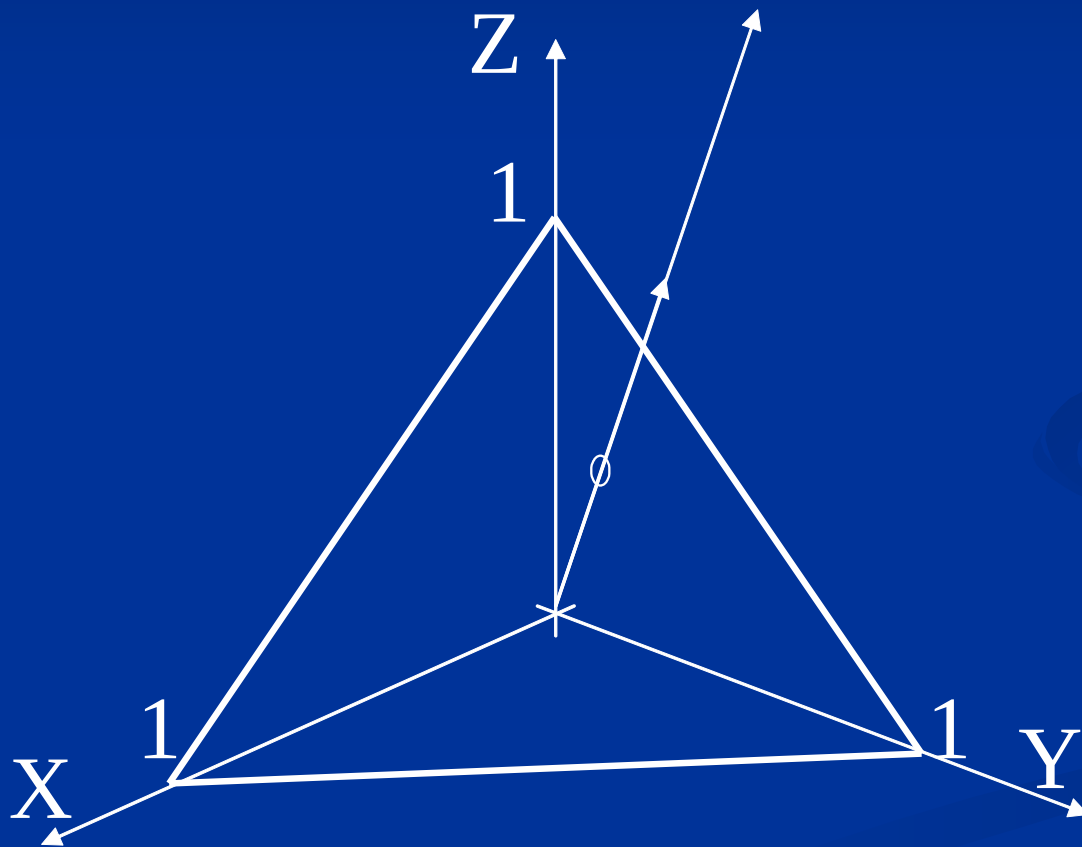
CIE x-y koordinátarendszer

R, G, B koordináta- rendszert képezzük le egy újabb, szintén lineáris X, Y, Z rendszerbe

- minden valós színingernek pozitív színösszetevők feleljenek meg,
- az $R=G=B$ fehérnek $X=Y=Z$ feleljen meg,
- az Y összetevő adja ki a fénysűrűséget.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,769 & 1,752 & 1,130 \\ 1,000 & 4,590 & 0,060 \\ 0 & 0,057 & 5,599 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Színmérés – 3 koordináta



Színösszetevők X,Y,Z

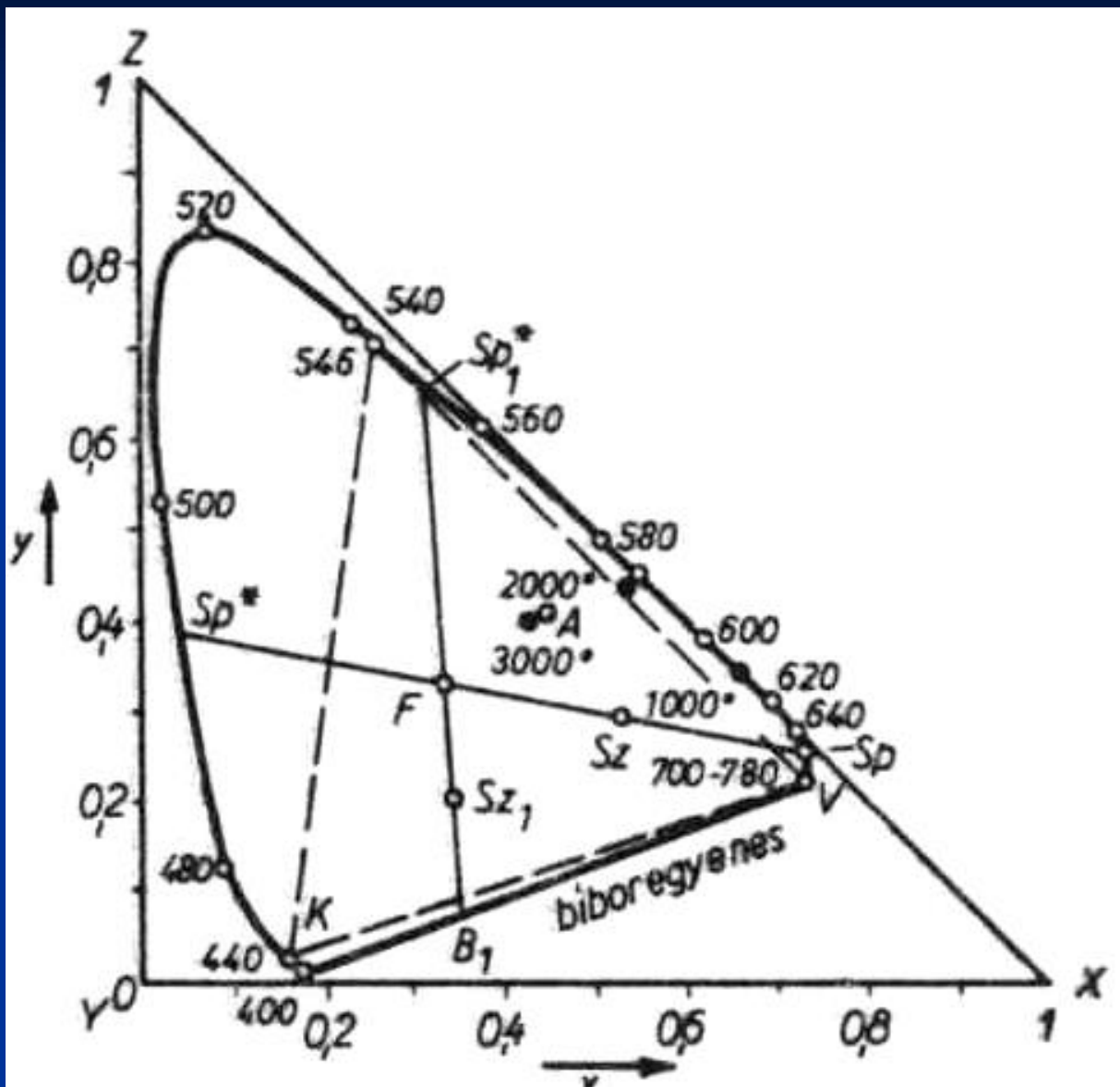
Színkoordináták x,y

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

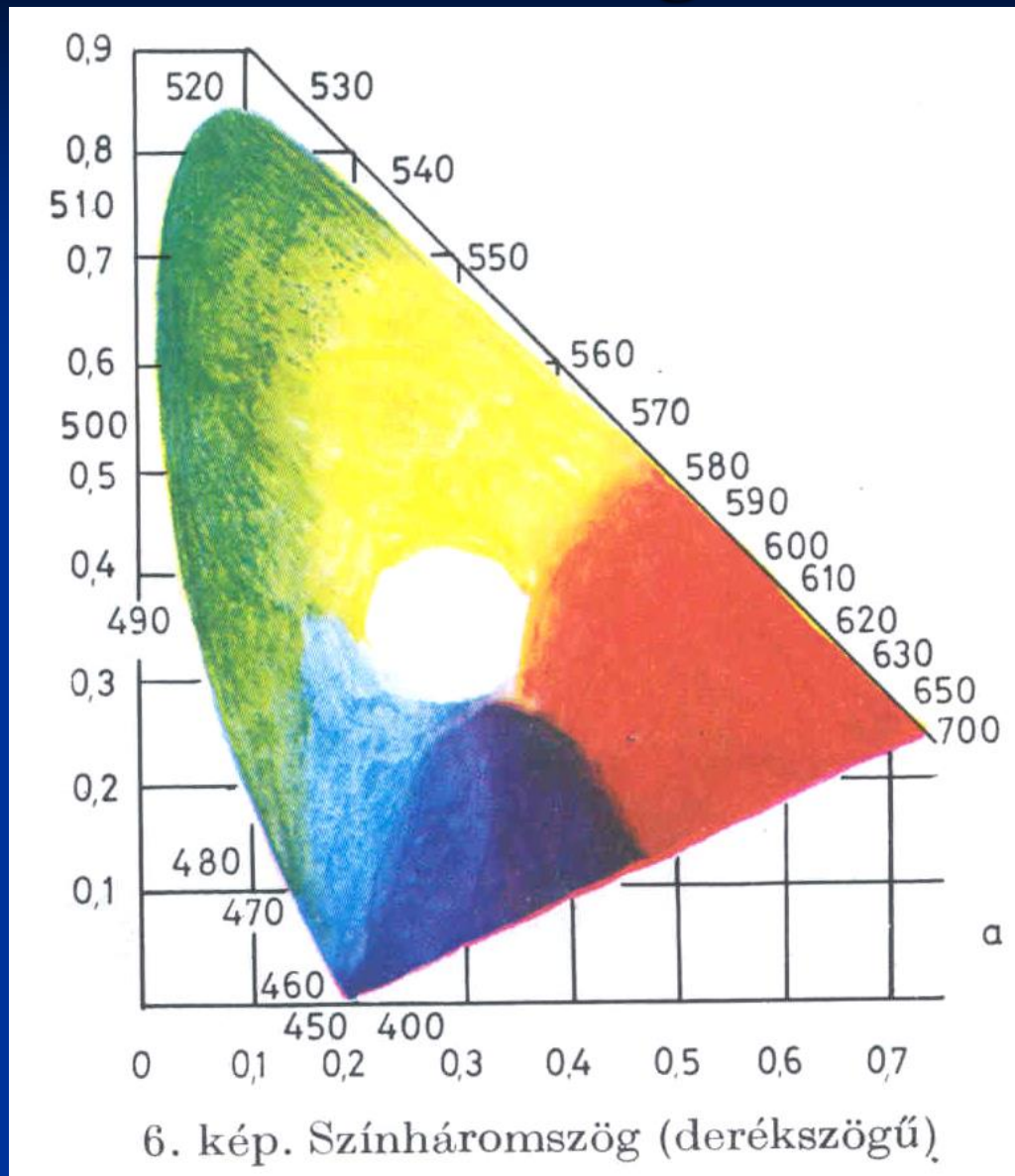
Színdiagramok



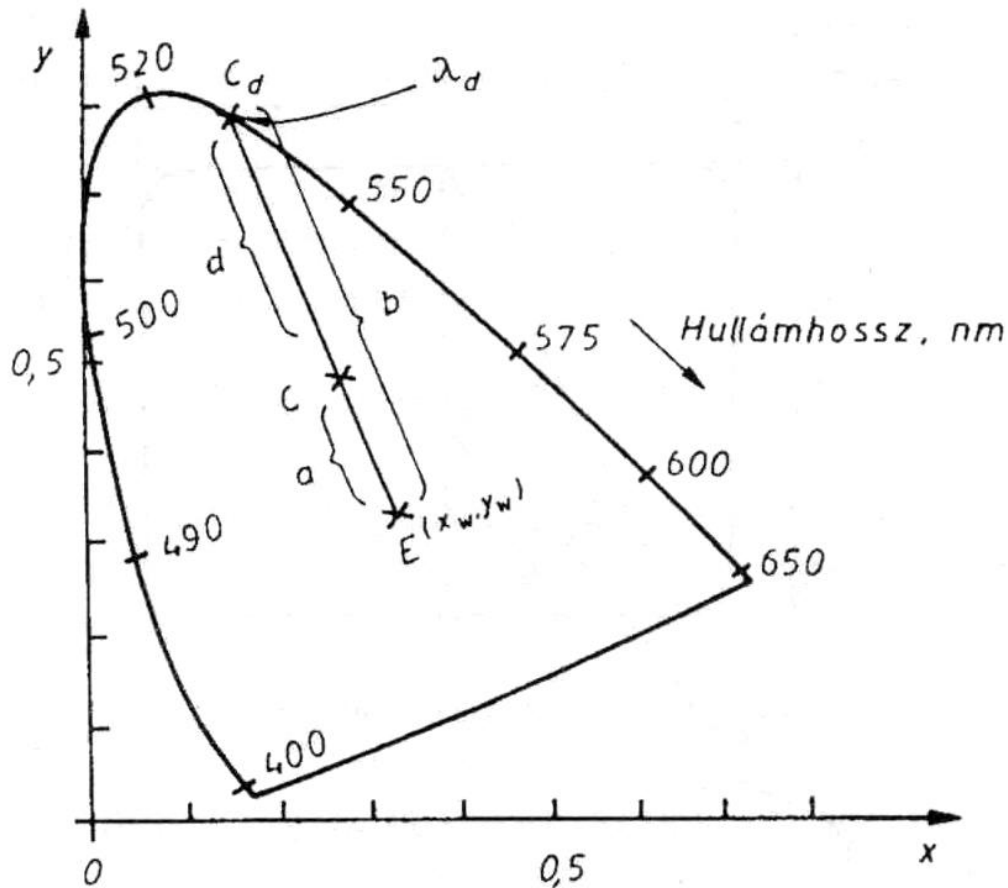
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

CIE színdiagram



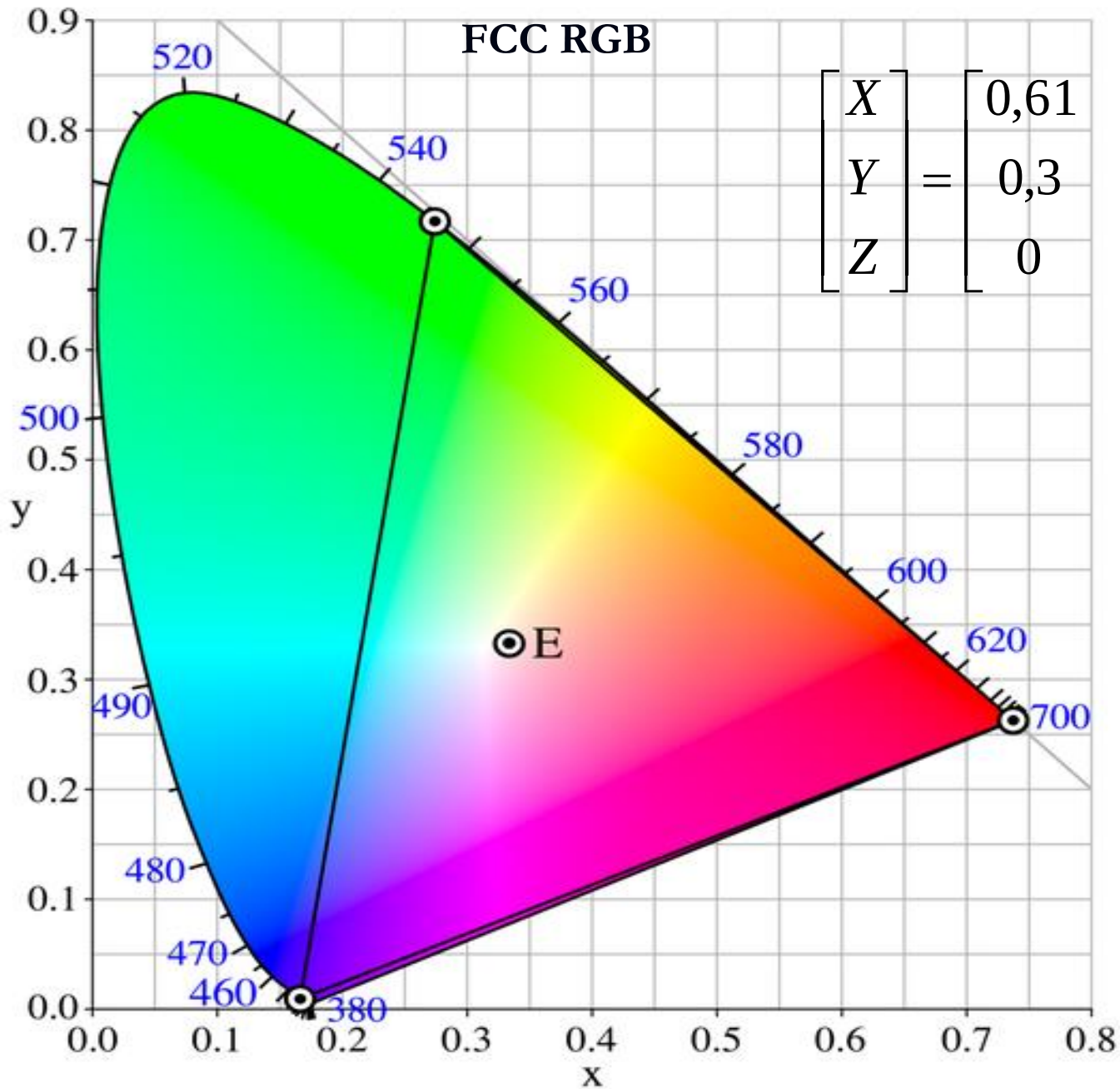
CIE színdiagram



5.5. ábra. Domináns hullámhossz, színtartalom

λ_d **domináns hullámhossz** (színezet pszichofizikai jellemzője)

$p_e = a/b$ **színtartalom** (telítettség pszichofizikai jellemzője)



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,61 & 0,17 & 0,2 \\ 0,3 & 0,59 & 0,11 \\ 0 & 0,07 & 1,12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

A kép átvitele hírközlő csatornán

Felbontás pixelekre

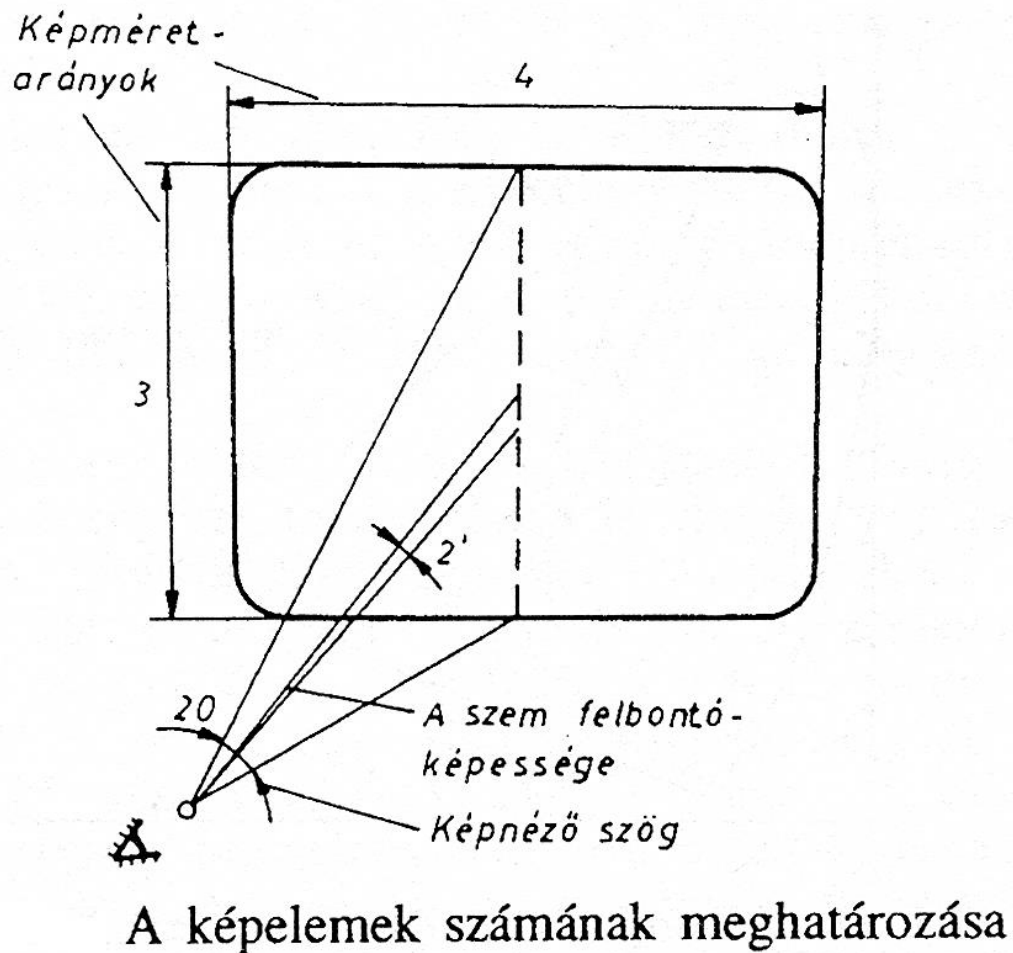
Fényesség (szürke árnyalatú)

Szinekre bontás

A képet pixelekre bontva és definiált sorrendben kiolvasva időfüggvényt kapunk

Kérdés: mekkora csatorna átviteli kapacitás szükséges a mozgó képek átviteléhez?

A kép átvitele hírközlő csatornán



Emberi szem függőleges felbontóképessége $2'$

Optimális képnézőszög 20°

Jól bevált képméretarány 4:3

Így képelemek száma:

függőlegesen $20^\circ / 2' = 600$

vízszintesen $600 \cdot 4 / 3 = 800$

A kép átvitele hírközlő csatornán

- Szürkeárnyalatú kép képelemszáma

$$600*800=4.8*10^5$$

- Árnyalatok száma

100 már élvezhető részletgazdaság

Fekete-fehér kép információtartalma

- Az $s=100$ szint információtartalma

$$I_{\text{képelem}} = \lg s = \lg(100) = 6.65 \text{ bit}$$

- A teljes kép információtartalma

$$I_{\text{képelem}}^{f-f} = 600 * 800 * 6.65 = 3.19 \cdot 10^6 \text{ bit}$$

Mozgóképf továbbítás

- Emberi szem tehetetlensége miatt

$$N=25-30 \text{ kép/sec}$$

- Adatátviteli sebesség

$$\nu_{\text{kép}}^{f-f} = N * 3.19 \cdot 10^6 \text{ bit/sec} = 25 * 3.19 \cdot 10^6 \text{ bit/sec} \approx 80 \text{ Mbit/s}$$

Színes kép információtartalma

- Színfelbontás szükséges mértéke
20 szín szint
- Emberi szem színfelbontó képessége
 $\approx 10'$ (5-ször rosszabb, mint fekete-fehérre)
- Minden színes pixelen 2 független adat, pl x,y

$$I_{\text{kép}}^{\text{szín}} = 2 * 600 * 800 / 25 * \lg(20) = 166 \text{ kbit}$$

Színes mozgóképf továbbítás

- Színes kép össz információtartalma

$$3.19\text{Mbit} + 166\text{kbit} = 3.36\text{Mbit}$$

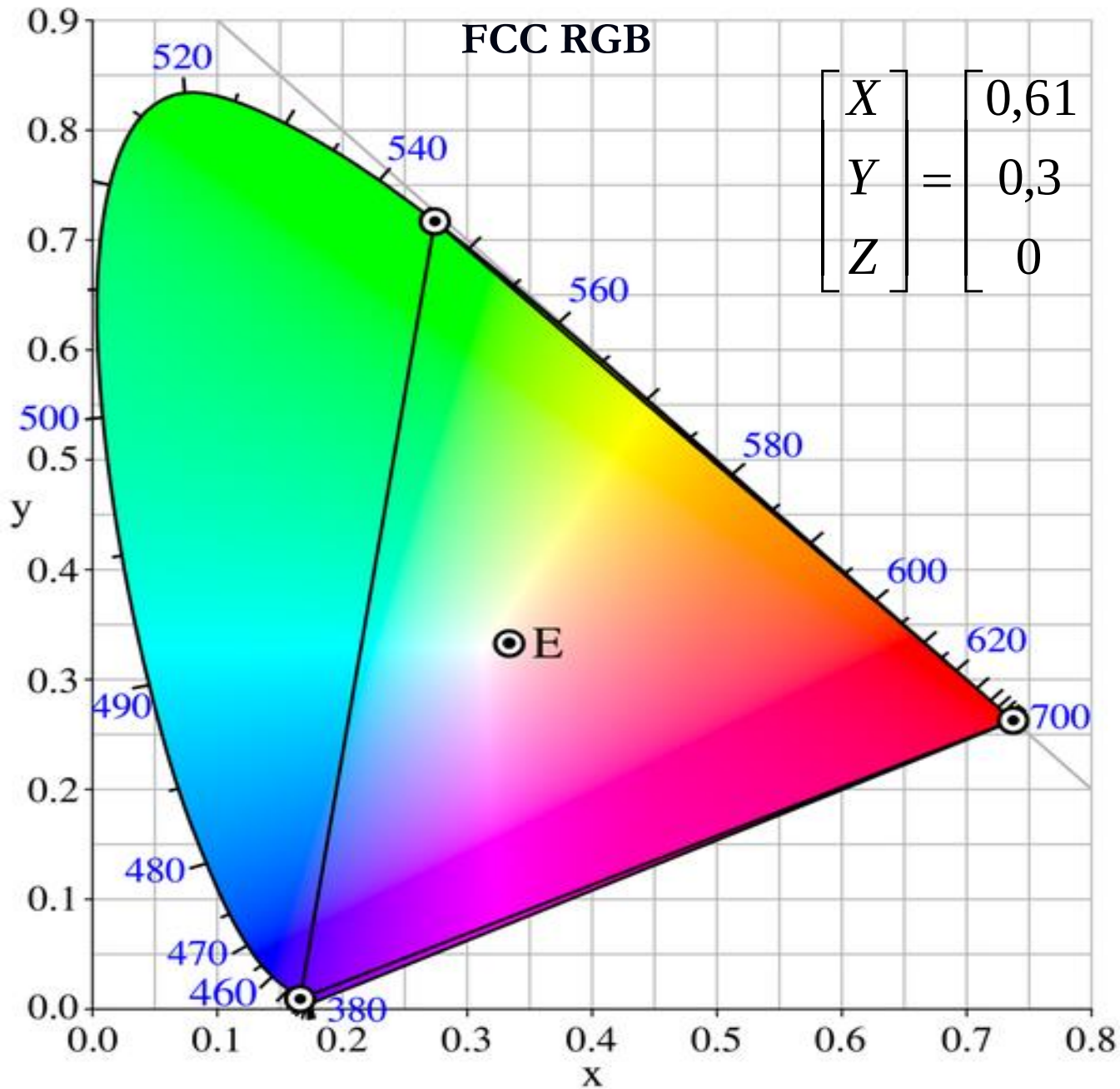
- Adatátviteli sebesség

$$25 * 3.36\text{Mbit/s} \approx 84\text{Mbit/s}$$

P.2.4. Színezet és telítettség pszihofizikai értelmezése

A CIE színdiagram segítségével határozzuk meg az FCC szabvány szerinti alapszínek(a televíziózásban használt alapszínek) domináns hullámhosszát és színtartalmát!

Fehérnek érezzük-e a három alapszín azonos súlyozású eredőjét?



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,61 & 0,17 & 0,2 \\ 0,3 & 0,59 & 0,11 \\ 0 & 0,07 & 1,12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

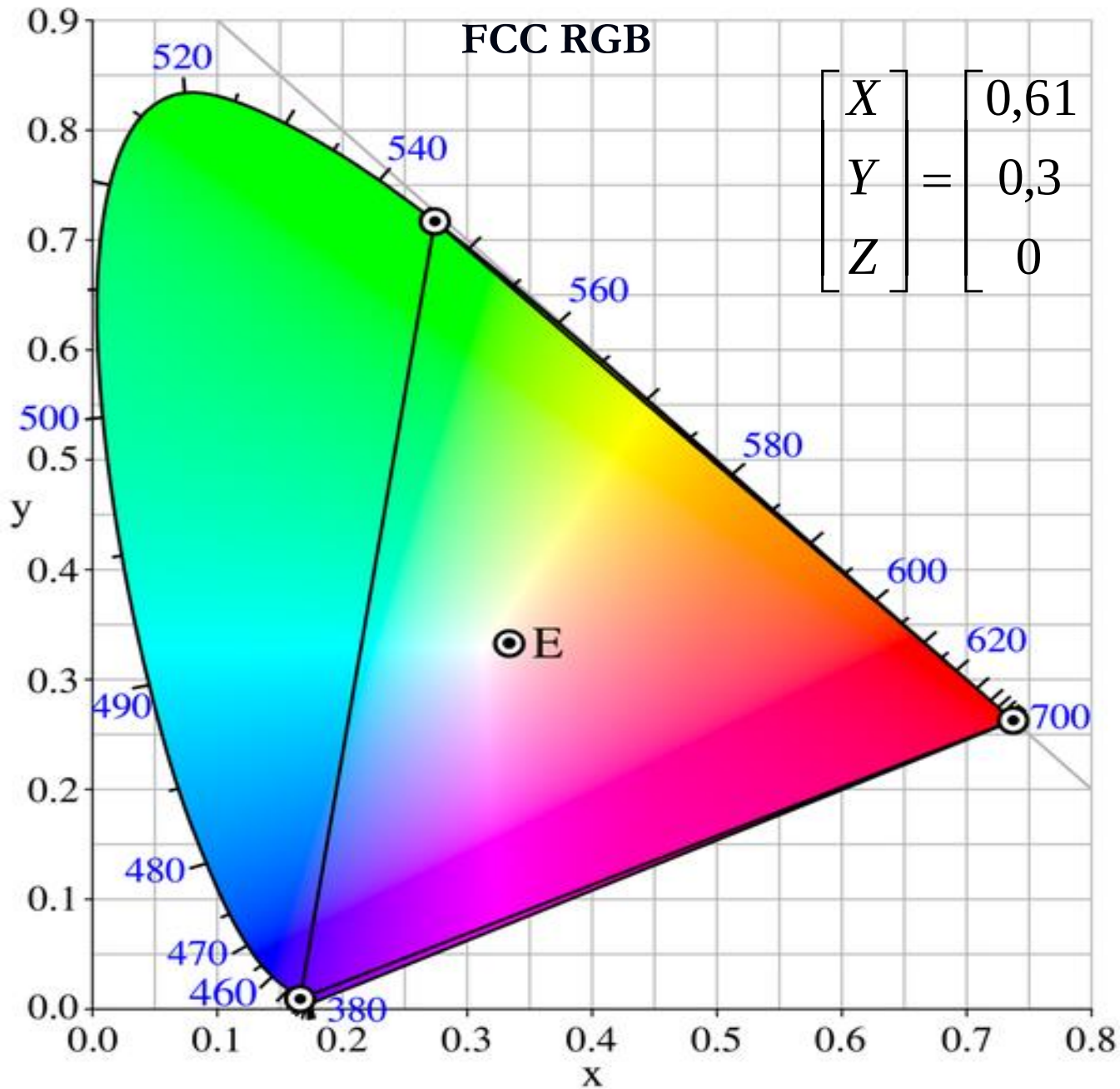
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

Színösszegzés, láthatóság

Milyen arányban kell a CIE zöld és kék alapszínét összeadni, hogy azonos világosság érzetet keltő encián színeket kapjunk. Melyik kikevert szín igényli a legkisebb teljesítményt? Mi a domináns hullámhossza annak a színnek, amelynél ez a keverék minimális színtartalmú?



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,61 & 0,17 & 0,2 \\ 0,3 & 0,59 & 0,11 \\ 0 & 0,07 & 1,12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

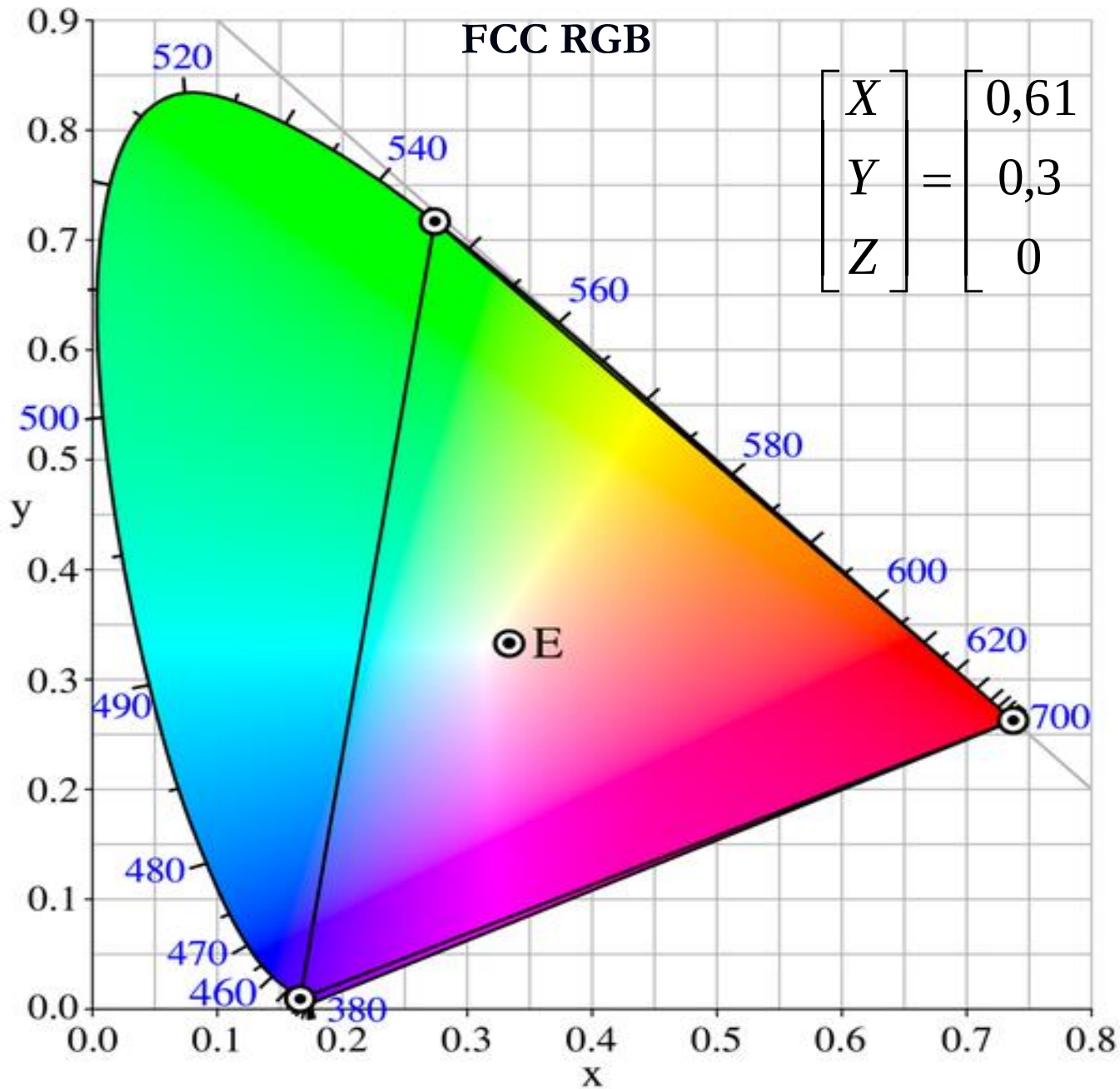
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

G.2.4. Gyakorló feladat

Színes monitor egy pixelének megjelenítéséhez a színkülönbségi jelek $R-Y = 0.35$, illetve $B-Y = -0.15$, a világosságjel pedig 45%-os.

- a.) Mekkora a pixelt jellemző RGB színösszetevők?
- b.) Milyen színűnek érzékeljük ezt a képpontot?
- c.) A képpont színét egy szabványos E fehér szín és egy RGB alapszín keverésével kívánjuk előállítani. Mekkora a fehér és mekkora az alapszín súlytényezője?
- d.) Mekkora a pixel színtartalma?



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,61 & 0,17 & 0,2 \\ 0,3 & 0,59 & 0,11 \\ 0 & 0,07 & 1,12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$