A színkülönbség függése a színösszetevők változásától

LUKÁCS GYULA
Magyar Optikai Művek
HORVÁTH CSABA
Alföldi Nyomda, Debrecen

DK.: 535.65

A tristimulusos színmérők általában az X, Y, Z színösszetevőket adják meg. A vizuális észlelésnek megfelelő színkülönbséget ki kell számítani, az eljárás bonyolult és hosszadalmas. A közölt táblázatokból és görbékből gyorsan meg lehet mondani, hogy a színtér 21 pontja körül meghatározott színkülönbséghez mekkora változás tartozik az X, Y, Z színösszetevőkben.

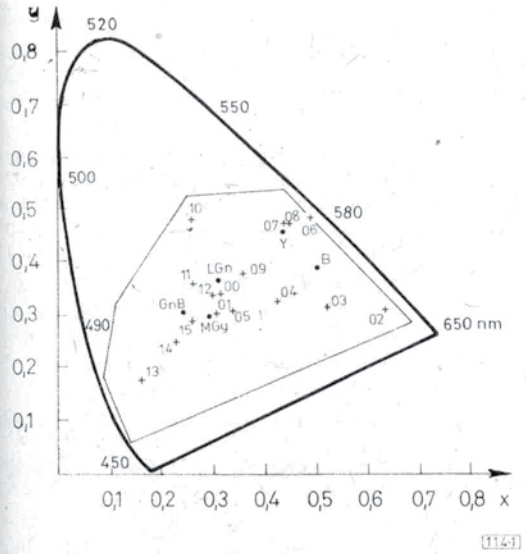
A gyakorlatban sűrűn kell a színösszetevőikkel adott minták közötti színkülönbséget megállapítani. Mivel a CIE színtér nem egyenközű, a különbség nem becsülhető, csak számítással határozható meg. A jelenleg használt tristimulusos színmérők általában a minták színösszetevőit adják meg, s a színkülönbséget csak ezt követő kézi vagy gépi számítással kaphatjuk.

Sokszor jó volna egyszerűen megtudni, hogy a színösszetevők különbsége, változása hogyan befolyásolja a színkülönbséget. Ezzel foglalkozó közleményről nem tudunk.

A színtér 21 pontjának környezetében vizsgáltuk, hogy adott színkülönbségi értékekhez milyen színösszetevő-eltérések tartoznak.

A pontokat az Országos Mérésügyi Hivatal 16 zománc etalonja és a National Physical Laboratory (Teddington, Anglia) 5 olyan kerámia etalonja határozta meg, mely jelentősen eltér az OMH etalonoktól. Az etalonok helyét a színdiagramban az *1. ábrán* jelöltük. Színösszetevőik értéke az *1. táblázatban* megtalálható. Az OMH etalonjait számokkal, az angolokat betűkkel jelölik.

A színkülönbség számítására az Adams—Nickerson képletet használtuk. Teljesen analóg módon kezelhető a CIE (L^*, a^*, b^*) képlet is [1].



1. ábra. Az OMH zománc etalonok és 5, betűvel jelölt NPL kerámia etalon színpontja a színháromszögben

Az Adams—Nickerson formula

A színkülönbség képlete:

$$\Delta E_{AN} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta A)^2 + (\Delta B)^2}.$$

Az egyes összetevők:

$$L = 9{,}2 \cdot V_Y,$$
$$A = 40 \cdot (V_X - V_Y),$$
$$B = 16 \cdot (V_Y - V_Z),$$

továbbá

$$\Delta L = 9{,}2 \cdot [V_{Y,1} - V_{Y,2}],$$
$$\Delta A = 40 \cdot [(V_{X,1} - V_{Y,1}) - (V_{X,2} - V_{Y,2})],$$
$$\Delta B = 16 \cdot [(V_{Y,1} - V_{Z,1}) - (V_{Y,2} - V_{Z,2})],$$

ahol V_X, V_Y, V_Z-t számíthatjuk a DIN 6174 szerint az ötödfokú vagy a harmadfokú polinommal [2], esetleg a Billmeyer-féle táblázatból [3]. Mi a harmadfokú polinomot és Billmeyer táblázatát használtuk. Célszerű átalakítással

$$\begin{aligned} \Delta L &= 9{,}2 \cdot [V_{Y,1} - V_{Y,2}], \\ \Delta A &= 40 \cdot [(V_{X,1} - V_{X,2}) - (V_{Y,1} - V_{Y,2})], \\ \Delta B &= 16 \cdot [(V_{Y,1} - V_{Y,2}) - (V_{Z,1} - V_{Z,2})] \end{aligned} \qquad (1)$$

alakot kapjuk. A különbségeket jelöljük Δ-val a jobb oldalon is:

$$\begin{aligned} \Delta L &= 9{,}2 \cdot \Delta V_Y, \\ \Delta A &= 40 \cdot (\Delta V_X - \Delta V_Y), \\ \Delta B &= 16 \cdot (\Delta V_Y - \Delta V_Z). \end{aligned} \qquad (2)$$

A továbbiakban ezt az alakot használjuk.

Az egyes színösszetevők hatása a színkülönbségre

Számításainkban a CIE C megvilágítás és a 2°-os észlelés adatait használjuk. Vezessük be a következő jelöléseket:

$$X_1 = X, \quad X_2 = X + \Delta X,$$
$$Y_1 = Y, \quad Y_2 = Y + \Delta Y,$$
$$Z_1 = Z, \quad Z_2 = Z + \Delta Z.$$

Adott színkülönbséghez tartozó színösszetevő- és színkoordináta-eltérések

ETALONOK	ΔE_{AN}	$\Delta Y = \Delta Z = 0$			$\Delta X = \Delta Z = 0$			$\Delta X = \Delta Y = 0$		
		ΔX	Δx	Δy	ΔY	Δx	Δy	ΔZ	Δx	Δy
FEHÉR, *00*										
$X = 79{,}28$	1,0	0,52	0,001	−0,001	0,48	−0,001	0,001	1,53	−0,002	−0,002
$Y = 81{,}31$	5,0	2,62	0,007	−0,003	2,41	−0,003	0,006	7,88	−0,010	−0,010
$Z = 94{,}99$	10,0	5,30	0,015	−0,007	4,92	−0,006	0,013	16,27	−0,020	−0,020
KÖZÉPSZÜRKE, *MGy*										
$X = 24{,}44$	1,0	0,25	0,002	−0,001	0,22	−0,001	0,002	0,76	−0,003	−0,003
$Y = 25{,}44$	5,0	1,26	0,011	−0,005	1,18	−0,004	0,010	3,93	−0,014	−0,014
$Z = 30{,}88$	10,0	2,54	0,022	−0,010	2,41	−0,009	0,020	8,16	−0,028	−0,029
SZÜRKE, *01*										
$X = 7{,}19$	1,0	0,11	0,004	−0,002	0,09	−0,001	0,003	0,34	−0,005	−0,005
$Y = 7{,}19$	5,0	0,54	0,018	−0,008	0,50	−0,007	0,016	1,80	−0,022	−0,024
$Z = 8{,}95$	10,0	1,10	0,035	−0,015	1,03	−0,013	0,030	3,83	−0,045	−0,046
TELÍTETT PIROS, *02*										
$X = 12{,}35$	1,0	0,13	0,003	−0,003	0,07	−0,003	0,003	0,08	−0,004	−0,002
$Y = 5{,}93$	5,0	0,68	0,016	−0,014	0,38	−0,017	0,018	0,42	−0,018	−0,009
$Z = 0{,}87$	10,0	1,39	0,032	−0,028	0,78	−0,033	0,036	0,92	−0,039	−0,019
SÖTÉTPIROS, *03*										
$X = 4{,}78$	1,0	0,08	0,005	−0,003	0,05	−0,003	0,004	0,09	−0,006	−0,004
$Y = 2{,}72$	5,0	0,39	0,023	−0,015	0,24	−0,017	0,021	0,48	−0,032	−0,019
$Z = 1{,}14$	10,0	0,81	0,045	−0,030	0,50	−0,034	0,043	1,05	−0,066	−0,038
BARNA, *B*										
$X = 20{,}71$	1,0	0,23	0,003	−0,002	0,17	−0,001	0,003	0,22	−0,003	−0,002
$Y = 16{,}28$	5,0	1,14	0,014	−0,010	0,90	−0,007	0,014	1,15	−0,014	−0,011
$Z = 4{,}46$	10,0	2,32	0,027	−0,021	1,84	−0,013	0,027	2,50	−0,028	−0,022
KÖZÉPPIROS, *04*										
$X = 29{,}02$	1,0	0,27	0,002	−0,001	0,20	−0,001	0,002	0,50	−0,003	−0,003
$Y = 23{,}05$	5,0	1,36	0,012	−0,007	1,06	−0,007	0,010	2,60	−0,017	−0,013
$Z = 17{,}59$	10,0	2,77	0,024	−0,014	2,16	−0,014	0,021	5,45	−0,034	−0,026
VILÁGOSPIROS, *05*										
$X = 59{,}91$	1,0	0,44	0,002	−0,001	0,37	−0,001	0,001	1,20	−0,002	−0,002
$Y = 55{,}84$	5,0	2,21	0,008	−0,004	1,87	−0,004	0,007	6,17	−0,011	−0,010
$Z = 61{,}21$	10,0	4,48	0,016	−0,008	3,79	−0,007	0,015	12,73	−0,022	−0,019
SÁRGA, *Y*										
$X = 58{,}67$	1,0	0,43	0,002	−0,002	0,40	−0,001	0,002	0,45	−0,001	−0,002
$Y = 63{,}09$	5,0	2,17	0,009	−0,007	2,05	−0,007	0,008	2,37	−0,008	−0,008
$Z = 13{,}33$	10,0	4,40	0,018	−0,015	4,11	−0,013	0,016	5,00	−0,016	−0,016
TELÍTETT SÁRGA, *06*										
$X = 53{,}32$	1,0	0,39	0,002	−0,002	0,34	−0,002	0,002	0,12	−0,001	−0,001
$Y = 52{,}13$	5,0	1,99	0,010	−0,009	1,74	−0,008	0,009	0,67	−0,004	−0,004
$Z = 2{,}11$	10,0	4,04	0,019	−0,018	3,60	−0,017	0,017	1,47	−0,007	−0,007
SÖTÉTSÁRGA, *07*										
$X = 8{,}64$	1,0	0,13	0,004	−0,003	0,12	−0,003	0,003	0,13	−0,003	−0,003
$Y = 9{,}17$	5,0	0,68	0,018	−0,015	0,64	−0,013	0,016	0,70	−0,014	−0,015
$Z = 2{,}13$	10,0	1,39	0,036	−0,029	1,32	−0,026	0,032	1,54	−0,030	−0,032
KÖZÉPSÁRGA, *08*										
$X = 25{,}85$	1,0	0,25	0,003	−0,002	0,23	−0,002	0,002	0,23	−0,002	−0,002
$Y = 27{,}79$	5,0	1,28	0,013	−0,010	1,21	−0,009	0,010	1,25	−0,010	−0,010
$Z = 5{,}12$	10,0	2,59	0,025	−0,020	2,42	−0,019	0,021	2,71	−0,020	−0,021
VILÁGOSSÁRGA, *09*										
$X = 67{,}62$	1,0	1,41	0,002	−0,001	0,37	−0,001	0,002	0,91	−0,003	−0,002
$Y = 71{,}39$	5,0	2,06	0,009	−0,006	1,93	−0,005	0,008	4,72	−0,013	−0,011
$Z = 50{,}42$	10,0	4,18	0,018	−0,012	3,93	−0,010	0,015	9,71	−0,025	−0,022

ETALONOK	ΔE_{AN}	$\Delta Y=\Delta Z=0$ ΔX	Δx	Δy	$\Delta X=\Delta Z=0$ ΔY	Δx	Δy	$\Delta X=\Delta Y=0$ ΔZ	Δx	Δy
TELÍTETT ZÖLD, *10*										
$X=4{,}20$	1,0	0,14	0,003	−0,002	0,16	−0,002	0,002	0,38	−0,003	−0,005
$Y=8{,}16$	5,0	0,70	0,015	−0,009	0,85	−0,010	0,013	2,00	−0,015	−0,024
$Z=5{,}16$	10,0	1,44	0,029	−0,018	1,73	−0,020	0,025	4,25	−0,030	−0,047
SÖTÉTZÖLD, *11*										
$X=2{,}58$	1,0	0,06	0,004	−0,002	0,06	−0,002	0,004	0,21	−0,005	−0,006
$Y=3{,}73$	5,0	0,30	0,020	−0,010	0,34	−0,008	0,020	1,10	−0,024	−0,032
$Z=4{,}32$	10,0	0,62	0,040	−0,020	0,70	−0,016	0,040	2,40	−0,047	−0,064
VILÁGOSSZÖLD, *LG*										
$X=25{,}91$	1,0	0,26	0,002	−0,001	0,25	−0,001	0,002	0,70	−0,003	−0,003
$Y=30{,}86$	5,0	1,31	0,011	−0,006	1,32	−0,005	0,010	3,63	−0,013	−0,015
$Z=26{,}95$	10,0	2,65	0,021	−0,012	2,70	−0,010	0,020	7,54	−0,025	−0,030
KÖZÉPZÖLD, *12*										
$X=48{,}46$	1,0	0,39	0,002	−0,001	0,38	−0,001	0,002	1,16	−0,002	−0,002
$Y=55{,}23$	5,0	1,99	0,008	−0,004	1,96	−0,004	0,008	5,93	−0,010	−0,012
$Z=56{,}49$	10,0	4,02	0,016	−0,008	4,01	−0,008	0,015	12,24	−0,020	−0,023
TELÍTETT KÉK, *13*										
$X=4{,}29$	1,0	0,08	0,003	−0,001	0,07	−0,001	0,002	0,53	−0,003	−0,004
$Y=4{,}96$	5,0	0,40	0,013	−0,003	0,40	−0,003	0,012	2,78	−0,015	−0,018
$Z=17{,}39$	10,0	0,83	0,026	−0,006	0,83	−0,005	0,025	5,83	−0,030	−0,033
ZÖLDESKÉK, *GnB*										
$X=5{,}58$	1,0	0,10	0,003	−0,001	0,10	−0,001	0,003	0,40	−0,004	−0,005
$Y=7{,}28$	5,0	0,49	0,016	−0,006	0,51	−0,005	0,015	2,08	−0,019	−0,025
$Z=10{,}85$	10,0	1,01	0,031	−0,013	1,01	−0,009	0,030	4,41	−0,037	−0,048
KÖZÉPKÉK, *14*										
$X=18{,}85$	1,0	0,23	0,002	−0,001	0,21	−0,001	0,002	1,01	−0,002	−0,003
$Y=21{,}53$	5,0	1,14	0,010	−0,003	1,12	−0,003	0,009	5,17	−0,012	−0,013
$Z=45{,}82$	10,0	2,33	0,019	−0,006	2,30	−0,005	0,017	10,67	−0,023	−0,026
VILÁGOSKÉK, *15*										
$X=38{,}79$	1,0	0,33	0,002	−0,001	0,32	−0,001	0,002	1,21	−0,002	−0,002
$Y=42{,}39$	5,0	1,67	0,008	−0,003	1,60	−0,003	0,008	6,19	−0,011	−0,012
$Z=66{,}21$	10,0	3,39	0,017	−0,007	3,23	−0,006	0,016	12,77	−0,021	−0,023

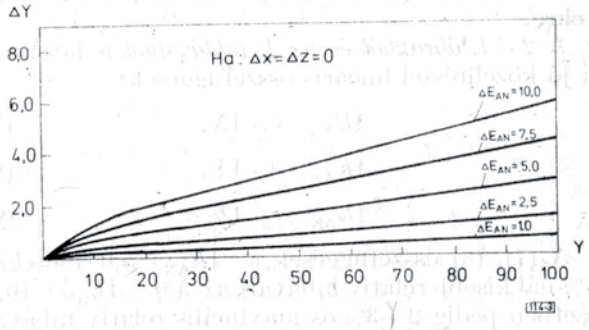
Nézzük először az Y világossági tényezőtől való függést. Ha $\Delta X=\Delta Z=0$, akkor $\Delta V_X=\Delta V_Z=0$ és a (2) kifejezések így alakulnak:

$$\Delta L=9{,}2\cdot\Delta V_Y,$$
$$\Delta A=-40\cdot\Delta V_Y, \qquad (3)$$
$$\Delta B=16\cdot\Delta V_Y.$$

A színkülönbség:

$$\Delta E_{AN}=\sqrt{(9{,}2\cdot\Delta V_Y)^2+(-40\cdot\Delta V_Y)^2+(16\cdot\Delta V_Y)^2}=$$
$$=|44{,}05\cdot\Delta V_Y|. \qquad (4)$$

Mivel $\Delta V_Y(Y, \Delta Y)$ kétváltozós függvény, szemléletesen kezelhető lesz, ha ΔE_{AN}-t konstanssal tesszük egyenlővé. Így adott színkülönbség esetén számíthatók az összetartozó Y, ΔY értékek. Legyen rendre $\Delta E_{AN}=1{,}0$; 2,5; 5,0; 7,5; 10. Az ezeknek megfelelő összetartozó Y, ΔY értékeket a *2. ábrán* rajzoltuk fel.

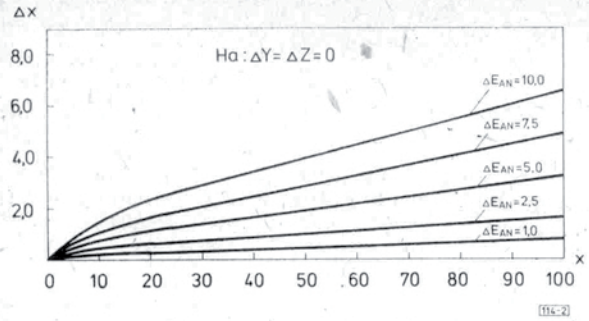


2. ábra. Adott színkülönbséghez tartozó Y színösszetevő eltérések

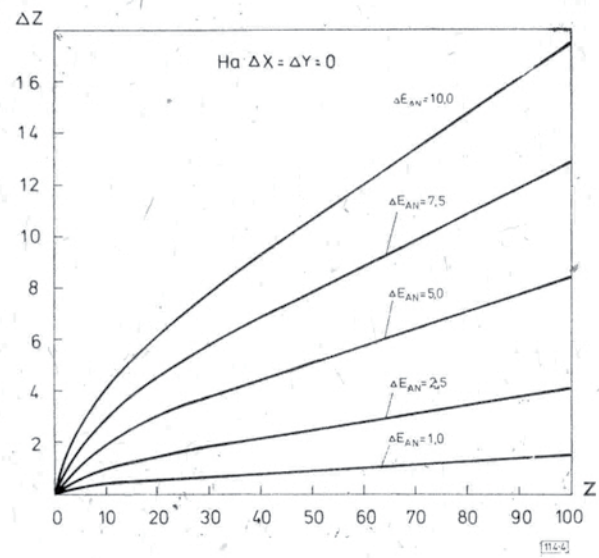
Hasonló módon levezethető az X színösszetevőtől való függés, amikor is $\Delta Y=\Delta Z=0$ és $\Delta V_Y=\Delta V_Z=0$. A színkülönbség:

$$\Delta E_{AN}=|40\cdot\Delta V_X|. \qquad (5)$$

Az összetartozó X, ΔX értékek a *3. ábrán* találhatók. A Z színösszetevőtől való függés levezeté-



3. ábra. Adott színkülönbséghez tartozó X színösszetevő eltérések



4. ábra. Adott színkülönbséghez tartozó Z színösszetevő eltérések

sekor $\Delta X = \Delta Y = 0$ és $\Delta V_X = \Delta V_Y = 0$. A színkülönbség:

$$\Delta E_{AN} = |16 \cdot \Delta V_Z|. \tag{6}$$

A Z, ΔZ értékpárok a *4. ábrán* találhatók.

A számításaink eredményeiből a 16 OMH és az 5 NPL etalonra vonatkozó értékeket az *1. táblázatban* tüntettük fel, $\Delta E_{AN} = 1{,}0$; $5{,}0$; $10{,}0$ esetekre.

A *2—4. ábrákból* és az *1. táblázatból* is láthatók a jó közelítéssel lineáris összefüggések:

$$\Delta E_{AN} \approx c_1 \cdot \Delta X, \tag{7}$$

$$\Delta E_{AN} \approx c_2 \cdot \Delta Y, \tag{8}$$

$$\Delta E_{AN} \approx c_3 \cdot \Delta Z. \tag{9}$$

A (7), (8) összefüggések a $\Delta E_{AN} < 5{,}0$ esetekre 1%-nál kisebb relatív hibával, az $5{,}0 \leqq \Delta E_{AN} \leqq 10{,}0$ esetben pedig 2—3%-os maximális relatív hibával igazak. A (9) összefüggés maximális relatív hibája $\Delta E_{AN} < 5$ esetekben 3%, míg $5{,}0 \leqq \Delta E_{AN} \leqq 10{,}0$ esetekben kisebb mint 5%.

Az *1. táblázatban* feltüntettük az adott színösszetevők eltéréseihez tartozó színkoordináta-értékek változását is, melyekre szintén igazak az előzőekhez hasonló közel lineáris összefüggések:

$$\Delta E_{AN} \approx c_4 \cdot \Delta x, \tag{10}$$

$$\Delta E_{AN} \approx c_5 \cdot \Delta y. \tag{11}$$

A fenti (7)—(11) összefüggések közel lineáris jellegének oka, hogy a V_X, V_Y, V_Z függvények szigorúan monoton növekszenek és kis szakaszokon jól linearizálhatók.

A (7)—(9) összefüggések lineáris jellege segíthetnekünk a színkülönbség becslésében. Például kétszer akkora színösszetevő-eltéréshez kétszer akkora színkülönbségi érték tartozik. A *2—4. ábrákból* pedig leolvasható, hogy az egyes színösszetevők változása milyen mértékű színkülönbség-eltérést okoz. A Z színösszetevő változásának hatása kevésbé jelentős a ΔX, ΔY eltérések okozta színkülönbség-változáshoz képest.

A színösszetevők együttes változásának hatása a színkülönbségre

A színkülönbség összetevői átrendezve a (2)-ben

$$\Delta L = 9{,}2 \cdot \Delta Y_Y,$$
$$\Delta A = -40 \cdot (\Delta V_Y - \Delta V_X), \tag{12}$$
$$\Delta B = 16 \cdot (\Delta V_Y - \Delta V_Z).$$

A ΔA kifejezésének negatív előjele elhagyható, a négyzetre emeléskor kiesik, legyen:

$$\Delta L = |9{,}2 \cdot \Delta V_Y|,$$
$$\Delta A = |40 \cdot (\Delta V_Y - \Delta V_X)|, \tag{13}$$
$$\Delta B = |16 \cdot (\Delta V_Y - \Delta V_Z)|.$$

Vizsgáljuk most ezen színösszetevőket külön-külön.

— A ΔL hatása a legkisebb a színkülönbségre, a legkisebb együtthatója miatt. Értéke nő, ha ΔY nő. Ha $\Delta A = 0$ és $\Delta B = 0$, akkor:

$$\Delta E_{AN} = |9{,}2 \cdot \Delta V_Y|. \tag{14}$$

— A ΔA hatása, a legnagyobb együtthatója miatt a legnagyobb. Két egymástól független mennyiség változása adja az értékét. Két eset különböztethető meg:

$$\operatorname{sg} \Delta V_X = \operatorname{sg} \Delta V_Y, \tag{15}$$

$$\operatorname{sg} \Delta V_X \neq \operatorname{sg} \Delta V_Y. \tag{16}$$

A (15) esetben a színösszetevők változása azonos irányban történt, míg a (16) esetben a változás iránya eltért. Tehát a $\operatorname{sg} \Delta X = \operatorname{sg} \Delta Y$ esetben a ΔA értéke — s egyben a színkülönbsége is — kisebb lesz, mint a $\operatorname{sg} \Delta X \neq \operatorname{sg} \Delta Y$ esetben.

— A ΔB összetevő viselkedése hasonló a ΔA-hoz. Értéke akkor kisebb, ha $\operatorname{sg} \Delta Y = \operatorname{sg} \Delta Z$.

A fentiekből megállapítható, hogy a színkülönbség akkor kisebb minden esetben, ha a színösszetevők egyirányban változnak, vagyis

$$\operatorname{sg} \Delta X = \operatorname{sg} \Delta Y = \operatorname{sg} \Delta Z. \tag{17}$$

Adott színkülönbségekhez tartozó színösszetevő-tűrések meghatározása

Az előzőekben feltárt összefüggésekkel adott színponthoz (pl. etalonhoz) meghatározhatunk olyan

Adott színkülönbséghez tartozó színösszetevő-tűrések

ETALONOK	ΔE_{AN}	X	$\pm\Delta X$ =	sg	≠	Y	$\pm\Delta Y$ =	sg	≠	Z	$\pm\Delta Z$ =	sg	≠
FEHÉR, *00*	2,5	79,28	1,26	0,60		81,34	1,26	0,61		94,99	1,51	0,74	
	4,0		2,02	0,98			2,02	0,99			2,41	1,19	
KÖZÉPSZÜRKE, *MGy*	2,5	24,44	0,60	0,31		25,44	0,59	0,30		30,88	0,71	0,35	
	4,0		0,96	0,47			0,97	0,48			1,15	0,57	
SZÜRKE, *01*	2,5	7,19	0,27	0,13		7,19	0,27	0,13		8,95	0,32	0,16	
	4,0		0,44	0,21			0,43	0,21			0,53	0,26	
TELÍTETT PIROS, *02*	2,5	12,35	0,38	0,19		5,93	0,23	0,11		0,37	0,08	0,04	
	4,0		0,60	0,30			0,38	0,19			0,13	0,06	
SÖTÉTPIROS, *03*	2,5	4,78	0,20	0,10		2,72	0,13	0,06		1,14	0,08	0,04	
	4,0		0,33	0,16			0,21	0,10			0,14	0,07	
BARNA, *B*	2,5	20,71	0,53	0,26		16,28	0,45	0,22		4,46	0,20	0,10	
	4,0		0,86	0,42			0,73	0,37			0,32	0,16	
KÖZÉPPIROS, *04*	2,5	29,02	0,65	0,32		23,05	0,57	0,28		17,59	0,51	0,25	
	4,0		1,06	0,51			0,91	0,45			0,40	0,82	
VILÁGOSPIROS, *05*	2,5	59,91	1,03	0,49		55,84	0,98	0,48		61,21	1,09	0,53	
	4,0		1,63	0,79			1,56	0,76			1,75	0,84	
SÁRGA, *Y*	2,5	58,67	1,03	0,50		63,09	1,05	0,53		13,33	0,42	0,21	
	4,0		1,65	0,80			1,71	0,86			0,69	0,34	
TELÍTETT SÁRGA, *06*	2,5	53,32	0,96	0,44		52,13	0,93	0,45		2,11	0,12	0,06	
	4,0		1,53	0,73			1,50	0,71			0,19	0,09	
SÖTÉTSÁRGA, *07*	2,5	8,64	0,31	0,15		9,17	0,31	0,15		2,13	0,12	0,06	
	4,0		0,50	0,24			0,51	0,25			0,19	0,09	
KÖZÉPSÁRGA, *08*	2,5	25,85	0,62	0,29		27,79	0,63	0,31		5,12	0,22	0,11	
	4,0		0,99	0,48			1,01	0,50			0,36	0,18	
VILÁGOSSÁRGA, *09*	2,5	67,62	1,12	0,54		71,39	1,13	0,55		50,42	0,96	0,46	
	4,0		1,80	0,86			1,83	0,89			1,56	0,76	
TELÍTETT ZÖLD, *10*	2,5	4,20	0,18	0,09		8,16	0,29	0,15		5,16	0,23	0,11	
	4,0		0,30	0,14			0,47	0,23			0,36	0,18	
SÖTÉTZÖLD, *11*	2,5	2,58	0,13	0,06		3,73	0,17	0,08		4,32	0,19	0,09	
	4,0		0,21	0,10			0,27	0,13			0,31	0,15	
VILÁGOSZÖLD, *LG*	2,5	25,91	0,62	0,30		30,86	0,65	0,33		26,95	0,65	0,32	
	4,0		0,99	0,48			1,09	0,54			1,06	0,52	
KÖZÉPZÖLD, *12*	2,5	48,46	0,90	0,42		55,23	0,97	0,47		56,46	1,04	0,50	
	4,0		1,44	0,69			1,55	0,76			1,66	0,82	
TELÍTETT KÉK, *13*	2,5	4,29	0,19	0,09		4,96	0,20	0,10		17,39	0,51	0,25	
	4,0		0,30	0,15			0,33	0,16			0,82	0,41	
ZÖLDESKÉK, *GnB*	2,5	5,58	0,22	0,11		7,28	0,27	0,13		10,85	0,37	0,18	
	4,0		0,37	0,18			0,43	0,22			0,60	0,30	
KÖZÉPKÉK, *14*	2,5	18,85	0,52	0,25		21,53	0,55	0,27		45,82	0,92	0,44	
	4,0		0,82	0,40			0,87	0,43			1,46	0,72	
VILÁGOSKÉK, *15*	2,5	38,79	0,78	0,38		42,39	0,84	0,41		66,21	1,15	0,55	
	4,0		1,27	0,61			1,33	0,66			1,85	0,91	

színösszetevő-eltéréseket — tűréseket — amelyeken belül maradva a megadott színkülönbségi határokat nem lépjük túl. Vegyük a korábban már tárgyalt esetet, amikor $\Delta X = \Delta Y = 0$.

A színkülönbség összetevői:

$$\Delta L = 9{,}2 \cdot \Delta V_Y,$$
$$\Delta A = -40 \cdot \Delta V_Y, \qquad (18)$$
$$\Delta B = 16 \cdot \Delta V_Y.$$

A ΔV_Y értéke megadható az előírt színkülönbséghez:

$$|\Delta V_Y| = \frac{\Delta E_{AN}}{44{,}05}. \qquad (19)$$

Legyen ez a kiindulási alapunk. Ha a $\Delta V'_X$, $\Delta V'_Y$ és a $\Delta V'_Z$ tűréseket megállapítjuk, akkor ebből a ΔX, ΔY, ΔZ tűrések adott mintákra, etalonokra egyszerűen számíthatók. Ha a kiszámított ΔV_Y értéket mint tűrést tekintjük adott ΔE_{AN} értékhez, akkor felírhatjuk a következőket, mégpedig arra az esetre — ami a kedvezőtlenebb —, ha $\operatorname{sg} \Delta X \neq \operatorname{sg} \Delta Z$ és egyik sem nulla:

$$\Delta L = 9{,}2 \cdot \Delta V_Y > 9{,}2 \cdot \Delta V'_Y,$$
$$\Delta A = -40 \cdot \Delta V_Y = -40 \cdot (\Delta V'_Y + \Delta V'_X), \qquad (20)$$
$$\Delta B = 16 \cdot \Delta V_Y = 16 \cdot (\Delta V'_Y + \Delta V'_Z),$$

Legyen:

$$\Delta V'_X = \frac{\Delta V_Y}{2}, \qquad (21)$$

$$\Delta V'_Y = \frac{\Delta V_Y}{2}, \qquad (22)$$

$$\Delta V'_Z = \frac{\Delta V_Y}{2}. \qquad (23)$$

Látható, hogy a ΔL összetevőnél maradt még $4{,}6 \cdot \Delta V_Y$ „tartalékunk". Ezt adjuk hozzá $\Delta V'_X$-hez.

A négyzetre emelés következetében

$$\Delta V_X = \frac{41{,}02}{40} \cdot \frac{1}{2} \cdot \Delta V_Y \qquad (24)$$

lesz. Így meghatározhatók tehát a színösszetevő tűrések, amik egy adott színkülönbséghez tartoznak.

Lényegesen nagyobb tűrések engedhetők meg, ha a feltétel

$$\operatorname{sg} \Delta X = \operatorname{sg} \Delta Y = \operatorname{sg} \Delta Z.$$

Felírva a színkülönbség összetevőit

$$\Delta L = 9{,}2 \cdot \Delta V_Y > 9{,}2 \cdot \Delta V'_Y,$$
$$\Delta A = -40 \cdot \Delta V_Y = 40 \cdot (\Delta V'_Y - \Delta V'_X), \qquad (25)$$
$$\Delta B = 16 \cdot \Delta V_Y = 16 \cdot (\Delta V'_Y - \Delta V'_Z).$$

Így a polinomértékek:

$$\Delta V'_X = \frac{41{,}02}{40} \cdot \Delta V_Y, \qquad (26)$$

$$\Delta V'_Y = \Delta V_Y, \qquad (27)$$

$$\Delta V'_Z = \Delta V_Y. \qquad (28)$$

A színösszetevők tűrései meghatározhatók ebből, a következő gondolatmenet alapján:

$$X_1 \to V_{X,1} \to V_{X,1} + \Delta V'_X = V_{X,2} \to X_2, \qquad (29)$$
$$\Delta X = \pm (X_2 - X_1). \qquad (30)$$

Az $X \to V_X$ átszámításhoz a DIN 6174 szabvány polinomjait vagy a Billmeyer-féle táblázatokat használhatjuk. A színösszetevő-tűrések kiszámításának gondolatmenete természetesen ugyanez az előző esetben is.

A *2. táblázat* tartalmazza a 77—01 sorozatú OMH zománcetalonok és öt 3 CC 74 sorozatú NPL etalon színösszetevőihez tartozó tűréseket $\Delta E_{AN} \leqq 2{,}5$ és $\Delta E_{AN} \leqq 4{,}0$ esetekre.

Mivel a színmérő műszerek specifikációit gyakran csak színösszetevő- és színkoordináta tűrésekkel adják meg a gyártók, a *2. táblázat* segítségünkre lehet a színmérő műszerek pontosságának megítélésében. A $\Delta E_{AN} = 2{,}5$; $4{,}0$ értékek jellemzőek a legkorszerűbb műszerek pontosságára [4].

Összefoglalás

Színes minták mérésekor a színösszetevők ismeretében számolás nélkül megítélhetjük a színkülönbséget. A színösszetevők növekvő értékével, ugyanahhoz a színkülönbségi értékhez növekvő színösszetevő-eltérések tartoznak.

Az X és az Y színösszetevő-eltérések különkülön azonos mértékű színkülönbségi eltéréseket okoznak. A Z színösszetevő-eltérés hatása a színkülönbségre a színek kb. $^2/_3$-részében, fele akkora.

Ha a minták színösszetevőinek eltérése azonos jellegű — tehát az egyik minta színösszetevői vagy csak kisebbek vagy csak nagyobbak — akkor a színkülönbségi érték lényegesen kisebb, mintha ez a feltétel nem áll fenn. Lehetőség van arra, hogy adott színkülönbséghez színösszetevő-tűréseket meghatározzunk.

Beérkezett: 1978. október 9.

IRODALOM

[1] *Horváth* Cs.—*Lukács* Gy.: Átszámítás a CIELAB és az ANLAB rendszerek között. *Mérés és Automatika*, 26. 1978: 9, 342—346 p.
[2] DIN 6174 Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen. Juli 1974, 7 p.
[3] *McLaren*, K.: The Adams-Nickerson Colour-difference Formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 86, August 1970, 354—366 p.
[4] *Lukács* Gy.: Korszerű színmérők az ipari méréstechnikában. *Kolorisztikai Értesítő*, 1976: 3—4, 74—90 p.

Дь. Лукач, Ч. Хорват: **Зависимость разноцветности от изменения координаты цвета**

Трехстимульные колориметры в основном предоставляют координаты цвета: X, Y, Z. Расчетным путем требуется определить разноцветность соответствующую визуальным наблюдениям, однако данный способ сложен и кропотлив. Из приводимых таблиц и диаграмм можно быстро определить, что какое изменение в координаты цвета: X, Y, Z из 21 точек цветного поля имеет отношение к определенной разноцветности.

Lukács, Gy., Horváth, Cs.: **Abhängigkeit der Farbdifferenz von der Aenderung der Normfarbwerte**

Die Farbmessgeräte nach dem Dreibereichsverfahren geben im allgemeinen die Normfarbwerte X, Y und Z an. Die der visuellen Beobachtung entsprechende Farbdifferenz muss ausgerechnet werden; das Verfahren ist lang und kompliziert. Aus den Tabellen und Kurven kann die zu den bestimmten Farbdifferenzen der 21 Punkte des Farbraum gehörende Aenderung in den Normfarbwerte X, Y und Z schnell abgelesen werden.

Lukács, Gy., Horváth, Cs.: **Dependence of colour difference on the change of tristimulus values**

The tristimulus colorimeters generally refer to the tristimulus values X, Y and Z. The colour difference according to the visual observation is to be calculated; the procedure is time-consuming and complicated. From the tables and curves indicated, it can be easily seen what changes occur in the X, Y and Z tristimulus values of the 21 points of the colour space in case of various colour differences.

Beszámoló a IX. Nemzetközi Elektronmikroszkópos Konferenciáról

CSORDÁS TÓTH ANNA
ALUTERV-FKI

A IX. Nemzetközi Elektronmikroszkópos Konferenciát 1978. augusztus 1—9. között rendezték meg Torontóban közel kétezer résztvevővel, akik között 200 fiatal meghívott volt. A konferencia szervezői első ízben hívtak meg olyan fiatal kutatókat, akik számára gondoskodtak a konferencián való ingyenes részvételről. Így kerültünk ki mi négyen is: Pozsgai Imre, Varga Sándor, Somogyi József és Csordás Tóth Anna.

A konferencia ünnepélyes megnyitása augusztus 2-án a torontói Convention Center előadótermében került sor, ahol a későbbiek során a meghívott előadók tartották harminc perces előadásaikat. Ezek a nagy előadások általában elméleti jellegűek voltak, olyan témakörökből kerültek ki, amelyek a fizikus és biológus kutatók számára egyaránt érdekesek voltak. Az *1. táblázatban* feltüntettük ezen szimpoziumok témakörét és az elhangzott előadások számát. A meghívott előadók előadásait kiegészítő és 1—1 technika alkalmazásait bemutató kisebb (15 perces) előadásokra és poszterek bemutatására került sor. Közülünk Pozsgai Imre állított ki posztert a röntgensugaras mikroanalízis témakörben igen nagy sikerrel. Az előadások és poszterek bőségét érzékeltetik az alábbi adatok: biológiai területen 382, fizika és anyagtudomány témakörben pedig 320 előadást és posztert mutattak be. Rövid beszámolónkban csak néhány tendenciát emelünk ki. Világszerte nagy erőfeszítések folynak az elektronmikroszkópok feloldóképességének további javítására: a hagyományos transzmissziós elektronmikroszkópok és a pásztázó elven működő ún. pásztázó transzmissziós mikroszkópok területén is. Fejlődnek és egyre jobban elterjednek a transzmissziós elektronmikroszkópiához kapcsolt különböző analitikai módszerek: röntgensugaras mikroanalízis és az elektronenergia-veszteség analízis. Ez utóbbi eljárásnak nagy jövője lesz a biológiában és nem biológiai területen elsősorban a könnyű elemek vizsgálata és igen nagy érzékenységű kimutatása területén. Az anyagok valódi szerkezetét feltáró nagy felbontású elektronmikroszkópiát az elmúlt néhány évben egyre nagyobb körben alkalmazzák mind a fémek és félvezetők, mind a kerámiák és egyéb nem fémes anyagok körében. Az elektronmikroszkópos képeket számítógépes és holografikus módszerrel értékelik és javítják annak minőségét. A biológiában nagy szerephez jutnak a rekonstrukciós eljárások, amelyekkel enzimek és óriás molekulák szerkezetét próbálják felderíteni.

1. táblázat

A szimpóziumok	
témaköre	száma
Sugárzási károsodás	5
Készülékek ma és holnap	4
Analitikai elektronmikroszkópia	5
Rácsképek megértése	4
Képanalízis	4
In-situ kísérletek	4
Anyagok jellemzésében bekövetkezett haladás	5
Nagyfeloldás	4

Az említett tudományos eredményeket és eljárásokat sok esetben igen fiatal kutatók mutatták be a konferencián. Számunkra ez eleinte kissé szokatlan volt, ugyanakkor azonban buzdító is. Az előadásokat hallgatva és a posztereket nézve sok olyan kutatási területre bukkantunk, amelyekhez hasonlóval itthon is foglalkoznak.

Pár szóban szeretnénk még beszámolni a nem tudományos programról. Egyik délután a torontói Science Centert látogattuk meg, ahol a tudomány és a technika sok vívmánya az űrhajózástól a televízióig közérthetően, helyenként a nézők által elvégezhető kísérletek formájában kerül közel az emberhez. Ugyanezen a napon került sor a torontói egyetemen Ernst Ruska, James Hillier, Arbert Prebus, Cecil Hall és Keith Porter tiszteletbeli doktorrá való avatására. Megemlékeztek Kanada első elektronmikroszkópjáról, amelyet negyven évvel ezelőtt állítottak fel Torontóban és jelenleg a Science Centerben található. A 200 meghívott fiatal szűkebb körben találkozhatott a meghívott előadók közül olyanokkal, akiknek azonos az érdeklődési köre. A konferencián bankettre és két kirándulásra is sor került, ez utóbbiak azonban főként a nagyobb pénzű résztvevők számára voltak elérhetők.

A konferencián nagy műszerkiállításra is sor került, amelyen a Philips cég szerepelt a legnagyobb sikerrel jó felbontóképességű, stabil és analitikai eszközökkel is ellátott EM 400 típusú elektronmikroszkópjával. A konferencia anyagát három kötetben adták ki és mi ezekkel a kötetekkel megrakodva tértünk haza egy hosszú, de érdekes repülőútról. A következő európai elektronmikroszkópos konferenciára Hágában kerül sor 1980-ban, és négy év múlva Hamburg várja a X. Nemzetközi Elektronmikroszkópos Konferencia résztvevőit.