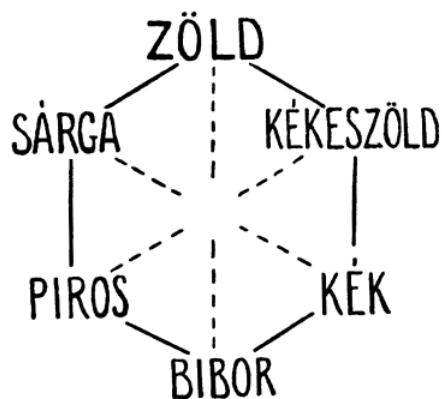


Színes fényképezés a kodakróm és az új-agfakolor eljárásokkal

A színes fényképezés sok fajtája közül a legutóbbi évekig a Lumière rendszerű autokróm-eljárások különböző fajtái (agfakolor, dufaykolor) voltak leginkább használatban. Amint ismeretes, ezek az eljárások szabálytalan vagy szabályos elrendezésű kék, zöld és vörös szemcsék rétegével bevont lemezt használtak. A szabadon levő, ezüst által el nem fedett színes szemcséken átmenő fénysugarak keveréke hozta létre a kívánt színárnyalatot. Ezeknek az eljárásoknak sok előnyük van, például könnyű a kidolgozás és a színárnyalatokat minden egyéni önkénytől mentesen az eredetiekkel megegyezően kapjuk meg. Van azonban hátrányos tulajdonságuk is. Egyrészt a színes szűrőelemek rendszere nem enged meg erős nagyítást, másrészt a három részre történő sugárosztás feltétlenül nagy fényvesztéssel jár. Ennek következtében ezek a képek sötétek, nehezen vetíthetők. A fényszegénységen elvi okokból nem lehet segíteni, ezért az elért eredmény ellenére sem volt jövőjük ezeknek az eljárásoknak.

Sok próbálkozás után a legutóbbi években két olyan színes negatívanyag került forgalomba, amely egészen más elv alapján működik. Egyik az ú. n. kodakróm, a másik az új-agfakolor (Agfakolor-Neu) eljárás. Mindegyik szubtraktív színkeverésen és színes előhíváson alapszik, ezért először ezeknek a lényegét ismertetjük.

Szubtraktív színkeverést úgy kapunk, hogy a fényt több egymás mögött levő színszűrőn, színes üvegen bocsátjuk egymás után keresztül. Például piros és zöld üveget téve egymás mögé ezeken keresztül a napfényt vagy lámpafényt sárgának látjuk. Hat főárnyalatot szokás figyelembe venni, ezek a piros, sárga, zöld, kékeszöld, kék és bíbor (1. ábra). Kékeszöldön kb. tengerzöldet, kéken telt kobaltkék árnyalatot kell értenünk. Alapszíneinket egy hatszög csúcaiban helyezük el. A színkeverés szabálya úgy szól, hogy *mindegyik szín létrehozható két szomszédja által*. Tehát:



1. ábra

- | | | |
|--------------|-------------|--------------|
| 1. piros | + zöld | = sárga, |
| 2. sárga | + kékeszöld | = zöld, |
| 3. zöld | + kék | = kékeszöld, |
| 4. kékeszöld | + bíbor | = kék, |
| 5. kék | + piros | = bíbor, |
| 6. bíbor | + sárga | = piros. |

E szabályok helyességéről színes üvegekkel végzett kísérletekkel bárki meggyőződhetik, például egymás mögé tett bíbor és sárga üveg pirosat ad és így tovább. Ezekre a keverési lehetőségekre sokszor fogunk hivatkozni, felhasználva számozásukat. A szemközti levő színek a kiegészítő színek és együtt feketét adnak a szubtraktív színkeverés alkalmával. Ilyen párok a piros + kékeszöld, a zöld + bíbor és a sárga + kék. Feketét adnak ezek a hármas keverékek is: piros + zöld + kék, valamint sárga + zöldeskék + bíbor, mert közülük kettő keverve a harmadiknak a kiegészítő színét adja. Két szomszédos szín keverése finomabb átmeneti árnyalatokat adna, például a piros és sárga keverése narancssárgát.

A színes előhíváson olyan kémiai eljárást értenek, amely színes előhívott képet ad. Ismeretes, hogy minden fényképszeti előhívó olyan redukálószer, amely a lemez vagy film ezüstbromidját ezüstté alakítja ott, ahol a lemezt fény érte. Közben azonban az előhívó oxidálódik. Természetesen, ahol sok fény jutott a lemezre, ott sok ezüst válik szabaddá, ezzel együtt azonban sok oxidációs termék is jött létre. Fény által alig ért helyen az előhívott ezüst és az oxidálódott előhívó mennyisége csekély. Általában az oxidációs melléktermékek mennyisége a fény mennyiségével, tehát a negatívkép sötétségével együtt növekszik. A színes előhívás lényege abból áll, hogy az előhívóba olyan anyagot kevernek, amely az eredeti

előhívóra nem hat, ellenben színes vegyületet, festőanyagot alkot az előhívó oxidációs termékével. A folyamatot figyelemmel kísérhetjük a következő példában. Ismert előhívó a p-fenilendiamin, összetétele $\text{H}_2\text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NH}_2$. Előhívás alkalmával oxidálódik p-amido-nitrosofenollá: $\text{H}_2\text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NO}$. Ha az oldatban α -naftol is van jelen, akkor ez az utóbbival vegyül: $\text{H}_2\text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NO} + \text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH} = \text{H}_2\text{N} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{N} = \text{C}_{10}\text{H}_6\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$. Kékszínű festék keletkezik, természetesen csak ott, a lemez azon részein, ahol előhívás ment végbe és oxidációs termék képződött. Egy ilyen oldat összetétele például: 0,4 g p-fenilendiamin és 6 g kristályos szódát 200 cm^3 vízben oldunk és hozzáteszünk 4 cm^3 feloldott 0,4 g α -naftolt. Egy diapozitívlemez erős megvilágítás után ebben előhívva kékszínű képet kapunk. Hasonló folyamatokon alapszik még nagyon sok más színes előhívó működése. A szereplő anyagok alkalmas megválasztásával mindenféle szín előállítható. Mint előhívó szerepelhetnek a p-fenilendiamin különböző helyettesítési származékai, esetleg p-amidofenol, mint festékképző pedig az α -naftol, indoxil, fenilecetsavnitril stb. származékai. (A továbbiakban ismertetett összetételek csak tájékozással szolgálnak, mert az oldatok pontos összetételét a gyárak nem közlik, illetőleg változtatják, tökéletesítik.) A kívánt árnyalatú színes kép előhívása után az ezüstszemcséket vörös vérlúgsó és nátriumtioszulfát oldatával (az ú. n. Farmer-oldattal) ki lehet oldani, ezáltal a kép világosabb lesz, mert csak a festőanyagból áll.

A színes előhívás már régóta ismeretes (FISCHER R. 1914), gyakorlati alkalmazását azonban csak a legutóbbi években sikerült megvalósítani. Az ismertetendő kodakróm és új-agfakolor eljárások alapelve ugyanaz, csak a kivitelben van eltérés.

A kodakróm-eljárás filmjének celluloidján három rétegben foglal helyet a fényérzékeny réteg. A legelső kevés ezüstöt tartalmazó közönséges emulzió, amely ilyen módon különösképpen a tárgyról jövő kék sugarak iránt érzékeny. (Érzékenysége kb. $^0/_{10}$ Din°.) Alatta következik egy ortokromatikus emulzió, amely tekintettel az első és második réteg között levő sárga fényszűrő rétegre és saját érzékenységi tulajdonságaira a tárgyról jövő zöld sugarak számára érzékeny. Végül a harmadik emulziós réteg pankromatikus, $^{12}/_{10}$ Din° érzékenységgű és a piros sugarak számára fogékony. Az egyes rétegek 5μ vastagságúak, közöttük 2μ vastagságú üres zselatinréteg van; az egész emulzió ilyen módon nem vastagabb, mint bármely más film fényérzékeny rétege (2. ábra). Fényképezzünk erre a rétegre egy a pirostól a feketéig terjedő színsorozatot (A). A piros foltról jövő piros sugarak csak a legalsó, piros iránt érzékeny rétegben hagynak nyomot. A sárga mezőről jövő sugarak az 1. sz. színkeverési szabály értelmében úgy viselkednek, mint a zöld és piros fény összege, tehát hatást keltenek a második és harmadik rétegben. A zöld mezőről jövő sugarak csak a második rétegre hatnak, a kékeszöldről érkezők a 3. sz. szabály szerint az első és második rétegre stb. Végül a fehér fény sugarai minden színt tartalmaznak és mindegyik rétegre hatnak, a fekete foltról pedig semmi fény sem indul ki. Megvilágítás után a filmet rendes, lúgos finomszemcsés előhívóval kezelik; azokon a helyeken, ahol a megfelelő színű fénysugarak hatást fejtettek ki, fémes ezüst válik ki, a többi helyen az ezüsbromid megmarad (B). Ezután fordítási művelet következik, híg krómsavval kioldják a fémes ezüstöt, az ezüsbromid megmarad (C). Most kerül sor a megmaradt ezüsbromid színes előhívására. Ennek az a végcélja, hogy az egyes rétegek előírt, különböző színeket vegyenek fel, a cél megvalósítása azonban nem olyan egyszerű. Megvilágítás után először triklor- α -naftolt tartalmazó dietil-p-fenilendiaminnal hívnak elő. Ez mind a három rétegben levő ezüsbromidot előhívja kékeszöld színű festőanyag keletkezése közben (D). A kékeszöld színre azonban csak a legalsó rétegben van szükség, a felső kettőből óvatosan el kell távolítani. A filmet roncsoló-oldatba teszik, amely először a legfelső, azután a középső rétegben roncsolja el a festőanyagot, ekkor azonban hirtelen meg kell szakítani a roncsolást, nehogy a legalsó rétegből is eltűnjön a szín. A roncsoló folyadék 75% metilalkoholból, hidrogénbromidból, krómsavból és káliumbromidból áll; az alkoholtartalom következtében lassan, 20 másodperc

alatt diffundál be a zselatinba és így órával pontosan megállapítható a roncsolás végpontja. Ammóniás fürdő állítja meg a roncsoló-folyadék munkáját. Utána a legalsó rétegben kékeszöld festőanyag, a felső kettőben visszaalakult ezüstbromid marad a megfelelő helyeken (*E*). A második színes előhívás bíborszínű képet hoz létre a felső két rétegben (*F*). Az oldat összetétele dietil-p-fenilendiaminból és brómtioindoxilból áll. Újabb roncsolás következik, de ezt csak addig működtetik, amíg a legfelső réteg festékét tünteti el (*G*). A harmadik színes előhívás a legfelső réteg ezüstbromidját hívja elő sárgára, az anyag például p-amidofenol és fenilecetsavnitril (*H*). Utoljára vörös vérlúgsós Farmer-oldattal kioldják a rétegekből a fémesszűt (*I*). Figyelemre méltó, hogy az eredeti színérzékenység kiegészítő színére történik a színezés. A roncsolás a fémesszűt mindig visszaalakítja ezüstbromiddá; a színes előhívás természetesen csak az ezüstbromidon léphetett működésbe, a már előhívott fémesszűtön nem indulhat meg kémiai folyamat.

A.	PIROS	SÁRGA	ZÖLD	KÉKESZ.	KÉK	BÍBOR	FEHÉR	FEKETE
B.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○
	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	○ ○ ○
	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○
C.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○					○ ○ ○
	○ ○ ○				○ ○ ○	○ ○ ○		○ ○ ○
			○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○			○ ○ ○
D.	Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld					Kékeszöld
	● ● ●	● ● ●	● ● ●					● ● ●
	Kékeszöld				Kékeszöld	Kékeszöld		Kékeszöld
	● ● ●				● ● ●	● ● ●		● ● ●
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
			● ● ●	● ● ●	● ● ●			● ● ●
E.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○					○ ○ ○
	○ ○ ○				○ ○ ○	○ ○ ○		○ ○ ○
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
			● ● ●	● ● ●	● ● ●			● ● ●
F.	Bíbor	Bíbor	Bíbor					Bíbor
	● ● ●	● ● ●	● ● ●					● ● ●
	Bíbor				Bíbor	Bíbor		Bíbor
	● ● ●				● ● ●	● ● ●		● ● ●
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
			● ● ●	● ● ●	● ● ●			● ● ●
G.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○					○ ○ ○
	Bíbor				Bíbor	Bíbor		Bíbor
	● ● ●				● ● ●	● ● ●		● ● ●
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
			● ● ●	● ● ●	● ● ●			● ● ●
H.	Sárga	Sárga	Sárga					Sárga
	● ● ●	● ● ●	● ● ●					● ● ●
	Bíbor				Bíbor	Bíbor		Bíbor
	● ● ●				● ● ●	● ● ●		● ● ●
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
			● ● ●	● ● ●	● ● ●			● ● ●
I.	Sárga	Sárga	Sárga					Sárga
	Bíbor				Bíbor	Bíbor		Bíbor
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld
K.	PIROS	SÁRGA	ZÖLD	KÉKESZ.	KÉK	BÍBOR	FEHÉR	FEKETE

2. ábra

Nézzük meg, mi az eljárás eredménye. Ha az első mező sárga és bíbor rétegein nézünk keresztül, a 6. sz. keverési szabály szerint piros színt látunk. A második mezőn átnézve természetesen sárga színt látunk. A harmadik mező sárga és kékeszöld színe a 2. szabály szerint zöldet ad. Ezután kékeszöld, majd kékeszöld + bíbor = kék (4. szabály) és bíborszínű mezők következnek. Az utolsó előtti mező mindhárom rétege festékmentes, tehát fehér benyomást kelt, a legutolsóban pedig mind a három megfestődött és együttesen feketét ad, mert itt semmiféle árnyalatú fény sem mehet át. Látjuk, hogy az eredmény ugyanolyan színek sorozatából áll, mint az eredeti tárgy (K). Így van ez mindenféle színárnyalat esetében. Az eredményül kapott színes filmképet átnézetben, vetítésben nézhetjük; ekkor ugyanaz a filmdarab van kezünkben, amelyre eredetileg a felvétel készült. A kidolgozást központilag, gyárilag hajtják végre, a film árában a kidolgozás költsége is benn van és ebből a célból a filmet a felvételek elkészítése után be kell küldeni a gyárba.

Az új-agfakolor néven ismeretes eljárás abban különbözik a kodakrómtól, hogy egyetlen előhívás által színezi az egyes rétegeket sárgára, bíborra és kékeszöldre. Ezt úgy érik el, hogy az egyes rétegekben előre elhelyezik azokat a vegyszereket, amelyek majd az előhívó oxidációs termékével a sárga bíbor és kékeszöld színeket adják (3. ábra)¹.

A.	PIROS	SÁRGA	ZÖLD	KÉKESZ.	KÉK	BÍBOR	FEHÉR	FEKETE	
B.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	Kék
	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	○ ○ ○	Zöld
	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	● ● ●	● ● ●	○ ○ ○	Piros
C.	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○					○ ○ ○	
	○ ○ ○				○ ○ ○	○ ○ ○		○ ○ ○	
			○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○			○ ○ ○	
D.	Sárga ● ● ●	Sárga ● ● ●	Sárga ● ● ●					Sárga ● ● ●	
	Bíbor ● ● ●				Bíbor ● ● ●	Bíbor ● ● ●		Bíbor ● ● ●	
			Kékeszöld ● ● ●	Kékeszöld ● ● ●	Kékeszöld ● ● ●			Kékeszöld ● ● ●	
E.	Sárga	Sárga	Sárga					Sárga	
	Bíbor				Bíbor	Bíbor		Bíbor	
			Kékeszöld	Kékeszöld	Kékeszöld			Kékeszöld	
F.	PIROS	SÁRGA	ZÖLD	KÉKESZ.	KÉK	BÍBOR	FEHÉR	FEKETE	

3. ábra

Fényképezzük le alapszíneink sorozatát egy új-agfakolor filmre (A). A megvilágítás alkalmával a piros mező alatt a legalsó rétegben, a sárga mező alatt a középső és legalsó rétegekben, a zöld mező alatt középső rétegben stb. jön létre hatás. Az első előhívás olyan közönséges előhívóval megy végbe, amelynek termékei még nem vegyülnek a festékképező anyagokkal. Az eredmény fémes ezüst azokon helyeken, ahol az egyes rétegek érzékenyek voltak az illető színű fénysugarak iránt, minden egyéb helyen az ezüstbromid megmarad (B). Ezután fordítófürdővel feloldják a fémes ezüstöt (C). Eddig az eljárás megegyezik a kodakróm-film kidolgozásával. Most következik a színes előhívás.²

Ez már rögtön azt az állapotot létesíti, mint a kodakróm-eljárás H. sora. Befejezésül kioldják a fémes ezüstöt és kész a kép (E), amely átnézetben a színkeverési szabályok figyelembe vételével ugyanolyan látványt nyújt, mit az eredeti tárgy (F). A kidolgozást a filmet előállító gyár végzi, de tekintettel az eljárás egyszerűbb voltára, remény van arra, hogy egyszer majd a műkedvelő fényképészek maguk is elvégezhetik.

Az elmondottakból látszik, hogy ez a két eljárás egészen más módszerrel dolgozik, mint a régebben elterjedt autokróm-eljárások. Itt a fizika helyett nagyobb a kémia szerepe. A színkeverés nem önműködően megy végbe, hanem önkényesen, hiszen a kémiai tényezők alkalmas megválasztásával kell arról gondoskodnunk, hogy az egyes rétegek pontosan azt a színárnyalatot, illetőleg annak a kiegészítő színét vegyék fel, amely iránt az illető emulzió érzékeny. Ez azonban nem olyan nagy baj. A közönséges háromszínű nyomtatás is önkényes színkeveréssel dolgozik, mégis a nyomtatott színes képek rendszerint igen szépen sikerülnek. Azonkívül szemünk sem szigorú bíró, mert érzékeny ugyan a színárnyalatok teltsége, összhangja és nagy felületek (ég, víz, fehér foltok) tónusa iránt, de annak ellenőrzésére képtelen, hogy a kép árnyalatai pontosan megegyeznek-e az eredetivel. Igen sok tetszetős színes képnél, csodálkoznánk, ha fizikai mérésekkel meg kellene győződnünk az eredeti és a kép közötti különbségekről. Hasonló helyzet áll fenn a mesterséges hangvisszaadás, a rádió és gramofon terén, amelyeknél a megszokás következtében szintén elfogadunk az eredetitől nagyon eltérő másolatokat.

A színes előhíváson alapuló eme két eljárás hátránya még a kényes kidolgozás. A kodakróm-eljárás megvalósításának legnagyobb nehézsége az egyes festett rétegek színének az alattuk levő réteg megváltoztatása nélkül való elironcsolása volt. Ezt az ellenőrzött diffúzióval, metilalkoholos oldat alkalmazásával érték el, mert így tízszer lassabban diffundál be a folyadék a zselatinos rétegbe, mint vizes oldat esetében. Azonkívül ez a körülmény okolja meg az egyes emulziók között $2\ \mu$ vastagságban elterülő, tiszta zselatinos réteg alkalmazását is. Az új-agfakolor eljárás legnagyobb nehézségét az okozta, hogy az előre az emulzióba kevert festékképző vegyületek a kidolgozás alkalmával eldiffundáltak a helyükről. Nagy molekulájú és egyébként is nehezen diffundáló anyagok használatával oldották meg ezt a nehézséget. Mindegyik eljárás nagy és döntő előnye a képek világossága, valamint szemcsementessége. Ezüstszemcse egyáltalán nincs a képekben, hiszen ezeket csak festőanyagok alkotják. Legfeljebb arról lehet szó, hogy a festék mikroszkóp alatt szemcsékhez hasonló csomókat mutat, de ez semmiféle nagyításban sem zavarja a képek vetítését. Mindkét eljárás anyaga egyelőre kisfilm méretekben készül. Természetesen csak egy darab színes diapozitívképet kapunk eredményül és ezt átnézetben vagy vetítésben kell szemlélnünk. Azonban ezek a nagy méretben vetített, világos, fényben gazdag és élénkszerű képek nagyon szépek és sok esetben állják a művészi kritikát is. Sajnos a másolható papírkép színes megoldását még nem sikerült megtalálni.

Az ismertett anyagokkal való fényképezés néhány, külön szempont figyelembe vételét is kívánja. A színes képen elsősorban lényeges, hogy a kiemelendő tárgy nemcsak vonalaiban, hanem színeiben is kiemelkedjen. A háttér színei nyugodtak legyenek. Általában inkább a színárnyalatokra kell figyelemmel lennünk, mint a sötétségekre. Lehetőleg a Napnak háttal állva fényképezzünk, az ellenfényt az új-agfakolor, mint lágyabb filmanyag jobban bírja. A kodakróm színekben kontrasztosabb, ezért lágyabb tárgyhoz való. Sokszor jól hat az előtérben elhelyezett nem túl nagy fehér folt (vitorla, napernyő, fehér ruha). Ne feledkezzünk meg arról, hogy a természetben színes visszfények is vannak, amelyeket megszokottságunknál fogva szemmel nem is látunk, de a fényképen jelentkeznek. Az árnyékok nem feketék, hanem tónusosak. Nem kellene feltétlenül rikító színek, anyagszerű, pasztelles színek is jól hatnak. Fehér felhők jól elkülönülnek a kék égtől, ami közönséges fényképeken sokkal nehezebben valósítható meg. Használhatók ezért ezek a színes fényképezési eljárások felrobbant lövedékek helyének megállapítására. Sok olyan felvétel (pl. naplemente, fényreklám stb.) válik sikeressé, amely színtelen fényképen nem olyan hatásos.

1. A legfelsőbb emulziós réteg csak kékszerű sugarak iránt érzékeny és tartalmaz tereftaloil-bisecetsav-anilidet. A középső réteg zöld iránt érzékeny (előtte sárga szűrőréteg van) és p-oxinaftoil-amino-1-fenil-3-metil-5-pirazolont tartalmaz. A legalsó réteg a pirossal szemben érzékeny és 3-5-di-(fenilamino) fenol van

benne. (Nem bizonyos, hogy ma is pontosan ezeket használják.) Az említett vegyszerek acetonos oldatát keverik az emulzióhoz kb. 1 %-nyi mennyiségben.

2. Például dimetil-p-fenilendiaminnal végzett előhívás után a legfelső rétegben mindenütt ott, ahol ezüstbromid fémmezüstté hívódik elő, az előhívó oxidációs terméke a tereftaloil-bisecetsav-aniliddel sárga festéket ad; a középső rétegben a p-oxnaftoilamino-1-fenil-3-metil-5-pirazolonnal az oxidációs termék bíborszínű vegyületet alkot és a legalsó rétegben ezekkel a 3-5-di (fenilamino) fenol kékeszöld anyagot hoz létre (*D*).

Dr. Vermes Miklós

Különnyomat a Természettudományi Közlöny 1940. évi augusztus hó 8. számából