Tmtud. ö.
233
19

NÉPSZERŰ TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖNYVTÁR

~~18.~~ 19.

FÁRI—VERMES

A FÉNYKÉPEZÉS ÚJ ÚTJAI

K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

Vmtud. V. 2009/

NÉPSZERŰ TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖNYVTÁR

~~18.~~ 19.

A FÉNYKÉPEZÉS ÚJ ÚTJAI

ÍRTA:
FÁRI LÁSZLÓ
ÉS
DR. VERMES MIKLÓS

1 színes táblával, 70 eredeti ábrával és fényképpel.

KIADJA A KIRÁLYI MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT
BUDAPEST, 1936.

M. T. AKAD. KÖNYVTÁRA
1936. 2829

23.779. — Királyi Magyar Egyetemi Nyomda. (F.: Thiering Richárd.)

R
1977

TARTALOMJEGYZÉK.

Oldal

I. *A fényképezőgépek szerkezete* 1
1. A fényképezőgépek szerkezete 1
2. A pillanatzárak 4
3. Pillanatzárak vizsgálata 10
4. Fényképezőgép részeinek vizsgálata 12
II. *Lencsék* 13
1. A lencsék képalkotása 13
2. Lencserendszerek 16
3. A fényerő 20
4. A mélységi élesség 24
5. A lencsék hibái 28
6. A lencsék osztályozása és a fontosabb lencsetípusok 34
7. Optikai üvegek gyártása 38
8. A lencsék vizsgálata 42
9. Lágyrajzú lencsék 46
10. Távolságmérés 49
11. A megvilágítás mérése 53
III. *A fényképezőréteg elmélete és az előhívás* 56
1. A lemez szerkezete 56
2. A rejtett kép és az előhívás 61
3. A feketedés törvényei 67
4. A színérzékenység 78
5. Színszűrők 91
6. A lemezgyártás 100
7. Az előhívás 102
8. Az előhívóanyagok 109
9. A használatosabb előhívók 115
10. Az előhívóoldatok készítésének szabályai 120
11. Az előhívók osztályozása 122

MAGYAR KÖNYV-TÁRA

Oldal

12. Kiegyenlítő és kis szemcsét adó előhívók 124
13. Az előhívás a gyakorlatban 130
14. A negatívok rögzítése 135
15. A negatívok javítása 139

IV. *A fénykép* 144
1. A pozitív kép szabályai 144
2. A pozitív papírképek és kezelésük 152
3. A nagyítás 161

V. *A színes fényképezés* 169
1. Az autokróm-eljárás 169
2. A bordásfilmes módszer (Kodakolor) 179
3. A színes mozifilm 186

Tárgymutató 196
Irodalom V

IRODALOM.

Kézikönyvek.

GEIGER H.—SCHEEL K.: Handbuch der Physik. XIX. kötet.
MEIDINGER W.: Handbuch der physikalischen Optik. 1927.
LOEWEL L.—DUBOIS M.: Handbuch der Sensitometrie. 1930.
HAY A.: Handbuch der wissenschaftlichen und angewandten Photographie:
I. MERTE W.—RICHTER R.: Das photographische Objektiv 1932.
II. PRITSCHOV K.: Die photographische Kamera und ihr Zubehör. 1931.
V. MEIDINGER W.: Die theoretischen Grundlagen der photographischen Prozesse. 1932.
VIII. GRABE L.—HÜBL A.—WALL E. J.: Farbenphotographie. 1929.
ÉDER J. M.: Ausführliches Handbuch der Photographie:
II. 1. LÜPPO—CRAMER: Die Grundlagen der photographischen Negativverfahren.
III. 2. EDER J. M.—LÜPPO—CRAMER: Verarbeitung der photographischen Platten, Filme und Papiere.
III. 3. LÜPPO—CRAMER: Sensibilisierung und Desensibilisierung.

Összefoglaló könyvek.

ANGERER E. Wissenschaftliche Photographie. 1931.
EDER J. M.: Rezepte, Tabellen und Arbeitsvorschriften. 1933.
GOLDBERG E.: Der Aufbau des photographischen Bildes. 1925.
HARTING H.: Die photographische Optik. II. kiadás. 1925.
HAY A.: Die Photographie in Wissenschaft und Praxis. 1929.
HÜBL A.: Die Lichtfilter. 1927.
— Die ortochromatische Photographie. 1920.
PERSON A.: Bildmässige Leica-Photos. 1935.

RAWLING S. O.: Infra-Red Photography. 1933.
SCHROTT P.: Praktische Optik. 1930.
SEDLACEK: Die Tonungsverfahren von Entwicklungspapiere. 1923.
Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratorium der photographischen Abteilung „*Agfa*", I—IV. köt.
WALL E. J.: The Photographic Dark-Room. 1933.
WEIGERT F.: Optische Methoden der Chemie. 1927.

Folyóiratok.

British Journal of Photography.
Die photographische Industrie.
Kinotechnik.
Photographische Korrespondenz.
Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie, Photophysik und Photochemie.

I. A fényképezőgépek szerkezete.

1. Fényképezőgépek típusai.

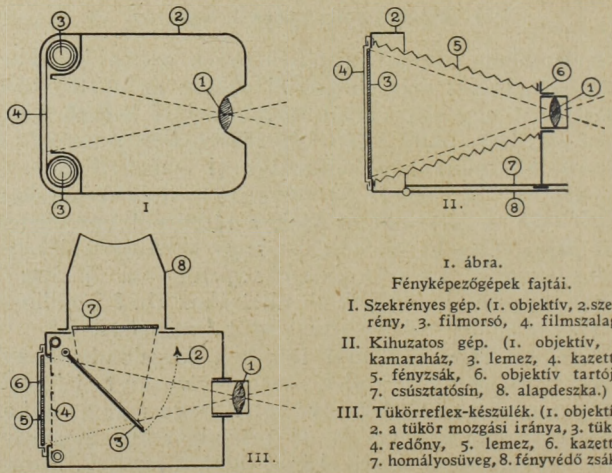
Korunkban, amikor a fényképezés széles körökben elterjedt, nehéz már elképzelni azokat az akadályokat, amelyeket alig egy emberöltővel ezelőtt kellett leküzdeni azoknak, akik a fényképezés egykor bonyolult és fáradságos munkájára határozták el magukat. A fényképezésnek az elmult 80 év alatt előretörő hatalmas fejlődését és elterjedését csak a rádióéval hasonlíthatjuk össze. Elég ha felemlítjük, hogy az Amerikai Egyesült Államok egyévi filmszükségletét ma 4—500.000 km-re becsülik, amelynek előállításához kb. 2·5 millió kg gyapotot és 160.000 kg fémezüstöt használnak fel.

A Voigtländer-cég által 1841-ben forgalomba hozott első hordozható készülék óriási vívmányt jelentett. Fényerős objektívje lehetővé tette, hogy már az akkori negatívok segítségével is 45 másodpercnyi megvilágítási idővel használható képet készíthessenek. Bisson Mont Blanc-expedíciójára 1861-ben még 25 teherhordó vitte a fényképészeti felszerelést. Az egy hétig tartó út alatt három darab 44×54 cm nagyságú képet tudtak készíteni. De még évek multán is hasonló felszereléssel indul el az utazók legnagyobb része.

Gyakorlatban a fényképezés csak a szárazlemezek feltalálása után terjedhetett el. A későbbi fejlődés folyamán a negatívok nagysága egyre csökkent, az objektívek fényereje növekedett s kialakultak a mai géptípusok, melyeknek száma a fényképezés térhódításával együtt szaporodott. Az állandóan újonnan forgalomba

kerülő, legkülönfélébb újításokat tartalmazó gépeket szinte lehetetlen számontartani, mert csaknem napról-napra változnak. Ezért elég, ha röviden ismertetjük az egyes típusok szerkezeti elveit (1. ábra).

A legegyszerűbb fényképezőgépek az úgynevezett *szekrényes* gépek (Box). Ezek egyszerű fa- vagy fém-



1. ábra.
Fényképezőgépek fajtái.

I. Szekrényes gép. (1. objektív, 2. szekrény, 3. filmorsó, 4. filmszalag.)

II. Kihuzatos gép. (1. objektív, 2. kamaraház, 3. lemez, 4. kazetta, 5. fényzsák, 6. objektív tartója, 7. csúsztatósín, 8. alapdeszka.)

III. Tükörreflex-készülék. (1. objektív, 2. a tükör mozgási iránya, 3. tükör 4. redőny, 5. lemez, 6. kazetta, 7. homályosüveg, 8. fényvédő zsák.)

dobozok, melyeknek első részén a lencse, hátulsó részén pedig a film vagy lemez foglal helyet. Ma már csaknem mindig tekercsfilm használatára készülnek (l. I. ábra).

Általános használatra a *kihuzatos gépek* felelnek meg. A kamara testét egy összecsukható bőr- vagy vászonzsák alkotja. Rengeteg változatban készülnek, a legegyszerűbb és legolcsóbb kiviteltől kezdve a már szinte műszernek nevezhető tökéletes készülékig. Egyaránt használhatók lemezhez, tekercs- vagy csomagfilmhez. Előnyük, hogy a negatív és az objektív egymástól való

távolsága nagy mértékben változtatható („kihúzat") és ezzel egészen közeli felvételektől kezdve úgyszólván minden esetben használhatók (1. II. ábra).

Gyorsan mozgó tárgyak felvételére elsősorban a *tükörreflex* készülékek alkalmasak (1. III. ábra), melyeken a lemezre eső fénysugár útjába 45° szög alatt álló, mozgatható tükör van elhelyezve s a képet ez vetíti a kamara felső részén lévő homályosüvegre, ahol ellenőrizhetjük. A felvétel pillanatában a gépen kívül lévő karszerkezettel a tükröt hirtelen felemeljük (2. irányban) s ekkor az objektív által alkotott kép a negatívra (5) vetődik. A tükör felemelése pillanatában oldjuk ki a negatív előtt elhelyezett, megvilágítást szabályozó redőnyzárat (4). A készüléknek nagy előnye, hogy a képet egészen a felvétel pillanatáig megfigyelés alatt tartva, a felvételt a legalkalmasabb pillanatban végezhetjük. Hasonló rendszert két objektívvel is készítenek, amikor a külön kamarában elhelyezett tükör nem mozgatható s így a képet még a felvétel alatt is látjuk. Ezeken a gépeken a felvételre különálló független objektív szolgál.

Az újabban igen nagy mértékben elterjedt *kisméretű gépekről* is meg kell emlékeznünk. Ezeket a fényképezőgépipar minden ágának együttes fejlődése hozta létre. A képméret szokatlanul kicsi: 3×4, 2·4×3·6 cm. A ma forgalomban lévő kisméretű gépek nagy része már nem a régi olcsó tömeggyártmány, hanem igen gondos kivitelű műszer. A felvételi anyag a kis képméret folytán aránylag olcsó. Nincs olyan tudományos vagy művészi felvétel, amely ezekkel a kisgépekkel meg nem oldható. Megfelelően gondos és hozzáértő kezeléssel olyan tökéletes munkát lehet velük végezni, hogy például a 24×36 mm nagyságú eredeti felvételek akár 30×40 cm méretre is jól nagyíthatók. Ezek a géptípusok mutatják a jövő fejlődési irányát és egyre nagyobb tért hódítanak.

2. A pillanatzárak.

A negatívokat a pillanatzárakon keresztül világítjuk meg. E zárak kifogástalan működése nagy befolyással van a keletkező kép minőségére, mert a lemezek megvilágításához legtöbbször csak a másodperc tört részeire van szükség.

A mozgás jelensége is — a tárgy képéhez hasonlóan — kicsinyítve jelenik meg a képen, mégpedig annál kisebb mértékben, minél nagyobb a tárgy távolsága az objektívtől és minél kisebb az objektív gyujtótávolsága. A megvilágítási időt, a negatív szabta határokon belül, annyira rövidnek kell venni, hogy a kép részletei még élesen jelenjenek meg. A mindennapi fényképezésben ez az életlenségi határ 0·1—0·03 mm között mozog. Ebből önként következik, hogy a megvilágítási időt elsősorban a mozgó tárgy sebessége szabja meg. A képsebességet *(x)* és ezzel kapcsolatban a szükséges megvilágítási időt *(z)* kiszámíthatjuk, ha ismerjük a mozgó tárgy távolságát az objektívtől méterekben *(a)* a tárgy sebességét m/sec-ban *(v)* és az objektív gyujtótávolságát *(f)* mert

$$\frac{a}{f} = \frac{v}{x}, \text{ tehát } x = v\frac{f}{a}$$

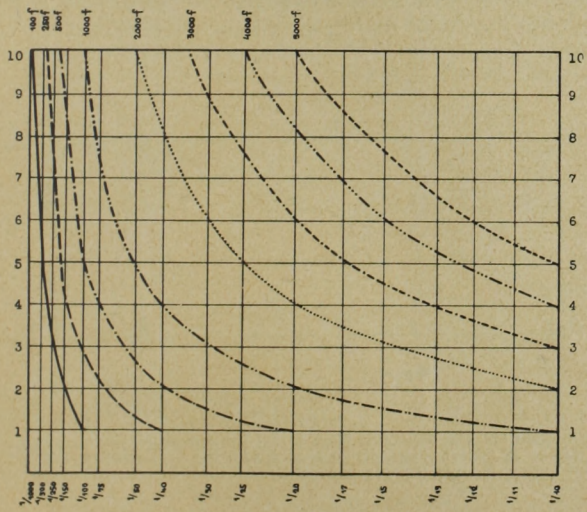
A megvilágítási idő a megengedhető képéletlenség és a képsebesség hányadosából adódik:

$$z = \frac{\textit{életlenségi határ } 0{\cdot}1\ (0{\cdot}03)}{x}$$

A mellékelt diagrammot a fenti összefüggések alapján állítottuk össze és belőle könnyen kiszámíthatók a megfelelő megvilágítási idők (2. ábra).

Általában annál nagyobb zársebességre, vagyis annál rövidebb megvilágításra van szükség, minél kisebb a tárgytávolság és a tárgy mozgási iránya minél inkább

közeledik a lencse optikai tengelyére merőleges irányhoz. Ha a tárgy mozgási iránya az optikai tengellyel hegyesszöget zár be, a mozgás sokkal kisebb sebességűnek látszik (3. ábra). A felvételhez mindig úgy kell elhelyezkedni, hogy a mozgási irány és az optikai ten-



2. ábra.

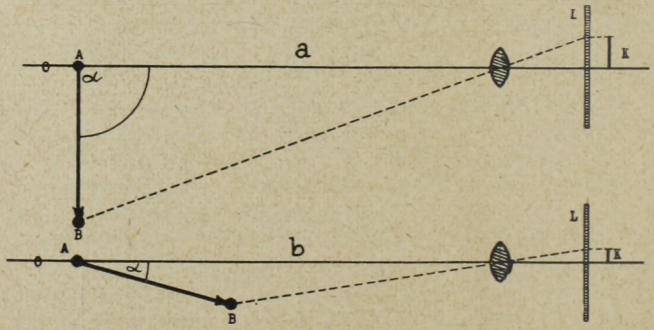
A felvevő objektív gyujtótávolsága, a felvétel tárgyának mozgási sebessége és a szükséges pillanatzár-sebesség közötti összefüggés.

gely lehetőleg hegyesszöget zárjanak be. Ha pillanatzárunkkal nem tudjuk a szükséges sebességet elérni, a tárgytól vagy nagyobb távolságra kell felállani, vagy rövidebb gyujtótávolságú objektívet kell használni.

A pillanatzárak két legfontosabb csoportja: az objektívzárak és a redőnyzárak.

Az első csoportba tartozó zárak mind megegyeznek egymással abban, hogy a fény elzárását egymás előtt

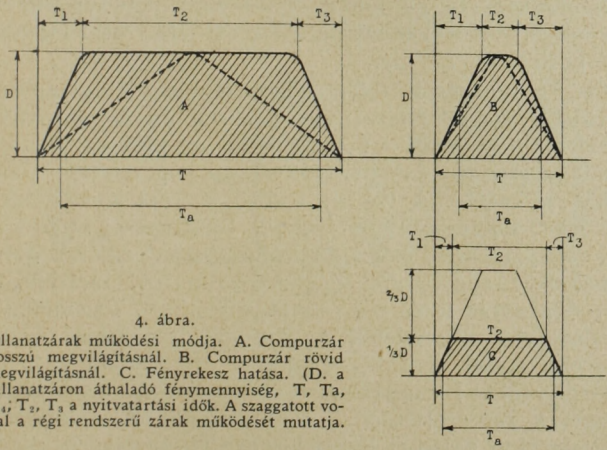
fekvő lemezek végzik, melyek a megvilágítás pillanatában egy rúgó hatására szétnyílnak és megfelelő idő multán újra összezáródnak. A régebbi típusú ilyen zárak, melyekhez hasonlóak még ma is vannak forgalomban, úgy működtek, hogy a zárólemezek a megvilágítási időnek megfelelő sebességgel nyíltak szét a legnagyobb nyílásra, majd nyomban ellenkező irányban haladva összezáródtak. Tehát ezek a zárak csak egyet-



3. ábra.
A megvilágítási idő alatt elmozduló tárgy (A-ból B-be) mozgási iránya minél kisebb szöget zár be az optikai tengellyel, (o) annál kisebb lesz az elmozdulás képe (K) a lemezen (L), vagyis annál élesebb képet kapunk.

len pillanatban tudják kihasználni az objektív teljes fényerejét. Újabb szerkezetekben (például a Compur-rendszer) a nyitás és zárás idejét a lehető legrövidebbre veszik és az objektív fényerejének kihasználására a megvilágítás alatt a pillanatzár lehető leghosszabb ideig marad nyitva. Itt tehát megkülönböztethetjük (4. ábra) a nyitási (T_1), a teljes nyitvatartási (T_2) és a zárási időt (T_3). Ha a grafikonok függőleges tengelyére a pillanatzáron áthaladó fénymennyiséget (objektívnyílást „D"), vízszintes tengelyére pedig a nyitás pillanatától a zárás befejezéséig tartó időt, (T) jegyezzük fel, jól

összehasonlíthatjuk a különböző pillanatzárak működési módját. Az újabb típusú zárak $^1/_{100}$ mp-nél hosszabb megvilágítási idő esetében hirtelen nyitnak (T_1) és aránylag hosszantartó teljes nyílás után (T_2) hirtelen zárnak (T_3). A teljes és a közepes (T_a) megvilágítási idő viszonya közel van az egyhez, ami az ideális állapotot jelentené. Compur-zárban a nyitási és a zárási idő a teljes meg-



4. ábra.
Pillanatzárak működési módja. A. Compurzár hosszú megvilágításnál. B. Compurzár rövid megvilágításnál. C. Fényrekesz hatása. (D. a pillanatzáron áthaladó fénymennyiség, T, Ta, T_1, T_2, T_3 a nyitvatartási idők. A szaggatott vonal a régi rendszerű zárak működését mutatja.

világítási időnek csak 32%-a. A rajzban pontozott vonal jelzi a régi rendszerű zárak működési módját. A zárólemezek egyenletes sebességgel nyílnak és teljes nyílás után nyomban záródnak, tehát az objektív teljes fényerejét csak egyetlen pillanatban használják ki. Az $^1/_{100}$ mp-nél rövidebb megvilágítások esetében a Compur-záraknak is sokkal kedvezőtlenebb a működése. Műszaki okokból a lemezek nyitási és zárási sebességét már nem lehet jobban növelni s így a teljes nyitvatartási időt kell megrövidíteni, aminél fogva a közepes és teljes megvilágítás viszonya igen rossz értéket ad,

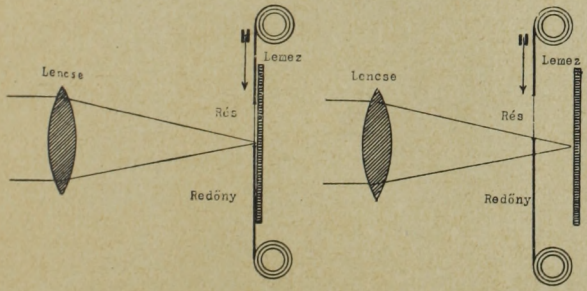
a megvilágítási görbéje erősen hasonlít az egyszerűbb zárakéhoz. Az objektív fényrekeszelése javít a helyzeten, mint a 4/c. ábra mutatja, egészen rövid megvilágítás és kis, például egyharmadra csökkentett fényrekesz esetén a $T : T_a$ viszonyszám ismét kedvező. A fentiekből következik, hogy az objektívzárak sebessége bizonyos értéken túl nem fokozható, mert a surlódás miatt a lemezek zárási és nyitási gyorsasága nem emelhető. Az objektívzárakkal elérhető legrövidebb megvilágítási idő körülbelül $^1/_{300}$ mp.

Gyors mozgások felvételéhez azonban $^1/_{300}$ mp-nél rövidebb megvilágításra van szükség és az objektívzárak említett hibái — a nagy fény- és időveszteség — miatt egészen rövid megvilágításokhoz más rendszerű zárakat szerkesztettek. Ezeket a hibákat csak olyan zárakkal lehet kiküszöbölni, melyeknek zárólemezei közvetlenül a fényérzékeny lemez előtt mozognak és egy-egy pont képét alkotó sugárnyaláb legkeskenyebb részét metszik át. A redőnyzárak ilyen elv szerint működnek. Valamennyi rendszerben közvetlenül a fényérzékeny lemez előtt keskeny réssel ellátott, egyébként átlátszatlan redőny szalad végig. Nemcsak a redőny mozgási sebessége, hanem a rés szélessége is változtatható. A redőnyzár a lemez előtt halad el és azt lépcsőzetesen világítja meg, záráskor nem fordul vissza, csak egyszer halad el a negatív előtt; igen nagy zársebességet állíthatunk elő vele.

A redőnyzárak működésében azt az időt, amely alatt a redőnyön lévő rés saját szélességével eltolódik a lemez előtt, *helyi* (relatív) megvilágításnak nevezzük és ettől függ a mozgást ábrázoló egyes képrészek élessége. A *teljes* megvilágítási időt attól a pillanattól számítjuk, amikor a rés alsó széle megvilágította a lemez felső szélét és addig tart, amíg a rés felső széle elhaladt a lemez alsó széle előtt. A teljes megvilágítási idő az

egész mozgó tárgy élességét adja meg. Ha olyan folyamatokat veszünk le, melyek a teljes megvilágítási idő alatt már jelentékeny elmozdulást végeznek, akkor bizonyos mértékig torzított képet kapunk, mert a lemez egyes részein levő képrészek a mozgó tárgy különböző helyzeteinek felelnek meg.

A redőnyzár előnyeit abban az ideális esetben tudnánk legjobban kihasználni, ha a redőny pontosan a fényérzékeny lemez síkjában futna le. Mint az 5. ábrán



5. ábra.
A redőny elhelyezésének hatása.

láthatjuk, a redőny ebben az esetben éppen a képalkotó sugarak metszéspontját vágná át. Természetesen ez a gyakorlatban nem valósítható meg, mert szerkezeti okokból a redőnnyel nem lehet a lemezt 4—20 mm-nél jobban megközelíteni, aminek következtében a rés a sugárkúpot szélesebb részén vágja át és a megvilágítás fokozatosan éri el teljes értékét és fokozatosan csökken, tehát a megvilágítási idő kisebb lesz.

A redőnyzárak előbb említett torzítása miatt lehetőleg arra kell törekedni, hogy a kép és a rés mozgási iránya egymással ellentétes legyen, mert ilyenkor a kép egyes pontjain a megvilágítási idő megrövidül és arány-

lag kisebb torzítást kapunk. Redőnyzáraknál jobb fénykihasználás végett mindig inkább nagyobb rést és nagyobb sebességet használjunk, mint fordítva.

Mint láttuk, az objektívzárakkal elérhető sebesség az objektív fényerejétől és gyujtótávolságától is függ, tehát nagyobb fényerejű vagy hosszabb gyujtótávolságú objektív esetén a sebességet is csökkenteni kell. Rövid gyujtótávolságú objektíveknél az alsó érték $^1/_{300}$ mp. A redőnyzár a fentiektől független, tehát olyan esetekben is használható, ahol nagy felvételi sebességre van szükség.

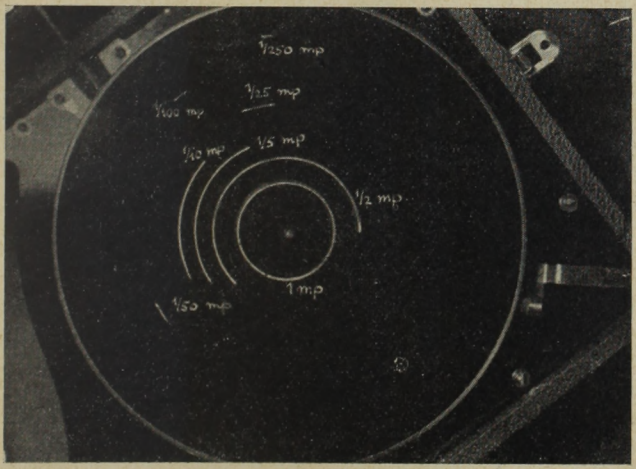
Az objektívzárak kis sebessége jól szabályozható, a redőnyzárak csak nagy sebességre használhatók előnyösen s általában sokkal több hozzáértést követelnek.

3. Pillanatzárak vizsgálata.

A pillanatzárak sebességének ellenőrzésére igen sok eljárást dolgoztak ki. Ezek közül néhány egyszerű eszközökkel is megvalósítható.

A legegyszerűbb eljárás, ha egy egyenletesen mozgó pontot fényképezünk le aránylag hosszú megvilágítási idővel. A pont mozgási sebességét ismerve, a képen látható pálya hosszából kiszámíthatjuk a megvilágítási időt. Mozgó pontnak valamilyen fényforrást használhatunk, vagy fekete alapon lévő kis tükröt. A mozgatást végtelen szalaggal, vagy forgó koronggal végezhetjük, melyet súllyal, óraszerkezettel, vagy motorral hajthatunk meg. Ha gramofón korongjára zseblámpát, vagy kis, 1 cm átmérőjű tükröt szerelünk, az is jól használható. Természetesen a fényforrásnak egyenletesen és ismert sebességgel (ismert fordulatszámmal) kell forognia. Forgó korong esetén minden körülfordulás után a gépet is el kell mozdítani, hogy a vonalak ne essenek egybe, hanem csigavonalat kapjunk. Ha a korong éppen egy mp alatt fordul körül, akkor a képen

látható körívek a mp tört részeinek felelnek meg, ami a leolvasást nagyon megkönnyíti. A 6. ábrán gramofónkorong segítségével felvett mérési eredmények láthatók. Az összes felvételek egymásután többszöri megvilágítással ugyanarra a lemezre készültek s minden



6. ábra.
Pillanatzárak sebességének ellenőrzése gramofonkorong segítségével.

újabb felvétel előtt a tükröt elmozdítottuk. A köríveknek megfelelő szögek arányosak a megvilágítással.

Sokkal pontosabb eredményeket kaphatunk, ha a meghatározáshoz ismert rezgésszámú, gyorsan rezgő testeket használunk. Nagyon alkalmasak erre a hangvillák. Ezeknek rezgésszáma állandó, például igen jól használható a 427 rezgésszámú *a*, vagy a 256 rezgésszámú *c* villa. A hangvillára szerelt tükör az erősebb

fényforrásból származó fényt a vizsgálandó pillanatzárral ellátott objektívbe veti. Megvilágítás alatt a fényképezőgépet is gyorsan el kell mozdítani, hogy a lemezen hosszú vonalat kapjunk. A lemezre rajzolódott hosszú hullámvonalban leolvasva a rezgésszakaszokat és ismerve a mp-kénti rezgésszámot, könnyen megállapíthatjuk a megvilágítás idejét.

A meghatározási értékek szerint a gyakorlatban használatos egyszerűbb pillanatzárak nem pontosak, ami különösen rövidebb megvilágítás esetén, ha nem ismerjük a helyes megvilágítási időt, sok tévedésre adhat alkalmat. Az objektívzárak közül aránylag a Compur-rendszerű zárak a legpontosabbak.

4. Fényképezőgép részeinek vizsgálata.

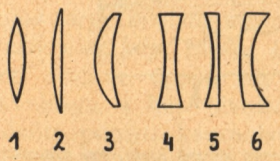
A fényképezőgép alkatrészei megbízhatóságának állandó ellenőrzésére nagy gondot kell fordítani. Igen gyakori eset, hogy a kamara kihuzata, az úgynevezett fényzsák, szabadszemmel alig látható kis nyílásokon, vagy repedéseken fényt ereszt be. Ennek megállapítására a fényzsákot a leghosszabbra kihúzzuk és minden oldalról nap felé fordítva megállapítjuk, hogy hol jön be a fény. A hibás helyeket okvetlenül be kell ragasztani.

Hosszabb gyujtótávolságú objektívekkel felszerelt fényképezőgépeknek igen gyakori hibája, hogy a homályosüveg és a lemez nem egy síkban fekszik, enélkül pedig csaknem lehetetlen kifogástalanul éles képeket készíteni. Különösen áll ez a csomagfilmekre, amelyeken gyakran nagy eltérés állapítható meg. A csomagfilm-kazettába helyezett üveglemez és mikrométer segítségével megállapíthatjuk az eltérést. Beállításkor az eltérésnek megfelelően kell állítani az objektívet.

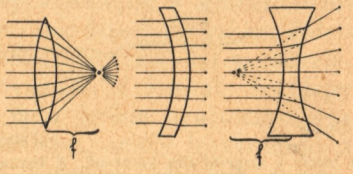
II. Lencsék.

1. A lencsék képalkotása.

A fényképezés alkalmával a tárgyról a lencse, illetve a lencserendszer segítségével képet vetítünk a fényérzékeny anyagra (lemezre vagy filmre). A lencse olyan üvegből csiszolt test, amelyet gömbfelületek határolnak. Kivételesen más átlátszó anyagból is készülhet és síklap is határolhatja. Kétféle formája van, a gyüjtő- és a szórólencse. A gyüjtőlencse a közepén vastagabb, mint a szélein, a szórólencse viszont a szélén vastagabb,



7. ábra.
Gyüjtő- és szórólencsék.

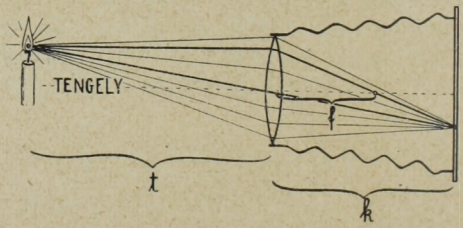


8. ábra.
Párhuzamos sugárnyaláb áthaladása gyüjtő-, nulla- és szórólencsén. (f = a gyujtótávolság.)

mint a közepén (7. ábra). Meniszkusznak hívják azokat a lencséket, amelyek egyik oldalukon domborúak, a másikon homorúak (3. és 6.).

A lencsék első és legfontosabb adata a gyujtótávolság vagy fókusztávolság, jele *f*. Ha párhuzamos sugárnyaláb a lencse síkjára merőlegesen esik a gyüjtőlencsére, a nyaláb sugarai akkor is irányukat változtatják, megtörnek (8. ábra), mikor a lencse anyagába belépnek, akkor is, mikor abból kilépnek. Az irányváltozás a Schnellius—Descartes-féle töréstörvény szerint pontosan kiszámítható. Mindegyik sugár befelé, a lencse közepe felé térül el és a sugarak egyetlen pontban, az úgynevezett gyujtópontban egyesülnek. A gyujtópontnak a lencse közepétől mért távolságát gyujtótávolság-

nak nevezik. A lencse annál erősebb, minél rövidebb a gyujtótávolsága, vagyis minél közelebb fekvő gyujtópontban egyesíti a párhuzamos sugárnyalábot. A közönséges ablaküveg felületei párhuzamosak s így gyujtótávolsága végtelen nagy, vagyis a sugárnyaláb lényeges változás nélkül, eredeti irányában megy rajta keresztül. Ugyanígy viselkedik a teljesen egyforma gömbfelületek által határolt, úgynevezett nulla-lencse is. Ezért van az,



9. ábra.
A lencse a tárgyról éles képet ad. A lencse közepén átmenő sugár nem változtatja meg irányát, a lencse tengelyével párhuzamosan érkező sugár pedig a gyujtóponton megy keresztül.

hogy az egyforma görbületű lencsék összeragasztására használt kanadabalzsam-réteg nem befolyásolja a lencserendszer képalkotását. A gyujtótávolság nem nagyon ügyes mérték a lencsék erőssége számára, mert erősebb lencsét kisebb szám jellemez, de már nagyon megszokott. Szemüvegeknél a dioptriát használják helyette, ami nem más, mint a méterekben mért gyujtótávolság reciprok értéke; ez sokkal célszerűbb mérték. A fényképezőlencsék gyujtótávolsága rendszerint 5, 8, 10·5, 13·5 cm, de használnak másféle lencséket is.

A szórólencsék úgy törik meg az átmenő sugarakat, hogy ezek a lencsén áthaladva, a tengelytől távolodnak. Párhuzamos sugárnyaláb széttartóan hagyja el a lencsét, mintha valamely előtte fekvő pontból indult volna ki. Ilyen lencsék gyujtótávolsága negatív.

A lencsék fontos tulajdonsága, hogy éles képek létrehozására használhatók. Minden természeti tárgy többé-kevésbbé világos és sötét pontok halmazából áll és ezeknek a pontoknak mindegyike minden irányban fényt bocsát ki. A kibocsátott fénysugarak egy része a lencsét éri, keresztülmegy rajta és fénytörés következtében irányát változtatja. Egyetlen pontból kiinduló sugarak a lencse mögött is egyetlen pontban találkoznak. Ez érvényes a tárgy minden egyes pontjából kiinduló sugarakra, tehát végeredményben a tárgy éles képe jön létre (9. ábra). Legfontosabb kérdésünk, hogy hol, vagyis milyen messze a lencse mögött keletkezik ez az éles kép, mert ide kell állítanunk a lemezt. *Bizonyos tárgytávolság esetében csak bizonyos helyen keletkezik éles kép.* Élesre állításnak nevezik azt a műveletet, amikor éppen ide helyezzük a lemezt. A tárgy távolsága, a kép távolsága és a lencse gyujtótávolsága között pontos kapcsolat áll fenn, amely levezethető a fénytörés törvényéből. Ha ismerjük lencsénk gyujtótávolságát, f-t cm-ben, akkor az élesre állítás távolságát, vagyis a képtávolságot cm-ben (k), ezzel a képlettel számítjuk ki:

$$k = \frac{tf}{t - f}.$$

Itt t a tárgynak a lencsétől számított távolságát jelenti cm-ben. Például $f = 5$ cm-es gyujtótávolság esetében ez a képalkotási törvény a kép helyére nézve a következő adatokat szolgáltatja:

tárgytáv.	$t =$	∞	cm, képtáv.	$k =$	5 cm
„		500	„ „		5·03 „
„		100	„ „		5·26 „
„		50	„ „		5·55 „
„		20	„ „		6·66 „
„		15	„ „		7·5 „
„		10	„ „		10 „
„		7·5	„ „		15 „

Amíg a tárgy elég messze van, a kép a gyujtósíkban keletkezik. Ez az eset következik be tájkép felvétele alkalmával; ilyenkor a lemez kis eltolódása sokat ront a kép élességén. Amikor a tárgy egészen a közelbe jut, akkor a kép hirtelen hátrafelé szalad és ha a tárgy a kétszeres gyujtótávolságban van, akkor a kép távolsága is ugyanekkora. Ha a tárgyat még közelebb hozzuk, a kép nagyon messze távolodik el. Ebben az esetben a kép élességét a tárgy helyének megváltoztatása sokkal erősebben befolyásolja, mint a lemez eltolása.

A képek nagyságát a képtávolság és a tárgytávolság hányadosa szabja meg. Az előbbi példánkban 500 cm-es tárgytávolság esetében a kicsinyítés 99·4-szeres, 50 cm-nél 9·1-szeres. 10 cm-nyi távolságban levő tárgy képe eredeti nagyságú, 7·5 cm távolságban pedig a kép a tárgyhoz képest kétszeres nagyságú. Ezért apró tárgyak fényképezése alkalmával a tárgyat nagyon közelre tesszük, a lemezt pedig nagyon messze hátra visszük, mert ekkor fokozódik a nagyítás. (Kétszeres és háromszoros kihuzatok használata, mikrofotográfia.)

2. Lencserendszerek.

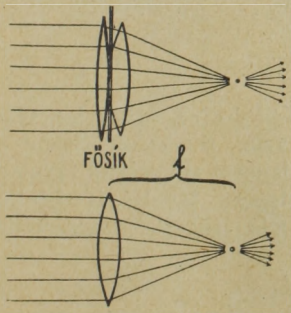
A gyakorlatban szinte kivétel nélkül nem egyszerű lencsével, hanem olyan lencserendszerrel fényképezünk, amely több egyszerű lencséből áll. Az egyes lencsék tengelyei mind egyetlen egyenesbe, a lencserendszer tengelyébe esnek, vagyis az egyes lencsék centráltak. *A fénytannak alapvető tétele, hogy minden ilyen rendszer helyettesíthető egyetlen lencsével.* Ez a helyettesítő lencse megfelelő helyre állítva éppen olyan képet adna, mint az eredeti lencserendszer. A lencserendszer fősíkjának azt a síkot nevezzük, ahová a helyettesítő lencsét kell állítanunk, a lencserendszer gyujtótávolságán pedig ennek a gyujtótávolságát értjük. Meg kell

ismernünk a helyettesítő lencse adatainak kiszámítására szolgáló törvényeket.

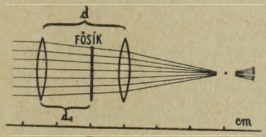
Ha két, pontosan egymás mellé helyezett lencsénk van f_1 és f_2 cm-es gyujtótávolságokkal, akkor az eredő gyujtótávolság:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

Például 5 és 10 cm-es gyujtótávolságú gyüjtőlencsék egyesítve olyan lencserendszert adnak, amelyet helyet-



10. ábra.
A két lencséből álló lencserendszer helyettesíthető volna egyetlen lencsével.



11. ábra.
Lencserendszer egymástól távol álló elemekkel.

tesíthetnénk egyetlen 3·3 cm-es gyujtótávolságú lencsével (10. ábra). A fősík, vagyis a helyettesítő lencsének a helye ugyanott van, ahol a két egymás mellé helyezett lencse. Két gyüjtőlencséből álló rendszer erősebb, mint bármelyik lencse külön, mert a lencsék erősségei, a dioptriák pontosan összeadódnak. A közeli tárgyak fényképezésére használt előtétlencsék valósítják meg ezt az esetet. Gyüjtő- és szórólencsék egyesítése alkalmával az erősebb lencse győz és megszabja, hogy az egész rendszer gyüjtő vagy szóró jellegű. Táblázatunk megadja az eredő gyujtótávolságokat néhány lencse-

rendszer esetében. Az egyes lencsék gyujtótávolságait cm-ben a vízszintes és függőleges fejléceken találjuk meg. Negatív szám szórólencsét, illetve rendszert jelent.

f_2 \ f_1	5	10	15	∞	—10	—5
—5	∞	—10	— 7·5	—5	—3·3	—2·5
—10	10	∞	—30	—10	—5	
∞	5	10	15	∞		
15	3·75	6	7·5			
10	3·3	5				
5	2·5					

Mindez csak akkor érvényes, ha az egyes lencséket szorosan egymás mellé helyezzük. Bonyolult viszonyok jönnek létre akkor, ha a két lencsét egymástól távolabb állítjuk (11. ábra). A két lencse távolságát jelöljük d-vel. Az egymástól távol álló lencsék rendszerének eredő gyujtótávolsága:

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d_1} .$$

A lencsék adataitól függően az eltávolítás gyengítheti vagy erősítheti a rendszert. 10 és 5 cm-es gyujtótávolságú lencsék rendszerének gyujtótávolsága $d = 2{\cdot}5$ cm esetében 4 cm, holott egymás mellé helyezett lencsék esetében 3·3 cm volt. Az is fontos, hogy a helyettesítő lencsét hova tesszük, vagyis hogy hol van a rendszer fősíkja. A fősíknak az első lencsétől mért távolságát d_1-gyel jelöljük, nagysága:

$$d_1 = d \frac{f_1 - d}{f_1 + f_2 - d} .$$

Példánkban 1·5 cm-nyire van a fősík az első lencse mögött.

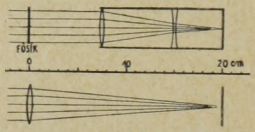
A távol álló lencsékből szerkesztett rendszerek érdekes példája a teleobjektív (12. ábra). Készítsünk lencserendszert 10 cm-es gyujtótávolságú gyüjtő- és —5 cm-es gyujtótávolságú szórólencséből. Táblázatunk megadja a különböző d lencsetávolságokhoz tartozó eredő gyujtótávolságokat és a fősík helyzetét az első lencséhez képest cm-ben.

d	f	d_1
0	—10	0
2·5	—20	7·5
5	∞	∞
7·5	20	—7·5
10	10	0
15	5	7·5

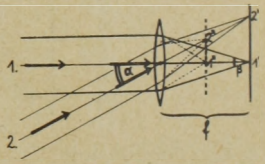
Egymás mellé tett lencsék esetében a szórólencse hatása van túlsúlyban, az egész rendszer szóró. Távolítva a lencséket, a rendszer gyengül és 5 cm-es távolságban gyujtótávolsága végtelen, vagyis úgy viselkedik, mint párhuzamos felületű üveglap. Érdekes, hogy az eltávolítás következtében különböző erősségű lencsék is kompenzálhatják egymást. Növelve a lencsék távolságát, a rendszer gyüjtővé válik és mindinkább erősödik. Közben van egy köz, amelyben d_1 fősíktávolság negatív, vagyis a fősík az első lencse előtt, a rendszeren kívül van. Ez a teleobjektív esete. Nézzük meg azt a teleobjektívet, amelynek lencsetávolsága $d = 7{\cdot}5$ cm. Az eredő gyujtótávolság 20 cm, a fősík pedig 7·5 cm-nyire van az első lencse előtt. Ezért a távol levő tárgy képe az első lencse mögött 12·5 cm-nyire keletkezik, mert a gyujtótávolság a fősíktól számítandó (12. ábra). A rendszert helyettesítő egyetlen lencsének 20 cm-nyi távolságban kellene lenni a lemeztől. A teleobjektív előnye, hogy hosszú gyujtótávolságot szolgáltat aránylag rövid géppel; példánkban a 12·5 cm hosszú gép úgy dolgozik,

mintha 20 cm-es gyujtótávolsága volna. A teleobjektíveknél tulajdonképen úgy jön létre ez a hatás, hogy a gyüjtőlencséből érkező nyalábot a szórólencse kevésbbé összetartóvá teszi. A hosszú gyujtótávolság távoli tárgyak fényképezésénél előnyös.

Vannak olyan lencserendszerek, amelyeket úgy állítunk élesre, hogy a rendszer egyik része helyben marad és csak a lencsék egymástól való távolságát változtatjuk. Fejtegetésünk alapján ez könnyen megérthető, hiszen *d* megváltoztatása által megváltozik az eredő



12. ábra.
Teleobjektív és helyettesítő lencséje.



13. ábra.
A fényerő és gyujtótávolság kapcsolata.

gyujtótávolság és a fősík helyzete, tehát találhatunk olyan beállítást, hogy a kép éppen a lemezen keletkezik.

A lencsék pontosabb elmélete figyelembe veszi a lencsék vastagságát is és két fősíkkal számol. A lencserendszerek szerkesztését az előtétlencséken és teleobjektíveken kívül a lencsehibák teszik elkerülhetetlenül szükségessé. (Lásd II. 5. fejezet.)

Ennek a fejezetnek az a lényege, hogy lencserendszerek esetében is úgy kell a képet szerkesztenünk, mintha egyetlen lencsénk volna.

3. A fényerő.

A fényképész számára rendkívül fontos, hogy a lencse által létrehozott kép milyen világos. A tárgyról kibocsátott fény egy része a lencsén át a lemezre jut és

ezen bizonyos erősségű megvilágítást hoz létre. Annál rövidebb idejű lehet az expozíció, minél erősebb a lemez megvilágításának erőssége (lux-ban mérve). A lemezen létrejövő megvilágítás erőssége két tényezőtől függ.

Az első tényező a lencse átmérője, D. Magától értetődik, hogy annál több fény jut be a gépbe, minél nagyobb a lencse területe, tehát a lemezen keletkező megvilágítás erőssége az átmérő négyzetével, D^2-tel egyenesen arányos.

A második tényező a lencse gyujtótávolsága, f. A 13. ábrán látható, hogy a nagyon messze fekvő 1. pontból kiinduló sugarak 1′-ben, a 2. pontból kiindulóak pedig 2′-ben egyesülnek. Minthogy a tárgy nagyon messze van, a lemez távolsága a lencsétől f cm. Mindaz a fény, amely a tárgyról α nyílásszögű kúpon belül érkezik a gépbe, a lemezen olyan körön belül oszlik szét, amelynek a sugara az 1′—2′ távolság. Ha a gyujtótávolság félakkora volna, az 1. és 2. pontok képe 1″ és 2″-ben keletkezne, tehát ugyanaz az érkező fénymennyiség félakkora sugarú körön belül oszolna szét, mint előbb. A körök területei 1′—2′ és 1″—2″ négyzeteivel, illetve a gyujtótávolságok négyzeteivel egyenesen arányosak. A megvilágítás erőssége annál nagyobb, minél kisebb területre jut ugyanannyi fénymennyiség, ezért látható, hogy a megvilágítás fordítva arányos a gyujtótávolság négyzetével.

Összefoglalva a két tényező hatását, mondhatjuk, hogy a megvilágítás erőssége arányos $\frac{D^2}{f^2}$-el, vagyis $\left(\frac{D}{f}\right)^2$-el. Szokás alapján az $\frac{f}{D}$ számot a lencse fényerejének nevezik és F-el jelölik,

$$F = \frac{f}{D}.$$

A lemezen keletkező megvilágítás erőssége fordítva arányos F négyzetével. Minél kisebb a lencsét jellemző

F-szám, a fényerő, annál világosabb képet ad, annál jobb fényerejű a lencse. Az *F*-szám annyiban nem szerencsés, hogy nagyobb *F*-szám rosszabb fényerejű lencsét jelent és fordítva. Az *F*-szám tulajdonképen azt mondja meg, hogy hányszor hosszabb a gyujtótávolság, mint a lencse átmérője. Minél jobb a fényerő, tehát minél kisebb az *F*-szám, annál szélesebb nyalábok érkeznek a lemez minden egyes pontjára (13. ábra β-szöge). Kétszer kisebb *F*-szám négyszer jobb fényerőt jelent, $F = 4{\cdot}5$ esetében négyszer rövidebben kell exponálnunk, mint $F = 9$ esetében. — A megvilágítási idő feleződik, ha az *F*-szám 1·41-szer ($\sqrt{2}$-ször) kisebb lesz, ezért a fényerők szokásos sorozatát úgy állították össze, hogy mindegyik *F*-szám az előzőnek kb. 1·41-szerese (4·5, 6·3, 9, 12·5, 18). A lencse fényerejét mesterségesen csökkenthetjük az átmérő kisebbítésével (a rekesz szerepe). A lencsén megjelölt fényerő a vele elérhető legjobb fényerőt jelenti. A fényerő nem függ a lemez méreteitől.

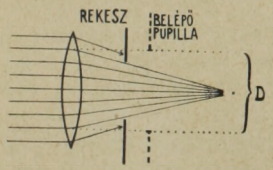
Évek folyamán mindig jobb és jobb fényerejű lencséket készítettek, hogy a megvilágítási idő minél rövidebb lehessen. Ma jó átlagnak számít az $F = 3{\cdot}5$ és 4·5, de sok gép van használatban $F = 2$ és 2·8-el is. A legjobb eddig előállított fényerő 0·85. Ha ismerjük a fényképezendő tárgynak luxban mért megvilágítási erősségét akkor a lemezen létrejövő megvilágítás erősségét a fényerő *(F)* négyzetével való osztás által kapjuk meg. Ha az *F*-szám 1-nél kisebb, a lemezen több luxos megvilágítás jön létre, mint amennyi magán az eredeti tárgyon volt. Minden esetben még 10—20%-ot le kell vonni az üveg anyagának elnyelése miatt.

Az elmondottakhoz még néhány megjegyzést kell fűznünk. Ha közeli tárgyat fényképezünk, a kép nem a gyujtósíkban, hanem hátrább keletkezik, tehát a fény nagyobb körön belül oszlik szét. Ez azt jelenti, hogy

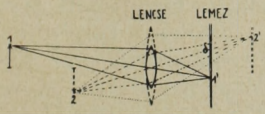
a megvilágítási időt hosszabbnak kell vennünk, mintha a tárgy nagyon messze volna. A javítószorzó:

$$\left(\frac{t}{t-f}\right)^2,$$

ahol t a tárgy távolságát jelenti. Ha a tárgy a kétszeres gyujtótávolságban van, akkor 4-szer, ha az 1·5-szeresben van, 9-szer olyan sokat kell exponálnunk. Mindaz, amit mondottunk, a lemez közepére érvényes, a lemez széle felé haladva a megvilágítás erőssége csökken és arányos $\cos^4\alpha$-val, ahol α a sugárnyaláb hajlásszögét jelenti (13. ábra).



14. ábra.
A rekesz és a belépő pupilla.



15. ábra.
A mélységi élesség függése a lencse átmérőjétől.

Még lényegesebb megjegyzést kell *D*-hez fűznünk. A gépbe bejutó sugárnyaláb vastagságát tulajdonképen nem a lencse foglalatának széle határozza meg, hanem a rekesz nagysága. A rekesz legtöbbször a lencserendszer tagjai között foglal helyet, mindenesetre van még a rekesz előtt is lencse. Ez a lencse összeszűkíti a nyalábot és ennek következtében valamivel szélesebb nyaláb is befér az objektíven, mint amekkora a rekesz valóságos nagysága (14. ábra). Azt a kört, amely a tényleg keresztülhaladó nyaláb kerületét szabja meg, belépő pupillának nevezzük. A belépő pupilla tulajdonképen a rekesznek az előtte álló lencse által létrehozott (nagyított és virtuális) képe. A fényerőre vonatkozó számításokban az átmérőn mindig a belépő pupilla átmérőjét

kell érteni. Ez rendszerint 10—20%-kal nagyobb a valóságos rekeszátmérőnél.

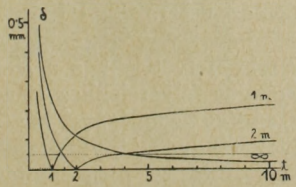
Nagyon ferdén érkező sugárnyalábok határolását az egyik oldalon már nem a rekesz, hanem valamelyik lencsének a foglalata végzi. Ekkor a lemezen keletkező fényesség igen nagy mértékben gyengül a szélek felé, mert a rekesz által beengedett sugárnyaláb egy részét visszatartja a lencse foglalata. Ez a jelenség a beárnyékolás (vignettálás) és legtöbbször ez korlátozza a lencse látószögét.

4. A mélységi élesség.

A lencsék képalkotásának törvénye szigorúan kimondja, hogy adott távolságban levő tárgy képe csak egy bizonyos helyen keletkezhetik és fordítva, adott lemezhelyzetben csak egyetlen síkban levő tárgyak vannak élesre állítva. A természet tárgyai azonban térbeliek és különböző távolságokban vannak a fényképezőgéptől. Hogyan lehetséges, hogy a képen gyakran elég különböző távolságban levő tárgyak is nagyjában egyforma élesen látszanak?

A 15. ábra azt a helyzetet tünteti fel, amelyben pontosan az 1. tárgyra állítottunk élesre és ezért az 1. tárgy 1′ képe pontosan a lemezre esik. 1′ az a pont, ahol a lemez megfeketedik. Ha ugyanezen felvétel készítése alkalmával a lencse előtt áll 2. tárgy is, de közelebb, mint 1., akkor a 2.-ről kiinduló sugarak 2′-ben, a lemez mögött egyesülnének. Útjukban már előbb érik a lemezt és nemcsak fekete pontot, hanem egy kis fekete kört hoznak létre. A 2. képe annál életlenebb, minél nagyobb ennek a körnek az átmérője, δ, mert a 2. távolságában levő tárgy minden egyes pontjának leképezése ilyen szóródási kört hoz létre. Rögtön látjuk, hogy annál nagyobb a kör átmérője, minél nagyobb a lencse, mert nagyobb átmérőjű lencse szélesebb sugárkúpot enged be

a gépbe. Szigorúan véve csak az 1. tárgy síkja lehet élesre állítva, de a valóságban sokszor olyan kicsiny a szóródási kör átmérője, hogy a szem az életlenséget még nem veszi észre. Mélységi élességnek nevezik a lencse ama tulajdonságát, hogy nemcsak a beállított tárgyat, hanem a valamivel előtte és mögötte levőket is gyakorlatilag élesen képezi le. A mélységi élesség határa az a két távolság, amelyen belül levő minden tárgyról éles képet kapunk. A mélységi élesség határai nem hirtelenek, az eleinte észre sem vehető életlenség fokozatosan mindig nagyobb és nagyobb lesz.



16. ábra.
A szóródási körök átmérői 1 m, 2 m és végtelen távol levő tárgyra való élesre állításkor.

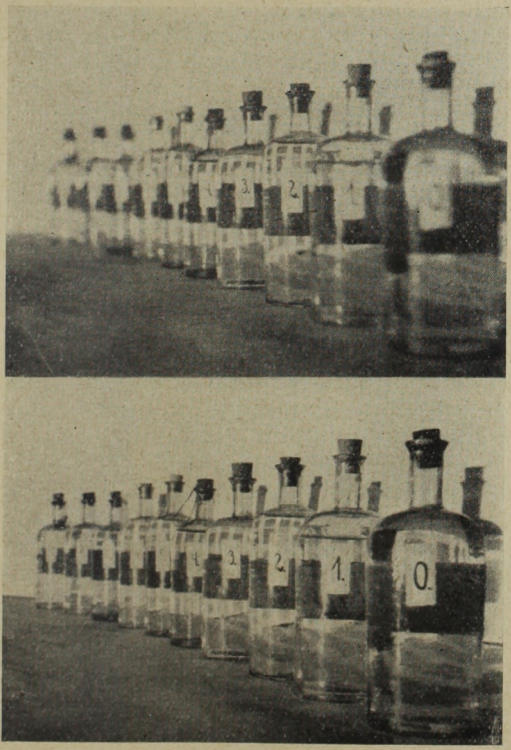
A mélységi élesség határait a következő módon keressük meg. Jelentse t_0 azt a távolságot, amelyre gépünket élesre beállítottuk. Akkor a t távolságban levő pontszerű fényforrás képe már nem pont, hanem δ átmérőjű kör. δ nagysága:

$$\delta = \frac{f^2}{F} \cdot \frac{t_0 - t}{t(t_0 - f)}.$$

(Minden távolság egyforma egységekben veendő.) Például képletünkből számítva $f = 50$ mm és $F = 11$ esetében a szóródási körök átmérőit a 16. ábra mutatja. Ha 1 méter messze levő tárgyra állítottunk élesre, vagyis $t_0 = 1$ m, akkor annál nagyobb δ, minél messzebb megyünk el a tárggyal az 1 méteres távolságtól; 0·5 m messze levő pont képe már 0·24 mm átmérőjű kör. Ha a gépet végtelen távolra állítjuk be, annál jobb

az élesség, minél távolabb van a tárgy; 5 méteres távolság esetében a szóródási kör átmérője már csak 0·045 mm. Természetesen más gyujtótávolsággal és fényerővel más görbék adódnak képletünkből. A mélységi élesség határait csak önkényesen állapíthatjuk meg. Ha zavaróknak tekintjük azokat a szóródási köröket, amelyeknek a látószöge 3′, akkor a szóródási kör átmérőjének felső határa a gyujtótávolság ezredrésze. (A kép helyes nézési távolságát a felvevőlencse gyujtótávolsága adja meg.) Ez azt jelenti, hogy példánkban a mélységi élesség határait megkapjuk, ha $\delta = 0{\cdot}05$ mm-es értékhez vízszintest húzunk. 1 méterre való élesre állításkor 0·8 m-től 1·3 m-ig, végtelenre állításkor pedig 4·5 m-től a végtelenig praktikusan véve minden éles. Arcképfelvételekhez a 3′-es határ elfogadható, de tudományos felvételekhez szigorúbban kell megszabni. Ilyen számítás segítségével készülnek azok a táblázatok, amelyeket egyes fényképezőgépekhez mellékelnek a mélységi élesség megállapítása céljából. Vannak gépek, amelyeken beállítható gyűrű adja meg a mélységi élesség határait. A nagyítás a határokon nem változtat, ugyanis a nagyobb képmérettel együtt növekszik a helyes nézési távolság is.

Képletünkből leolvasható, hogy mitől függenek a mélységi élesség határai. A szóródási körök átmérője egyenesen arányos a gyujtótávolság négyzetével, ezért a mélységi élesség annál jobb, minél rövidebb a lencse gyujtótávolsága. Ebből a szempontból a kisméretű gépek előnyben vannak a nagyobbakkal szemben. A mélységi élesség annál jobb, minél nagyobb F, vagyis minél roszszabb a fényerő (17. ábra). Jobb mélységi élesség és rosszabb fényerő szigorúan fordítva arányosak, mind a kettő egyszerre nem lehet jó. Ezért kell kis rekesznyílást választanunk, ha a térben nagyon szétszórt tárgyakat kell élesen lefényképeznünk. A görbék megmutatják, hogy az élesség előre, a gép felé gyorsabban



17. ábra.
A mélységi élesség szerepe. A felső kép F = 6·3-del, az alsó F = 18-cal készült, 10·5 cm-es gyujtótávolságú lencsével.

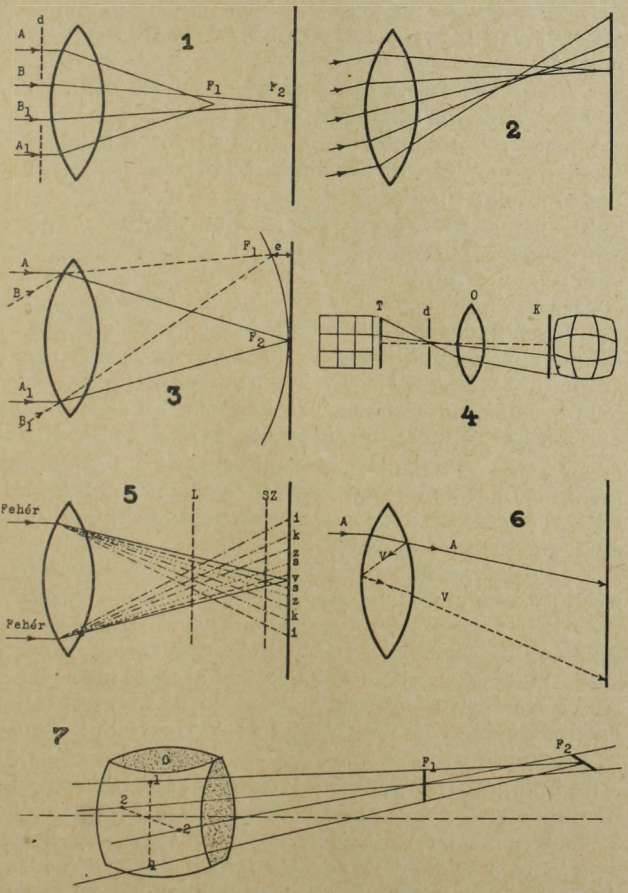
romlik, mint hátrafelé a végtelen felé. Rossz fényerejű, kis gyujtótávolságú gépek lencséje esetleg el sem mozdítható, mert pár métertől a végtelenig úgyis minden

egyformán éles (ú. n. boxgépek). A művészi fényképezés gyakori eszköze a rossz mélységi élesség, mert az elmosódó háttér vagy előtér plasztikusabbá teszi a képet.

5. A lencsék hibái.

A képhasonlóságot, élességet stb. illetőleg igen szigorú követelményeket állítunk fel az objektív által alkotott képpel szemben. Ezeknek a követelményeknek az egyszerű lencsék nem felelnek meg, mert sok hibának lehetnek okai. Ezek a hibák még az összetett, de nem kifogástalanul szerkesztett objektívek használatában is gyakran megtalálhatók (18. ábra).

1. *Gömbi eltérítés* (spherikus aberratio). Az egész felületre eső párhuzamos sugárnyalábból a lencse a széleken behatoló sugarakat, (A, A_1), jobban töri meg, mint a középen áthaladókat, (B, B_1). Így a sugárnyaláb szélső sugarai a lencséhez közelebb (F_1), a középsők távolabbi pontban, (F_2) egyesülnek. A kép tehát csak bizonyos pontra nézve éles, a többi helyen életlen. Ennek az a magyarázata, hogy a lencsék egyes részei mint különböző törőszögű ékek szerepelnek, melyeknek törőszöge a lencse szélein a legnagyobb és közepe felé csökken. A szélső és a középső sugarak metszési pontjában egy *szórási kör* alakul ki, melynek nagysága képezi a gömbi eltérés mértékét. A szórási kör átmérője a fényrekesz nagyságával négyzetesen nő. Gömbi eltérés esetén a kép élességét fényrekesz alkalmazásával javíthatjuk, mert ezzel a távolabbi pontban egyesülő szélső sugarakat távol tarthatjuk. Azonban a fényrekesz csak korlátoltan használható, mert átmérőjének csökkenésével egyenes arányban csökken a kép fényereje is. Fényrekesz alkalmazásával tulajdonképen hosszabb gyujtótávolságot kapunk, mert az erősebben törő, rövidebb gyujtótávolságú sugarakat rekesztjük ki. A gömbi eltérítés kijavítására a gyüjtőlencsékhez olyan szórólencsé-



18. ábra.
Objektívhibák ábrázolása. 1. Gömbi eltérés. 2. Koma. 3. Képdomborodás. 4. Képtorzulás. 5. Színi eltérés. 6. Tükörfolt. 7. Asztigmatizmus.

ket ragasztanak, melyeknek éppen ellenkező gömbi eltérítése van s így a két ellentétes eltérítés kiegyenlíti egymást.

2. *Üstök.* (Koma.) Ha a fénysugarak az optikai tengelyhez bizonyos szög alatt érik a lencsét, a beeső sugarak nem egyformán törnek meg és a pontok képe üstökszerűen eltorzul. Ez a hiba a képek szélein okoz nagyobbfokú torzítást.

3. *Képdomborodás.* A lencse által alkotott kép nem egy síkban fekszik, hanem görbített felületen, mert a fénytani tengelytől távolabb eső pontokról érkező sugarak előbb egyesülnek, mint a közelebbiek. Tekintve, hogy a képet mindig síkban szemléljük, az ilyen képnek mindig csak a közepe, vagy csak a széle állítható be élesre. Ha a kép közepét állítjuk be élesre, akkor a 18a. ábra szerint F_1 képpont az élesre állított F_2 ponthoz képest *e* életlenséget mutat. Fényrekesz alkalmazása csökkenti a képdomborodás okozta életlenséget. Azokat az objektíveket, melyekben a domborodás okozta hibát az objektív szerkesztésekor kijavították, *aplanát*nak nevezik.

4. *Képtorzulás.* Gyakori eset, hogy a lencse által alkotott kép nem felel meg a tárgy mértani alakjának, pl. a kép szélein levő vonalak mint ívek jelennek meg, mert a lencse a kép közepén lévő részeket másként nagyítja, mint a szélein lévőket. Ezt a hibát olyan lencse közbeiktatásával küszöbölhetjük ki, melynek torzító hatása éppen ellentétes irányú s így kiegyenlíti a másik irányú torzítást.

5. *Színi eltérés.* A lencsék üveganyagának színszóró tulajdonsága és a lencserészek ékhatása következtében a lencsén áthaladó összetett fény (pl. napfény) színeire bomlik és a színkép jellegzetes színeit kapjuk. A különböző színű fénysugarak azonban különböző mértékben törnek meg és így gyujtópontjuk is különböző távolságban lesz a lencsétől. Legerősebben törik meg az

ibolya, *(i)*, majd sorrendben a színkép többi színei következnek, legkisebb törése a vörös színnek, *(v)*, tehát utóbbi gyujtópontja lesz a lencsétől legtávolabb. A kép életlenségén kívül ennek az a következménye, hogy a látható *(L)* és a fényérzékeny lemezre hatásos — ibolya és ibolyántúli sugarak által alkotott — kép nem esik egy síkba. Szemünk számára legvilágosabb, legjobban látható a sárga-zöld szín, míg a fényérzékeny lemez a szemmel már aránylag rosszul, vagy egyáltalán nem látható kék és ibolya (ibolyántúli), sugarak iránt a legérzékenyebb. A lencséknek ez a színbeli eltérítése különösen hosszú gyujtótávolságú objektíveknél zavarhat. Például 100 cm gyujtótávolságú kvarclencse gyujtótávolsága 5461 Ångström *(Å)* hullámhossznál éppen 100 cm; 2400 Å-nál 10 cm-rel, 1850 Å-nál 20 cm-rel rövidebb, 4 μ-nál pedig 17 cm-rel hosszabb. Természetesen a gyakorlatban használatos gyujtótávolságoknál ez az eltérés csak 1—2 mm-t tesz ki, de már ez is elegendő ahhoz, hogy életlenséget okozzon. A képsíkon megjelenő színgyűrűkben a színek sorrendje aszerint változik, hogy a képsíkot az ibolya, *i*, vagy a vörös, *v*, gyujtópontja felé toljuk el. A színi eltérést különböző üvegekből, például koronaüvegből készült gyüjtő- és erősebb színszóróképességű, de gyengébb törésű flintüvegből készült szórólencsék együttes használatával javítják ki. Ez azonban csak akkor lehetséges, ha a kétféle üvegnek teljesen egymást kiegészítő szórása van. A közönséges flintüvegnek a színkép ibolya és kék részében lényegesen erősebb a színszórása, mint a koronaüvegé, ezért ezzel a két üveggel nehéz az összes színek szórását megszüntetni s egyes színek eltérésének javítása után még mindig maradhat bizonyos színeltérés. Ezek képezik a másodlagos színképet. Az objektívszerkesztők mindig arra törekednek, hogy a színképnek a lemezre hatásos (kék és ibolya) részében lehetőleg tökéletesen megszüntessék az eltérést, amit csak az

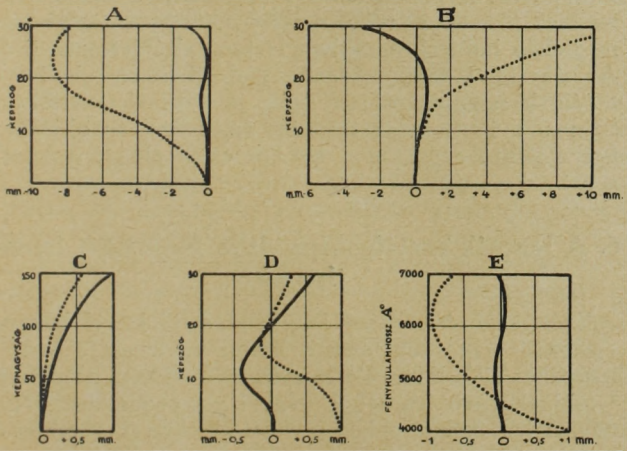
újabb optikai üvegek bevezetésével sikerül elérni. Az olyan objektíveket, melyeknek színi eltérítése két színre javítva van, a c h r o m a t nak, a másodlagos színképre, legalább három színre, is javított objektívet a p o - c h r o m a t nak nevezik.

6. *Tükörfolt.* Erős fényforrásból, *(A)*, eredő sugarak gyakran a lencse belső felületén verődnek vissza, *(V)*, s az elülső felületen újra visszaverődve, a képsíkon zavaró mellékképet hozhatnak létre. Ez a jelenség, ha fénnyel szemben készítjük a felvételt, még a legjobb objektíveknél is előfordulhat.

7. *Asztigmatizmus.* A beeső sugarakhoz képest ferdén álló lencsék a sugarakat nem egy pont, hanem egy függőleges, F_1, illetőleg egy vízszintes, F_2, sík alakjában egyesítik. Ez a két sík keresztezi egymást és a képsíkkal olyan helyet is kereshetünk, ahol a pont képét keresztalakú ábra alakjában kapjuk meg. Ilyen módon hibás objektívekkel mindig csak a vízszintes vagy függőleges vonalakat állíthatjuk be élesre a képsíkon. Az előbb tárgyalt gömbi eltérésektől eltérően ezt a hibát nem lehet fényrekesszel csökkenteni, hanem csakis különböző törőképességű üveganyagból készült lencsék egyesítésével. Asztigmatizmus szempontjából javított, rendszerint már egyéb gömbi eltéréseket sem tartalmazó objektíveket a n a s z t i g m á t o k nak nevezzük.

Az objektívek hibáinak javítása nem egyszerű feladat. Az objektívszerkesztők részletes számításokkal igyekeznek a már ismert objektívekből szerkesztett összetételeket matematikailag is meghatározni, majd a számítások alapján különböző tényezőkön változtatnak, egyes tagok anyagát, a tagoknak a rendszerben való távolságát változtatják, végül újabb tagok beiktatását kísérelik meg, hogy a kívánt célt elérhessék. Ez a munka azonkívül, hogy bonyolult számításokkal jár, fáradtságos kísérletezést is igényel és sokszor hosszú hónapokon vagy éveken át tart. Az eredmény azonban még

így sem tökéletes, mert mindig csak kiegyezést jelent. A jó objektívek hibái rendkívül kicsinyek, azonban még mindig kimutathatók, mert egy-egy hibát teljesen eltüntethetünk, de mindig csak azon az áron, hogy ezzel egy másikat növelünk. A korszerű, javított objektívek



19. ábra.

Objektívek hibagörbéi. A pontozott vonal egy tájképlencse, a kihúzott vonal egy anasztigmát hibáit mutatja. A. képdomborodás, B. asztigmatizmus, C. képtorzulás, D. gömbi eltérés, E. színi eltérés nagyságának ábrázolása.

hibái olyan kicsinyek, hogy a gyakorlatban előforduló felvételekben egyáltalán nem zavarnak.

Az objektívek hibáit megfelelő műszerekkel határozzák meg és görbékkel szokták feltüntetni. A 19. ábrán egy objektívvizsgálat hibagörbéit mutatjuk be, a görbe vastag vonala ismert, jól javított anasztigmát hibáit (f:4·5, 150 mm), a pontozott vonal egyszerű tájkép aplanat (f:12, 210 mm) adatait tünteti fel. A képdomborodás ábráján a vízszintes tengelyen mm-ekben látjuk a külön-

böző képszögekhez tartozó eltérést. Az asztigmatizmus (*B*) ábrája a vízszintes tengelyen ugyancsak a mm-ekben kifejezett eltérést tünteti fel. A *képtorzulást*, *C*, a függőleges tengelyen a helyes és a tényleges képnagyság közötti különbséget, a vízszintes tengelyen az eltérést mutatja be. *A gömbi eltérés*, *D*, görbéje a lencse egyes öveihez tartozó eltérést, *a színi eltérés*, *E*, görbéje a megfelelő hullámhosszakhoz tartozó eltérést tünteti fel. Az ábrákból tájékozódást nyerhetünk az objektívek hibáinak nagyságáról és azok javításának mértékéről. Sajnos, a fenti meghatározási értékekről az objektíveket előállító cégek nem tájékoztatják eléggé a közönséget.

6. A lencsék osztályozása és a fontosabb lencsetípusok.

A fényképezés céljaira használatos objektívek lehetnek egyszerű lencsék, például a szemüveg lencséje és több lencséből álló, hibáiktól kijavított, összetett objektívek. Utóbbiak több lencséből, vagy lencsecsoportból állhatnak. A legtökéletesebben javított objektívek mind összetettek.

Achromátok a színi eltérés szempontjából javított lencsék (32. oldal).

Félachromátok az olyan objektívek, melyeknek színi eltérése még nincs teljesen kijavítva. Ha teljes a nyílás, elmosódott képet adnak erős átsugárzással. Ha a hiba nem nagy, előnyösen használhatók lágyrajzú felvételek készítésére.

Periskop lencsék szimmetrikus kettős objektívek, melyeknek első és hátulsó lencséje egyszerű gyüjtőlencse. Rajzolásuk, fényerejük jobb, mint a félachromátoké, de gömbi eltéréseik nincsenek tökéletesen javítva, ezért teljes nyílással nem adnak kifogástalanul éles képet.

Aplanat az olyan összetett objektív, mely két külön-

álló, üstökre és színi eltérésre javított szimmetrikus félből áll. A két félrészt alkotó egyes lencsetagok egymáshoz vannak ragasztva. Az előbbieknél fényerősebbek, de még mindig képtorzítást mutatnak (asztigmatizmus). Egyes tagjaik mint jó tájképlencsék külön is használhatók. A félrészek gyujtótávolsága kétszerese, fényerejük pedig negyede a teljes objektívének. Az aplanatok középélessége többnyire igen jó.

Anasztigmátok a legmodernebb objektívek. A régebbi rendszerekénél sokkal nagyobb látószögük van, nagyobb képfelületet rajzolnak ki élesen. Síkban is torzításmentes képet adnak és minden hibát gyakorlatilag a legkisebbre csökkentettek bennük. Rendszerint 3—8 lencséből állnak, melyek szimmetrikus, nem-szimmetrikus, vagy félszimmetrikus csoportokban vannak elhelyezve. A csoportok egyes lencséi vagy ragasztás nélkül, vagy ragasztással, esetleg vegyesen vannak összeillesztve. Ha az anasztigmát mindkét fele mentes az asztigmatizmustól, *kettős anasztigmátnak* nevezzük. A szimmetrikus elrendezésű anasztigmátok egyes felei külön is használhatók.

A nagy látszögű objektívek olyan aplanátok vagy anasztigmátok, melyeknek erősen domborított felületüknél fogva 90—150°-os a látószögük. Rendesen kis fényerejűek.

Teleobjektívek, távcső és objektív egyesítésének tekinthetők. Rövid kamarakihuzattal, nagy távolságra lévő tárgyak felvételét teszik lehetővé.

Ma már olyan nagyszámú objektív van forgalomban, hogy lehetetlen minden egyes objektívet és annak jellemző tulajdonságait ismertetni. Példaképen leírunk néhány jellegzetesebb objektívszerkezetet.

Az egyszerű *tájképlencse* (20/I. ábra) achromatikus objektív. A kétszeresen homorú vagy vájt lencse színi eltérését gyüjtő kétszer domború lencse javítja. A színi eltérésen kívül a többi hibák nagy mértékben jelent-

keznek, ezért csak kis nyílással használhatók. Ma már csak egészen olcsó gépekben szerepel.

PETZVAL-féle arcképobjektív (20/II. ábra) inkább csak történelmi szempontból érdekes, mert a magyar származású PETZVAL szerkesztette 1840-ben az első javított nagy fényerejű objektívet. Fényereje 3·2. Az első része ragasztott korona-flint, a másik része ragasztatlan flint-koronaüveg, tehát nem szimmetrikus objektív.

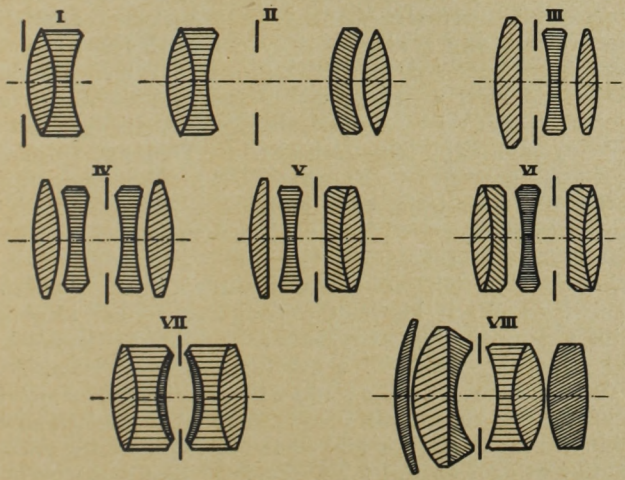
A mai tökéletes objektívek mind anasztigmátok. *A háromlencsés ragasztatlan „triplet"-ek* (20. ábra III.) tekinthetők a legegyszerűbb anasztigmát típusnak. Ezekben a gyüjtőlencse a legnehezebb bárium-koronaüvegből, a középlencse könnyű flintüvegből (fényerősebb típusokban nehéz flintből) készül és kevés szerkezeti elemük dacára is nagy élességükkel tűnnek ki. A rendszer ismertebb tagjai: BUSCH-Glaukar, PLAUBEL-Anticomar (1:3), RODENSTOCK-Trinar, SCHNEIDER-Radionar, STEINHEIL-Cassar, VOIGTLÄNDER-Voigtar, ZEISS-Triotar.

A tripletek közé tartozik az úgynevezett COOKE-lencse. Ez asztigmatizmus és üstökmentes triplet, melynek két külső lencséje nehéz bárium-koronaüvegből való gyüjtő, a középső könnyű flintüvegből való szóró-lencse. A gyakorlatban legelterjedtebb és legjobban bevált anasztigmátok szerkesztői mind ebből indultak ki.

Négy lencséből álló, szimmetrikus, ragasztásnélküli dyalitok, a gömbi eltérést a lencsék áthajtásával, a vastagságuk, valamint a távolságuk helyes megválasztásával javítják. Színi eltérés javítása itt is a megfelelő üveganyagok megválasztásával történik (20. ábra IV.). Elég éles, elrajzolásmentes képet ad, alig van színi eltérése s ha fényereje nem túlnagy, az üstököt is sikerül kiküszöbölni. Ismert képviselői: RODENSTOCK-Eurynar, STEINHEIL-Unofocal.

A félszimmetrikus anasztigmátok legnagyobb részét az előbb említett COOKE-lencséből képezték úgy, hogy

utolsó lencséjéhez még egy vagy több gyüjtőfelületet ragasztottak s így a tagok számát szaporították (20. ábra V.). A két első lencse ragasztott, a hátsók ragasztatlanok és különállók. A gömbi eltérés és üstök javítása igen jó és az asztigmatizmustól, színi eltéréstől és



20. ábra.

Objektívtípusok. I. Tájképlencse. II. *Petzval*-féle objektív. III. Három lencséből álló ragasztás nélküli anasztigmát (triplet). IV. Négy lencséből álló ragasztás nélküli anasztigmát (dyalit). V. Félszimmetrikus anasztigmát (*Tessar*-típus). VI. Félszimmetrikus anasztigmát (*Heliar*-típus). VII. Szimmetrikus ragasztott anasztigmát (*Dagor*-típus). VIII. Nagy fényerejű objektív (*Zeiss—Biotar*, 1 : 1·4).

képdomborodástól is csaknem teljesen mentes. A ragasztott lencsepár a ferdén eső sugarak eltérítését javítja, míg az egyedül álló szórólencse a gömbi eltérést. Ide tartoznak a Zeiss-Tessar, Schneider-Xenar, Voigtländer-Skopar, Leitz-Elmar, Plaubel-Anticomar 1:4,5 stb.

Ha ennek a típusnak az első, egyedülálló tagjára még egy lencsét ragasztanak, úgy a hibákat még nagyobb

mértékben sikerül csökkenteni. Így képezték ki az ismert Voigtländer-Heliart (20. ábra VI.).

Szimmetrikus ragasztott lencsefelekből álló anasztigmátok. Mindkét részét több lencséből ragasztott rendszerből képezték ki, melyekben az első meniszkusz-lencse kistörésű és színszórású szilikátüvegből, a középső kétszervájt közepes törésű, de nagyobb színszórású könnyű flintüvegből, míg a külső kétszerdomború lencse a legnehezebb bárium-koronaüvegből áll, melynek igen nagy a törése, de kicsi a színszórása. Jellegzetes képviselői a Goerz-Dagor Voigtländer-Kollinear (20. ábra VII.).

A legújabb nagy fényerejű objektíveknek egy példája a Zeiss-Biotar f : 1·4 (20. ábra VIII.). Már bonyolult szerkezete is mutatja, hogy az ilyen objektívnek a számítása és szerkesztése igen nagy nehézségekkel jár. Ma már 0·85, sőt csillagászati célra 0·59! fényerejű objektíveket is állítottak elő. Ilyen rendkívül nagy fényerő mellett az élesen kirajzolt képnagyság sokkal kisebb, mint a normális objektíveknél, ahol az élesen kirajzolt kör átmérője körülbelül a gyujtótávolsággal egyenlő.

A nagy fényerővel az objektívek hibáinak javítási nehézségei is rohamosan nőnek. A munkát részben úgy könnyítik meg, hogy a kihasználható képterületet csökkentik, például az f : 1·4 fényerejű, 50 mm gyujtótávolságú Zeiss-Biotar csak 38 mm átmérőjű kört rajzol élesen.

7. Optikai üvegek gyártása.

Régebben optikai célokra kétféle üveget használtak: a nagy színszórású *korona-* (kálium- vagy nátriummész-) és a kis színszórású, de nagy fénytörésű *flint*-üveget (kálium-ólomüveget). A régebbi, nagyobb törőképességű üvegeknek mindig nagyobb a színszórása is, ami csaknem lehetetlenné tette a színi eltérés és az asztigmatizmus egyidejű javítását. A jénai Schott-gyár állított elő először olyan üvegeket, melyekben az emlí-

tett két optikai tulajdonság tetszés szerint változtatható. Természetesen a fénytani tulajdonságoknak megfelelően a kémiai összetétel is nagyon változó és a régebbi üvegekben szereplő fémeken kívül még bárium, alumínium, mangán, arzén, bór, foszfor, szilícium, cink, vagy egyéb fém is lehet bennük. Ma körülbelül 70, különböző összetételű és különböző fénytani tulajdonságú üveget használnak a lencsék gyártásához. Az újabb üvegek bevezetésével a régebben használatos „korona"- és „flint"-üveg elnevezés már nem jelöl bizonyos kémiai összetételű, vagy egészen határozott optikai tulajdonságú üveget, hanem csak általánosságban azt jelenti, hogy a „korona"-üveg színszóró tulajdonsága a törőképességéhez viszonyítva kisebb, míg a „flint"-üvegnek törőképessége kisebb és színszórása a nagyobb.

Bizonyos optikai tulajdonsággal rendelkező üveg kísérleti előállítása is nehéz, de még nehezebb az ilyen üveget megfelelő minőségben nagyban gyártani. Az optikai üvegek gyártása különösen hosszú tapasztalatot, nagy gyakorlatot és olyan különleges munkát igényel, hogy aránylag csak igen kevés gyár foglalkozik előállításukkal. Gyártásukat az a körülmény is megnehezíti, hogy előállításuk éppen a gyártási lehetőség határán mozog és emiatt az előállított üveganyagnak csak igen kis százaléka használható lencsék készítésére.

A fénytani tulajdonságokon kívül igen fontos dolog az üveg ellenállóképessége is, különösen légköri behatásokkal szemben. Azok az üvegek, melyeket a nedvesség megtámad, felületükön gyorsan elhomályosodnak és gyakorlati célokra nem használhatók még akkor sem, ha egyébként fénytani tulajdonságaik kedvezőek.

A gyártási nehézségek könnyebb megértésére röviden ismertetjük az optikai üvegek és a lencsék gyártási munkamenetét.

Az üveg előállításához szükséges nyersanyagokat külön erre a célra szolgáló agyagtégelyben olvasztják

össze. A tégely anyagának összetétele is befolyással van a készítendő üveg minőségére. A kiformált tégelyeket nagy gonddal, sokszor hónapokon keresztül, szárítják és mielőtt az olvasztást megkezdenék benne, több napon keresztül üresen izzítják. A tégely anyagának megválasztása azért fontos, mert az üveganyag olvasztási hőmérséklete nem nagyon messze jár a tégely anyagának olvadási (lágyulási) fokától, márpedig olvasztás alatt a tégely anyagának sem vegyülni nem szabad az üveganyaggal, sem olyan anyagokat nem szabad az üvegnek átadni, melyek a kész üveg fénytani tulajdonságait esetleg megváltoztatnák. A nyersanyagok keverékét gondosan előkészített tégelybe helyezve, gázzal fűtött kemencékben addig tartják egyenletesen 1500° hőmérsékleten, amíg az egész tömeg megolvadt. Az olvasztás helyes vezetése igen fontos része az üveg előállításának. Ha az üveget túlsokáig tartják ilyen magas hőmérsékleten, az olvadék lassan megtámadja a tégely falát és ezzel a kész üveg összetétele is változást szenvedhet. De azért egy bizonyos ideig mégis hígfolyós állapotban kell tartani az egész tömeget, mert csak így lehet az olvadékban lévő légbuborékokat eltávolítani. A hőmérsékletet lassan csökkentve, az olvadékot állandóan keverik s ha már az üveg sűrűsödni kezd, lassan, körülbelül két hét alatt, kihűtik. Kihűlés alatt az üvegtömb darabokra repedezik. A nyersüvegdarabokban nagyon sok a hibás, igen gyakoriak a különböző fénytani tulajdonságú rétegekből álló fátyolszerű képződmények. Ezeket kiselejtezik és csak a kifogástalan darabokat veszik további megmunkálás alá.

A további kezelés megkönnyítésére a szabálytalan repeszdarabokból többé-kevésbbé szabályos darabokat vágnak. Ezeket megfelelő formákba rakva, kemencékben lágyulásig hevítik. Ha az üveg felvette a forma alakját, ismét lassan lehűtik, ami újra körülbelül két hétig tart. Ezután az üvegtömbök két szemközti oldalát

lecsiszolják, az üveget átnézetben megvizsgálják és minden olyan darabot, amelyen valamilyen hibát vesznek észre, ismét kiselejteznek. Az üveg azonban még mindig nem kész, mert az üvegmolekulák szabálytalan elrendeződéséből származó belső feszültség van benne, ami nemcsak fénytani szempontból káros, hanem azért is, mert sokszor csak évek multán egyenlítődik ki, amikor többnyire az üveg repedését okozza. A jénai SCHOTT-gyár érdeme, hogy a „finom hűtés" bevezetésével ezt a nagy gyártási nehézséget ki tudta küszöbölni. Úgy járnak el, hogy az üvegtömböket 350—400° hőmérsékletre hevített kemencékbe helyezik és mindaddig ezen a hőmérsékleten tartják, amíg a belső feszültség fel nem oldódik. A hevítés sokszor több hétig — néha hat hétig is — eltart, utána újra lassú hűtés — a „finom hűtés" — következik, mely hónapokat vesz igénybe. A teljesen kihűlt üveganyag a lencse nyersanyaga.

Az üvegtömböket lemezekké csiszolják és ezekre kirajzolva a körméreteket, gyémántfűrésszel kivágják a lencse nagyságának megfelelő alakot. A legpontosabb munkával végzett szabás is legalább 50% hulladékkal jár. Több üvegkorongot összeszorítva, kerületüket pontos méretre csiszolják. Ezután következik a lencsék felületének csiszolása. A csiszológépek egyszerre több lencsét dolgoznak ki. Az egyes üvegkorongokat a készítendő lencse görbületi sugarának megfelelő gömbfelületre ragasztják fel. Erre a gömbfelületre ugyanolyan görbületű harang borul és a két felület közé juttatják a csiszolóport, vagyis a finom csiszolásra szolgáló vasoxidot. Az alsó gömbfelület körben forog, a felső harang lengő mozgást végez, így a lencsék minden irányban egyenletesen csiszolódnak. Csiszolás közben is mérőműszerekkel, nagyítóüveggel állandóan ellenőrzik, hogy a munka egyenletesen halad-e s az esetleg hibásnak mutatkozó darabokat már munka közben kiválogatják. A kész lencséket, akár egyenkint, akár összetételben

használják fel, gondos fénytani vizsgálatnak vetik alá. Az összetett lencséket rendesen kanadabalzsammal ragasztják össze.

8. A lencsék vizsgálata.

A kép minősége nagy mértékben függ a lencse minőségétől. A jóminőségű lencse anyaga rendszerint színtelen, vagy legfeljebb igen gyengén színes. Színes lencsék ma már csak az olcsóbb gyártmányok között vannak s igen sok fényt nyelnek el. Az üveg színeződését tiszta fehér papiroslap felett állapíthatjuk meg.

Az átnézetben látható kisebb légbuborékok nem okoznak hibát s a legkitűnőbb lencsében is előfordulhatnak. De az üveggyártásról szóló részben említett fátyolszerű képződmény zavarólag hat, mert egyenetlen fénytörésű rétege a lencsének. Ilyen lencsét alig lehet használni.

Gyujtótávolságnak nevezzük a lencse fénytani középpontjának távolságát a homályosüvegtől (13. oldal). Egyszerű lencse optikai középpontja a lencse síkjában van, összetett lencséé az egyes lencsetagok között fekszik s így ezek gyujtótávolságát csak közvetett módszerekkel lehet megállapítani. Aránylag egyszerű módszer erre, hogy a gépet teljes lencsenyílással valamely végtelen távolban lévő tárgyra állítjuk be és ezt a beállítási helyzetet megjelöljük az alapdeszkán. Majd valamely közelben lévő pontosan ismert nagyságú tárgyra állítjuk be a gépet és a beállítási helyzetet újra megjelöljük. Ezután leméríjük a tárgy képének nagyságát és a két előbbi beállítás különbségét. Ha a tárgy nagysága a, képének nagysága b és a homályosüveg két beállítási pontja között a különbség c, akkor a háromszögek hasonlóságából következik, hogy

$$a : b = f : c \text{ és ebből } f = \frac{a \cdot c}{b},$$

e képletben f a lencse keresett gyujtótávolsága (21. ábra, A).

Másik eljárás, hogy ismert nagyságú és viszonylagosan nagyobb, körülbelül 100—150-szeres gyujtótávolságra lévő tárgy képének nagyságát mérjük meg a homályosüvegen. A leképezési törvény (15. oldal) értelmében

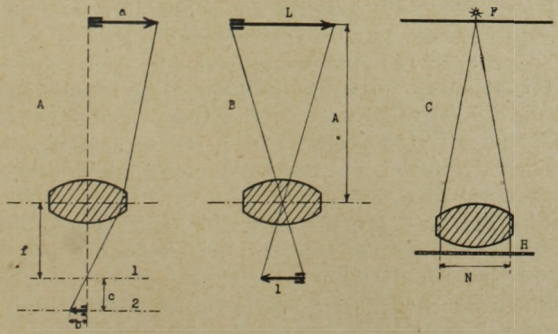
$$f = \frac{l}{L + l} A$$

ahol A a tárgy távolsága, L a tárgy nagysága és l a tárgy képének nagysága a homályosüvegen (21. ábra, B).

Tárgynak beosztott vonalzót használhatunk 8—15 m távolságban. Ha például 50 cm nagyságú vonalzónak a képe 10 m távolságból 0·61 cm nagyságúnak látszik a homályosüvegen, akkor fentiek szerint a gyujtótávolság:

$$f = 1000 \frac{0{,}61}{50 . + 0{,}61} = 12{,}03 \ cm.$$

Természetesen csak akkor végezhetjük el kielégítő pontossággal ezt a mérést, ha a homályosüvegen igen pon-



21. ábra.
A gyujtótávolság és a hatásos nyílás (belépési pupilla) meghatározása.

tos beosztást alkalmazunk, vagy elegendően nagy tárgyat használunk.

Az objektív hatásos nyílásának meghatározására a kamarát végtelenre állítjuk be, azután a homályosüveget eltávolítva, helyébe kis, 1—2 mm átmérőjű, köralakú lyukkal ellátott átlátszatlan fémlemezt helyezünk. Közvetlenül a lyuk mögött fényforrást helyezünk el, a lencse elülső fémkeretére pedig homályosüveget szorítunk. A homályosüvegen megjelenő fényes kör átmérője egyenlő a hatásos nyílás átmérőjével (21. ábra, *C*).

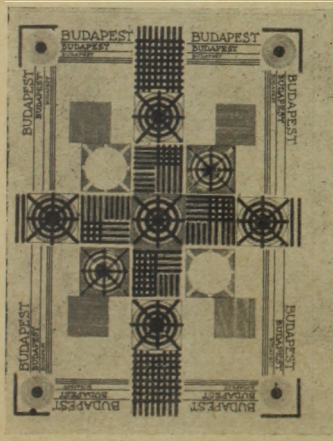
A gyujtótávolság ismeretében a hatásos nyílás segítségével az objektív fényerejét is kiszámíthatjuk (20. oldal). Az így kapott érték azonban, mely a gyakorlatban mint fényerő szerepel, nem egyezik a tényleges fényerővel, mert ez az érték más tényezőktől is függ. Így csökkentheti a fényerőt az üveganyag, a ragasztóanyag fényáteresztőképessége, az objektívben fellépő visszaverődési és törési veszteség stb.

A lencse hibáinak megvizsgálására olyan 1·50×2 méter nagyságú táblát lehet használni, melyet egyenletesen elosztott, lehetőleg azonos szövegű nyomtatott lapokkal ragasztottunk be (22. ábra). Gondosan ügyelve arra, hogy a tábla és a homályosüveg síkja párhuzamos legyen, a táblát lefényképezzük a vizsgálandó lencsével. A képet nagyítóval gondosan átvizsgáljuk. Ha a lencse jó, a kép minden részlete egyenletes. Ha csak a vízszintes, vagy csak a függőleges képelemek élesek, különösen a kép szélein, a lencse asztigmatikus, szélek felé fokozatosan csökkenő élesség képdomborodásra mutat.

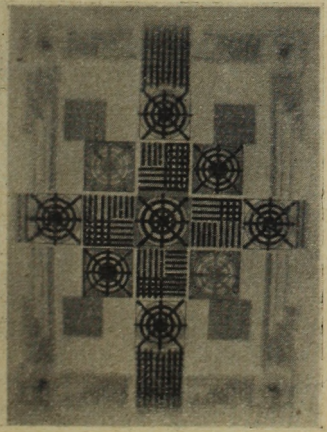
Ha fehér-fekete tárgyat ábrázoló képen a kép szélei felé a feketék ködösen, szürkén jelennek meg, a lencse üstöke (kóma) javítatlan.

Képtorzítás megállapítására a vizsgálandó lencsével négyzetes beosztású rajzot fényképezünk le, a rajz legszélső vonalainak sem szabad ívelést mutatni.

Ha valamilyen hibát állapítottunk meg, legjobb a felvételt több fényrekesszel megismételni, hogy megkereshessük azt a legnagyobb fényrekeszt, mellyel az illető hiba mellett még használható képet lehet készíteni. Célszerű a felvétel adatait is ráfényképezni a képre (23. ábra).



22. ábra.
Objektív-próbatábláról készült felvétel anasztigmáttal. A kép minden részlete tökéletesen éles.



23. ábra.
Objektív-próbatábláról javítatlan objektívvel készült felvétel. Csak a kép közepe éles, a szélek gömbi eltérés és képdomborodás következtében életlenek.

A jóminőségű lencse olyan kismértékű hibákat tartalmaz, hogy gyakorlatban hibátlannak tekinthető.

A lencsék ápolására nagy gondot kell fordítani. A lencsét sohase érintsük kézzel, mert a kézre tapadó izzadtság könnyen megtámadja üveganyagát. Száraz, többször mosott lenvászonnal kell letörölni. Ne tegyük ki a lencsét hosszabb ideig erős fénynek, mert ragasztó-

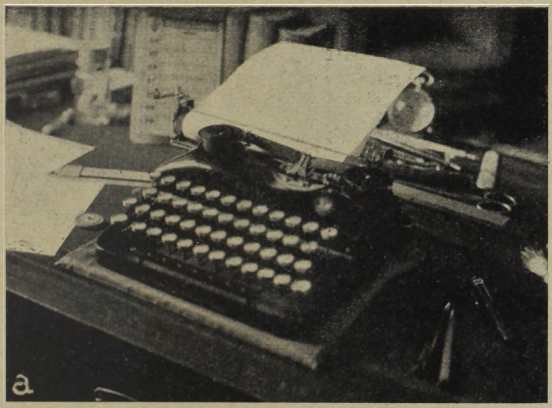
anyaga könnyen változást szenvedhet. A drága, ragasztott lencséket tehát nem célszerű nagyításra használni. A hideg és meleg gyors váltakozása is ártalmas a lencsére. Ügyelni kell, hogy a lencse szélein lévő fekete lakkozás ne kopjon le, mert az üvegfelületeken káros visszaverődések keletkezhetnek.

9. Lágyrajzú lencsék.

Az emberi szem az eléje táruló képen csak azokat a részleteket látja jól, amelyekre a szemtengely irányul, minden egyéb részlet elmosódott. Ritkán fordul elő, hogy szemünk a fény és árnyék határvonalait olyan élesen látja, mint azokat a fénykép ábrázolja, amihez a természetben még a színek enyhítő hatása is járul. Éppen ezért nagyméretű képeken a metsző élesség nem hat természetesen, bizonyos fokú egyenletesen elosztott életlenség térszerűbbé teszi a képet.

Tudományos célokra, vagy sokszorításra használt lencséktől megköveteljük, hogy kifogástalanul éles rajzot adjanak és azon a kép legapróbb részletei is felismerhetők legyenek. A tökéletesen javított objektívek aprólékos részletességgel rajzolnak azon a síkon, melyre a képet beállítottuk, a többi síkok kisebb-nagyobb mértékben elmosódottak. Elsősorban közeli felvételek esetében fordul elő, hogy a kép csak egyetlen ponton éles, a többi síkban a mélységi élesség hiányzik, pl. arcképeken. Ez a művészi fényképezésben, különösen az arcképfényképezésben, sok hátrányt jelentett. A kép egyszerű életlenre állításával nem érünk célt, mert ekkor nemcsak a körvonalak, hanem a kép minden részletrajza is életlen lesz. A festői képhatás előállítására minden zavaró részlettől mentes, nagyobb mélységi élességű, lágy képet kell előállítani.

A lágyrajzú képek jellemző tulajdonsága, hogy mélységi rajzuk nagyobb és világos képelemeik szórtak.



24. ábra.
Felvétel közönséges (*a*) és lágyan rajzoló (*b*) lencsével. Utóbbi képen a fehér és fekete között nincs éles átmenet, jobb a térhatás és nagyobb a mélységi élesség.

Lágyrajzú lencsét használva egyes részek metsző élessége addig csökken, míg az életlenség nem zavar, de ugyanakkor a távolabbi részek bántó életlensége is mérséklődik s az éles-életlen részek között enyhe átmenet alakul ki. A mélységi élesség tehát javul. Lágy rajz a körvonalakat élesen mutatja, csak a zavaró aprólékos részleteket hagyja el. A kifogástalan lágyrajzú objektívtől megköveteljük, hogy a lágyság a kép egész területén érvényesüljön, de ugyanekkor a mértani hasonlóság is tökéletes maradjon, a fényeket kiemelje, az árnyékokban még elég rajz legyen, végül a világos részek körül természetesnek megfelelő átsugárzást adjon (24. ábra).

Lágy rajz előállításának egyszerű módszere, hogy a javított lencse elé fonálból, drótból, szitaszövetből készült hálót, vagy üveglemezre maratott rácsot helyezünk. A rácsközökön áthaladó fénysugarak éles képet adnak s ez lesz a lágy kép magja. A rácselemeken elhajlanak a sugarak és a főkép felett halvány, életlenebb, nagyobb képet hoznak létre. Minél sűrűbb a rács, annál erőtlenebb a kép, mert a nagyobb mértékű fényelhajlás következtében a fény túlsugározza az árnyékos részeket. A legjobb ilynemű előtét a magyar gyártmányú Duto, mely üveglemezre maratott központi elrendezésű gyűrűkből áll.

Lágyrajzú képek előállítására felhasználhatjuk azokat a lencsehibákat, melyeket egyébként kiküszöbölni igyekszünk. Elsősorban a színszórás és a gömbi eltérés használható fel lágy rajzok előállítására.

A színszórás csak addig használható, míg kismértékű, mert különben a kép tisztaságát zavarja, ugyanígy a gömbi eltérés is. Tehát a lágyrajzú objektívek színszórását és a gömbi eltérését csak olyan mértékben javítják, hogy a két hibának együttesen harmonikus legyen a hatása. Jobb aránylag hosszabb gyujtótávolságot hasz-

nálni, mert így a javítatlan hibák torzítása nem érvényesül.

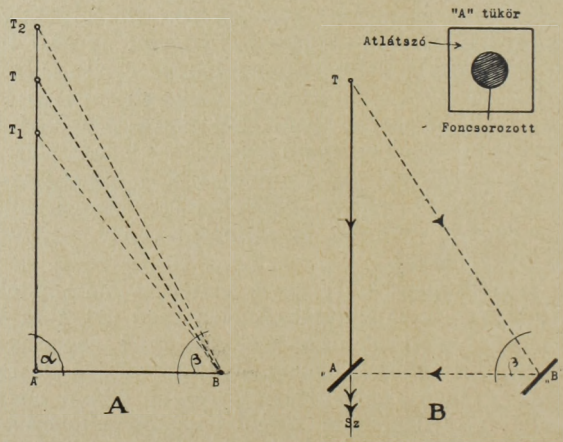
Szép lágyrajzú képeket ad a közönséges szemüveglencse, azonban erős túlsugárzása és más torzítása miatt kis fényrekeszt kell használni, ami hosszú megvilágítást tesz szükségessé. A fél-achromátok már jobban használhatók, mert ezeknek csak kismértékű színi eltérésük van. Ide tartozik a PERSCHEID-, KÜHN- stb. objektív is. Az amerikai eredetű VERITO egyike volt az első lágyrajzú lencséknek. Aránylag nagy fényerejű (1 : 4) kettős objektív, melynek színi eltérése csaknem teljesen javított s az átsugárzást a kismértékű gömbi eltéréssel érik el. WESSELEY-lencse egyszerű meniszkusz lencse, eléje helyezett színszűrővel. A meniszkusz erős színszórását a színszűrő kicsiny értékre csökkenti. Meglehetősen nagy az átsugárzása és szép lágy képeket rajzol, ezért arcképekhez alkalmas.

A VOIGTLÄNDER-Heliar egyik változata másképp oldja meg a lágy rajz előállítását. A Heliarban (20. ábra VI.) a középső lencse elmozgatható és ezzel nemcsak az objektív hibajavítása, hanem gyujtótávolsága is megváltozik, gyenge színi eltéréssel erősebb gömbi eltérést kapunk. A középlencse kisebb-nagyobb eltolásával a rajz lágyságát is tág határok között változtathatjuk.

10. Távolságmérés.

Némely esetben, például kisméretű gépeken, nem tudjuk a beállítás élességét ellenőrizni a homályosüvegen. Ilyenkor, ha a tárgy nincsen nagyon messze, meg kell határoznunk távolságát a géptől. A távolságot régebben egyszerű becsléssel állapították meg, de így még nagyobb gyakorlattal sem mindig érhető el kielégítő eredmény. Ma már a távolságmérő segédeszközök nélkülözhetetlenek.

A jelenleg használatos távolságmérők legnagyobb része a háromszögek jól ismert tételén alapszik (25. ábra, A). Ha valamely háromszögnek ismerjük az alapját, $A—B$, és két szögét, $\alpha—\beta$, ismeretlen oldalának hossza könnyen kiszámítható ($A—T$); ha ez az oldal a tárgy távolsága, számítással meghatározhatjuk. A 25.



25. ábra.
Távolságmérés. A. A távolságmérés elve. B. A távolságmérés gyakorlati megoldása

ábra B magyarázza ezt a számítást. Az ábrából azt látjuk, hogyha a T tárgy helyzete T_1 vagy T_2-be változik, ennek megfelelően változik a β szög is; a másik szöget állandóan 90°-nak vesszük. Ezekből következik, hogy

$$\frac{AT}{AB} = tg\alpha \qquad \frac{AB}{tg\alpha} = AT$$

Minthogy tehát a változó szöget mérni tudjuk, a távolságot minden további nélkül kiszámíthatjuk. A tá-

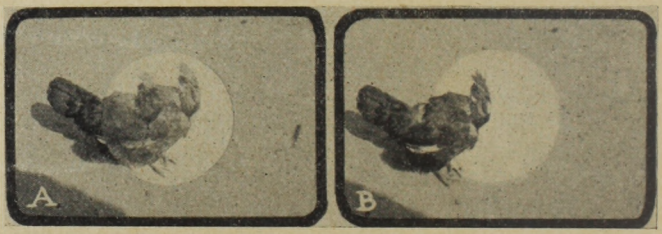
volságmérők nem a szögbeosztást, hanem közvetlenül a szögnek megfelelő távolságokat (A—T) tüntetik fel. Készítésükben az okozza a legnagyobb nehézséget, hogy az ismert oldal hossza csak igen kicsiny lehet, mert a mérőműszert a fényképezőgépre kell szerelni, tehát nem lehet nagyterjedelmű. Ennélfogva a méréskor változó tényező, a mérendő szög változása is igen kicsiny.

E készülékek szerkezeti megoldása a következő. Az alapvonal A—B pontjaira, melyeknek egymástól való távolsága az említett okok miatt csak néhány centiméter, két tükröt helyeznek. Az A tükröt az alapvonalhoz képest 45° szög alatt erősítik meg, míg a B tükör tengely körül elmozdítható. Az A tükörnek csak a közepe foncsorozott, a többi része átlátszó. Ha a képet az A tükrön keresztül szemléljük, közvetlenül a tükör átlátszó részén keresztül látjuk meg, míg a közepén, a foncsorozott rész révén, a tárgynak a B tükör által vetett képét látjuk. Természetesen, ha a B tükör síkja nem teljesen párhuzamos az A-val, a képet középen kettőzötten látjuk. Ilyenkor a B tükröt addig forgatjuk, míg a két kép egybeolvad s ekkor a B tükör tengelyére szerelt beosztáson leolvashatjuk az elforgatás nagyságát. Ezzel a leolvasással az előbbiek alapján a távolságot is meghatároztuk. A beállítás megkönnyítésére szokás az A tükör közepét aranyfoncsorral készíteni, így a középkép sárga árnyalatban jelenik meg s élesebben elválik a környezettől (26. ábra).

Újabban olyan készüléket is szerkesztettek, melynek mindkét tükre rögzítve van és a beállítást kis törőszögű üveghasáb segítségével végezzük. A két tükör közé iktatott üveghasáb a felületére eső sugárnyalábot megtöri és a hasáb mozgatása által a két kép fedésbe hozható. A távolságot a hasábok elforgatásának nagyságából állapítjuk meg. Ennek a rendszernek javított alakjában két azonos törőszögű hasábot forgatnak egymás-

sal ellentétes irányban fénytani tengelyeik körül, ekkor a kép egy egyenes vonal mentén éppen úgy tolódik el, mintha egy hasábot a tengelye mentén tolnánk el. Ennek a megoldásnak az az előnye, hogy a másik szerkezet legkényesebb részei, a tükrök rögzítve vannak, tehát kevesebb hibára van kilátásunk. Az üveghasábok révén egyébként is pontosabb a beállítás, mert a hasábokkal nagyobb elmozdulást kell végezni.

A távolságmérők mérési pontossága az alapvonal hosszával arányosan nő, hasonlóan növekszik a műszer



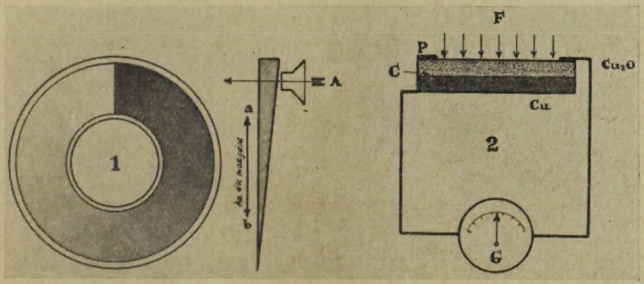
26. ábra.
Távolságmérő látómezeje, *A.* beállítás előtt a látómező közepén kettőzött képet látunk ; *B.* a beállítás alkalmával a két képet fedésbe hoztuk.

nagyításával, valamint a mérést végző egyén éleslátásával, viszont négyzetesen csökken a távolság nagyobbodásával. A távolságmérők általában meglehetősen pontosan dolgoznak, például átlagos szerkezete adatokat feltételezve, 50 m távolságra 1·2 m, 5 m-re 12 mm és 1 m-re 0·5 mm a hiba, szóval elenyészően csekély. Ezek az adatok 10 cm alapvonalú készülék esetében érvényesek, kisebb alapvonal nagyobb hibával jár.

A távolságmérőket újabban összekapcsolták az objektívek beállításával s így a távolságmérés egyetlen műveletével már a lencsét is a megfelelő távolságra állítottuk be.

11. A megvilágítás mérése.

A fényérzékeny anyag megvilágítási ideje a fény kémiai hatásától, a tárgy megvilágításától (nap-, vagy szórt fényben, szabadban, más zárt helyen), a kép nagyságától, a felveendő tárgy színétől, a fényrekesztől, a negatív fényérzékenységétől és ha színszűrőt használunk, annak megvilágítási tényezőjétől is függ. Tehát a helyes megvilágítási idő, ami pedig a tökéletes fényképnek első feltétele, annyi tényezőtől függ, hogy tisztán egyéni becsléssel még hosszú gyakorlat után is nehezen lehet meghatározni.



27. ábra.
Megvilágításmérők szerkezete. 1. Optikai megvilágításmérő. Gyűrű alakúra kiképezett mérőék és a mérés kivitelének vázlatos rajza. 2. Fényelektromos megvilágításmérő vázlata. *F*, a fotocellára eső fénysugár, *P*, a fényelektromos cella egyik sarkát alkotó fémgyűrű, *C*, a Cu—Cu_2O réteg érintkezési felülete, *G*, galvanometer.

A régebben használt megvilágítási táblázatok adnak ugyan bizonyos útmutatást a megvilágítási időre vonatkozólag, de ezek is annyi egyéni megítélésen alapuló adatot követelnek, hogy ritkán kapható velük tényleges helyes érték. Eddig a leghasználhatóbb megvilágításmérők az optikai műszerek voltak, de újabban ezeket mindjobban kiszorítják a fényelektromos készülékek.

Az *optikai megvilágításmérők* majdnem mind azonos elv szerint működnek: a felveendő tárgyat, vagy az arról visszavert fényt olyan nyíláson vagy csövön keresztül szemléljük, mely előtt átlátszó, egyenletesen sötétedő éket húzunk el. Az éket az ábrán feltüntetett *a—b* irányban addig mozgatjuk, míg az ék mozgatása közben fokozatosan sötétedő képben minden részlet eltűnik. Tekintve, hogy ez az aránylag legkönnyebben megfigyelhető állapot, itt megállapodunk. A mérőék a gyakorlatban köralakú (27. ábra) s egy mutatót vagy beosztást is mozgat, ami a megállapodás helyén jelzi az ék vastagságának megfelelő megvilágítási időt. Kivitel szerint változik, hogy magát a tárgyat szemléljük-e a műszeren keresztül vagy csak az arról visszavert fényt és mutató vagy más beosztás jelzi-e a leolvasandó értéket. Újabban az egyéni adatok csökkentésével igyekeztek ezeket a készülékeket tökéletesíteni. A mérést azonban csak szemünkkel végezhetjük, tehát olyan egyéni tényezőt kell a mérésbe vinnünk, mely a pontosságot már is bizonytalanná teszi (27. ábra, *1*).

A *fényelektromos műszerek* a mérést teljesen önműködőleg végzik, szemünknek semmi szerepe sincs a mérésben s ha ezeknek a készülékeknek néhány átmeneti hibáját tökéletesíteni fogják, minden más hasonló célra szolgáló eszközt kiszoríthatnak a használatból (27. ábra, *2*).

E műszereknek legfontosabb alkatrésze az olyan fényelektromos cella, amely fény behatására elektromos áramot termel. Megvilágításmérők számára zárórétegés fényelektromos cellákat használnak. Ezek úgy készülnek, hogy rézvagy vaslemezre, különleges eljárással, igen vékony rézoxidul-, vagy szelénréteget raknak. Az elem egyik sarka az alapfémlemez, a másik a bevonaton elhelyezett fémgyűrű, vagy áttetsző fém hártya. Ha az ilyen fényelemet a bevonat felől meg-

világítjuk, a fénysugarak (*F*) áthatolnak a vékony oxidul-, illetve szelénrétegen és az alaplemezzel való érintkezési felületén elektrónokat váltanak ki, melyek a sarkok között elektromos áramot indítanak meg. Ha az áram útjába érzékeny galvanométert (*A*) iktatunk, az mindaddig áramot jelez, amíg az elemet fény éri. A keletkező áram erőssége majdnem arányos a cellára eső fény erősségével s így az áramerősségből meghatározható a fény erőssége. A mérést tehát minden egyéni tényező teljes kiküszöbölésével, csupán fény segítségével végezzük. A gyakorlatban használt megvilágításmérő igen érzékeny milliampèrmérő és ennek burkolatába beépített fényelektromos cella. Méréskor egyszerűen a mérendő tárgy felé fordítjuk a cellát és leolvassuk a műszer kilengését. A mérőműszer osztályzata nem az áramerősséget, hanem a megfelelő megvilágítási időt mutatja. A fényrekeszt, a lemezérzékenységet és az összes többi figyelembe vehető adatokat a megfelelő fényrekeszek, illetve előtétellenállások segítségével előre beállíthatjuk.

Riszdorfer Károly magyar mérnök találmánya még jobban kiszélesíti a fényelektromos megvilágításmérők használhatóságát. E találmány a fényképezőgép minden olyan elemét, amely a megvilágításban szerepet játszik, összekapcsolja a fényelektromos cellával és ezzel vezérli az említett tényezők együttműködését. Így a helyes megvilágítás teljesen önműködő folyamattá válik s egyetlen tényező beállításakor az összes többi ehhez igazodik. Amikor a megvilágítási időt minden egyéni megfigyeléstől mentesen, elektromos úton megállapítjuk, egyidejűleg a felvevőkészüléket is ugyanilyen módon a legkedvezőbb körülmények között felvételre kész állapotba helyezzük. A találmány kétségtelenül nagy átalakulást idéz elő a fényképezőgépek szerkesztésében.

III. A fényképező réteg elmélete és az előhívás.

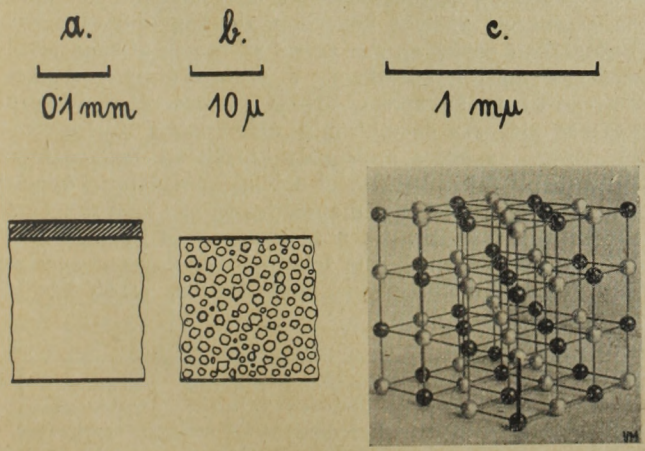
1. A lemez szerkezete.

A természettudományok történetében gyakran megismétlődik az az eset, hogy a gyakorlati kivitel megelőzi az elméleti ismeretek fejlődését. A fényképészeti negatívanyagok, lemezek és filmek története is jó példája ennek. Gyárilag már sok éven keresztül eredménnyel készítették a nélkül, hogy működésüket pontosan ismerték volna. Csak századunk első negyede óta ismerjük pontosabban a fényképezőlemezben lejátszódó folyamatokat, amióta a kvantumelmélet és az anyag szerkezetének a tanulmányozása mélyebb bepillantást engedett a sugárzás és az anyag kölcsönhatásaiba. Ezeknek a kutatásoknak az eredményeiről számolnak be röviden ezek a fejezetek.

A következőkben a fényérzékeny réteg (emulzió) szerkezetét elemezzük mindig nagyobb és nagyobb mértékű nagyítással. A réteg tartóanyaga lemez esetében körülbelül 1 mm vastag üveglap, film esetében pedig néhány tized milliméter vastagságú celluloidhártya (28. ábra *a.* rajza). Magának a fényérzékeny rétegnek a vastagsága néhány század milliméter, rendszerint 0·01 és 0·04 mm között változik. Amint 58. oldalon lévő táblázatunkból látható, a diapozitívlemez és a pozitívfilm rétege vékonyabb, mint a nagyon érzékeny negatívanyagoké. A fényérzékeny réteg opálosan áttetsző, sárgásszínű anyag. Az üveg- vagy celluloidtartó a fény vegyi hatásának szempontjából semmi szerepet sem játszik.

Alkalmazzunk nagyobbmértékű nagyítást és vegyük szemügyre magának a rétegnek felépítését. Ehhez csak jó mikroszkóp kell. A réteg alapanyaga zselatin,

ebbe ágyazzák be a tulajdonképeni fényérzékeny anyagot, az ezüstbromidot szemcsék formájában (28. ábra *b.* rajza). Alapvető fontosságú, hogy az ezüstbromid szemcsék formájában van a rétegben. Mindegyik szemcse kristályos szerkezetű, tulajdonképen apró kristálytörmelék. A szemcsék mérete nem egyforma, egyet-



28. ábra.
a. Film keresztmetszete 100-szoros nagyításban
b. Az emulzió keresztmetszete 1000-szeres nagyításban
c. Az ezüstbromid kristályrácsának modellje 30,000 000-szoros nagyításban

len rétegben kicsinyek és nagyok többé-kevésbbé vegyesen fordulnak elő, mégis megállapítható az átlagos szemcseátmérő, amely néhány ezredmilliméter (μ).* Érzékeny anyagban rendszerint nagyobb, érzéketlenebbekben kisebb. Ennek megfelelően a szemcsék átlagosan néhány billiomod gramm ezüstbromidból állanak. Az

* 1 μ = 1 ezred mm. 1 mμ = 1 milliomod mm.

ezüstbromid fajsúlya 6·3, ezüsttartalma 52%. A lemez minden négyzetcentiméterére az érzéketlen rétegben néhány ezermillió, az érzékenyben néhány százmillió szemcse jut. A megvilágítatlan lemez minden egyes négyzetcentimétere 1—2 mg színezüstöt tartalmaz, mind az érzéketlen, mind az érzékeny anyagban. Az érzéketlen réteg ezüstmennyisége igen sok, nagyon apró, az érzékenyé viszont kevesebb, de nagyobb szemcsék formájában oszlik el. Az egyes szemcsék átlagos távolsága egymástól körülbelül a szemcseátmérő másfélszerese és az anyagban 10—40 szemcseréteg is kerül egymás alá. Az ezüstbromid mennyisége térfogatban kifejezve, az egész anyagnak körülbelül negyedrésze, súlyban kifejezve körülbelül a fele. Táblázatunk átlagos adatokat tüntet fel egy diapozitív- és egy igen érzékeny filmre vonatkozóan. Az adatok az egyes fényérzékeny rétegek szerint mások is lehetnek. A zselatin szerepe a lemez fotokémiájában igen fontos, erről később lesz szó.

	Diapozitív-lemez	Erősen fény-érzékeny anyag
Rétegvastagság mm	0·014	0·02
Szemcseátmérő μ	0·5	1·5
Szemcse felülete cm^2 ..	$0{\cdot}75.10^{-8}$	$6{\cdot}75.10^{-8}$
Szemcse térfogata cm^3 ..	$6{\cdot}5.10^{-14}$	190.10^{-14}
Szemcse tömege g	$4{\cdot}10^{-13}$	120.10^{-13}
Szemcse ezüsttartalma g	$2{\cdot}3.10^{-13}$	69.10^{-13}
Szemcseszám 1 cm^2-en ..	5.10^9	3.10^8
Ezüst 1 cm^2-en mg.....	1·2	2·1
Átlagos szemcsetáv μ ..	0·65	1·88
Rétegszám	22	11
AgBr-tartalom térfogat %	23·2	28·5
AgBr-tartalom súly % ..	59·4	69·7
1 cm^2 réteg súlya mg ..	3·5	5·2
1 szemcsében ezüstatom	$1{\cdot}3.10^9$	$38{\cdot}3.10^9$

Következő feladatunk az egyes szemcsék felépítésének megvizsgálása. Ehhez nem elég a mikroszkópos nagyítás, mert képfelbontóképessége nem éri el az atomok méreteit, ellenben biztos adatokat szolgáltat a röntgenszínképelemzés. LAUE felfedezése óta a röntgenszínképelemzés minden kétség nélkül bebizonyította, hogy a kristályos anyagok rácsszerkezetben épülnek fel és a rács egyes pontjaiban ionos (heteropoláris) vegyület esetében az alkotó elemek ionjai foglalnak helyet. Az ezüstbromid kristályrácsát pozitív elektromos töltésű ezüstionok és negatív töltésű brómionok alkotják, a rács felépítése kockarendszerű, az ezüst- és brómionok úgy következnek egymás után, mint a sakktábla fehér és fekete mezői. Egyik ilyen sakktáblasík a másik mögött következik, minden ezüstiont 6 brómion vesz körül és fordítva. A 28. ábra *c*. rajza ennek a kristályrácsnak szerkezetét tünteti fel 30 milliószoros nagyításban. Az ezüstbromid rácsa éppen olyan felületen centrált kockarács, mint a konyhasóé. Az ezüstbromid rácsállandója, vagyis két szomszédos ezüst- és brómion távolsága egymástól 0·289 mμ, vagyis $2{\cdot}89 \,.\, 10^{-8}$ cm. Az ezüstbromidszemcse a maga egészében ilyen rácsos felépítésű. Egy átlagos méretű szemcsében néhány milliárd ezüstion és ugyanannyi brómion van, ábránk *c*. rajzának méretében egyetlen szemcse rácsmintája 40 méter hosszú volna. Ilyen sok rácselemet tartalmazó szemcse nem lehet hibátlan, a rács több helyén benövések és zselatinzárványok találhatók és a rácssíkok sokszor egymásnak dűlnek, mint a vetődött földrétegek. A brómionokat itt-ott kis számban jódionok helyettesítik, mert a legtöbb fényérzékeny réteg tartalmaz kismértékben ezüstjodidot is. De mindennél jóval fontosabb, hogy a fényérzékeny anyag gyártása közben az úgynevezett érlelési folyamat alkalmával minden szemcsén kevés ezüstszulfid is keletkezik. Ezek az érlelésből származó ezüstszulfidmolekulák igen

fontos szerepet játszanak, számuk az egyes szemcséken legfeljebb néhányszáz lehet, tehát az ezüstionokhoz képest rendkívül ritkák.

A lemez szerkezetének vizsgálatában még tovább kell mennünk és most már az ezüst- és brómion felépítésével kell foglalkoznunk. Szó sem lehet arról, hogy valamilyen nagyítószerkezettel láthatóvá tehessük az atóm belsejét. Itt már az elméletek birodalma következik és a bizonyosságot a valószínűségtől sok esetben csak a szakember egyéni felfogása határolja el. Nagyon valószínű, hogy az atómok pozitív töltésű atómmagból és körülötte levő negatív töltésű elektronokból állanak. Az is nagyon valószínű, hogy ezek az elektronok pontosan meghatározott energiák birtokában vannak és ezeket csak pontosan meghatározott értékekkel változtathatják. Az ezüstbromidszemcse rácselemeinek felépítése az atómelmélet szerint a következő. Gondoljunk a fémes, elemi ezüst egyetlen atómjára. Az ezüstatóm magja 47 pozitív egységnyi töltésű, a mag körül 47 elektron van, ugyanannyi egységnyi negatív töltéssel, ezért az egész atóm kifelé elektromosan semleges tulajdonságú. Az elemi, szabad bróm atómjának magja 35 pozitív egységnyi töltésű és 35 negatív elektron veszi körül, tehát ez az atóm is semleges. Az ezüst ionja az elemi ezüst atómjától az elektronok számában különbözik, mert a 47 pozitív töltésű magot csak 46 elektron veszi körül, tehát az ezüstion a maga egészében pozitív töltésű. A brómion 35-ös pozitív töltésű magja körül 36 elektron foglal helyet, a brómion egészben véve negatív töltésű. A szemcse kristályrácsát ezek az elektromos töltésű ionok alkotják és a rács szilárdságát a töltések vonzó és taszító erői magyarázzák meg. Mindezt az utóbbi évek elméleti és kísérleti kutatása rendkívül valószínűvé teszi, de az atóm belsejének pontos helyszínrajzával és az egyes elektronok mozgásának biztos menetrendjével még nem szolgálhat a tudomány. A modern kvantum-

elmélet nem beszél pályákon keringő elektronokról és nem tűri, hogy hétköznapi életünkből vett szemléletes képek kössék meg a kezét ezen a területen, ahol a méretek rendkívüli kicsinysége még a költői hasonlatok felállítását sem teszi ajánlatossá.

2. A rejtett kép és az előhívás.

A kép a fényérzékeny rétegben fény hatására keletkezik. A fény elektromágneses hullám, ami azt jelenti, hogy a fénysugár mentén elektromos és mágneses erők hullámszerűen váltakoznak. A fény jellemző adata ezen hullámmozgás rezgésszáma: ν, de helyette használhatjuk a légüres térben futó fénysugár hullámainak hosszúságát, az úgynevezett hullámhosszat is: λ. A színképben a vöröstől az ibolyáig egymásután helyetfoglaló színárnyalatok fénysugarainak rezgésszámai 417 billiótól 750 billióig terjednek, hullámhosszúságaik 720 mμ és 400 mμ között vannak. A vörösnél hosszabb és az ibolyánál rövidebb hullámú sugarak szemünk számára láthatatlanok. Az előbbieket infravörös-sugaraknak, másként hősugaraknak, az utóbbiakat 10 mμ-ig ultraibolya-, 0·01 mμ-ig röntgensugaraknak nevezik.

A fénysugár a fényforrásból energiát szállít arra a testre, amely elnyeli. A fény kvantumelmélete szerint ez az energia tovább nem osztható energiaelemekből, úgynevezett fénykvantumokból áll. Az egyes fénykvantumok nagyságát megadja a rezgésszámnak és a Planck-féle h-állandónak szorzata; a h számértéke $6{\cdot}55 \,.\, 10^{-27}$ ergsec. Ha mμ-ban mérjük a hullámhosszat, akkor a fénykvantum energiája (E) ergben ezzel a képlettel fejezhető ki:

$$E = \frac{1{\cdot}965.10^{-9}}{\lambda}$$

Annál nagyobb kvantumokból áll a fény energiája, minél rövidebb a hullámhossza:

	Infra-vörös	Piros	Sárga	Zöld	Ibolya	Ultra-ibolya	Röntgen-sugár	
Hullámhossz	1200	720	589	546	400	200	0·1	m μ
Rezgésszám	2·5	4·17	5·09	5·5	7·5	15	30 000	$\cdot 10^{14} sek^{-1}$
Energiakvantum	1·64	2·73	3·33	3·60	4·9	9·8	19 600	$\cdot 10^{-12} erg$

A rövidebb hullámhosszúságú, vagyis nagyobb rezgésszámú fény által szállított energia kevesebb számú, de külön-külön nagyobb energiájú fénykvantumokból áll. Általában az energiakvantumok rendkívül kicsinyek, például a kék fény egyetlen kvantuma húsztrilliomod méterkilogramm nagyságú.

A lemezre eső fény a lemezben valamilyen változást hoz létre. A megvilágított lemezen külsőleg semmit sem veszünk észre, de az előhívás elárulja, hogy a fényérzékeny rétegben kép rejtőzik. Ezt a szemmel nem látható, de előhívható képet rejtett (látens) képnek nevezik. Többezerszeres túlexponálás előhívás nélkül is látható, úgynevezett direkt feketedést hoz létre. A rejtett kép megmagyarázására az évek folyamán körülbelül nyolc elméletet állítottak fel, közülük csak az utolsót említjük meg, mert csak ezt tartják elfogadhatónak.

A lemezre eső fény energiakvantumainak egyik része átmegy a lemezen, másik részét elnyeli a zselatin és csak a harmadik csoportja akad meg az ezüstbromid szemcséiben. A szemcsék rácsos felépítésű kristálydarabkák, a rácspontokban ezüstionok és brómionok ülnek. Az ezüstion magja 47 egységnyi pozitív töltésű, körülötte 46 negatív elektron van, a brómion 35-ös pozitív töltésű magját pedig 36 negatív elektron veszi körül. *A szemcsébe bevágódó fénykvantum energiája átemel egy elektront a brómion szférájából az ezüstionhoz.* Ennek következtében itt 35, ott 47 elektron lesz és elektromosan semleges, elemi bróm- és ezüstatóm jön létre. A fény energiája az ezüst-

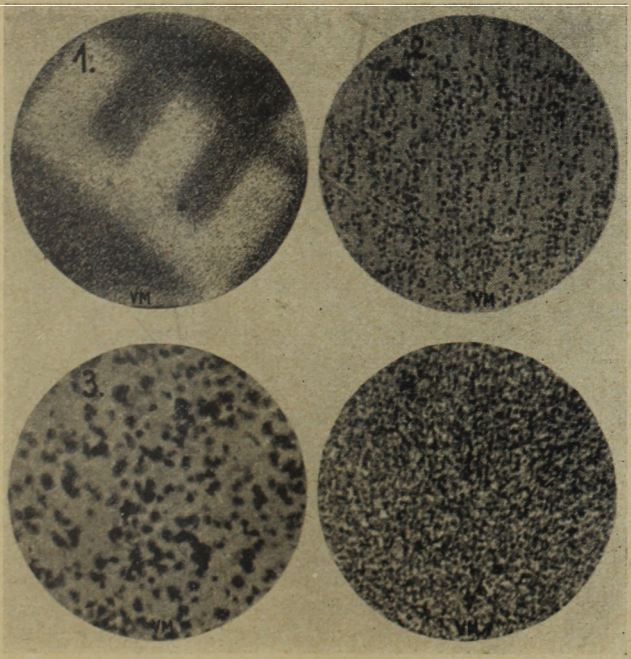
bromidot elemeire, ezüstre és brómra bontja, ebből áll az ezüstbromid fény következtében végbemenő bomlása, *fotolizise*. Az átlökött elektrón esetleg nem a szomszédos ezüstionhoz, hanem egy távolabbihoz repül. Az elemi ezüst atómja többé-kevésbbé szilárdan bekötve marad a kristályrácsban, a brómot azonban a zselatin kémiailag megköti. A rejtett kép ilyen módon tiszta ezüstből áll, ahol több fény érte a lemezt, ott a szemcsékben több a szabad ezüstatóm, ahol kevés fény érte, ott kevesebb. A rejtett kép azért nem látható, mert ennek az ezüstnek a mennyisége rendkívül kevés. Ha a lemezt 1 luxnyi kék fénnyel világítjuk meg 1 mp-ig, minden négyzetcentiméterére körülbelül egybillió fénykvantum esik. Feltéve, hogy mindezt az ezüstbromid nyeli el, a lemez minden négyzetcentiméterén billió elemi ezüstatóm válik szabaddá. Az ezüstatóm súlya azonban csak $1{\cdot}8 \,.\, 10^{-22}$ gramm, az egybillió atóm mindössze $1{\cdot}8 \,.\, 10^{-10}$ gramm színezüstöt jelent, ami olyan kevés, hogy láthatatlan. De még így is sok ezer ezüstatóm jut átlagban minden egyes szemcsére.

Eggert J. és Noddack W. bebizonyították, hogy minden egyes fénykvantum egy elektront lök át valamelyik brómiontól valamelyik ezüstatómhoz, az úgynevezett egyenértékűség- (ekvivalencia-) törvény szerint. Először pontosan megmérték a fényérzékeny rétegre érkező, illetőleg az ezüstbromid által elnyelt fény energiáját. Ebből kiszámították az elnyelt fénykvantumok számát. Másrészt nagyon pontosan végzett Volhard-féle ezüsttitrálással meghatározták a rejtett kép elemi ezüsttartalmát. Módszerükkel még századmilligramm ezüstöt is meghatározhattak. Ismerve az ezüstatómok számát, ezt összehasonlították az elnyelt fénykvantumok számával. Eggert és Noddack vizsgálatai döntő fontosságúak voltak. Bebizonyosodott, hogy *a legkülönbözőbb fényképezőlemezekben, látható fénysugarak esetében, minden egyes fénykvantum egy elemi ezüstatómot tesz sza-*

baddá. Igaz, hogy az alkalmazott fénymennyiségek sokszorta nagyobbak voltak a fényképezésre használatosaknál. Az elektron átlökéséhez szükséges energia ugyanolyan nagyságrendű, mint a látható fénysugarak kvantumainak energiája, a kvantumból fennmaradó energia hővé alakul. Más a helyzet a röntgensugarak körében. Ezeknek kvantumai a rövid hullámhossz miatt sok energiát tartalmaznak, ezért itt már nem érvényes az egyenértékűség törvénye és egyetlen röntgenkvantum párezer ezüstatómot tesz szabaddá. Ezek mind egyetlen szemcsén vannak. Az α-sugarak egyetlen részecskéje, nagy kinetikus energiája következtében, körülbelül 50.000 ezüstatómot tehet szabaddá, amelyek 5—15 gyöngysorszerűen egymás mögött levő szemcséken foglalnak helyet (29. ábra).

Az ezüstbromid Fajans szerint különösen azért alkalmas fényképezésre, mert az ezüstionok a rácsban velük szomszédos brómionok 36. elektronját különösen hajlamossá teszik a brómion elhagyására (iondeformáció). A konyhasó kristályszerkezete nagyon hasonló az ezüstbromidéhoz, de fényérzékenysége elenyésző, mert a nátriumionnak nincs meg ez a sajátsága. A röntgensugár a konyhasóból is fémnátriumot választ ki és megkékíti.

Több kutató érdekes módon bizonyította be, hogy az ezüstbromid fény által okoztt bomlásának elemi ezüst és bróm az eredménye. Schwarz és Stock zselatinmentes ezüstbromidot világítottak meg és káliumjodidos keményítővel mutatták ki a brómot. Hartung mikromérlegen lemérte a megvilágított brómezüst súlycsökkenését, amely a felszabaduló bróm elpárolgása következtében mutatkozik. Koch és Kreis a Millikan-féle kondenzátorban lebegő ezüstbromidszemcsék könnyebbedését mérték meg, mint a megvilágítás (brómeltávozás) függvényét. Feick és Schaum kimutatták, hogy az ezüstbromid dielektromos állandója növekedett az ezüstkiválás miatt. Végül Koch és Vogler röntgenszínképekkel mutatták ki



29. ábra.
Előhívott szemcsék mikrofotográfiái.
1. E-betű fényképének szemcséi 50-szeres nagyításban.
2. α-részek által keltett szemcsesorok 400-szoros nagyításban.
3. Érzékeny lemez szemcséi 400-szoros nagyításban.
4. Diapozitívlemez szemcséi 400-szoros nagyításban.

a megvilágított lemez szabad ezüsttartalmát. Hilsch és Pool azt tapasztalták, hogy a megvilágított ezüstbromid-kristályok elnyelési színképében megjelennek az elemi ezüst elnyelési vonalai. Sajnos, mindezeket a kísérleteket csak rendkívül erős megvilágításokkal sikerült elvégezni.

A láthatatlan rejtett képből az előhívás hozza létre a látható negatívképet. Az előhívó redukálószer és az ezüstszemcsék teljes ezüstmennyiségét színezüstté változtatja. A kész kép ezüstanyaga tehát az eredeti szemcséből kerül ki, az előhívóban nincs ezüst. Az előhívás által a rejtett kép eredetileg meglevő ezüstmennyisége pár százezerszer, esetleg milliószor gyarapszik és ezáltal válik láthatóvá. A szabadon levő, zselatinmentes ezüstszemcséket az előhívó akkor is megtámadja, ha fény nem éri őket. A zselatinba ágyazott szemcsék esetében ez nincsen így, mert a fényérzékeny rétegben az előhívó csak a megvilágított szemcséket hívja elő. A zselatin védi a szemcséket és többé-kevésbbé állandóvá teszi a szemcséből és előhívóból álló, instabilis rendszert. Ez a zselatin egyik fontos szerepe. Ahol a szemcsék felületén fény által szabaddá tett ezüstatómok vannak, ott az előhívó megkezdi működését, először a szemcse szélén választ ki ezüstöt, végül az egészet színezüstté redukálja. Az előhívott szemcse nem ezüstbromid, hanem elemi ezüst. Ha az előhívó megtámadta a szemcsét, teljesen előhívja. Kellő ideig tartó előhívás esetében nincs félig előhívott szemcse. Mindezt többek között Svedberg bizonyította be. Tuttle és Trivelli piros fény segítségével, mikroszkópon keresztül, piros fény iránt érzékenyített filmre lefényképezték a szemcsék ezüstté redukálódását az előhívás alkalmával.

Csak azok az ezüstbromidszemcsék maradnak meg változatlanul, amelyeken nem keletkezett annyi szabad ezüstatómból, illetve ezek csoportjaiból álló góc, hogy az előhívó kellő sebességgel megkezdhesse működését. A redukálást a gócok gyorsítják (katalizálják) és a kísérletek szerint átlagosan 300 ezüstatóm tesz egy szemcsét előhívhatóvá. Ez csak átlag, mert nagyon ritkán olyan szemcsék is akadnak, amelyeket már egyetlen szabad ezüstatóm előhívhatóvá tesz, néha pedig 1000 szabad ezüstatóm mellett sem támad meg az elő-

hívó egyes szemcséket. Tehát a szemcse érzékenységéről csak statisztikai középértékben beszélhetünk. Csak a szemcsék felületén lévő gócok számítanak, az éleken és csúcsokon fekvők pedig különösen hatékonyak. Az előhívás a szemcse felületén lejátszódó heterogén katalizis szép példája. Hosszú ideig tartó előhívás alkalmával az előhívó végül minden szemcsét redukál, a lemez elfátyolosodik. Fátyolnak nevezik a megvilágítatlan szemcsék előhívása által okozott feketedést. Tulajdonképen minden előhívás versenyfutás a fátyol és a rejtett kép között. Erősen alexponált képek esetében a fátyol győz.

A szemcsét a rejtett kép ezüstatómokból álló központjai teszik előhívhatóvá. Szó volt arról, hogy a megvilágítatlan lemez szemcséi az érlelési folyamat következtében ezüstszulfidot tartalmaznak. Ez rendkívüli mértékben növeli az érzékenységet, mert az ezüstszulfid is gócnak számít, ha pedig már vannak gócok egy szemcsén, akkor a fény által csak kevesebbnek kell létrejönni, hogy együtt legyen az előhívhatósághoz szükséges minimum. Az előzetes gyenge megvilágítás is növelheti a réteg érzékenységét.

Az előhívott lemez ezüstszemcséi nagyjában ugyanolyan méretűek, mint az eredeti ezüstbromidszemcsék; diapozitív lemezben, pozitívfilmben kisebbek, érzékeny anyagban nagyobbak (29. ábra). Első alkalommal látva nagyon meglepő, hogy az éles határú kép fekete foltjai az ezüstszemcsék tömegeiből állanak. A lemez ezüsttartalma teljes feketedés esetében néhány milligramm négyzetcentiméterenként, világosabb lemez esetében megfelelően kevesebb.

3. A feketedés törvényei.

A lemez feketedése a ráeső fény mennyiségének a függvénye. Ennek a függvénynek grafikus ábrázolása a

feketedési görbe vagy karakterisztika (30. ábra). A feketedés mértékéül azt a számot választották, amely megadja, hogy a lemezre ráeső fény hányszorosa annak a fénymennyiségnek, amelyet belőle a lemez átenged. Szokás szerint ennek a számnak a logaritmusát* használják *(D)*. Például abban az esetben, ha a lemez olyan sötét, hogy átnézetben a fény századrészét engedi át, $D = 2$, stb. A lemezre eső fénymennyiség egysége a luxmp, ekkora fénymennyiség esik a lemezre, ha 1 mp-ig részesül 1 luxnyi megvilágításban. A megvilágítás megjelölésére a luxmp-ek számának logaritmusát használják, például — 1 számértékű megvilágítás azt jelenti, hogy a lemezt 0·1 luxmp-nyi megvilágítás érte, 0 megvilágítás 1 luxmp-et, 1 megvilágításegység 10 luxmp-et jelent stb. A feketedések az előhívott lemezre vonatkoznak és azt is meg kell mondanunk, hogy párhuzamos vagy szórt fényre érvényes-e, mert párhuzamos fénnyel vizsgálva, feketébbnek látszanak a lemezek, mint szórt fénnyel átvilágítva. Másolat készítésére rendszerint szórt fényt, nagyításhoz sokszor, vetítéshez pedig mindig párhuzamosat használunk.

A feketedési görbe S-alakú. Bizonyos megvilágításkor emelkedni kezd (küszöb) és homorú görbülettel átmegy az egyenes részbe. Még nagyobb megvilágítást alkalmazva a görbe domborúvá lesz és végül újra lehajlik (szolarizáció). A görbe hajlásszögének tangensét *(tgα)* keménységnek nevezik (γ). Látitúdónak nevezik azt az megvilágítási szakaszt, amelyen belül a karakterisztika egyenes, példánkban 0-tól 2-ig. Kemény lemez általában kis látitudójú, mert a lemez legnagyobb feketedése 3-nál nem lehet lényegesen nagyobb és ezt az értéket a

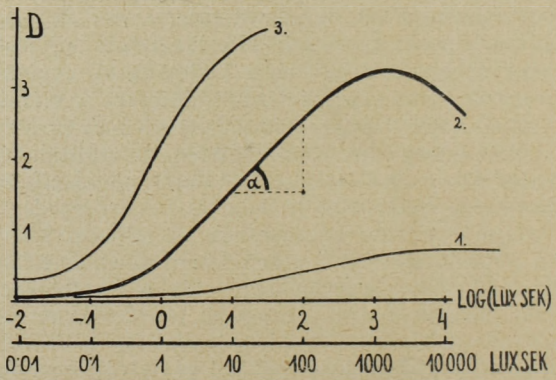
* A logaritmus az a szám, amely megmondja, hogy 10-nek hányadik hatványa adja meg az illető mennyiséget. 10 logaritmusa 1, 100 logaritmusa 2, 1000 logaritmusa 3 stb. A logaritmus nagyon jól tájékoztat a mennyiség nagyságrendjéről.

kemény lemez hamar eléri. A tárgy fényárnyalatait teljesen hűen az a lemez rögzíti meg, amelynek keménysége $\gamma = 1$, mert ebben az esetben a feketedések aránya pontosan ugyanaz, mint az érkező fénymennyiségeké. A fénykép sorsát az szabja meg, hogy a tárgy fényárnyalatainak sorozata hová kerül a feketedési görbén. Jó megvilágítási idő esetében a lényeges részek a karakterisztika egyenes részére kerülnek és az árnyalatok torzításmentesek. A túlságosan megvilágított kép feketedései a görbe felső, domború részén vannak, ahol a meredekség kisebb. Ennek következtében egyrészt a részletek feketedései kevésbbé különböznek egymástól, másrészt az egész kép feketébb, fődöttebb. A mérsékelten csekély megvilágítású kép a homorú alsó görbületen van, sötétségbeli árnyalatai szintén torzítottak és a nagyobb feketedésű részletek túlerősen jelentkeznek. A hiányosan megvilágított kép csekély megvilágítású részletei már a küszöb alá esnek és teljesen hiányoznak a képről. Legtöbb esetben könnyen elhelyezhetjük a tárgy fényárnyalatainak sorozatát a karakterisztika egyenes részén. Nagy látitudójú fényérzékeny anyag szükséges ott, ahol a tárgy fényárnyalatai rendkívül tág határok között mozognak, például gépfelvételhez, épületek belső felvételeihez stb. Minthogy a megvilágítások 1 : 1,000.000 arányban is állhatnak, feltétlenül elveszítjük a sorozat két végét. Kemény anyag szükséges akkor, ha a tárgy részeinek megvilágításai kevéssé különböznek egymástól, például képmásoláshoz, repülőgépről lefelé készülő felvételhez stb. A feketedési görbe szerepe nagyon hasonló a rádiólámpák karakterisztikájának szerepéhez: a keménység, torzításmentesség kérdései az utóbbi esetben is felmerülnek és érdekes módon még a görbék alakja is hasonló.

A feketedési görbét az előhívott lemez fekedései alapján kell megrajzolnunk, ennek következtében a görbe alakja függ az előhívástól is (30. ábra). Rövid ideig

tartó előhívás alacsonyan fekvő görbére vezet és a kép lágy, nem fedett. Az előhívás előrehaladtával a görbe mindjobban felegyenesedik. Sokáig tartó előhívás a görbét még meredekebbé teszi, de fátyol is jelentkezik. Még tovább tartó előhívás alkalmával a fátyol gyarapodik és végül az egész képet elborítja.

A feketedési görbe befolyásolható közvetett úton az úgynevezett Person-féle eljárással. E szerint



30. ábra.
Feketedési karakterisztika: 1. rövid, 2. rendes, 3. hosszú előhívás után.

az eredeti felvételt keményre hívják, elő és kétszer másolva, igen lágy képet is készítenek róla. A nagyítás alkalmával a brómezüst-papírra vetítik egymásután mind a két negatívot; a pontosan egyforma elhelyezést három tűszúrással biztosítják. Végül a nagyítást előhívják. A Person-féle eljárással nyert képek olyanok, mintha igen nagy látitudójú fényérzékeny anyaggal készültek volna.

Néhány szóval meg kell említenünk a *szolarizáció* néven ismert érdekes jelenséget. Igen erős megvilágítás

esetében a feketedési görbe lehajlik, tehát a lemez kevésbbé feketedik meg, mint gyengébb fényben. Rendszerint létrejön a szolarizáció, ha a nap képe is a lemezre kerül, ebben az esetben a nap képe a negatívon

31. ábra.
Szolarizáció (pozitív másolatban).
A jobboldali bot melletti fekete pont a Nap szolarizált képe.
F = 11, 0·04 mp.

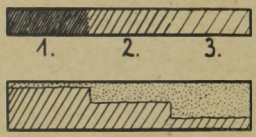
világosabb, a pozitívon sötétebb, mint környezete (31. ábra). A szolarizáció mindenféle sugárzással, mindenféle lemezen és előhívással mutatkozik. Az utóbbi évek vizsgálatai bebizonyították, hogy szolarizáció esetében is változatlanul tovább növekszik a rejtett kép ezüsttartalma, azonban az igen erősen megvilágított szemcséket az előhívó nehezebben hívja elő és e miatt az előhívott

kép kevésbbé sötét. Ha 10 lux. mp megvilágítást alkalmazva minden cm^2-en 10^{-9} g ezüstöt tartalmaz a rejtett kép és ezt az előhívás milliószorosra növeli, az előhívott kép minden cm^2-én 10^{-3} g színezüst van. Ezerszer erősebb megvilágítást alkalmazva a látens kép minden cm^2-én 10^{-6} g színezüst található, az előhívó azonban már csak százszorosra növeli az ezüstmennyiséget és a rejtett kép minden cm^2-e már csak 10^{-4} g ezüstöt tartalmaz, ami kevesebb, mint az előbbi, tehát bekövetkezett a szolarizáció. Minden valószínűség szerint azért hívhatók elő nehezebben az igen erősen megvilágított szemcsék, mert a rejtett kép ezüstatómjai sokkal nagyobb gócokká csoportosulnak össze, mint a gyengébben megvilágított szemcsék szabad ezüstatómjai; a nagyobb gócok azután kevésbbé gyorsítják az előhívást. (Koagulációs elmélet.) Szolarizáció esetében rögtön pozitív képet kapunk. Olyan úgynevezett duplikát-negatívanyag is van már forgalomban, amellyel a szolarizáció segítségével pozitív képről, például diapozitívról, azonnal pozitív másolatot készíthetünk. A forgalombahozatal előtt annyira világítják meg ezeket a fényérzékeny rétegeket, hogy elérjék a feketedési görbe csúcspontját, a felvétel alkalmával azután már a görbének lefelé hajló ágán mozgunk. Sajnos, ezeknek az anyagoknak az érzékenysége elég kicsiny, olyanféle, mint gázfénypapíroké, de azért például diapozitívképek másolására jól használhatók.

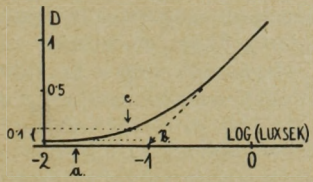
Azonnal pozitív képet kaphatunk az úgynevezett fordítási eljárással is (32. ábra). A felvétel után a lemezt vagy filmet bizonyos ideig előhívjuk, ekkor az ezüst negatív képet alkot, vagyis ott van belőle több, ahol a tárgy világosabb volt (3). Ezután a negatívot oxidálószerrel, például kénsavas káliumbikromáttal kezeljük, amely az elemi ezüstöt feloldja. Végül a megmaradt ezüstbromidot erősen megvilágítjuk és teljesen előhívjuk. Most a tárgy világos része alatt az ezüst mennyi-

sége is kevesebb, a lemez átlátszóbb, tehát a kép pozitívvá lesz. A fordítást filmfelvételek és színes fényképezés alkalmával használják, az erre való fényérzékeny réteg aránylag kevesebb ezüstbromidot tartalmaz és a megvilágítási idő megválasztása érthető módon kényesebb. A fordítófürdőn kívül kétszer végezzük az előhívást, de állandósítani nem kell.

Ezek után röviden kitérünk a feketedési görbe elméletére is. A látható fény által létrehozott feketedési gör-



32. ábra.
A fordítási eljárás vázlatosan. Az első előhívás ezüstmennyisége pontozva, a másodiké vonalkázva.



33. ábra.
A szenzitometriai rendszerek alappontjai. *a.* Scheiner, *b.* H & D., *c.* Din.

bére jellemző, hogy S-alakú és három része van: a küszöbnél kezdődő homorú rész, a középen található egyenes darab és a szolarizációba átmenő domború rész. Mi a magyarázata a görbe említett alakjának? A feketedési görbe elmélete a valószínűségszámításon alapszik. Az ezüstbromid szemcséi úgy szerepelnek, mint céltáblák, a lemezre érkező fénykvantumok pedig mint pontosabb célzás nélkül kilőtt puskagolyók. Annak az esetnek van a legnagyobb valószínűsége, hogy mindegyik szemcsét egyenlő sok találat éri, de lesznek olyan szemcsék is, amelyekben az átlagnál több, vagy kevesebb fénykvantum ütközik. Az előhívás alkalmával átlagosan véve minden olyan szemcse előhívódik, amelyet bizonyos küszöbértéknél több kvantum ért. Ha erősebb fényt bocsátunk a lemezre, több szemcse válik előhívhatóvá és a

feketedés növekszik. A számítás szerint a feketedés a fénykvantumok számának logaritmusával egyenes arányban növekszik, tehát ez a valószínűségi elképzelésmód megmagyarázza a karakterisztika középső egyenes részét. A feketedés növekedésének végeszakad akkor, amikor már szinte minden szemcsét az előhívás szempontjából elegendő fénykvantum talált el, mert ezután már hiába növeljük a fény mennyiségét, a lemez nem sötétedik meg erősebben. A görbe lehajlását a szolarizáció elmélete okolja meg, amely szerint az igen nagy tömegben összecsoportosult elemi ezüst rosszabbul hívódik elő, mint a finom eloszlású.

Hátra van még a karakterisztika alsó, homorú görbületének a magyarázata. Ez a szemcsenagyság figyelembevételével lehetséges. A durvább szemcséjű rétegnek érzékenyebbnek kell lennie már csak azon okból is, mert könnyebben találja el az előhíváshoz szükséges mennyiségű fénykvantum és azután előhívás alkalmával több színezüstöt szolgáltat, mint az apróbb szemcse. Másrészt az érlelés következtében is sokkal több ezüstszulfidgóc van a nagy szemcsén, mint a kicsinyen. Tehát a durvaszemcséjű réteg érzékenyebb, mint a finomszemcséjű. Azonban a valóságban használt rétegekben vegyesen találunk kisebb és nagyobb szemcséket; a nagyobb szemcsék már olyan kevés fényt is megéreznek, amely a kisebbeket még nem teszi előhívhatóvá. A fény mennyiségének növelésével mindig több és több szemcse kezd számításba jönni, ezért a feketedési görbe meredeksége növekedik, vagyis a kezdetén homorú. A kemény fényérzékeny réteget úgy készítik, hogy lehetőleg egyforma nagyságú szemcsék létrehozására törekednek; igen vegyes szemcsenagyságú rétegnek lágy, nagy látitudójú feketedési görbéje van. Ez elérhető két különböző szemcsenagyságú fényérzékeny anyag keverése, esetleg egymásra rétegzése által. (Többrétegű fényérzékeny anyagok.)

A röntgen- és α-sugaraknak megfelelő feketedési karakterisztikán nincs alsó homorú görbület, a vonal azonnal egyenesen felfelé indul. A görbét úgy rajzoljuk meg, hogy magukat a fénymennyiségeket mérjük fel, nem ezek logaritmusait. Ezt az említett sugárzások energiakvantumainak a nagysága magyarázza meg, mert az a szemcse, amelyet ez az energiamennyiség eltalál, feltétlenül előhívódik.

A Schwarzschild-jelenség. A lemez feketedését a beérkező fény mennyisége, a lux. mp-ek száma szabja meg. Ennek alapján mindegy volna, hogy ugyanannyi fénymennyiség kevés lux mellett hosszú idő alatt, vagy sok lux mellett rövid idő alatt kerül-e a lemezre. (Bunsen—Roscoe-féle reciprocitási törvény). Igen nagy közelítésben igaz ez a törvény, de nagyon tág határok között vizsgálva eltérések mutatkoznak. Ezt a tüneményt Schwarzschild-jelenségnek nevezik, de a SCHWARZSCHILD által adott képlet, amely szerint az $i \,.\, t^p$-szorzat döntené el a feketedést, nem bizonyult helyesnek (i a fény erőssége, t a megvilágítás ideje, p állandó). A közönséges fényképezés szempontjából a Schwarzschild-jelenség nem lényeges, de fontos tudományos vizsgálatok alkalmával.

A fényérzékenység mérése (szenzitometria). A fényképész számára igen fontos a fényérzékeny anyag érzékenységének ismerete, mert ehhez szabja a megvilágítás idejét. A feketedési görbén rögtön látjuk, hogy az érzékenység foka csak önkényesen állapítható meg, azonkívül nemcsak az érzékenység, hanem a negatívanyag egyéb sajátságai is nagyon fontosak. Többféle érzékenységet meghatározó, úgynevezett fényérzékenységi egység van használatban.

A Scheiner-féle rendszer a küszöbértéket veszi alapul. Küszöbnek nevezzük azt a legkisebb megvilágítást, amely a feketedést észrevehetően nagyobbá teszi a fátyolnál (33. ábra, *a.* pont). Az érzékenységi küszöb megállapí-

tására SCHEINER önkényesen választott berendezést használt. Fényforrásul pontosan meghatározott benzinlámpát alkalmazott 1 mm széles réssel, a lemezt 1 méternyi távolságból 1 percig világította meg és a fény mennyiségét forgó koronggal csökkentette. A Scheiner-féle berendezés által megadott érzékenységi fokot ezeknek a különleges megállapodásoknak figyelembevételével a következő képlet adja meg:

$$S = 1{\cdot}95 - 9{\cdot}5 \log a.$$

Itt a a küszöb értékét jelenti lux mp -egységben, S pedig a Scheiner-féle érzékenységi fok. Számtani sor szerint növekedő Scheiner-fokok az érzékenység mértani sor szerinti növekedését jelentik; 20 foknyi emelkedés az érzékenység 100-szoros növekedését jelenti. 1 Scheiner-fokos emelkedés az érzékenységet 1·274-szer növeli ($\sqrt[19]{100}$), 3 foknyi növekedés pedig körülbelül megkétszerezi. Tehát a Scheiner-fokok logaritmusosan emelkedő skálát alkotnak.

HURTER és DRIFFIELD rendszere az úgynevezett inerciából indul ki (33. ábra, b pont). Szerintük a feketedési karakterisztika egyenes része meghosszabbítva olyan pontban metszi a vízszintes tengelyt, amely független az előhívástól. Ez a pont az úgynevezett inercia. Tovább tartó előhívás a feketedési vonalat meredekebbé teszi, de az egyenes rész meghosszabbítása ugyanebbe a pontba vezet. Ha b az inercia értéke lux mp-ben, akkor az érzékenység H. & D.-foka: $\frac{34}{b}$. A fényforrás cetvelőből készült normálgyertya. Ez a rendszer nem logaritmusos, hanem lineáris, kétszer nagyobb szám kétszeres érzékenységet jelent stb.

Napjainkban ezeket a rendszereket a Din-fok kezdi felváltani. Ez a rendszer fényforrásul olyan szűrt villanyfényt használ, amely a napfény színét hűen utánozza.

Az érzékenység megvizsgálásakor a lámpa fényét lépcsős éken keresztül ejtik a lemezre; az ék szomszédos fokain átmenő fény erőssége mindig 0·1-del növekszik logaritmusos mértékben mérve. Más szóval az ék két szomszédos mezején átbocsátott fénymennyiségek hányadosának logaritmusa 0·1. Mint a feketedési jelenségek vizsgálatához, itt is logaritmusos mértéket használnak. Ez azt jelenti, hogy számítások alkalmával vagy rajzbeli ábrázolásokhoz a számok helyett azok logaritmusait használják. Logaritmusos mértékben mérve egyforma növekedést jelent a számoknak 10-szeres, 100-szoros, 1000-szeres stb. növekedése. Logaritmusos fokokban mért 0·1-nyi emelkedés 1·259-szeres növekedést jelent, mert 1·259 logaritmusa 0·1.

Előhívás után megvizsgálják, hogy az ék hányas számú mezeje mutat a fátyolnál 0·1-del erősebb sötétséget és ugyanannyi tized Din-fok az érzékenység. Itt az a lényeg, hogy mekkora fénymennyiség hatására kapunk 0·1-del nagyobb feketedést a fátyolnál (33. ábra, *c* pont). A mérés körülményei pontosan meghatározottak, de az előhívás ideje tetszés szerint választható. Az előírt fényszűrő nélkül, az ék előtt 40 lux erősségű megvilágításnak kell lenni és az ék megvilágításának az ideje $^1/_{20}$ mp. Az ék minden egyes mezeje, tehát $^1/_{10}$ Din-foknyi különbség az érzékenység 1·259-szeres növekedését jelenti ($10^{0,1}$). $^3/_{10}$ Din-fok körülbelül kétszeres érzékenységet jelent. A skála logaritmusos és az emelkedés gyorsasága majdnem ugyanolyan, mint a Scheiner-fokoké. Ha a feketedési görbét az eljárás szabályai szerint szűrt fénnyel vessük fel, és *c* lux mp fénymennyiség mellett érjük el a 0·1-nyi feketedést a fátyol felett, akkor az érzékenység:

$$\text{Din}^\circ = 0{\cdot}301 - \log c.$$

Például $c = 0{\cdot}05$ lux mp esetében az érzékenység 1·60, a szokásos írásmód szerint $\frac{16}{10}$ Din°. A meghatározáshoz

nincs szükség számolásra, mert az ék másolatáról a fok rögtön leolvasható. Ha a fátyol 0·4 foknál nagyobb, ezt külön fel kell tüntetni. A raktározás alkalmával nem szabad $\frac{3}{10}$ Din°-nál nagyobb változásnak bekövetkeznie.

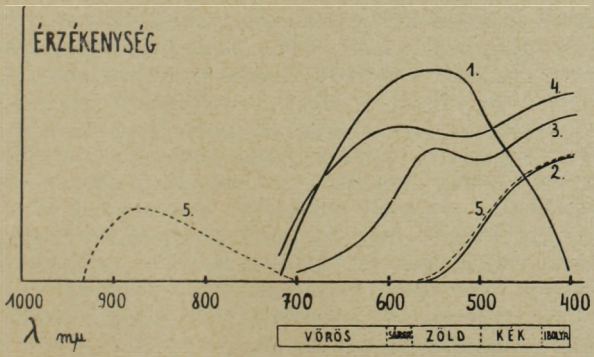
Az érzékenységmérési rendszerek külön elven alapszanak, tehát szigorúan véve adataik nem számíthatók át egymásba. Az elért legnagyobb érzékenység 30 Scheiner-fok, 10.000 H. & D.-fok és $^{20}/_{10}$ Din° körül van. Közelítő pontossággal úgy számíthatjuk át a Din-fokot Scheiner-féle fokra, hogy összeadjuk számlálóját és nevezőjét. Például $\frac{15}{10}$ Din-foknak közelítően 25 Scheiner-fok felel meg. A Scheiner-rendszer hibája, hogy a küszöb sohasem állapítható meg pontosan, például nagyítóval vizsgálva az előhívott szemcsék számát, szinte egyáltalán nincsen küszöbérték. A H. & D.-fokok hátránya, hogy a valóságban az inercia nem független az előhívástól. Mindkét rendszer közös hibája, hogy a fényforrás színe nem megfelelő és a mérés kivitele sok tekintetben bizonytalan. Jelenleg a legjobb rendszernek a Din-fokokat kell tartanunk.

4. A színérzékenység.

Szemünk a természetet színesnek látja, a fényképezőlemez viszont csak feketét és fehéret, illetőleg a közöttük lévő szürke árnyalatokat tüntetheti fel. Itt természetesen rögtön felmerül az a kérdés, vajjon, ha a lemez a színeket nem is örökítheti meg, legalább az egyes színes foltok sötétségi fokait hűen rögzíti-e? Erre a kérdésre az érzékenységi görbék tanulmányozása ad feleletet.

A szem fényérzékenysége körülbelül 720 mμ-on kezdődik, a sötétvörösben, narancsszínben, sárgában mindinkább fokozódik; 550 mμ-on a sárgászöldben a leg-

nagyobb és innen kezdve a zöldön és kéken keresztül mindinkább csökken, végül az ibolyában körülbelül 400 mμ-on megszűnik. A 34. ábra 1. görbéje logaritmusos mértékben ábrázolja a szem érzékenységét, mint a hullámhosszúság függvényét.[1] Az érzékenységi görbe feltünteti, hogy, ha egyforma energiájú, különféle színű fénysugarak kerülnek szemünkbe, melyek keltenek erő-



34. ábra.
Érzékenységi görbék energiaegyenlő sugárzással szemben (log-ban). 1. Szem 2. Nem érzékenyített emulzió. 3. Ortokromatikus, 4. pankromatikus, 5. infravörös emulzió.

sebb hatást és melyek gyengébbet. A görbéről látható, hogy a sárga és zöld különösen világosnak tűnik fel, mert erős hatást kelt.

A fényképezőlemez érzékenysége is a hullámhosszúság függvénye. A tiszta ezüstbromidból álló réteg érzékenysége csak 500 mμ-on lesz észrevehető, onnan kezdve mindaddig emelkedik, amíg a látható színkép határához, a 400 mμ-hoz el nem érünk (34. ábra, 2. görbe). A piros és a sárga fény szinte teljesen hatástalan, a

[1] Lásd a 68. oldal lábjegyzetét.

kék viszont nagyon hatásos. Látható, hogy a réteg érzékenysége az egyes színek iránt egészen más, mint a szemé. Ennek következtében nagyon színes tárgyakról nem kaphatunk hű képet. Sok esetben nem okoz bajt a lemez fokozott érzékenysége a kék iránt, némelykor azonban igen bántó. Közönséges lemezre készült képeken a kék ég teljesen fehér, a sárga virágok és piros szövetek viszont teljesen feketék. A lemez éppen a sárga és sárgászöld sugarak iránt érzéketlen, a szem viszont éppen ezekre nagyon érzékeny. Különösen zavaró a lemezek rosszul elosztott színérzékenysége, ha mesterséges világításban fényképezünk, mert mesterséges fényben, például villanyfényben, a sárga és vörös sugarak aránya a kék sugarakhoz képest sokkal nagyobb, mint napfényben. Ennek következtében villanyfényben közönséges lemezre készült felvételek aránytalanul hosszú megvilágítási időt kívánnak és a részletek sötétségbeli aránya sem helyes. Szerencsére szemünk a kisebb eltéréseket nem veszi észre, azonkívül a tárgyakról visszavert fénysugarak mindig tartalmazzák többé-kevésbbé a színkép minden színét.

A lemezek rosszul elosztott színérzékenységén 1873-ban Vogel H. W. felfedezése segített. Vizsgálatai szerint egyes szerves festőanyagok, úgynevezett kátrányfestékek, a lemezt olyan színű fénysugarak iránt is érzékennyé teszik, amelyek a tiszta ezüstbromidra nem hatnak. Ez a jelenség az érzékenyítés (szenzibilizálás). Idők folyamán kiderült, hogy sokszáz vegyület alkalmas az érzékenység nagyfokú megváltoztatására és az érzékenyítés kutatására megindult vizsgálatok a fotokémia külön fejezetévé bővültek. Az érzékenyítés rendszerint úgy folyik le, hogy a festőanyagot (szenzibilizátort) nagyon kis mennyiségben hozzákeverik a kész fényérzékeny anyaghoz. A kész lemezt is beáztathatjuk a festőanyag oldatába. Mindegyik esetben igen híg oldatban használják ezeket az anyagokat, néhány századszázalé-

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

kosan, némelyek még 10^{-10}%-os oldatban is hatásosak. A szemcsékben lévő ezüstatómok közül átlag 20—60 darabra jut egy festékmolekula. A festőanyag molekulái az ezüstbromidszemcsék felületén adszorbeálódnak és ezáltal okoznak változást az érzékenységben.

Az érzékenyítésnek többféle elmélete van. Baur E. szerint a fény először a szenzibilizátorra hat, ezután az érzékenyítő anyag olyan hatást fejt ki, mint a galvánelem, amelynek negatív sarka a leszakított elektron, pozitív sarka a visszamaradt atómcsoport. Franck I. a kvantumelméletre alapította elméletét, szerinte a fény energiáját az érzékenyítő festék nyeli el és mechanikai mozgásenergia formájában adja át az ezüstbromidnak, amely ennek következtében szétválik ezüst- és brómatómokra. Az érzékenyítés nagy hatását a következő számadatok mutatják. A közönséges lemez minden cm^2-ére 0·5 foknyi feketedés elérése céljából a következő energiát képviselő fénymennyiségeknek kell esniük: 436 mμ hullámhosszúságú kék fényből 0·27 erg-nek, 550 mμ-os sárgászöld fényből 90 erg-nek és 615 mμ-os piros fényből 21.000 erg-nek. *Erythrosin* oldatában fürösztve a zöld fényből már 4 erg, *pinachromibolyában* fürösztve a pirosból 112 erg elnyelése elegendő erre a célra. Látható, hogy az érzékenyítés hatása nagy, de még nem elegendő, ezért van szükségünk színszűrőkre is. (Lásd a következő fejezetet.)

Az érzékenyítő anyagok felfedezése után legelőször a sárga szín iránt érzékenyítő anyagokat kezdték használni. Ma a legtöbb lemez és film erythrosint vagy eosint tartalmaz, hogy a sárga színek iránt érzékeny legyen. Az erythrosinnek különben is jó a hatása az érzékeny rétegre, mert tartósabbá és fátyolmentessé teszi. A sárga iránt érzékenyített lemezt *ortokromatikus*nak nevezik. Ma már alig lehet olyan lemezt, vagy filmet vásárolni, amely ne volna ortokromatikus. De ezek a lemezek is sokkal érzékenyebbek a kék, mint a sárga,

vagy a zöld iránt (34. ábra 3. görbéje), az érzékenyítés következtében mindössze bizonyosfokú sárgaérzékenység is járult a kék iránt mutatkozó nagy érzékenységhez. A legtöbb felvételhez már ez is elegendő. Az érzékenység legnagyobb foka rendszerint 550 mμ-on van és 500 mμ-on kis minimumon fut át.

Alkalmas érzékenyítőkkel a réteg a piros szín iránt is érzékennyé tehető. A piros iránt érzékennyé tett lemezt *pankromatikus*nak nevezik, készítésükhöz főkép cyaninfestékeket (pinachromibolyát, pinacianolt stb.) használnak. A pankromatikus anyagok érzékenysége körülbelül 700 mμ-on kezdődik és a kék felé haladva, mindinkább növekszik (34. ábra, 4. görbe), azonban a zöldben rendszerint kissé csökken. Megfelelő érzékenyítőkkel a réteg szinte az egész látható színkép számára érzékennyé tehető, de legtöbbször szándékosan hagyják meg a zöld iránt mutatkozó érzéketlenséget, mert ez megkönnyíti az emulzió feldolgozását a gyártáskor. Teljes sötétségben a gyártás nehézségekkel jár. Pankromatikus anyagokat nem hívhatunk elő piros fényben, csak alkalmas sötétzöld lámpa fényében, esetleg teljes sötétségben, vagy érzéketlenítés után. A pankromatikus anyagok főként festményreprodukcióhoz, kirakat- és díszletfelvételhez, mesterséges világításban végzett fényképezéshez, bonctani felvételekhez stb. használatosak. Napjainkban sok olyan lemezt és filmet hoznak forgalomba, amelyek átmenetet jelentenek az orto- és pankromatikus anyagok között, mert egyszerre érzékenyek mérsékelten piros, sárga és zöld iránt.

A szem ideghártyájának (a csapoknak) és az egyes emulzióknak a színérzékenységét vázlatosan a 34. ábra 1. görbéje tünteti fel. A rajz az érzékenységet logaritmusos fokokban ábrázolja azon feltevéssel, hogy mindegyik hullámhosszúságú fényből egyforma energiamennyiség érkezik a lemezre. Még szemléletesebb ábrát kapunk, ha az érzékenységet egyenlő fényességű színképre

vonatkozóan számítjuk át. Ehhez olyan fénymennyiségeket engedünk a lemezre az egyes hullámhosszúságú sugarakból, hogy szemünk valamennyi színt egyforma világosnak lássa. Természetesen ekkor a sárgászöldből aránylag kevesebb energia is elegendő, mert szemünk ezekkel a sugarakkal szemben fokozottan érzékeny. A lemez érzékenységi görbéjét az ilyen energiaeloszlású színképpel szemben úgy kapjuk meg, hogy a 34. ábra 3. és 4. görbéinek adataiból kivonjuk a szem érzékenységi adatait, vagyis az 1. görbét. Az eredményt a 38. ábra tünteti fel. Ebben az ábrában a szem érzékenységi görbéje egyenes vonal, mert feltételünk alapján olyan színképről van szó, amelynek minden színét egyenlő sötétségűnek érzi a szem. Látható a rajzból, hogy az ortokromatikus és pankromatikus anyagok tényleg nagy haladást jelentenek a közönséges fényérzékeny réteghez képest, de a szem érzékenységének egyenes vonalát nem érik el. A lemezek színérzékenységi görbéjének pontos megállapítása elég körülményes munka, mivel ismernünk kell a fényforrás energiaeloszlását is. Gyors meghatározás céljából színes táblákat fényképeznek le, vagy pedig változó sötétségű, színes, átlátszó lapokon keresztül világítják meg a lemezt.

Az említett festőanyagokon kívül nagyon sok egyéb anyag is növeli az érzékenységet. Ilyen a hatása maguknak az ezüstiónoknak is. Ha a réteg készítésekor az ezüstnitrát oldata van feleslegben, a keletkező szemcsék felületükön ezüstiónokat adszorbeálnak és ezek az általános, valamint a vörös iránti érzékenységet fokozzák. Ha káliumbromid van felesleges mennyiségben és így csapódnak ki a szemcsék, brómiónokat adszorbeálnak, de ez nem okozza az érzékenység növekedését. Érzékenyítenek a látens kép szabad ezüstatómjai is, ezért a kék fénnyel elővilágított lemez az elővilágítás után a sárga és sárgászöld iránt sokkal érzékenyebb (Becquerel-effektus). Gyakran alkalmazzák az úgynevezett

hiperszenzibilizálást. Ehhez a lemezt 1%-os ammónia, vagy 0·2%-os bórax+0·5%-os konyhasó oldatába áztatják és sötétben megszárítják. A hiperszenzibilizált lemez körülbelül 24 óráig sokkal nagyobb érzékenységű, azután a kezelés elveszti hatását.

Lüppo-Cramer fedezte fel az érzékenyítés ellentétes folyamatát, az érzéketlenítést. Néhány festőanyag, például a pinakriptol-zöld és a pinakriptol-sárga annyira csökkenti az érzékenységet, hogy az ortokromatikus lemezt narancsszínű, a pankromatikusat piros fényben is előhívhatjuk. Ez természetesen sokszor könnyebbé teszi az előhívást, ezért ezeket az anyagokat elég gyakran használják. A piros lámpát nem szabad túlkorán meggyujtani, mert a rejtett képet az erős vörös fény elroncsolhatja. (Herschel-effektus.)

A 700 mμ-nál hosszabb hullámú sugarak az úgynevezett infravörös, vagy hősugarak. Ezek szemünk és a közönséges fényképező lemez számára hatástalanok, csak műszerekkel mutathatók ki az elnyelésük alkalmával keletkező meleg segítségével. A legújabb időben fedeztek fel olyan festőanyagokat, amelyek az infravörös sugarak iránt teszik érzékennyé a lemezt. Az infravörös fényképezés csakhamar igen elterjedt. Ma már több gyár szállít ilyen lemezeket; ezek általában félévig raktározhatók. Többféle nagyon érzékeny infravörös lemez csak pár hétig jégbehűtve tartható el, különben az érzékenyítés elveszti hatását, a lemez fátyolos lesz és tönkremegy. Érzékenyítő anyagnak eleinte dicianinokat használtak, később alkalmasabb cianinfestékeket találtak, többek között a rubrocianint és allocianint, amerikai neveik kriptocianin és neocianin. Az infravörös-lemezek érzékenységi görbéjét a 34. ábra 5. vonala mutatja: a kék iránt az érzékenység ugyanolyan, mint az eredeti ezüstbromidé, ehhez azonban hozzájárul érzékenység a sötétvörösben és az infravörösben. A szerint, hogy

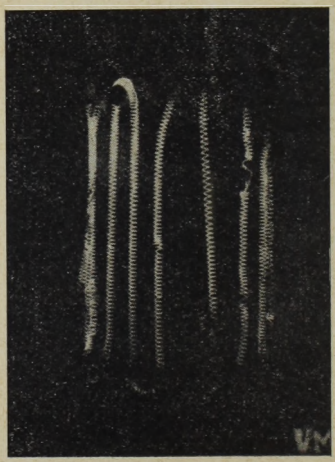
milyen érzékenyítő anyagot használnak, a következő területeken mutatkozhatik érzékenység:

500-tól	830-ig	a	maximum		700-nál,
500 „	900 „	„	„		750-nél,
620 „	930 „	„	„		800-nál,
680 „	980 „	„	„		850-nél,
800 „	1030 „	„	„		950-nél,
900 „	1200 „	„	„		1050-nél.

A különféle lemezeket a legnagyobb érzékenység hullámhosszúságával jelölik meg. Minél jobban megyünk be az infravörösbe, annál kisebbfokú a lemez érzékenysége és rosszabb az állandósága. Általában 1200 mμ az infravörös fényképezés felső határa; eddig még üveglencsék és lemezek használhatók, mert az üveg 1500 mμ-ig alig nyel el infravörös sugarakat; 2000 mμ fölé akkor sem lehetne nagyon eljutni, ha megtalálnák a megfelelő érzékenyítő anyagokat, mert ekkor már zavarna a környezet hősugárzása. Infravörös felvételek készítéséhez sötétvörös vagy olyan speciális szűrőt kell használni, amely átengedi a hősugarakat, de nem engedi át a láthatókat. Az előhívás úgy folyik le, mint pankromatikus negatívanyagok esetében.

Az infravörös fényképezést igen sok téren alkalmazzák. A hevített szilárd testek elektromágneses sugárzást bocsátanak ki, amely annál gazdagabb rövidebb hullámhosszúságú sugarakban, minél magasabb a fényforrás hőmérséklete. Körülbelül 400 C° alatt a hevített test izzása még nem látható, de azért már bocsát ki infravörös sugarakat. Éppen ezért a hevített, de még nem izzó tárgyak lefényképezhetőek saját hősugaraik által, teljes sötétségben. A megvilágítási idő 10—20 óra. Villanykályhákat és vasalókat fényképezhetünk le így infravörös sugárzásukkal (35. ábra). A kályha hősugarait használva fényforrásnak, más tárgyakat, például virágcsokrot világíthatunk meg infravörös sugarakkal és fény-

képezhetünk le, szintén 10—20 óráig exponálva teljesen sötétben (36. ábra). Ilyen felvételekhez a szűrő felesleges. Sokkal rövidebb megvilágítási idő is elegendő, ha többszáz vagy ezer gyertyafényű izzólámpákat fedünk le olyan



35. ábra.
Villanykályha kb. 300°-on izzó drótjának fényképe saját infravörös sugaraival, teljes sötétségben infravörös sugarak iránt érzékennyé tett lemezen. Exponálás 14 óráig, F = 6·3-del.

36. ábra.
Virágcsokor fényképe teljes sötétségben, a 35. ábra villanykályhájának hősugaraival infravörös iránt érzékennyé tett és hiperszenzibilált lemezre. Exponálás 14 óráig, F = 6·3-del.

fekete fényszűrőkkel, amelyek csak infravörös sugarakat engednek át. A szoba ekkor nem teljesen sötét, mert a lámpába egyenesen belenézve, kevés fényt látunk. A szűrt villanyfény, tekintettel a fényforrás magas hőmérsékletére, olyan sok infravörös sugarat tartalmaz, hogy esetleg még pillanatfelvételek és filmfelvételek is sikerülnek ebben a gyakorlati értelemben véve sötét

szobában. Tudományos célokra használták az ilyen fényképezést HENCKY H. és NEUBERT P. Fémlemezek hővezetését, túlhevített gőzzel dolgozó kazánok hőszigetelésének hibáit vizsgálták e tárgyak saját infravörös sugárzásával felvett fényképeken. Sajnos, 300 foknál ala-

37. ábra.
Kilátás a Nagykevélyről Esztergom felé. Fenn rendes lemezzel (0·5 sek, F = 12). Lenn infravörös lemezzel és szűrővel (15 sek, F = 12).

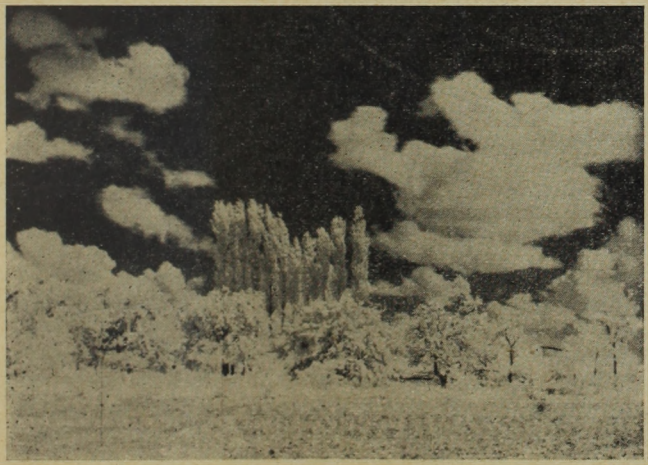
csonyabb hőmérsékletű tárgyak ezzel a módszerrel nem vizsgálhatók meg. Infravörös lemezre fényképezik a szakemberek a színképek szem számára láthatatlan, 700 mμ-nál nagyobb hullámhosszúságú sugarait.

A sötétben végzett fényképezésen kívül az infravörös fényképezés másik nagy alkalmazási területe a *távolsági fényképezés*. A távoli tárgyakról érkező fény

a légkörben, különösen nem tiszta levegőben, szétszóródik, ezért nagyobb távolságban lévő tárgyak részletei szemünk és fényképezőgépünk elől elrejtőznek. A szóródás nagyon erősen függ a fény színétől és fordítva arányos a hullámhosszúság negyedik hatványával. A piros és infravörös sugárzás szóródik a legkevésbbé. Ha infravöröst átengedő fekete szűrővel fényképezünk távoli vidéket, a képalkotásban csak a nem szóródó infravörös sugarak vesznek részt és éles, sok részletet tartalmazó képet kapunk. A szűrők az exponálás idejét 50—500-szorosra növelik. Az élő növényzet az ilyen képeken fehéren mutatkozik, mert a klorofil az infravörös sugarak számára átlátszó és tulajdonképen a fehér sejtfalak tömegét fényképezzük le. Azonkívül az árnyékok is erősebben látszanak (37. ábra). Gyengébb köd nem zavarja a felvételt. Sűrű ködön, felhőn keresztül infravörös lemezre nem lehet felvételt készíteni, a legelső hírek ez irányban túlzottak voltak. Teleobjektívet használva igen meglepő távolsági és ködfényképek készülnek. 6400 m magasan mozgó repülőgépről felvételt készítettek a 462 km-es távolsában lévő Aconcagua nevű hegyről; ezen a fényképen a Föld görbültsége is látszik, melyet ez úton rögzítettek először fényképezőlemezen. Lefényképezték Franciaország partjáról, a La Manche-csatornán keresztül, 36 km-ről a Dover mellett elterülő angol partvidéket; a képen minden megfoghatóan közel látszik és a részletek jól kivehetők. Az infravörös fényképezésnek katonai szempontból is nagy a jelentősége. Weight W. H. a Marsról készített felvételeket rendes és infravörös fény felhasználásával. Az infravörössel készült képen az átmérő valamivel kisebb és a felület részletei jobban látszanak, ami a Mars légkörének hatását bizonyítja.

Napfényben, sötétvörös szűrővel készült infravörös képek a holdfény benyomását keltik, mert az árnyékok élesek és az ég sötét. Éppen ezért a mozifilmek éjjeli jeleneteit gyakran infravörös lemezre nappal veszik fel,

mert éjjel, valódi holdfényben nem lehet filmezni, a fény túlságosan gyenge. Ha ilyen mesterséges holdfényes felvételeket készítünk, vigyázzunk arra, hogy a Nap magasan álljon és a képen ne legyen túlságosan sok ég. Ha élő növényzet kerül a képre, feltűnő, hogy



37a. ábra.
Felvétel délben, napsütésben infravörös lemezre infravörös szűrőn keresztül. Megvilágítási idő 12 mp, F = 18.

a zöld lomb teljesen fehérnek látszik. Ennek az az oka, hogy a levélzöld átengedi az infravörös sugarakat és a képen a sejtfalak fehér anyaga látszik (37a. ábra).

Az infravörös fényképezés szövetek, hamisítások, bőrbetegségek, növénybetegségek vizsgálatában szintén érdekes eredményeket szolgáltat, mert a képek gyakran egészen mást és többet mutatnak, mint ami szemmel látható.

A 400 mμ-nál rövidebb hullámú, láthatatlan ultraibolya sugárzás szintén lefényképezhető. A tiszta ezüstbromid minden 500 mμ-nál rövidebb hullámú sugárral, tehát az ultraibolyával szemben is érzékeny, de az ultraibolya sugarakat a zselatin nyeli el nagy mértékben, ezért nem fejthetnek ki hatást a lemezre, mert nem érik el az ezüstbromid szemcséit. SCHUMANN V. ezért olyan lemezeket állított elő, amelyeken szinte semmi zselatin sincs. A Schumann-lemez nagy hátránya, hogy a fényérzékeny réteg rendkívül könnyen letörlődik a zselatin hiánya miatt, egyébként nagyon hasznos és az ultraibolya sugarakkal szemben körülbelül 200-szor érzékenyebb, mint a rendes lemez. Az ilyen felvételekhez 300 mμ alatt kvarclencsét, 180 mμ alatt folypátlencsét és légüres készüléket kell használni. Természetesen, ha az ultraibolya fény láthatóval van keverve, ez utóbbit szűrővel kell visszatartani. Szűrőnek nagyon alkalmas ezüsttükörrel bevont kvarclemez. Az ultraibolya fénnyel készült tájképfelvételek távoli részletei még sokkal elmosódottabbak, mintha rendes felvételt készítettünk volna, mert ezek a sugarak a látható fénynél erősebben szóródnak szét. Ultraibolya felvételek készülhetnek petróleummal bedörzsölt lemezre is, mert ebben az eredeti sugárzás által keltett fluoreszcenciasugárzás válik hatékonnyá.

A röntgensugarak igen rövid hullámhosszúságú elektromágneses hullámok. A fényképezőlemezre erősen hatnak. Röntgenfelvételek céljából lehetőleg ezüstbromidban gazdag, mindkét oldalon emulzióval bevont filmeket használnak, hogy a sugarak elnyelése minél nagyobb legyen.

A fényképezőlemezre hatnak az α- és β-, valamint a cső- és katódsugarak is. Az α-sugarak gyorsan repülő hélium-atómmagok, a β-sugarakban pedig elektrónok repülnek nagy sebességgel. Ezek a sugarak radióaktív anyagokból indulnak ki. Az α-sugarak hatását mutatja

a 29. ábra. A csősugarak kisülési csőben létrehozott α-sugarak, a katódsugarak pedig kisűlési csőben keletkező β-sugarak.

5. Színszűrők.

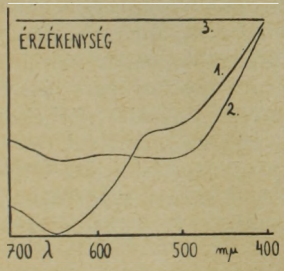
Az érzékenyített fényképezőanyagok a színek árnyalatait sokkal jobban tüntetik fel, mint a nem érzékenyített ezüstbromid, azonban a szem és a lemez színérzékenysége között mutatkozó eltérés miatt nagyon sokszor színszűrőket kell használnunk. Ebben a fejezetben a színszűrők működésének alapelveiről lesz szó.

A 34. ábrán látható többféle lemez érzékenysége, mint a hullámhosszúság függvénye, egyenlő energiájú színekre vonatkozólag. A 38. ábra az egyenlő fényességű színkép esetében keletkező érzékenységi görbéket tünteti fel. (Mindkettő logaritmusos mértékben.) A szem érzékenységi görbéje ezen az ábrán vízszintes vonal. A lemezek görbéinek ettől az egyenes vonaltól mért eltérését kell a szűrőnek kiegyenlítenie. A szűrőt elnyelési görbéje jellemzi. Elnyelésen értjük azt a számot, amely megmondja, hogy az átengedett fénymennyiség hányszor kisebb az eredetinél. Minden hullámhosszúsághoz tartozik bizonyos elnyelés és a fényszűrőt éppen az a rajz jellemzi, amely megmutatja, hogy mindegyik hullámhosszúsághoz milyen nagy elnyelés tartozik. (Itt is a logaritmusokat mérjük fel.) A lemezre ható fényenergiák eloszlását megkapjuk, ha a 38. ábra görbéjének adataiból mindenütt levonjuk a szűrő elnyelési görbéjének adatait. Innen látható, hogy a célunkra szükséges szűrő elnyelési görbéje feltétlenül ugyanolyan alakú, mint a 38. ábra görbéi (39. ábra). Így az utóbbiból levonva az előbbit, valóban egyenes vonalat kapunk. Az elnyelési görbék minimumát letolhatjuk a vízszintes tengelyig. Az ortokromatikus anyaghoz szükséges szűrő sok kéket nyel el, tehát sárgás színű, úgynevezett sárga-

szűrő, pankromatikus anyaghoz inkább zöldes szűrőt kell használni. Az így kapott szűrő minden fényforrás esetében egyformán jó. Ha napfényben fényképezünk vele, a színek olyan fényárnyalatot kapnak, amilyeneket lát szemünk is a napfényben, ha pedig villanyfényben fényképezünk, a fénykép is a villanyfényben látható benyomást kelti stb. Ennek az érdekes jelenségnek az az oka, hogy, ha valamelyik fényforrás bizonyos hullámhosszúságú sugárzásban gazdag, ez egyformán érezteti hatását a látás és fényképezés alkalmával.

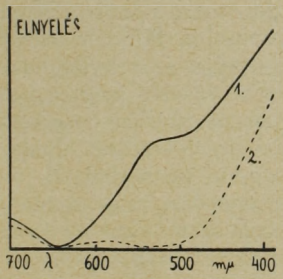
A színszűrők célja túl is mehet az egyszerű javításon. Felvethetjük azt a kérdést, milyen annak a szűrőnek az elnyelési görbéje, amellyel villanyfényben fényképezve a fénykép olyan hatást kelt, mintha napfényben készült volna és fordítva. Ehhez természetesen figyelembe kell vennünk az egyes fényforrások fényének energiaeloszlását (40. ábra). A napfény energiamaximuma körülbelül ugyanott van, ahol a szem legnagyobb érzékenysége, 480 mμ-on, ellenben a modern izzólámpa fénye vörös sugarakban a leggazdagabb. A pontozott görbe a két fényforrás energiakülönbségét tünteti fel, a napfény energiájából levonva a villanyfény energiáját. Ha fényképünket villanyfényben készítettük, de azt akarjuk, hogy a fénykép olyan benyomást keltsen, mintha napfényben készült volna, a szűrő elnyelési görbéjét megkapjuk, ha a 39. ábra görbéjének adataiból, például pankromatikus anyag esetében, pontról-pontra levonjuk a 40 ábra pontozott görbéjének mennyiségeit (41. ábra). Ha napfényben készült képpel akarunk olyan benyomást kelteni, mintha villanyfényben vettük volna fel, az energiakülönbségi görbe adatait nem levonni, hanem hozzáadni kell; ez a szűrő sokkal több kéket nyel el, mint az előbbi.

Ha már ismerjük a fényszűrő elnyelési görbéjét, találnunk kell olyan festőanyagokat, amelyeknek a fényelnyelése nagyjában ugyanolyan görbe szerint változik,



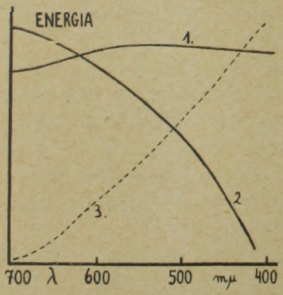
38. ábra.

Érzékenységi görbék sötétségegyenlő színképpel felvéve, (log-ban). 1. Ortokromatikus, 2. pankromatikus emulzió. 3. Szem.



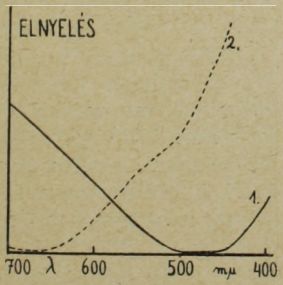
39. ábra.

Színszűrők elnyelése mint a hullámhosszúság függvénye, (log-ban). 1. Ortokromatikus, 2. pankromatikus emulzió számára.



40. ábra.

Fényforrások energiaeloszlása mint a hullámhosszúság függvénye, (log-ban). 1. Napfény. 2. Villanyfény. 3. A napfény és villanyfény energiakülönbsége.



41. ábra.

Pankromatikus emulzió színszűrőinek elnyelési görbéi, (log-ban). 1. Felvétel villanyfény mellett, a látszat napfényé. 2. Felvétel napfény mellett, a látszat villanyfényé.

mint a kívánt szűrőé. Ezeket a fényszűrőket gyárilag állítják elő színes üvegből vagy festett zselatinhártyákból. A szűrőt szigorúan párhuzamos lapok határolják. A szűrő használata meghosszabbítja a megvilágítási

időt, mert a szűrőn átmenő fény mennyisége feltétlenül kevesebb. Minden szűrőhöz szorzószám tartozik, amely megadja a megvilágítási idő hosszabbodását. Mivel a szem kisebb sötétségbeli hibákat úgysem vesz észre, nem tartják be mindig az elméleti elnyelési görbéket, hanem lehetőleg olyanokat gyártanak, amelyek nem nagyon hosszabbítják meg a megvilágítási időt. Ortokromatikus negatívanyaghoz 1·5—2-szeres szorzószámú sárga szűrőket, pankromatikusakhoz 2—3-szoros zöld szűrőket használnak.

Különleges szűrők kellenek távolsági és infravörös felvételekhez. Jó szolgálatot tesz, különösen magas hegyvidékeken az olyan szűrő, amely a látható sugárzást átengedi, de a lemezre ható ultraibolya sugarakat visszatartja (U.-V.-filter). Újabban mesterséges fényhez és pankromatikus anyaghoz kék szűrőt használnak a túlságos vörösérzékenység visszaszorítására.

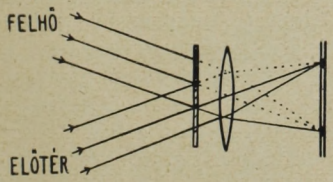
Sötétkamrában használt lámpák számára olyan szűrők készülnek, amelyek fényátbocsátását a 38. ábra görbéinek minimuma szabja meg. (Vörös, vagy sötétzöld szűrők.) Ezek olyan sugarakat engednek át, amelyekre nézve a szem és a lemez érzékenységének hányadosa lehetőleg nagy szám. Különleges szűrőket használnak még a színes fényképezéshez is.

Ha valamely tájképen erősen megvilágított felhő és sötét előtér egyszerre jelentkezik, jó szolgálatot tehet a fokozatos szűrő. Ez olyan fényszűrő, amelynek egyik vége nagyon erősen sárga, de a színe fokozatosan csökken és másik vége már színtelen. Az ilyen szűrőt a lencse elé helyezzük, sötét végével felfelé (42. ábra). A felhőről jövő fénysugarak nagyobb részben mennek át a szűrő sötét végén, mint az előtérről érkező fénysugarak, tehát kellőképen megszűrődnek. Az egésznek az a lényege, hogy a szűrő bizonyos távolságban van a lencse előtt. A rekesz síkjában elhelyezett fokozatos

szűrő éppúgy hatástalan volna, mint a lencse üveganyagában lévő apró buborék.

Gyakorlatban használható, jóminőségű színszűrő az objektív által alkotott kép minőségét nem befolyásolja, levegőn nem változik, fényálló és csak a színkép egy bizonyos részét abszorbeálja, a többit változatlanul átengedi.

A színszűrők hatása nagymértékben függ a használt lemezek színérzékenységétől, a tárgyat megvilágító fény összetételétől és a tárgy színétől, tehát a szűrő szorzó-



42. ábra.
A fokozatos szűrő működése.

száma sem állandó, hanem a fenti tényezőkkel együtt változhatik. Rheden szerint a szorzószám erősen kékes fénynél (pl. ha tiszta ég alatt árnyékban fényképezünk) nagyobb, mint sok sárga sugarat tartalmazó világításnál (mint naplemente, napkelte). A helyes szorzószám meghatározására Rheden képletet állapított meg, amely szerint ha az eredeti szorzószám F, *kékesfény* esetében a megváltozott új szorzószám =

$$(F - 1) \times 2 + 1,$$

tehát az eredetinél nagyobb lesz, míg a sok *sárga* sugarat tartalmazó világításnál használandó

$$\frac{(F - 1)}{2} + 1$$

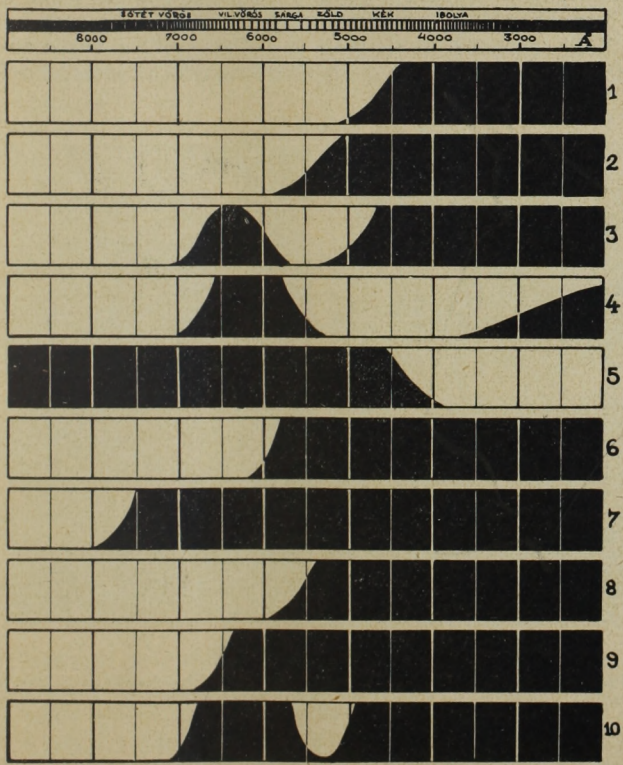
képlet szerint kisebbedik.

A színszűrők használatának több célja is lehet. *Kiegyenlítő* (kompenzációs) szűrő az ibolyántúli sugarakat

csaknem teljesen, a kék sugaraknak pedig egy részét elnyeli, a színkép többi részét változatlanul átengedi. Lehetőleg helyes tónusok visszaadása a célja, gyakorlatban ez a leghasználatosabb szűrő. *Ellentét* (kontraszt) szűrőt ott használunk, ahol egyes színeket túlzottan akarunk kiemelni és ennek megfelelően a szűrő a színkép bizonyos részeit teljesen elnyeli. *Tompító* szűrők a megfelelő színeket csak részben engedik át és ott alkalmazhatók, ahol például a világítás túlságosan erős és más úton nem tudjuk gyengíteni. *Kiválasztó* (szelekciós) szűrők csak egy-egy színt engednek át, ezeket használják a közvetett színes fényképezésben a három alapszín elválasztására. A szűrőnek ilyen beosztása csakis bizonyos lemezfajtára áll, a lemez színérzékenységének megváltozásával ugyanaz a szűrő esetleg egészen más hatást fejthet ki. A mindennapi gyakorlatban a színszűrőket leginkább átnézetben látható színük szerint különböztetjük meg.

A *sárga* színszűrők az orto- és pankromatikus lemezek kék sugarak iránti túlérzékenységét csökkentik. Minél sötétebb a szűrő színe, annál több kéket nyel el. Mint már említettük, a felvételhez alkalmas színszűrő-árnyalatot a lemez színérzékenységi foka, a tárgy és a fényforrás színe határozza meg. Ha ortokromatikus lemezeket használunk, korareggeli, vagy esti világításnál, amikor az alacsonyan álló nap csak kevés kéket és ibolyát tartalmazó sárgás fénnyel világítja meg a tárgyakat, egészen világos szűrő kell. Világosabb színszűrő kell az erősen színérzékeny lemezekhez, magasabb hegységekben (2000 m felett), sok zöldet, vagy csak zöldet tartalmazó tárgyak fényképezésénél, mint a messze távlat nélküli tájképeknél. Minél több kék és ibolya sugár kerül a lemezre, annál sötétebb árnyalatú szűrőt kell használni (42a. ábra, *1.*, *2.*, 42b. ábra, *b*, *c*).

Pankromatikus lemezeken a sárga szűrő a vörös színeket túlságosan világosan adja vissza, tájképekhez azon-

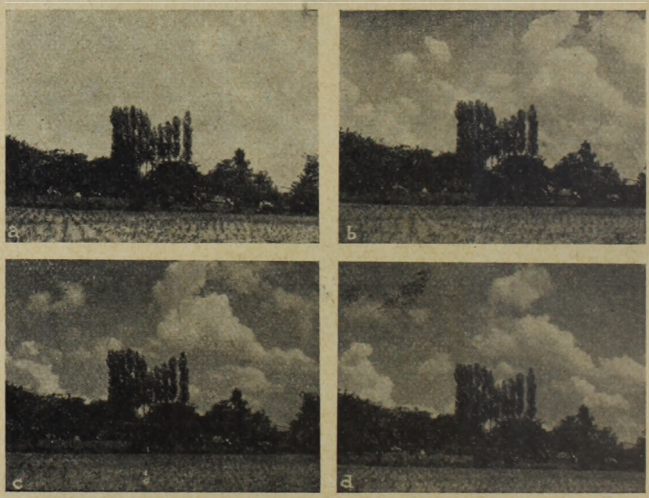


42a. ábra.

Különböző színszűrők elnyelési színképei. Felvételi szűrők: 1. világos- és 2. sötétsárga színszűrő ortokromatikus lemezekhez, 3. zöld szűrő pankromatikus lemezhez, 4. kék szűrő, 5. ibolyántúli, 6. vörös, 7. infravörös színszűrő. Világítási szűrők: 8. narancssárga szűrő nem ortokromatikus lemezek és pozitív emulziók, 9. vörös szűrő ortokromatikus lemezek, 10. zöld szűrő pankromatikus lemezek kidolgozásához.

ban nyugodtan használhatunk sárga szűrőt is, mert a tájképekben csak ritkán szerepel vörös szín.

Zöld színszűrő az ibolyán és kéken kívül a vörös sugarak egy részét is elnyeli. Ortokromatikus lemezeknél



42b. ábra.

Különböző színszűrők hatása. *a.* Felvétel ortokromatikus lemez + világossárga (2-szeres) színszűrő. *c.* Ortokromatikus lemez + sötétsárga színszűrő (5-szörös). *d.* Pankromatikus lemez + zöld szűrő.

éppen úgy hat, mint a sárga szűrő, pankromatikusoknál a vöröset helyesebb árnyalatban adja vissza. Nappali világításnál (tájképek) sárgászöld, mesterséges világításnál kékeszöld árnyalatú szűrőt kell használni. Pankromatikus lemezekhez akkor használható előnyösen a zöld szűrő, ha a képen zöld és vörös szín egymás mellett szerepel (42a. ábra, 3., 42b. ábra, *d*).

Kék szűrő a vörös egy részét nyeli el, tehát magas vörös-érzékenységű, pankromatikus lemezekhez használható, ha mesterséges világításnál fényképezünk. Nappali világításnál jóformán soha sincs rá szükség (42a. ábra, *4.*).

Vörös szűrők a színkép kék és zöld részét nyelik el, ilyenformán csakis vörös iránt erősen érzékeny pankro-

42c. ábra.
A polarizációs szűrő (Herotar—Zeiss) hatása. *a.* Egy kirakat fényképe az ablaküvegen keresztül. Az üveg visszatükrözi a szemben álló házat, az utcai fákat és a felvétel használhatatlan. *b.* Az előbbi helyről polarizációs szűrőn keresztül készült felvétel. A zavaró tükrözés nem látható, a felvétel kifogástalan.

matikus lemezekhez használhatók. Különleges távlati képek, teleobjektív felvételeknél alkalmazzák. Az infravörös szűrők csaknem átlátszatlanul feketék és az ibolyától a világos vörösig a színkép minden részét elnyelik (42a. ábra, *6.*, *7.*).

Különleges szűrők. A tükröző tárgyak felvétele sokszor igen nagy nehézségekbe ütközik, mert a visszavert fény olyan zavaró fényfoltokat okoz, melyek az egész felvételt használhatatlanná tehetik. A tükröző felületekről visszavert fény nagy részben határozott rezgési síkkal bíró, *polározott* fény. Igen sok olyan optikai közeg

van, amelyiken a polározott fény csak egy bizonyos irányban tud keresztülhaladni, más irányban kioltódik; ilyenek az átlátszó, kettőstörésű ásványokból csiszolt lemezek. Ezekből az ásványlemezekből tehát olyan szűrőket készíthetnénk, melyek a visszavert sugarakat nem engedik át. A gyakorlatban azonban megfelelő nagyságú, tisztaságú és elegendően átlátszó lemezeket alig lehet előállítani. Szerencsére hasonló tulajdonságú, mesterségesen előállított vegyületek is találhatók, amelyeket a legutóbbi évben szűrőnek alkalmas alakban is sikerült előállítani. A Zeiss-cég chinin-jód-vegyületekből készített *polarizációs szűrőket*. Ha ilyen szűrővel felszerelt készülékkel a felvételhez megfelelő irányban állunk fel, a zavaró, tükröző fényt csaknem teljesen megszüntethetjük s olyan felvételeket is készíthetünk, melyek egyébként kifogástalanul alig oldhatók meg (42c. ábra).

6. A lemezgyártás.

Miután már ismerünk egyet-mást a lemez működésének titkaiból, arra is kíváncsiak vagyunk, miképen készül a fényképezőlemez. Csak a gyártás legfontosabb részleteiről lehet szó, mert talán alig van az iparnak még egy olyan ága, mely annyira függene a tapasztalat közben kialakult apró részletektől, mint ez. A lemez fényérzékeny anyagát, az ezüstbromidot káliumbromid és ezüstnitrát oldatainak összeöntése útján állítják elő, közben mint melléktermék vízben oldható káliumnitrát keletkezik. Mindkét oldat zselatintartalmú, ezért az oldhatatlan ezüstbromid nem tömörül össze túl nagy darabokká, hanem szemcsék formájában lebeg. A megdermedt zselatinos oldatot összevagdalják és vízzel kimossák belőle a káliumnitrátot. Újabb megolvasztás után az emulziót lemezre, vagy celluloid-filmre öntik és megszáradás után csomagolják. Mindezt sötétben, illetőleg gyenge vörös vagy zöld fényben végzik el.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

A gyártás legkényesebb része az érlelés. Lényege, hogy az emulziót kellő ideig melegen tartják. Ilyenkor először is megnövekednek a szemcsék, ezzel együtt növekszik az érzékenység. A szemcsenövekedésnek az az oka, hogy a nagyobb szemcsék oldhatatlanabbak, mint a kicsinyek, ezért az utóbbiak lassanként eltűnnek, a többiek tovább növekednek; a nagyok még nagyobbak lesznek, a kicsinyek pedig fogynak. Az érlelés alatt még másik, sokkal rejtélyesebb folyamat is végbemegy, ebben a zselatinnak is nagy a szerepe. Lemezgyártás közben észrevették, hogy az érzékenység nagy mértékben függ a zselatintól. Scheppard S. E. kiderítette, hogy a lemez csak akkor lehet érzékeny, ha a zselatinban 0·0001% allilmustárolaj (allilthiocianát, C_3H_5NCS) van. Erre csak hosszas és fáradságos kutatás árán jutottak és 10.000 liter zselatinmosóvizet kellett bepárolni, amíg ezt az aktiváló szennyezést elkülöníthették. A zselatinnak ez a szennyezése érlelés közben kis nyomokban ezüstszulfidot hoz létre a szemcse felületén, ezzel megkönnyíti az előhívó működését. Az érleléskor keletkezett ezüstszulfid következtében a fénynek kevesebb ezüstatómot kell felszabadítani ahhoz, hogy az előhívó a szemcsét megtámadhassa. A zselatin nemcsak közömbös tartóanyag az ezüstbromid számára, hanem fontosabb szerepe is van: megakadályozza a szemcsék kicsapódását (védőkolloid), megakadályozza a megvilágítatlan szemcsék előhívódását és kéntartalmú szennyezései által lehetővé teszi az érlelési gócok keletkezését. Az érzékeny lemez gyártásának titka lényegében véve az, hogy megfelelő szennyezéseket alkalmas módon és mennyiségben vigyenek rá az ezüstbromidra; a lemez fotokémiája a finom szennyezések tudománya.

Az érlelésnek két része van: az elő- és utóérlelés. A kettő között mossák az emulziót. Előérlelés alatt megy végbe a szemcsenövekedés, az utóérlelés lényege az ezüstszulfid képződése. Az érlelés az érzékenységet

százezerszeresre is növelheti. Az első érlelés eltarthat 1—2 óráig 100 fokon, vagy ammónia jelenlétében körülbelül 40 C°-on fél—háromnegyed óráig. Az emulzióban néhány százalék ezüstjodid is van, hogy kevésbbé fátyolosodjon. Ugyanezen okból az ezüstbromidot felesleges káliumbromid jelenlétében csapjuk ki, noha felesleges mennyiségű ezüstnitrát hatására nagyobb lenne az érzékenység. Orto- és pankromatikus emulziókhoz érzékenyítőt is tesznek, a diapozitív és reprodukciós (fototechnikai) lemezeket kevésbbé érlelik.

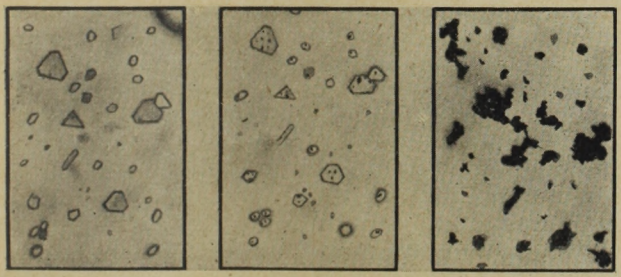
Az emulzió feketedési vonala annál meredekebb, minél egyformábbak a szemcsék. Lágy emulzió szemcsenagysága kevésbbé egynemű, esetleg az emulziót két külön-külön kemény emulzió keverésével készítik. Nagyon sok emulzió kettős rétegű, ami nagy látitudót biztosít, mert erős megvilágításkor főképen az alsó, gyenge megvilágításkor a felső réteg vesz részt a képalkotásban.

A legtöbb lemez és film fényudvarmentes. A fényudvar azt jelenti, hogy az erősen megvilágított helyek szomszédságában is megfeketedik a lemez. Egyik oka a fény visszaverődése az üvegben vagy a celluloidban, másik oka a fény szóródása az emulzióban. A második okon nem lehet segíteni, az elsőt az emulzió és a tartóanyag közé, illetve a tartóanyag másik oldalára kent fényelnyelő-réteggel szüntetik meg.

7. Az előhívás.

Kémiai szempontból az előhívás nem más, mint az emulzióban lévő ezüstbromidnak redukálása erre alkalmas oldatokkal, az előhívókkal a kép látható feketedését okozó fémezüstté. A fémezüst kiválása csak a lemez fényérte helyein indulhat meg. Az emulzió zselatintartalma, mint már említettük, bizonyos védőhatást fejt ki; zselatin nélkül az ezüstbromid előhívás folyamán ott is redukálódik, ahol nem érte fény (66. oldal).

Az előhívási folyamat — az ezüstbromid-szemcsékből fémezüst kiválása — az ezüsthalogén-szemcse egyes helyein fény behatására keletkező mikroszkópikus kicsinységű pontokon, az **előhívási pontokon** indul meg. Ezek a pontok azonosak a rejtett kép „központjai"-val. Az előhívási pont helyén, amint az előhívóval érintkezik, a szemcse felületén kis fekete folt kelet-



A *B* *C*

43. ábra.
A megvilágítás hatása az ezüstbromidra és az előhívás lefolyása. (1500-szoros nagyítás.)
A. Megvilágítatlan ezüstbromid kristályok.
B. Előhívási pontok megvilágítás után.
C. Az előhívott emulzió.

kezik. Ezek a foltok egyre több szemcsén jelennek meg, az elsők egyre növekednek, szabálytalan alakú kinövések keletkeznek, végül is a szemcse ezüstgörönggyé alakul át. Ha az előhívott szemcse közelében lévő ezüstbromid-szemcséket (kristályokat) nem érte fény, vagyis nem keletkeztek rajtuk előhívási pontok, egyáltalában nem redukálódnak (43. ábra).

Az ezüstszemcse nagysága független a megvilágítás idejétől. Amikor hosszabb megvilágítás után erősebb feketedés mutatkozik a lemezen, nem az egyes ezüstszemcsék nagyobbak, hanem több szemcsénk van.

Egyetlen előhívási pont jelenléte is a szemcse teljes redukcióját okozza, ha pedig a szemcsén több ilyen pont van, például erősebb megvilágítás után, a redukció meggyorsul.

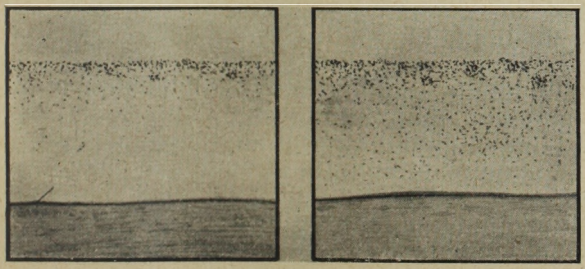
Az ezüstbromid-szemcséken keletkező előhívási pontok száma egyrészt a szemcse nagyságától, másrészt a megvilágítás idejétől függ. Rendes megvilágításkor a keletkező pontok száma arányos a szemcse felületének nagyságával, hosszú megvilágítás alatt számuk a megvilágítás idejével növekedik. A hívási pontok csak a szemcse felületén helyezkednek el, az előhívó is itt támadja meg a szemcséket.

Azt is említettük már, hogy az előhívási pontok több ezüstatóm tömörüléséből keletkeznek. Az ezüstatómok tömörülését a megvilágított helyeken valószínűleg az érési központok (Ag_2S) (101. oldal) indítják meg olyanformán, hogy egyes ezüstatómokat vesznek fel, míg annyira megerősödnek, hogy az előhívást megindíthatják, vagyis elérik az előhívási küszöbértéket. Erősebb megvilágításban nagyobb számú pont keletkezik, ami az előhívás gyorsaságát növeli. Igen hosszú megvilágítás után nemcsak több előhívási pont keletkezik, hanem azok nagyobbak is lesznek, de bizonyos nagyságon túl egyáltalán nem indítják meg az előhívást. Ezzel magyarázható az erős megvilágítás hatására beálló szolarizáció. Az előhívási pontok a megvilágítatlan szemcsék redukcióját nem, vagy csak igen lassan indítják meg, s mire ezek redukciója megindulna, a megvilágított szemcsék teljes átalakulása már befejeződött.

Az előhívási folyamatnak fontos tényezője a zselatin duzzadása, mert ettől függ az előhívó behatolása a rétegbe. A zselatin duzzadási viszonyait az előhívófolyadék összetétele szabályozza, és pedig elsősorban elektrolit-tartalma és p_H-értéke.

Az előhívófolyadék a lemez mélyebb rétegeibe aránylag lassan diffundál be; a réteg alsóbb részeiben a hívás

folyamán keletkező és a hívás előrehaladását gátló anyagok is lassabban diffundálnak tovább, mint a réteg felszínén, tehát a felszínen a hívási folyamat mindig gyorsabban indul meg és gyorsabban halad előre, mint az alsó részeken. Ez különösen a gyorsan dolgozó (rapid-) hívókra érvényes. Természetesen nem szabad elfelejteni, hogy a réteg felszínén azért is több szemcse redukálódik, mert megvilágításkor az emulziós réteg jelentékeny fényt adszorbeál, tehát a réteg alsó részei-



A *B*

44. ábra.

Az előhívó behatolása a rétegbe. *A.* redukálódott szemcsék rövid ideig tartó előhívás után, *B.* az előhívás befejezésekor. (1500-szoros nagyítás.)

ben már a megvilágítás is gyengébb, mint a felszínén (44. ábra).

Ezek szerint először a lemez legerősebben megvilágított részén, a felületen lévő szemcsék redukálódnak, majd a redukció lassan a gyengébben megvilágított részek felé halad. Az előhívó nagyon kis mértékben oldja az ezüstbromidot és az oldat igen vékony hártya alakjában körülveszi a szemcsét. Az oldatban lévő Ag^{+}-*ionok* az előhívási pontok fémezüst-tartalmának katalizáló hatására kolloidezüstté tömörülnek. Az ezüst kiválása miatt az oldat egyensúlya megbomlik és ezzel a kolloid-

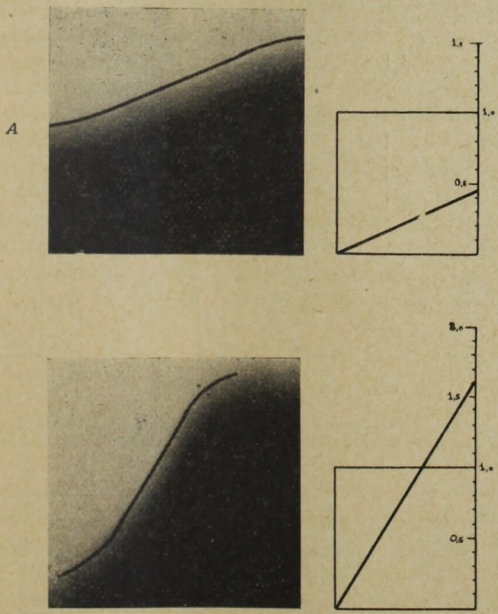
ezüst képződése és kiválása mindaddig folytatódik, míg az egész szemcse fémezüstté redukálódik. Az átalakulás tehát mindig az előhívási pontokból indul ki s ha ezek a megvilágítás hiánya miatt hiányzanak, a zselatin védőhatása következtében a szemcse nem redukálódik: nem hívódik elő. Gyakorlatban a hívónak olyan legyen a redukálóképessége, hogy az előhívási idő alatt a zselatin védőhatása még érvényesülhessen és fátyol ne keletkezzen. Ha a hívást túlsokáig folytatjuk, dacára a zselatin védőhatásának, a megvilágítatlan szemcsékben is képződnek előhívási pontok és a fátyol elkerülhetetlen (70. oldal).

Az előhívott ezüstszemcsék szabálytalan alakja azzal magyarázható, hogy a hívó által feloldott ezüstbromidhártyából az oldott ezüstbromid a környezetbe diffundál és a kolloidezüst szabálytalan alakban rakódik le.

Az előhívási viszonyokat az előbb tárgyalt (68. oldal) jellegzetes *S*-alakú feketedési görbével tüntethetjük fel. A görbéből számított γ-érték fontos szerepet játszik az előhívásban és jellemző értéke az előhívónak. A megvilágítási időt növelve, a kontraszt nem nő arányosan a megvilágítással, a γ egy határértékéhez, a γ_∞-hez, közeledik; ez az érték bizonyos emulzióra és adott hívóval az egyáltalán elérhető legnagyobb keménységet jelenti. A γ értéke az emulzió egyéni tulajdonságain kívül a hívó minőségétől, töménységétől és a hívási időtől függ. Lágyan dolgozó hívókkal csak igen lassan érjük el ezt az értéket, ezért az ilyen hívókkal feketített lemezek kontrasztja csekély. A negatív emulzióknak alacsonyabb, a pozitíveknek magasabb γ-értékük van. Mivel γ értékét az előhívó és az előhívás módja nagy mértékben befolyásolja, a γ jellemzi az előhívót, ezért e l ő h í v á s i t é n y e z ő n e k nevezik.

A γ-érték aránylag egyszerű eszközökkel meghatározható. Negatívlemezt szürke éken át, például 0·401 ékállandójú EDER—HECHT-éken világítunk meg, a vizs-

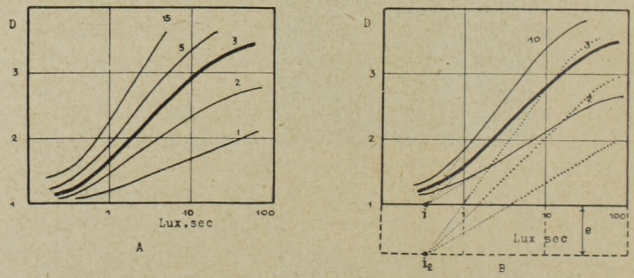
gálandó hívóval előhívjuk s az eredeti éket, valamint ezt a képét 90°-kal elforgatva egymásra helyezzük és rajtuk keresztül fényérzékeny papirost világítunk meg.



45. ábra.
Előhívási tényező (γ) meghatározása.
A. Lágyan dolgozó előhívó görbéje és γ-értéke.
B. Keményen dolgozó előhívó görbéje és γ-értéke.

A kapott kép az *S*-görbe alakját veszi fel (45. ábra), melynek jól látható határvonalait könnyen kihúzhatjuk. Tudva azt, hogy a vízszintes tengellyel 45°-os szöget bezáró egyenes rész γ-értéke 1, ennek megfelelően négy-

zetet rajzolunk és beosztunk és ebbe pontosan a görbe egyenes részével azonos hajlásszögű vonalat rajzolunk. A vonal és a négyzet oldalának metszési pontján minden további nélkül leolvashatjuk a megfelelő γ-értéket. A 45. ábrán bemutatott két felvétel azonos lemezre és azonos hívási idővel készült, de az egyik lágyan, a másik keményen dol-



46. ábra.

Az előhívás idejének és káliumbromidnak a befolyása a feketedési görbére. *A.* A feketedési görbe 1, 2, 3, 5, 15 percnyi előhívás után. *B.* Az inercia-pont és változása káliumbromid hatására.

gozó hívóval. Az első görbe egyenes részének hajlásszöge kicsiny, laposan fekszik, a hívó γ-értéke alacsony — 0·45 — tehát igen lágyan dolgozó, kevés kontrasztot adó hívónak felel meg. A második görbe meredek, előhívási tényezője 1·6, ez keményen dolgozó előhívó. Rendes előhívó előhívási tényezője körülbelül 1·0; a lágyan dolgozóké, ilyenek az arcképhívók, körülbelül 0·8. Mint látjuk, az előhívási tényező ismerete fontos, mert ennek révén az egyes előhívókat összehasonlíthatjuk. Bármilyen előhívót használunk, a hívási idővel a negatív kontrasztja emelkedik s a kezdetben lágy, ellentéteket nem mutató lemez végül megkeményedhet (45. ábra, *B*).

Ha a különböző előhívási idő alatt nyert görbéket egymás mellé rajzoljuk és a görbék egyenes részeit meghosszabbítjuk lefelé, azt találjuk, hogy azok egy pontban metszik egymást. Ez a metszési pont független az előhívási időtől és a lemezre jellemző legkisebb intenzitási pontnak felel meg. Ezt a pontot a lemez inerciájának nevezzük. (46. ábra, 76. oldal).

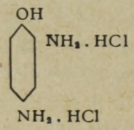
Érdekes befolyása van az előhívásra a káliumbromid-oldatnak. Az előhívóba juttatott Br^--ionok az Ag^+-ionok koncentrációját csökkentik, ilyenformán káliumbromid adagolása késlelteti a hívást: úgy hat, mintha kevésbbé érzékeny lemezt használtunk volna. A káliumbromid-adagolás az előhívási görbe összes vonalait párhuzamosan eltolja, az inerciapont is a vízszintes tengely alá süllyed, tehát a káliumbromid adagolása a lemez túlvilágított részeit a rendes megvilágítás területére tolja el (46 ábra, *B*).

8. Az előhívóanyagok.

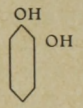
Előhívónak használt anyagokkal szemben bizonyos követelményeket kell támasztanunk. Az előhívónak csak a negatív megvilágított részeit, ezeket azonban a legkisebb fénybehatásig, a küszöbértékig, fátyol nélkül kell előhívnia. Fontos, hogy az előhívás lefolyását szükség esetén megfelelő módon befolyásolni tudjuk. Az előhívóanyag jól oldódjon, hogy elegendő tömény alapoldatot készíthessünk belőle. Levegővel szemben ellenálló legyen; ne legyen színes, vagy még inkább színező oxidációs terméke.

A kémiában ismeretes sok redukáló tulajdonságú vegyület közül csak nagyon kevés felel meg ezeknek a feltételeknek. A szervetlen vegyületek közül gyakorlatban csak a vasoxalát használható, a szerves vegyületek között is nagyon korlátolt számmal találhatunk megfelelő vegyületeket.

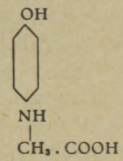
A fontosabb előhívóanyagok kémiai szerkezete.



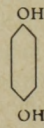
Amidol
2—4-diamidofenol . HCl



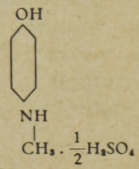
Pyrocatechin
o-dioxybenzol



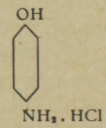
Glycin
p-oxyfenilglycin



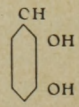
Hydrochinon
p-dioxybenzol



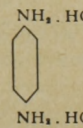
Metol
Methylpa-midofenol szulfát



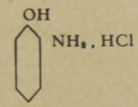
Rodinal
p-amidofenol -hidrochlorid



Pyrogallol
Trioxybenzol



Parafeniléndiamin
1—4-feniléndiamin-hydrochlorid



Ortoamidofenol
o-amidofenol-hydrochlorid

Szerves vegyületek mint előhívóanyagok. Azok a szerves vegyületek, melyek előhívónak használhatók, csaknem mind az aromás szénhidrogének származékai (benzol, naftalin, difenil stb.). Valamennyi előhívóanyagban az előhívótulajdonság az OH-, vagy NH_2-gyök jelenlététől függ. Ezeknek meghatározott — para vagy orto — helyzetben legalább kétszer kell előfordulni egy-egy benzol- vagy naftalingyűrűn. A különböző

helyzetű helyettesítések közül a parahelyzet erősebb, az orto gyengébb előhívóképességű, míg a meta-vegyület egyáltalában nem használható előhívónak. Például a dioxibenzolok közül a pirokatechin lényegesen erősebb előhívó, mint a hidrochinon. Ha a hidroxil-gyököt alkillal vagy más szerves gyökkel cseréljük ki, előhívósajátsága megszűnik.

Ha az aromás gyűrűbe nem OH-, hanem NH_2-gyököket és még alkilt is helyettesítünk, az előhívóképesség nagy mértékben emelkedhet. Csökken az előhívóképesség, ha az NH_2-gyökök mindkét H-jét más gyökkel helyettesítjük, hasonlóan, ha a magba kifejezetten savanyú természetű gyököt viszünk be.

Nemcsak a helyettesítések OH-, NH_2-hidrogénjeit, hanem az arómás mag többi H-jeit is pótolhatjuk más atómokkal, vagy gyökökkel. A karboxil vagy szulfogyök behelyettesítése mindig jelentékenyen befolyásolja az előhívósajátságot. Klórt vagy brómot helyettesítve az arómás magba, nagy mértékben emelkedik a hívó hívási sebessége (rapiditása), például az adurol (klórhidrochinon) sokkal gyorsabb, mint a hidrochinon. Alkohol-gyököt vive az arómás magba, az a hívó kémiai tulajdonságait nem, ellenben rendszerint kedvezően befolyásolja a fizikai tulajdonságait, például az oldhatóságot. Ha kettőnél több OH, vagy NH_2 van az arómás magban, a hívó mindig sokkal energikusabb lesz. Az ilyen többszörösen helyettesített származékok között nagyobb jelentősége van a p-amidofenol különböző származékainak.

Az előhívóanyagokat a hívóoldat sajátosságának megváltozása nélkül nem lehet egymással pótolni.

Ezidőszerint csak mintegy 25 olyan szerves vegyület ismeretes, mely a gyakorlatban kifogástalanul használható előhívónak.

Az előhívók többi alkatrészei. Az előhívóanyagok nem használhatók egyedül, hanem alkalmazásukhoz

segédanyagokra van szükség. Az előhívóoldatok a szerves előhívóanyagon kívül gyorsítóanyagot (alkálit), konzerváló anyagot (például szulfitot) és szükség szerint késleltetőanyagot (például káliumbromidot) tartalmaznak.

Az előhívás sebessége nagy mértékben függ a hívóban lévő alkáli töménységétől és annak kémiai természetétől, mert a hívó redukciós potenciálját az oldat OH-ion töménysége szabja meg. Az alkálimennyiség növelésével először rohamosan nő az előhívási sebesség is, majd csökken és végül bizonyos alkalitöménységen túl egyáltalán nem változik. Ezen a határon túl az alkáli növelésének nincs értelme, sőt a túlsok alkáli káros a zselatinrétegre.

Fenoltermészetű hívóanyagokkal a hívás alkáli nélkül is megindul, azonban igen lassan és amint hívás közben az oldat gyengén savanyúvá válik, a hívás lassan megszűnik. Ez azzal magyarázható, hogy a szabad fenolok disszociációs állandója igen kicsi, viszont alkálival jól disszociáló fenolátokat képeznek. Semleges, vagy gyengén savanyú közegben, vagyis alkálimentesen csak az olyan amidovegyületek hívnak, melyek egy molekulában két vagy több amidogyököt tartalmaznak; ezekben már a szulfit igen gyenge alkalikus kémhatása is elegendő a redukálóképesség kiváltására. Ilyen az amidol (2—4-diamidofenol).

Alkáli nélküli hívók azért hatnak igen lassan, mert a redukció a szemcsét körülfogó vékony hártyában gyorsabban folyik le, mint a környezetbe irányuló H-iondiffuzió, tehát a H-ionok gyorsan felszaporodnak. A H-ionok töménységének növekedése — az oldat megsavanyodása — még jobban visszanyomja a fenolok egyébként is igen kis disszociációját és ezzel a hívást megakasztja. Az alkáli hatása — mint említettük — abban nyilvánul, hogy erősen disszociálódó sókat hoz létre.

Fontos szerepe az alkálinak az is, hogy a hívási folyamat alatt keletkező hidrogénbromidot megköti.

Legerősebb a hatása a maróalkáliknak (káliumhidroxidnak, nátriumhidroxidnak), utánuk jönnek az alkálifémek szénsavas sói, pl. a hamuzsír, szóda, végül a gyenge savak alkalikus kémhatású sói, a bórax, trinátriumfoszfát, utóbbiak ott használhatók, ahol csak gyengén alkálikus hatásra van szükség (finom szemcsét adó hívók). Alkalikarbonátok vizes oldatban igen gyengén hidrolizálódnak és a keletkező alkálihidroxid és az eredeti karbonát között bizonyos egyensúlyi helyzet van. Ha az előhívás folyamán a szabad alkáli elhasználódott az oldatból, a hidrolízis újra megindul, míg az egyensúlyi állapot helyre nem áll. A karbonátoldat tehát alkáli tartalékként szerepel és lehetővé teszi, hogy kis alkálitöménységgel dolgozhassunk és ezt a töménységet az egész előhívás folyamán változatlanul fenntarthassuk. Ha karbonát helyett hidrolízisének megfelelő, igen kis mennyiségű alkálihidroxidot veszünk, amint ez a hívás folyamán elhasználódik, pótlás hiányában a hívás megáll. Tehát ha az alkálikarbonátot valamely hívóban alkálihidroxiddal pótoljuk, az előhívó sajátságai is megváltoznak. Kálium- vagy nátriumkarbonát arányos mennyiségben felcserélhető egymással a hívó sajátságainak megváltozása nélkül. 1 g kristályos szódának megfelel 0·48 g káliumkarbonát. Vízmentes szóda kristályos szódával természetesen minden további nélkül felcserélhető, csak nem szabad elfelejteni, hogy 1 g vízmentes szódának 2·7 g kristályos szóda felel meg.

Az alkáli mennyiségét az előhívóanyag természete szabja meg. Lumière és Seyewetz szerint a maróalkáliák molekulasúlyaik arányában helyettesíthetők egymással, míg az alkálikarbonátokból nagyobb mennyiségre van szükség, mint a molekulasúlyaik szerint arányos mennyiség. Rendszerint szódából 4%-ot, hamuzsírból 5%-ot, maróalkáliákból 0·6—1·7%-ot használunk.

Alkálikus oldatban az előhívóanyagok igen gyorsan abszorbeálják a levegő oxigénjét és bonyolult összetételű, gyantás természetű, színes oxidációs termékeket képeznek. Ez nemcsak a hívóanyag hatását csökkenti, hanem a keletkezett színes vegyületek a zselatint, sőt magát az ezüstképet is megfesthetik és ezzel a kép egész jellegét megváltoztatják.

Szulfitok jelenlétében az előhívóanyag oxidációja sokkal lassabban folyik le. A szulfitok szerepe az előhívóban igen bonyolult dolog. Az eddigi kutatások szerint valószínű, hogy szulfit vegyül az előhívó elsőleges oxidációs termékeivel, majd azokat redukálja, miközben az eredeti előhívóanyag visszaalakul. Azonban egyidejűleg más folyamat is játszódik le, melyben az előhívóanyag oxidációs termékei és a szulfit alkotnak komplex vegyületet és ez a vegyület az ezüst halogén redukálásában is részt vesz. A szulfitok a hívóanyagok gyors oxidációjának megakadályozása révén kifejezetten *konzerváló* szerepet töltenek be.

A szükséges szulfitmennyiség attól függ, hogy a használt előhívóanyag mennyire hajlamos az oxidálódásra és színes oxidációs termékek képzésére, Általában egy molekulasúlynyi hívóanyagra 3—4 molekulasúlynyi szulfitot számítanak. A gyakorlatban többnyire a szükségesnél sokkal több szulfitot vesznek, pedig ez káros, mert könnyen színes fátyolt okozhat.

Csaknem mindig nátriumszulfitot használunk. A kereskedelm nátriumszulfit ($Na_2SO_3+7H_2O$) színtelen kristály, mely a levegőn gyorsan elveszti kristályvizét és porrá esik szét, közben részben szulfáttá is oxidálódik. A kristályos szulfitnak fele víz, 1 rész kristályos szulfitnak 0·5 rész vízmentes szulfit felel meg. Ha ezeket a mennyiségi arányokat figyelembe vesszük, teljesen mindegy, hogy melyiket használjuk. A vízmentes só valamivel állandóbb, azonban rendszerint kevésbbé tiszta.

Használható más savanyú szulfit is, a nélkül, hogy különösebb előnye lenne, például nátriumbiszulfit, káliummetabiszulfit stb.

Késleltető anyagnak csaknem mindig káliumbromidot használunk. Egyes hívóanyagokban már néhány csepp káliumbromid-oldat is erősen késleltetően hat. A befolyásolható hívók kevés káliumbromiddal lassabban hívnak, a gyengébben megvilágított részek redukcióját visszatartják, tisztább és erősebben fedett képet adnak. Nagyobb káliumbromid-mennyiség (több, mint 0·4%), kisebb fedést és fátyolt eredményez. Bizonyos töménységű káliumbromid késleltető hatása minden előhívóra jellemző és állandó érték.

9. A használatosabb előhívók.

1. *Amidol* (2—4-diamidofenolhidroklorid, kereskedelmi elnevezései: amidol, acrol, diomet). Alkáli nélkül, pusztán szulfittal is gyors hívó, gyengén savanyított oldatban mint lassú hívó használható. Az alkálimentes hívó melegben előnyös, mert ilyenkor az alkálitartalom árt a zselatinnak. Jó tulajdonsága, hogy csak a legritkább esetben okoz színes fátyolt. A redukált ezüst szép kékes-fekete színű, ezért az amidolt előszeretettel használják papírképek hívására. Összetétele:

1000 cm^3 vízben
20 g amidol,
100 g szulfit.

Helyesen megvilágított lemezekhez 1 rész hívót négy rész vízzel higítunk.

2. *Pyrocatechin* (o-dioxibenzol, kereskedelmi elnevezései: brenzcatechin, cachin, elconal, dinol). Szép negatívokat ad, nem hajlamos fátyol képzésére. Maróalkálikkal egyike a legerélyesebb előhívóknak, szódával lassú, ki-

egyenlítő hívó. A karbonátos hívóban egy-két csepp maróalkáli gyorsítólag hat. Összetétele:

1000 cm³ vízben
250 g nátriumszulfit,
50 g marónátron,
50 g pyrocatechin.

Használatkor 1 rész hívó 10—20 rész vízzel higítandó. Ha az egyes alkatrészekből külön-külön oldatokat készítünk és használatkor megfelelő arányban keverjük, csaknem minden célra alkalmas hívót kapunk.

Külön üvegben eltartott alapoldat 10%-os	Az alapoldatból			
	Rapid fátyolmentes	nagyon rövid megvilágítású pillanatképek	túlvilágított negatívok és papírok színes	kiegyenlítő
	hívásához használandó			
pyrocatechin	10 kcm	4 kcm	4 kcm	19 kcm
nátriumhydroxid	—	3 ,,	—	2 ,,
nátriumszulfit	40 ,,	20 ,,	—	1 ,,
hamuzsír	60 ,,	—	40 kcm	—
káliumbromid	0—15 csepp	0—40 csepp	–	0—10 csepp
desztillált víz	40 kcm	83 kcm	26—176 kcm	194 kcm

3. *Glycin* (p-oxyfenilglycin). Alkálikarbonátokkal kifejezetten lassú idő-hívó. Nagy mértékben befolyásolható. Előnyös tulajdonsága, hogy igen tisztán hív. Lúgos oldatokban jól oldódik s nagyon tömény oldatokat készíthetünk belőle. Nagyon kell ügyelni, hogy nátriumthioszulfát nyomokban se kerüljön a hívóba, mert legkisebb mennyiségben is színes fátyolt okoz. Papírok barnaszínű hívására is használható. Összetétele:

1000 cm³ vízben
50 g nátriumszulfit,
50 g glycin,
250 g hamuzsír.

Használatkor 3—5 rész vízzel kell higítani. Erősen higítva, vagyis 1 rész hívó 25—40 rész vízzel, álló előhíváshoz is használható.

4. *Hydrochinon* (p-dioxibenzol, kereskedelmi neve: quinol). Gyenge fényhatások esetében csekély az előhívóképessége, hőmérséklet iránt igen érzékeny. Erősen fedő ezüstöt ad és nagyon hajlamos fátyol képzésére. Káliumbromiddal nagy mértékben befolyásolható. Nagyon változó árnyalatú, kemény negatívokat ad. Magában csak sokszorosítási felvételekhez használják. Összetétele:

1000	cm^3	vízben
200	g	nátriumszulfit,
50	g	hydrochinon,
400	g	hamuzsír,
1	g	káliumbromid.

Használatkor 4—6 rész vízzel higítandó.

5. *Metol* (methyl-p-amidofenol-szulfát, kereskedelmi nevei: elon; motol; genol; satrapol; metagol; skalol). Egyike a legértékesebb hívóanyagoknak. Éppen ellentétes tulajdonságokkal rendelkezik, mint a hydrochinon. Árnyalatokban gazdag negatívot ad, a legnagyobb tömörségig. Az előhívási küszöbértéket vlamennyi előhívó közül a legjobban hozza ki. Hőmérséklet iránt nem nagyon érzékeny, kevés káliumbromid derítőleg, sok késleltetőleg hat. Különböző alkalikus anyagok használatával a legkülönfélébb gyorsaságú metol-hívókat állíthatunk elő. Általában lágyan hív és különösen alkalmas nagy fényellentétekkel bíró felvételek előhívására. Sok szulfittal, alkáli nélkül kiegyenlítő, meglehetősen kis szemcsét adó, lassú hívót kapunk. Összetétele:

1000 cm^3 vízben
15 g metol,
150 g nátriumszulfit,
100 g szóda,
2 g káliumbromid.

Használatkor 2—6 rész vízzel higítandó.

1000 cm^3 vízben
15 g metol,
150 g nátriumszulfit

alkáli nélkül lassan dolgozó, igen tisztán, kisszemcsésen és jó kiegyenlítő hatással hív.

6. *Metol-hydrochinon.* (2 methly-p-amidofenol + 1 hydrochinon-vegyületet képez, melyet „metochinon" név alatt hoznak forgalomba.) A két előbbi előhívóanyag megfelelő arányú keverésével olyan előhívót kaphatunk, mely mindkét anyagnak csak az előnyös tulajdonságait használja ki. Egyike a legelterjedtebb előhívóknak. Igen jól használható papírképek előhívására. A lemezhívó:

1000 cm^3 vízben
3 g metol,
4 g hydrochinon,
100 g nátriumszulfát,
80 g szóda,
2 g káliumbromid.

Használatkor 0—3 rész vízzel higítandó. Papírképek hívásához alkalmas hívó:

1000 cm^3 vízben
1 g metol,
4 g hydrochinon,
40 g nátriumszulfit,
40 g szóda,
0·5 g káliumbromid.

Higítás nélkül használható.

Kékes-fekete árnyalatú papírképekhez alkalmas hívót úgy kapunk, ha a hívó metoltartalmát növeljük:

1000 cm^3 vízben
3 g metol,
25 g nátriumszulfit vízm.
4 g hydrochinon,
33 g szóda vízm.

7. *P-amidofenol* (p-amidofenolhydrochlorid, kereskedelmi nevei: kodelon, paranol perinal, alkáliákkal és szulfittal, mint kész előhívó *rodinal* és *unal* néven kerül forgalomba). Alkálikarbonátokkal lassan és tisztán dolgozik, hydrochinonnal keverve kifejezetten gyors hívó. Lágy, szép rajzolatú negatívokat ad s jól kihívja a küszöbértéket is. Nagyon tömény oldatokat lehet belőle készíteni, melynek egyszerű higításával a legváltozatosabb tulajdonságú hívókat állíthatjuk elő. Az alapoldat készítése kissé körülményes, legjobb készen, tömény formában beszerezni. Összetétele:

625 cm^3 vízben
50 g p-amidofenolklórhidrát,
150 g káliummetabiszulfit,

ehhez az oldathoz addig adunk kis részletekben 215 g nátriumhidroxidból és 500 cm^3 vízből készült oldatot, amíg a kezdetben keletkezett csapadék újra éppen oldatba megy. Körülbelül 340—350 cm^3 oldat szükséges. Ezután vízzel kiegészítjük a térfogatot 1000 cm^3-re. Használathoz 15—40 rész vízzel kell higítani.

8. *Pyrogallol* (trioxybenzol, kereskedelmi nevén: pyrogallussav, pyral). Lágy árnyalatokkal és szép rajzolattal hív. Pillanatképekhez nem alkalmas, mert alkálikarbonátokkal nem jól hozza ki a küszöbértéket. Igen szépen dolgozó előhívó, hátránya, hogy erősen színező tulajdonsága van, az ujjakat is megfesti. Összetétele:

A) 1000 cm^3 vízben
50 g pyrogallol,
50 g káliummetabiszulfit,
270 g nátriumszulfit.
B) 1000 cm^3 vízben
210 g szóda.

Használatkor egy rész A-, egy rész B-oldat és 4 rész víz keverendő.

9. *P-feniléndiamin* (1—4-feniléndiaminhydrochlorid). Az egyetlen ez idő szerint ismeretes hívóanyag, mely ténylegesen kis szemcséjű negatívokat ad. A kisszemcséjű negatívok hívására később még visszatérünk (124. oldal).

A felsoroltakon kívül még előhívónak ajánlott anyagok: *adurol* (klórhydrochinon); *diogén* (amidonaphtoldiszulfosav savanyú nátriumsója); *eikonogen* (amidonaphtolszulfosavas nátrium); *neol* (p-amidosalicylsavhydrochlorid); *orrol* (methyl-o-amidofenol és hydrochinon keveréke), azonban ezeknek a felsoroltakkal szemben semmi különösebb előnyük sincs és a gyakorlatban sem terjedtek el.

10. Az előhívó oldatok készítésének szabályai.

Az előhívók, mint általában a fényképezéshez használt oldatok készítéséhez desztillált vizet, vagy ha ezzel nem rendelkezünk, előzőleg jól kifőzött vízvezetéki vizet, illetőleg lágy kútvizet használjunk. A vízvezetéki vagy kútvizek mésztartalma csapadékot képez az előhívóoldatban, melyet használat előtt le kell szűrni.

Mindig először a konzerválóanyagot oldjuk fel, kivéve a metoltartalmú hívókat, amelyek sorrendje: metol—sulfit—esetleges egyéb hívóanyag—alkáli. A vegyszereket egyenként oldjuk fel és sohase adjuk az oldathoz addig a következőt, míg az előző fel nem oldódott. Az egyes anyagok oldódását langyos víz használatával

és az üveg rázogatásával segíthetjük elő. Ha vízmentes vegyszereket használtunk, például szódát, szulfitot, kisebb adagokban ezeket adjuk a vízbe és ne a vizet öntsük a vegyszerekre.

Az előírt mennyiségnél kevesebb vizet vegyünk és a megadott sorrendben egyenként oldjuk fel a szükséges vegyszereket s oldódásuk után a kész előhívót egészítsük ki vízzel a szükséges térfogatra. Úgy is eljárhatunk, hogy a vizet két részre osztjuk s egyik részben a hívóanyagot és a szulfitot, a másik részben a többi vegyszereket oldjuk fel és az anyagok teljes oldódása után a két oldatot összeöntjük. Ez az eljárás különösen akkor jó, ha nagyobb mennyiségű oldatot kell készíteni.

Tömény előhívóoldatokból hideg időben gyakran kiválik az anyagok egy része. Ezt úgy akadályozhatjuk meg, hogy a tömény előhívókhoz alkoholt, főleg metilalkoholt öntünk, az előhívó sajátságait még 10% alkohol sem változtatja meg, viszont már 4—5% alkohol megakadályozza a kiválást. A tömény előhívókat lehetőleg alacsony hőmérsékleten készítsük, mert különben az oldat könnyen színeződik.

A két vagy több oldatban lévő előhívók készítésére ugyanazok a szabályok érvényesek, mint a fentiekre.

Az előhívó eltartásában arra kell ügyelni, hogy levegővel egyáltalán ne érintkezhessen. Ezért a hívót kisebb, körülbelül egyszeri használatra elegendő, nyakig töltött üvegekbe öntjük és paraffinban kifőzött dugóval zárjuk el. Így a hívókat évekig kifogástalan állapotban eltarthatjuk. Ha az előhívót olyan nagyobb üvegben tartjuk, melyből gyakrabban veszünk ki, a levegővel való érintkezést nem tudjuk elkerülni és előhívónk előbbutóbb megromlik. Nagymennyiségű hívót olyan üvegben ráktározunk, melynek aljára szívócső nyúlik le, ezen keresztül vesszük ki az oldatot, a folyadék felületére pedig vékony réteg tiszta paraffinolajat öntünk. Az előhívóoldat megromlását színes, többnyire barna, oxidációs

termékek jelzik. Azonban tiszta hidrochinon hívóban színtelen bomlási termékek is keletkezhetnek, különböző szulfonátok, amikor a hívó megváltozását külsőleg alig tudjuk megállapítani s a bomlási termékek előhíváskor fátyolt okoznak.

A már egyszer használt előhívókat sokkal nehezebb dolog eltartani. Mint már többször említettük, az előhívó levegővel való érintkezése közben a hívóanyag oxidálódik, használat közben is fogy és használat alatt egyre szaporodnak az előhívásra nem előnyös anyagok. Előhívás közben bromidok is keletkeznek és így a használt hívó mindig lassabban és keményebben hív. Legjobb, ha mindig friss hívóval dolgozunk, mert csak így ismerhetjük tökéletesen a hívó tulajdonságait és csak így tudhatjuk biztosan, mit lehet bizonyos előhívóval elérni.

11. Az előhívók osztályozása.

Gyakorlati szempontok szerint megkülönböztetünk lassú és gyors (rapid) hívókat.

A *lassú*, vagy befolyásolható hívók a képnyomokat lassan hívják elő; először a világos, majd a középárnyalatú részletek, végül az árnyékok jelennek meg. Káliumbromid adagolása, alacsony hőmérséklet erősen lassítja a hívást. A lassú hívókat mélyhívóknak is szokták nevezni, mert a hívó először a mélyebben fekvő rétegbe hatol, ott kezdi hatását kifejteni és csak később hat a felületen. Ebbe a csoportba tartozik a pyrogallol, hydrochinon, adurol, pyrocatechin, glycin stb.

A *gyors* hívókban a kép hirtelen és a lemez egész felületén csaknem egyszerre jelenik meg. A kép kezdetben igen vékony és az előhívás folyamán erősödik meg. A kép megjelenése alapján ezt a csoportot felületi hívóknak nevezzük. A hívás gyorsasága nagymértékben függ a hívóhoz használt alkáli féleségétől és

mennyiségétől. A gyorshívók közé a metol, metol-hydrochinon, rodinál, amidol stb. tartozik.

Minthogy a lassú hívók káliumbromiddal jól befolyásolhatók, igen alkalmasak túlvilágított lemezek hívására. A gyors hívók inkább a rövid megvilágítású pillanatképek hívására felelnek meg. Gyakorlatban a legtöbb előhívót úgy állítjuk össze, hogy a gyors és lassú hívók közötti tulajdonsággal rendelkezzék és így mindkétféle hívó előnyét egyesítse.

Az ismertebb hívóanyagok közül legerősebben fedett negatívot a hydrochinon-nátriumhydroxid előhívóval kaphatjuk. A fedettség sorrendjében következnek: metol-hydrochinon, pyrochatechin-nátriumhydroxid, rodinál, glycin, pyrogallol. Legcsekélyebb a fedőképessége az amidolnak. A legtisztább és legkevésbbé fátyolos negatívot a pyrocatechin és a glycin hívók adják.

Néhány fontosabb előhívó tulajdonságai.

Előhívó	Viszonylagos előhívási sebesség	Fedőképesség	Késleltető hatás mp-ben			Tartósság	Káliumbromid befolyása a tömörségre. K=kevés, s=sok, is=igen sok	Watkins-féle előhívási tényező
			0,2 % Káliumbromid oldat	+ 10° C-ra való lehűtés	1 rész vízzel való hígítás			
Metolhydrochinon	100	0,5	25	30	55	1,0	s	24
Pyrocatechin nátronlúggal	165	0,6	5	10	20	0,3	k	10
Pyrocatechin hamuzsírral	42	0,5	140	60	70	0,6	s	10
Metol hamuzsírral	125	0,8	5	10	0	0,5	k	30
Hydrochinon hamuzsírral	35	0,7	95	80	120	0,4	s	5
Rodinál (p-amidofenol)	63	0,5	45	40	30	0,9	k	20
Pyrogallol hamuzsír	63	0 5	35	55	40	0,5	s	—
Glycin hamuzsír	33	0,5	210	130	115	1,0	is	12
Amidol	83	0,4	50	60	5	0,3	s	20

A hőmérséklet változásaira legérzékenyebb a hydrochinon és a glycin, míg a metol és a rodinál alig érzékeny. Hidegben nemcsak az előhívás sebessége csökken, hanem az előhívó fedőképessége is. Magasabb hőmérséklet (20°) felett a negatív könnyen elfátyolosodik.

Ha az előhívót vízzel higítjuk, a higítással arányosan kevésbbé ellentétesen és lassabban hív.

A mellékelt táblázat (123. old.) az ismertebb előhívóanyagok jellegzetes tulajdonságait tünteti fel.

12. Kiegyenlítő és kis szemcsét adó előhívók.

Túlnagy megvilágításbeli különbségek esetében az eddig tárgyalt előhívók legtöbbször olyan kemény képet adnak, hogy azon még utólagos kezeléssel sem segíthetünk. A kiegyenlítő előhívás célja, hogy a megvilágításbeli különbségeket csökkentse, a fényudvart visszatartsa és használható, harmónikus negatívot adjon.

A felületi előhívók általában kiegyenlítő hatásúak, mert a lemez felületén már majdnem minden részletet előhívnak akkorra, mikor a hívó a mélyebb rétegekbe kezd hatolni és a fények túlnagy fedettséget kapnának. Tekintve, hogy a visszaverődéses fényudvar a negatív alsó részéből indul ki, felületi hívókkal a fényudvart nagymértékben csökkenthetjük. Az előhívó vizes higítása szintén növeli a kiegyenlítőképességet, mert csökkenti a kontrasztot.

A glycint és pyrocatechint is használhatjuk kiegyenlítő hívónak. A pyrocatechin-előhívót igen kevés szulfittal készítve, diffundáló képessége nagyon kicsi, mert szulfit nélkül a hívó oxidációs termékei a zselatinréteget erősen keményítik és ilyenkor a hívó jellegzetes felületi hívónak tekinthető. A fény és árnyék között a legerősebb ellentéteket is kiegyenlíti s még a nem fényudvarmentes lemezeken is teljesen kiküszöbölhetjük vele a fényudvart. Két oldatot készítünk elő:

A) 100 cm^3 desztillált víz,
8 g pyrocatechin,
2 g nátriumszulfit,
B) 100 cm^3 desztillált víz,
10 g nátriumhidroxid.

Előhíváshoz 200 cm^3 vízbe 5 cm^3 *A*-oldatot és 2 cm^3 *B*-oldatot veszünk. A hívás szabályos ideje 12—15 perc, de szükség esetén, kellő fedettség hiányában 45 percig is eltarthat a negatív veszélyeztetése nélkül. Ha az első képnyomok már 18—20 másodperc alatt megjelennek, negatívunk legalább tízszeresen volt túlvilágítva. Ilyenkor minden cm^3 előhívóhoz öt csepp 10%-os káliumbromid-oldatot adunk. A már egyszer használt előhívót ki kell önteni (l. még 133. oldal, 2. pontot).

A negatívokat mikroszkóp alatt nézve a képet alkotó ezüstöt szemcsézettnek, kisebb-nagyobb — 0·0005—0·004 milliméter átmérőjű — rögökből állóknak látjuk. Ez a szemcsés szerkezet erős nagyítással a pozitív képen is láthatóvá válik. A fényérzékeny réteget alkotó ezüstbromidkristályok olyan kicsinyek, hogy csak többszázszoros nagyítással válnak láthatóvá, azonban részben már az érzékeny réteg gyártásakor, részben pedig előhívás alatt nagyobb rögökké állnak össze és azokat a szemcséket alkotják, amelyek a negatív nagyíthatóságát megszabják. Érzékenyebb lemezeken előfordul, hogy a szemcsézet szabadszemmel is látható. A kisméretű negatívok elterjedése óta fontos a szemcsenagyság, létkérdése a kisméretű gépeknek, mert ettől függ a kép nagyíthatósága. Régebbi fényképészeti könyvek 5—6-szoros vonalas nagyításban jelölik meg a negatívok nagyíthatóságának felső határát; ma legalább 15-szörös, de igen sokszor 20-szoros, vagy még erősebb nagyítással is számolni kell.

Mivel az eredeti fényérzékeny rétegben nem lehet a szemcsenagyságot bizonyos határon túl csökkenteni a

réteg tulajdonságainak lényeges megváltozása nélkül, újabban arra törekszünk, hogy a szemcsék nagyobbodását az előhívás alatt megakadályozzuk, vagyis az előhívást olyan anyagokkal vagy eljárásokkal végezzük, melyek a lehető legkisebb szemcsét eredményezik.

Az előhívás folyamán az eredeti ezüstbromidszemcsék nagysága nem marad változatlan, az egymáshoz közelállók összetapadnak és zavaró nagyságú ezüstgöröngyök keletkeznek. Ebből következik, hogy hosszú hívási idő alatt a szemcse növekszik, rövid ideig hívott negatívok szemcséi finomabbak. Általában alacsony γ érték esetében a szemcsenagyság nő az előhívási idővel, míg γ ∞ esetén független a hívás idejétől.

Rövid megvilágítás után gyakran durva szemcséjű negatívot kapunk, mert hosszan kell hívni a rövid megvilágítás miatt. Ezért kisméretű negatívok megvilágítási idejét hosszabbra, az előhívását lehetőleg rövidre kell venni.

A szemcse növekedhet nedves levegőben sokáig tartó szárítás alatt is, mert a hosszú szárítás alatt a szemcsék átrendeződnek, összeállnak. A különböző hőmérsékletű fürdők is növelik a szemcsét, a változó hőmérséklet folytán a réteg összehúzódik, kitágul, a benne lévő szemcsék is mozognak, összeérnek, összeakadnak és végül nagyobb csomokká tapadnak össze. A fürdők hőmérsékletére mindig ügyelni kell és a szárító levegő hőmérséklete se térjen el lényegesen a fürdőétől.

Lumière és Seyewetz sok kísérletet végeztek kis szemcsét adó hívókkal és kísérleteik alapján az előhívókat szemcsefinomság szerint osztályozták. A következő csoportokat állították fel:

Igen kis szemcsét ad: p-feniléndiamin és o-amidofenol alkáli nélkül.

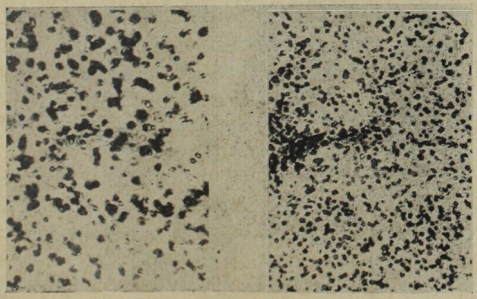
Valamivel nagyobb szemcse: az előbbiek alkálival.

Közepes szemcsenagyság: p-amidofenol alkáli nélkül, metochinon acetonnal, p-feniléndiamin szódával.

Rendes szemcse: az általánosan használt hívók.

Nagyobb különbség csak az első két csoport között van, a többiek szemcsenagysága között alig van eltérés (47. ábra).

Magas szulfittartalmú és alkálimentes hívókkal igen kisszemcséjű ezüstöt tudunk kiválasztani, mert a tömény szulfitoldat sok ezüstbromidot old fel és az oldatból aránylag kis szemcsékben válik ki a fémezüst. Az ilyen hívók nagyon lassan hatnak. Ennek ellensúlyo-



A *B*

47. ábra.

Azonos emulziókról készült mikrofelvételek, (1500-szoros nagyítás). *A*. Rendes metolhydrochinon előhívóval hívott lemez szemcsézete. *B*. p-feniléndiaminnal hívott lemez szemcséi.

zására igen gyenge alkálit, bóraxot, trinátriumfoszfátot adunk az oldathoz, amivel a szemcse jelentékenyebb megnövekedése nélkül meggyorsíthatjuk a folyamatot. Azonban az így készült előhívók legfeljebb az eredeti szemcsenagyságot tartják fenn, tehát ha az emulzió eredetileg nem eléggé kisszemcséjű, az előhívással nem tudjuk csökkenteni a szemcsék nagyságát.

Ezidőszerint csak nagyon kevés előhívóanyagot ismerünk, amelyek lényegesen kisebb szemcsét adnak, mint az általában használatos hívók, ilyenek például a p-feniléndiamin és az o-amidofenol (Táblázat [129. lap] I. és II.

összetétel). Ezek kevés és gyengén alkalikus anyagokkal, így bóraxszal vagy trinátriumfoszfáttal és aránylag sok szulfittal olyan kis szemcsét adnak, amit más előhívóval nem érhetünk el. Sajnos, több hátrányos tulajdonságuk is van. Hajlamosak a réteg megfestésére, színes fátyol képzésére; egyedül nem hívják elő a negatívot a küszöbértékig, ezért gyakorlatban gyakran más hívóanyagokkal, például metollal kell keverni. Nagy hibájuk az is, hogy aránylag drágák.

A p-feniléndiamin által redukált ezüst sokkal jobban fed, mint azt átnézetben megítélve várhatnánk. A p-feniléndiamin tulajdonképen fizikai és kémiai előhívó, mert gyorsan oldja az ezüstbromidot és ebből az oldatból, alkáli hiányában, igen laza, pelyhes csapadék alakjában válik ki a fémezüst.

Seyewetz legújabb (1935) vizsgálatai szerint kevés szódával készült metol-hívóval is csaknem olyan kis szemcséket kaphatunk, mint a p-feniléndiaminnal, ha gondosan ügyelünk a hívó lúgosságára, a hívási időre és a hívó hőmérsékletére. Különösen a hívó lúgossága fontos. Az irodalomban gyakori ellentmondó adatok arra vezethetők vissza, hogy nem megfelelő minőségű szódát használtak, mert kis szemcséket *csak akkor* lehet kapni, ha a hívó P_H-értéke 8·0—8·4 között van. Éppen ezért a gyakran ellenőrizhetetlen minőségű szóda helyett célszerűbb a trinátriumfoszfát használata.

A táblázatban közölt VI. sz. összetétel Seyewetz szerint a p-feniléndiaminnal majdnem egyenlő nagyságú szemcsét ad. Az előhívási idő 18°-on 16 perc. Ha az előhívóból a hidrochinont kihagyjuk, a hívási idő valamivel rövidebb, 12 perc lesz, de a γ-érték is alacsonyabb.

Schwarz megállapítása szerint, ha ugyanazon γ-értekig hívunk kis szemcsét adó és közönséges előhívóval, lényegesen nagyobb relatív érzékenységet szolgáltat a kisszemcsés hívó; olyan képet kapunk, mintha érzékenyebb lemezt használtunk volna. A kisszemcsés előhívó

a lágyabb árnyalati különbségeken felül az árnyékrészekben több részletet hoz ki, mint a közönséges hívók

Nagyon megoszlanak arra vonatkozólag a vélemények, hogy a fenti két hívón kívül más előhívó, amelyről ezt hirdetik, tényleg kisebb szemcsét ad-e (l. a táblázatban III., IV. és V. összetételt). A tapasztalat az, hogy ezekkel a kis szemcsét adó hívókkal sem kapunk sokkal kisebb szemcsét, ha ugyanolyan γ-értéig hívunk elő, mint a rendes hívókkal. A kis szemcsét adó hívókkal az előhívási idő rendszerint rövidebb és így lágyabb, kevésbbé fedett és kisebb szemcséjű negatívot kapunk. A rövid hívást hosszabb megvilágítással kell ellensúlyozni. A kis szemcsét adó hívóknak mindenesetre az előnyük, hogy amennyiben a negatív anyaga már előhívás előtt kisszemcsés volt, sokkal nagyobb mértékben tudjuk megtartani ezt az eredeti állapotot, mintha sok alkálit tartalmazó, élénk árnyalati különbségeket okozó rendes hívót használtunk volna.

A mellékelt táblázatban néhány kis szemcsét adó előhívó összetételét foglaltuk össze.

Kis szemcsét adó előhívók.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Desztillált víz	1000	1000	1000	1000	1000	1000
p-feniléndiamin	10	—	—	—	—	—
Metol	5	5	2	4	2·5	10
Hydrochinon	—	—	5	2	1·3	1
O-amidofenol	—	10	—	—	—	—
Nátriumszulfit vízm.	60	60	100	80	25	60
Szóda vízm.	—	—	—	—	—	4
Borax	—	—	2	5	—	—
Trinátriumfoszfát	3·5	3·5	—	—	—	20
Nátriumhydrokarbonát	—	—	—	—	15	—
Bórsav	—	—	15	—	—	—
Nátriumthioszulfát	—	—	—	—	5	—
Káliumbromi	1	1	—	0·3	—	1
Előhívási idő, perc	7	20	17	8	15	16

13. Az előhívás a gyakorlatban.

A fényérzékeny rétegek előhívása és kezelése előhívás előtt csak olyan fénnyel megvilágított helyiségben végezhető, amely a kezelési idő alatt az emulzióra semmi, vagy lehetőleg igen kicsi hatást gyakorol, viszont szemünk számára, a körülményekhez képest, elég világítást nyujt. Sárga vagy világos narancsszínű (5500—5800 Å) világítás csak az $^1/_{10}$ DIN° alatti érzékenységű (10 Sch.) reprodukciós vagy diapozitív lemezekhez és gázfénypapirosokhoz használható. Nem ortokromatikus lemezek sötétebb narancsszínű (6200 Å) világításban kezelhetők. Ortokromatikus lemezekhez rubinvörös (7000 Å) fényt kell használni, míg pankromatikus anyagokhoz sötétzöld (5200 Å) világítás szükséges (l. 94. old.). Az újabb orto-pankromatikus anyagokat legjobb teljes sötétségben, vagy érzéketlenítéssel kezelni. Bármilyen megbízható is világításunk, szükségtelenül ne tegyük ki a fölvételeket a sötétkamra fényforrásának, mert ez hosszabb idő alatt csaknem mindig fátyolt idéz elő.

A negatívok előhívásának legegyszerűbb módja, hogy a lemezt megvilágítás után a megfelelő összetételű előhívóoldatba helyezzük és az oldat állandó mozgatása közben a kívánt feketedésig hívjuk. Amikor a negatívot a hívóba helyezzük, arra kell ügyelni, hogy a folyadék egyenletesen nedvesítse meg a lemez felületét, mert különben könnyen hívási foltok keletkezhetnek. Ugyanennek elkerülésére a hívó állandó mozgatásáról is gondoskodni kell. A hívóoldat hőmérséklete 18—19 C° legyen.

Az első képnyomok megjelenéséből következtethetünk a megvilágításra és a hívás további lefolyását e szerint intézzük. Ha az első képnyomok, a fények, csak lassan jelennek meg, félárnyákok, árnyékok késnek vagy egészen kimaradnak, ha a lemez rajzát már felülről is

tisztán látjuk, megállapíthatjuk, hogy a megvilágítás rövid volt. A gyorsabban megjelenő képnyomok, a fények mellett hamarosan megjelenő félárnyékok és árnyékok, az előhívás vége felé egyenletesen megszürkülő lemez, az átnézetben minden részletet mutató negatív megvilágítási ideje helyes volt. Amikor az első képnyomok gyorsan tűnnek fel, fényeket, félárnyékokat, árnyékokat csaknem egyidőben vesszük észre, a negatív igen gyorsan megfeketedik s átnézetben erőtlen, vagy egészen átlátszatlan, a megvilágítás túlságosan hosszú volt.

Természetesen ez a három fokozat nem határolható el élesen egymástól, hanem a megvilágítás mértéke szerint átmenet van egyikből a másikba és megítélésükhöz bizonyos gyakorlat szükséges.

Ha egy *túlvilágított* negatívot felületi, vagyis gyors hívóval hívunk, a negatív feketedése gyorsan indul, és befejeződik, mielőtt a hívó behatolt volna a hívó mélyebb rétegébe és ott is kifejthette volna hatását. Ha az ilyen negatívot nagyobb árnyalati különbségek elérése végett tovább hívjuk, a kép nem erősödik, hanem erőtlen, fátyolos lesz. Túlvilágítás esetében nem lehet felületi hívóval dolgozni, hanem időt kell adni a hívónak, hogy a negatív mélyebb rétegébe behatolhasson; ezért csakis lassan ható, nagy fedőképességű, sok káliumbromidot tartalmazó hívó használható. Ilyen az adurol, hidrochinon, glicin stb.

Röviden megvilágított negatívok esetében éppen ellenkező a helyzet, mert itt a mélyhatás csak a fények túlságos fedettségét okozná, tehát csekély fedőképességű, gyors hívókat kell használni. A fedőképességet még a hívó higításával is csökkenthetjük. Bizonytalan megvilágítású negatívot sohase hívjunk gyors hívóban.

Láthatjuk, hogy amennyiben különböző megvilágítású negatívok előhívását ugyanabban a hívóban végezzük, a téves megvilágítási időből eredő hibákat csak

nehezen tudjuk kiegyenlíteni. Egyetlen hívó, mely legtöbbször a helyes megvilágítási időre van beállítva, nem hozza ki két különbözően megvilágított negatívból az elérhető egyformán legjobb eredményt. Legtöbb esetben a javításra szolgáló intézkedéseket hívás közben nem tudjuk kellő gyorsasággal végrehajtani (káliumbromidadagolás, töményebb, hígabb hívó stb.).

Bizonytalan megvilágítás esetében biztosabb eljáráshoz kell fordulni és sokkal jobb, ha az előhívást több tálban végezzük. Ennek a hívási módnak az a lényege, hogy különböző megvilágítási időnek, illetve hibáknak megfelelő előhívókat készítünk elő és az előhívási folyamat kezdetén megállapítva az esetleges megvilágítási hibát, a negatívot nyomban átvisszük a megfelelő előhívóba és a hívást ebben folytatjuk. Először alkáliákban szegény, nem túlságosan higított hívóban lehet megkezdeni a hívást. Ha azt állapítjuk meg, hogy a megvilágítás rövid volt, a negatívot gyorshívóba visszük át és ebben fejezzük be az előhívást. Helyes megvilágítás esetén vagy szabályos hívóba tesszük a negatívot, vagy az első hívó alkálitartalmát növeljük. Túlvilágítás esetén hideg, erősen káliumbromidtartalmú hívót használunk az előhívás befejezésére. Nagyon erős túlvilágítás esetében a lemezt időközönként az előhívóból kivéve, 1—1 percre 10%-os káliumbromidoldatban fürdetjük.

Ha több bizonytalan megvilágítású lemezt hívunk egyidejűleg, tartsuk készen három tálban a megfelelő oldatokat és az első osztályozó hívóból a lemezt szükség szerint tegyük át a megfelelőbe. Például osztályozónak normális hívót készítünk elő, sok káliumbromidtartalmút a túlvilágított, és higított gyorshívót a röviden megvilágított negatívoknak.

A faktor, vagy időelőhívás elsősorban kezdők számára alkalmas. Watkins különböző előhívókra pontosan meghatározta azt az időt, mely alatt az első kép-

nyomok megjelennek, s ezt megszorozta az egyes előhívókra jellemző tényezőkkel; a szorzat a másodpercekben kifejezett teljes előhívási idő (a 123. oldal táblázata). A WATKINS-féle előhívási tényező független az előhívó töménységétől és (amidol és pyrogallol kivételével) a hívó alkálitartalmától, csak a hőmérséklettől függ, ezt, vagyis a 18 C°-ot hívás alatt pontosan meg is kell tartani.

Az álló előhívás különösen elterjedt előhívási mód. Ezzel elsősorban helyesen, vagy a helyestől csak kissé eltérően megvilágított negatívokat kiegyenlített fényekkel, harmonikusan hívhatunk elő. Erősen túl, vagy nagyon röviden megvilágított negatívok hívására nem alkalmas. Igen jól használható, ha egyszerre nagyobb mennyiségű negatívot kell feldolgozni. Álló előhívónak csaknem valamennyi alkálitartalmú, erősen higított, nem gyorsjellegű előhívó használható a rendesnél kevesebb szulfittal. Az ilyen hívók készítéséhez mindig kifőzött, levegőmentes vizet használjunk, mert a hosszú hívási idő alatt a híg előhívó oldat könnyen oxidálódik. Előhívási idő 30—120 perc.

Álló híváskor a hívót többször meg kell keverni, mert különben könnyen foltok keletkezhetnek a negatívokon. A hívási folyamat előrehaladását negyedóránkint ellenőrizzük és azokat a negatívokat, melyeken hosszú megvilágítást állapítunk meg, kivesszük, leöblítjük és megfelelő más hívóban szabályos módon tovább hívjuk. Ugyanígy járunk el, ha a kész negatív erőtlennek mutatkozik: az álló hívó után ½—1 percig valamilyen töményebb hívóban hívjuk tovább.

Az álló hívás hátránya, hogy könnyen színes fátyol keletkezik, különösen érzékeny a rögzítő oldat nyomaira és a hosszú hívási idő alatt sok negatív rétege hajlamos a fodrosodásra.

Újabban az úgynevezett *automatikus időhívás* terjed, ami tulajdonképen rövidített álló hívás. A negatívokat

megfelelő keretbe téve, tekercsfilmek esetében a filmszalagot dobra tekercselve, fény- és légmentesen záródó előhívóval megtöltött edénybe helyezzük. A nélkül, hogy az előhívás menetét ellenőriznénk, a hívó összetétele szerint pontosan előírt ideig hívjuk a negatívokat és ugyanazon a kereten, leöblítve, rögzítő oldatba tesszük. Tekercsfilmek hívására nagyon sokféle ilyen szerkezet van forgalomban.

A lemezeket előhívás előtt *érzéketleníteni* is lehet (l. 84. old.), utána világos vörös, vagy narancsszínű világítás mellett történhetik az előhívás. Érzéketlenítő fürdőnek (desenzibilatornak) 1 : 2000 higítású pinakryptol sárga, vagy 1 : 5000 higítású pinakryptol zöld festéket használnak. A megvilágított lemezt közvetlenül előhívás előtt teljes sötétségben 2 percig a fenti oldatok valamelyikében fürdetjük, majd áttesszük az előhívóba és az előhívást már világosabb fénynél folytatjuk. Tiszta hidrochinon, vagy erősen hidrochinon tartalmú előhívók esetében az érzéketlenítő fürdők nem használhatók. Az érzéketlenítés az előhívási időt meghosszabbítja.

Azok számára, akiknek nincs elegendő gyakorlatuk az előhívásban, legnehezebb rendszerint a hívás befejezésének megállapítása. Az előhívást akkor tekintjük befejezettnek, ha a negatívon átnézve, minden részletében kellően fedettnek látjuk. Ez az „elegendő" fedettség függ a megvilágítástól, sőt a kép tárgyától is. Azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a lemezen lévő ezüstbromidnak csak körülbelül 25%-a alkotja a képet. 75%-át rögzítéskor változatlanul eltávolítjuk és ez a változatlan ezüsthalogén nagymértékben csökkenti a negatív átlátszóságát, tehát rögzítés után a kép fedettsége csökken.

A sötétkamra világításában a csúcsfényeknek teljesen sötétnek kell látszani. Ha mindig azonos negatívanyaggal dolgozunk, rövid gyakorlattal biztosan megállapít-

hatjuk az előhívás befejezési pontját. Sokszor az üvegoldalon megjelenő kép láthatósága is alapot szolgáltathat az előhívás végének megállapításához, de ez gyártmányonkint nagyon változó.

Rövid előhívás, idő előtt megszakított hívás, ellentétekben szűkölködő, lapos; túlságosan hosszú előhívás, vagyis a túlhívás kemény, nagyon ellentétes, esetleg egészen átlátszatlan negatívot eredményez.

14. A negatívok rögzítése.

A negatív az előhívás után fénnyel szemben még nem állandó és nem átlátszó, mert a változatlan ezüstbromid a rétegben van. Ha a lemezt fénnyel szemben állandósítani akarjuk, az ezüstbromidot el kell távolítani. Az ezüst halogénvegyületei néhány sóval vízben könnyen oldható kettős sókat képeznek és ezek segítségével eltávolíthatók a rétegből.

Az ezüsthalogén változatlan vegyületeinek kioldására csaknem kizárólag nátriumtioszulfátot ($Na_2S_2O_3 + 5H_2O$) használunk. Az oldható komplexsó képződése három szakaszban megy végbe. Először nátriumtioszulfát hatására vízben oldhatatlan ezüsttioszulfát képződik:

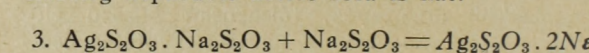
1. $Na_2S_2O_3 + 2AgBr = Ag_2S_2O_3 + 2NaBr.$

A keletkezett ezüsttioszulfátot a fölös nátriumtioszulfát feloldja:

2. $Ag_2S_2O_3 + Na_2S_2O_3 = Ag_2S_2O_3 . Na_2S_2O_3.$

Ez a folyamat abban a pillanatban fejeződik be, amikor a lemez az üvegoldal felől is átlátszóvá lesz. A 2. fokozatban keletkezett színtelen vegyület azonban rosszul oldódik vízben és ha a rögzítést az előbb említett időpontban befejezzük, könnyen megtörténhetik, hogy a vegyületet vízzel nem tudjuk eltávolítani, idővel elbom-

lik, ezüstszulfid keletkezik és lemezünk megsárgul. A rögzítést tehát legalább mégegyszer annyi ideig kell folytatni, mint amennyi idő alatt átlátszóvá válik a negatív. A további rögzítés alatt a nátriumtioszulfát az előzőleg képződött kettős sóra is hat:



$$3.\ Ag_2S_2O_3 . Na_2S_2O_3 + Na_2S_2O_3 = Ag_2S_2O_3 . 2Na_2S_2O_3$$

Az ekkor keletkező só vízben könnyen oldódik és a rétegből jól kimosható. Fontos tehát, hogy a rögzítő oldatban elegendő nátriumtioszulfát legyen. 3 rész nátriumtioszulfát 1 rész ezüstbromidot oldhat fel. Gyakorlatban 100 g nátriumtioszulfátot tartalmazó oldatban körülbelül 40 darab 9 × 12 cm nagyságú lemez rögzíthető.

A rögzítés sebessége, vagyis az ezüstbromid oldódási sebessége bizonyos határig nő az oldat töménységével. Legalkalmasabb a 25% nátriumtioszulfátot tartalmazó oldat. A rögzítési sebesség nemcsak a kémiai reakciók lefolyásától, hanem bizonyos fizikai folyamtoktól is függ; így például nagy befolyással van reá az oldat diffuziós sebessége, mellyel a lemez rétegébe behatol. Az oldási folyamat sokkal gyorsabban megy végbe, mint ez a diffuzió.

Lúgos előhívóból a lemezek állandóan alkalikus oldatot és szerves anyagokat visznek a rögzítő oldatba; ez több szempontból káros. A szerves anyagok megbarnulnak a rögzítőben és színes foltokat okozhatnak a negatívokon. Mivel a rögzítőoldat lassan diffundál be a rétegbe, az előhívó még tovább is kifejti hatását, ami nem kívánatos. Ezért a rétegben maradt előhívó megsemmisítésére hívás után a lemezt lemossuk és megsavanyított rögzítőbe visszük. Savanyú reakció elérésére szerves savak, savanyú sók, káliummetabiszulfit, nátriumbiszulfit stb. használatosak. A savanyítás a fenti hátrányok elkerülésén kívül még a zselatin duzzadását

is elősegíti, és ezzel gyorsítja a rögzítési folyamatot, fényudvarmentes lemezek közbeeső rétegének elszíntelenedését elősegíti, bizonyos mértékig a negatív rétegét is kicserzi, ami ellenállóképességét növeli. A savanyításnak is van optimális határa, sok sav nem előnyös, legjobb a $p_H = 4$.

A különböző hőmérsékletű fürdők, a mosás alatt hosszú ideig tartó áztatás, szárítás nagyon igénybe veszik a zselatinréteget és gyakran megtörténik, hogy a réteg fodrosodik, leválik. Ezt a zselatinréteg keményítésével, cserzésével akadályozhatjuk meg; erre a különböző timsók váltak be. A cserzőanyagokat vagy a rögzítő oldathoz adják, vagy külön oldatban használják.

Tehát a rögzítőfürdők összetétele: nátriumtioszulfát a nem redukálódott ezüstvegyületek feloldására és szerves savak, vagy kénessavsók az oldat savanyúan tartására, a rögzítőfürdő derítő hatásának fokozására, a rögzítési folyamat gyorsítására, a fényudvarmentes réteg eltávolítására és részben a réteg cserzésére. Tartalmazhat még a rögzítőfürdő külön cserzőanyagot, például timsót stb., amivel megkeményítjük a zselatinréteget és ezzel mechanikai hatásokkal szembeni ellenállóképességét nagymértékben növelhetjük.

Közönséges rögzítőoldatban a rögzítés ideje körülbelül 20 perc. Feleslegesen hosszú, több órán át tartó rögzítés alatt a fémezüst is oldódik, gyengül a negatív.

A rögzítés sebessége növekedik, ha nátrium- helyett ammóniumtioszulfátot használunk. Gyors rögzítőoldatok előállítására a savanyú rögzítő oldatban még félannyi ammóniumklóridot oldunk, mint amennyi nátriumthioszulfátot használtunk. Ilyenkor magában az oldatban keletkezik az ammóniumtioszulfát; a rögzítés meggyorsul, mert a keletkező ammóniumsók sokkal oldhatóbbak, mint a nátriumvegyületek, azonkívül könnyebben kimoshatók a rétegből.

A rögzítőfürdők összetétele:

Savanyú rögzítő:

1000 cm^3 vízben
250 g nátriumtioszulfát,
15 g nátriumbiszulfit vagy káliummetabiszulfit,

Gyors rögzítő:

1000 cm^3 vízben
250 g nátriumtioszulfát,
15 g nátriumbiszulfit vagy káliummetabiszulfit,
100 g ammóniumklórid.

Cserző-rögzítőfürdő:

1000 cm^3 vízben
250 g nátriumtioszulfát,
5 g nátriumbiszulfit,
10 g krómtimsó.

A friss krómtimsós rögzítőfürdő ibolyás színű oldat, de 1—2 nap alatt zöldes színűre változik; ilyenkor már cserző hatása megszűnik. A friss krómtimsós rögzítő cserző hatása olyan erős, hogy a negatívokat a zselatinréteg megolvadásának veszélye nélkül 60 C°-on is szárítíhatjuk.

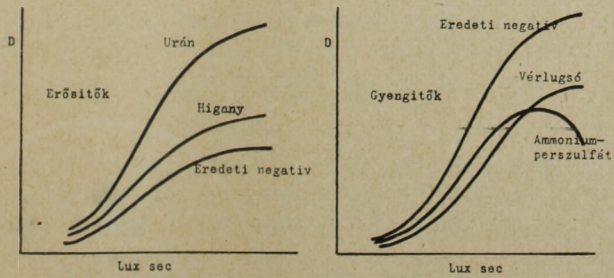
A rögzítéskor a rétegben lévő képet alkotó, finoman elosztott fémezüst adszorbeálja a rögzítőben lévő sókat és ezért rögzítés befejezése után a lemezt legalább 1—2 óráig mosni kell, lehetőleg folyóvízben. A kimosás befejezését úgy állapíthatjuk meg, hogy néhány csepp erősen higított (halvány rózsaszínű) káliumpermanganát-oldatot cseppentünk a lemezről lecsurgó vízbe. Ha a káliumpermanganát elszíntelenedik, annak a jele, hogy a mosóvíz még rögzítősó nyomait tartalmazza, ezt a negatív tartosságának érdekében el kell távolítani, tovább kell a lemezt mosni. A kimosási időt megrövi-

díthetjük, ha a lemezt alapos leöblítés után 1—2 percre szabad klórt tartalmazó Neomagnol-Chinoin 0·1%-os oldatában fürdetjük, majd öt percig tiszta vízben mossuk. A szárítást árnyékos, nem túlmeleg helyen végezzük. Egyenetlen gyorsaságú szárítás foltokat okoz! Cserzett lemezeket áramló, meleg, 40 fokos levegővel is lehet szárítani.

15. A negatívok javítása.

Ha a kész — előhívott, rögzített, mosott, szárított — negatív feketedése nem helyes árnyalatú, még utólagosan is javíthatjuk. Ha a negatív szürke, erőtlen, a jól megvilágított részletek és finomabb árnyékok hiányzanak róla, erősítésre szorul. Ha az árnyékok is erősen fedettek, az erősen megvilágított helyeken meg minden részlet hiányzik, tehát ha a másolaton ezek tiszta fehérek, a negatívot gyengíteni kell. Természetesen, ha a negatív megvilágítása rövid volt, a hiányzó részleteket semmiféle erősítéssel nem hozhatjuk ki, mert az erősítés csak a már meglévő árnyalatokat erősíti (48. ábra).

Erősítés. Az erősítési folyamat hasonló a papírképek színezéséhez, mert itt is vagy az ezüstrétegre csapunk le



48. ábra.
Különböző erősítők és gyengítők hatása a lemez feketedési görbéjére.

fémeket, ill. fémvegyületeket, hogy a negatív árnyalatainak különbségét növeljük, vagy az ezüstcsapadékot olyan színes vegyületté alakítjuk át, amely kevesebb aktív fényt enged át. Ilyen vegyületek esetén előfordulhat, hogy szabadszemmel látható változás nélkül is az árnyalati fokozatok lényeges növekedését érjük el.

Gyakorlati szempontból az erősítőket egy- és kétszakaszosakra oszthatjuk, a szerint, hogy az erősítést egy oldatban egy művelettel, vagy két oldatban és több művelettel végezzük.

A szublimáterősítő kétszakaszos erősítő. A jól megvilágított részleteket jobban erősíti, mint az árnyékokat, tehát ott használható, ahol ezeknek az erősítésére van szükség. Csak kismértékben erősít.

A jól kimosott negatívot

100 cm^3 víz,
2 g szublimát (higanyklorid),
2 g káliumbromid

oldatába helyezzük és addig hagyjuk ebben a fürdőben, amíg a lemez az üveg felőli oldalon is megfehéredett. Először higanybromid keletkezik:

1. $$HgCl_2 + 2\,KBr = HgBr_2 + 2\,KCl$$

amely a rétegben levő ezüstöt ezüst-higyanbromid kettőssóvá alakítja át:

2. $$HgBr_2 + Ag = \underbrace{HgBr + AgBr}_{AgHgBr_2}$$

A megfehéredett lemezt kimosás után 10%-os nátriumszulfit-oldatba kell helyezni, hogy a fehér részeket fémezüst és fémhigany kiválasztása révén újra megfeketítsük:

3. $$AgHgBr_2 + Na_2SO_3 + H_2O = \\ = Hg + Ag + Na_2SO_4 + 2\,HBr$$

A fémes szürke higany az eredeti ezüstrétegre rakódik le és annak fedőképességét növeli. Feketítésre nátriumszulfit helyett ammóniákot is használhatunk (2—3%-osat), ezzel a kép valamivel fedetttebb lesz, azonban nem olyan tartós, mert a fény hatására aránylag rövid idő alatt elbomlik. A híg ammónia

4. $$AgHgBr_2 + NH_3 = NH_2AgHgBr + Br$$

egyenlet alapján az ezüst helyén szürkeszínű ezüsthiganyamidobromidot képez.

Az uránerősítő egyszakaszos erősítő. Sokkal nagyobb mértékben erősít, mint a higany, de rendszerint kemény képeket ad, ezért csak nagyon erőtlen, vékony negatívok erősítésére alkalmas.

Három oldatot készítünk elő:

A) 1·4 g káliumferricyanidot,
B) 30 cm^3 80%-os ecetsavat,
C) 1·4 g uranylnitrátot

oldunk egyenként 100 cm^3 vízben. Az oldatokat külön kell eltartani. Használatkor mindegyikből egyenlő részt veszünk és összeöntjük. A lemez az erősítő oldatban lassanként vörösbarnára színeződik s ez a színeződés nagymértékben növeli a negatív árnyalati különbségeit, mert a barna réteg a hatásos sugarakat nagymértékben elnyeli. Az erősítés itt is két szakaszban folyik le:

1. $$4\,K_3[Fe(CN)_6] + 4\,Ag = Ag_4[Fe(CN)_6] + K_4[Fe(CN)_6]$$

2. $$Ag_4[Fe(CN)_6] + 2\,UO(NO_3)_2 = \\ = (UO_2)_2[Fe(CN)_6] + 4\,AgNO_3$$

A barna színt képező uranylferrocyanid kissé oldódik vízben, tehát erősítés után a negatívot nem szabad sokáig mosni, mert ezzel újra csökken az erősítés. Uránerősítés előtt a lemezt igen alaposan ki kell mosni, mert csak így kerülhetők el a foltos és hibás erősítések.

Gyengítés. Valamennyi gyengítő úgy hat, hogy a rétegben lévő ezüstöt részben feloldja. Természetesen az ezüst feloldására az ismert kémiai oldószereket nem használhatjuk, mert ezek a zselatint is elpusztítanák. A gyengítőket hatásmódjuk szerint osztályozhatjuk.

a) Arányos gyengítők, a lemez minden feketedését, a fényeket és árnyékokat is, ugyanabban az arányban gyengítik, tehát a kép jóval lágyabb lesz. mint eredetileg volt.

b) Szubsztraktív gyengítők minden feketedést ugyanazzal a nagysággal csökkentenek, ilyen gyengítők használata után a lemez γ-ja nem változik.

c) Szuperproporcionális gyengítők hatására a nagyobb feketedésű helyeken sokkal nagyobb mértékű a gyengítés, a kép árnyalati különbségei erősen csökkennek, a kép sokkal lágyabb lesz.

A vérlúgsós (Farmer) gyengítő lassan hatol be a zselatinba, tehát elsősorban a lemez felületén hat. Ennek következtében a lemez felületén lévő féltónusokat és árnyékokat és ugyancsak a felületen lévő fátyolt oldja először.

A szükséges oldatok összetétele:

A) 100 cm^3 víz,
10 g káliumferricyanid (vörösvérlúgsó),

B) 100 cm^3 víz,
10 g nátriumthioszulfát.

Használatkor 50 rész *B*-oldathoz 1—5 rész *A*-oldatot vegyünk. Több *A*-oldat a gyengítési folyamatot gyorsítja. Az összekevert gyengítő oldat nem tartós, használat után mindig ki kell önteni. A gyengítési folyamat lassan indul, később meggyorsul.

Az oldási reakció a következőképen folyik le:

1. $$4\,K_3\,[Fe(CN)_6] + 4\,Ag. = Ag_4\,[Fe(CN)_6] + 3\,K_4\,[Fe(CN)_6]$$

A keletkezett ezüstferrocyanid nátriumtioszulfátban oldódik:

2. $Ag_4 [Fe(CN)_6] + 2 Na_2S_2O_3 = 2 Ag_2S_2O_3 + Na_4 [Fe(CN)_6]$

Perszulfát gyengítő nevezetes tulajdonsága, hogy elsősorban a legerősebb feketedésű helyeken támadja meg a lemezt, amiért különösen igen kemény lemezek lágyítására alkalmas. A gyengítési folyamat kémiai reakciói meglehetősen bonyolultak. Először lassan folyó reakció játszódik le s ennek reakciótermékei megindítják a második, sokkal gyorsabban lefolyó reakciót:

1. $(NH_4)_2S_2O_8 + 2 Ag = (NH_4)_2SO_4 + Ag_2SO_4$

2. $Ag_2SO_4 + (NH_4)_2S_2O_8 = Ag_2S_2O_8 + (NH_4)_2SO_4$

3. $2 Ag + Ag_2S_2O_8 = 2 Ag_2SO_4$

Mint említettük, az első reakció lassú, az ezüst gyorsabb oldódása csak akkor indul meg, amikor már elegendő ezüstión jutott az oldatba. Ha tehát szaporítjuk az oldatban az ezüstiónokat, a gyengítési folyamat gyorsul, ha csökkentjük, a folyamat lassul. Ha halogén iónokkal megkötjük az Ag-iónokat, csökken a gyengítés sebessége s ha nagyon sok halogén van az oldatban, a gyengítési folyamat igen lassúvá válik. Ha csak nagyon kevés halogén ión van az oldatban, akkor csak a legkisebb feketedésű helyeken képes megkötni az ott képződő kevés Ag-iónt, míg erős feketedésű helyeken, ahol nagy Ag-ióntöménység áll elő, az Ag-iónok egy része szabadon marad. Előbbi helyeken a gyengítés kismértékű lesz, utóbbiakon pedig nagyobb. A fenti folyamathoz rendszerint már a vízvezetéki vízben lévő igen kevés halogén tartalom is elegendő. Halogénmentes (desztillált) vízben a perszulfát erősítő is arányosan hat.

Az erősítés lassan indul meg s ha nem vigyázunk, később annyira meggyorsul, hogy a lemezről néhány perc

alatt minden ezüst leoldódik. Ennek elkerülésére, amint a kellő gyengítési fokot elértük, a lemezt rögtön 10%-os nátriumszulfit-oldatba helyezzük.

Ha perszulfáttal gyengítünk, előbb a lemezt igen alaposan kimossuk, majd 2%-os citromsav-oldatba helyezzük s 1—2 perc multán, újabb mosás után 2%-os ammóniumperszulfát-oldatba. Ha nagyobbfokú gyengítés kívánatos, a perszulfát-oldathoz még 1% konyhasót is adhatunk. A gyengítés befejezése után nátriumszulfit-fürdő és ismét alapos mosás következik.

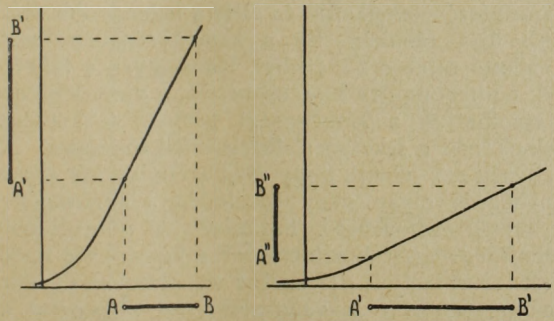
IV. A fénykép.

1. A pozitív kép szabályai.

A természet a fényképezőgép számára sötétebb és világosabb foltok tömegéből áll. A negatívképet és a kész fényképet, vagyis a pozitív másolatot szintén különböző sötétségű foltok sokasága alkotja. Két folt sötétségének különbségét árnyalatnak vagy részletnek (detailnak) nevezzük. A kész pozitív kép akkor jó, ha árnyalatai ugyanolyanok, mint a tárgy megfelelő helyein mutatkozó sötétségkülönbségek. Ezzel kapcsolatban másik feltételnek is teljesülnie kell. A pozitívkép anyaga számára alsó határ állapítható meg, amely alatt a sötétségkülönbségek elvesznek. A jó pozitívanyag második feltétele, hogy ez a határ kicsiny legyen. Most egymás után megvizsgáljuk mind a két feltételt.

A tárgy két pontjának fényességét az *A* és *B* pontok jelképezik (49. ábra). A feketedési görbéről leolvasható, hogy a lemezen keletkező sötétségkülönbség, *A'*—*B'* nagyobb, mint az eredeti. Ennek az az oka, hogy ez a lemez kemény; a keménység számértéke itt 2, tehát a sötétségkülönbség megkétszereződött. Amikor a máso-

latot készítjük, válasszunk olyan papirost, amely lágy és keménysége csak $0{\cdot}5 = \frac{1}{2}$. Észrevesszük, hogy ez a papiros a lemezen át ráeső A'—B' sötétségkülönbségből olyan A''—B'' részletet csinál, amely pontosan egyezik az eredeti A—B-vel. Amit a 2-es keménységű lemez eltorzított, a $\frac{1}{2}$ keménységű papír jóvátette. Könnyen beláthatjuk, hogy ami igaz ebben az egy esetben, általános érvényű. A sötétségárnyalatok helyességének



49. ábra.

A baloldali görbe kemény negatívanyag karakterisztikája, a jobboldali pedig lágy pozitívanyagé. Ha keménységei egymásnak reciprok értékei, akkor a pozitív másolat árnyalatkülönbségei ugyanakkorák mint a tárgyé.

az a feltétele, hogy *a negatív anyagának keménysége* (γ_n) *és a pozitív anyagának keménysége* (γ_n) *egymásnak reciprok értékei legyenek*, vagyis szorzatuk pontosan 1-et adjon eredményül:

$$\gamma_n \cdot \gamma_p = 1.$$

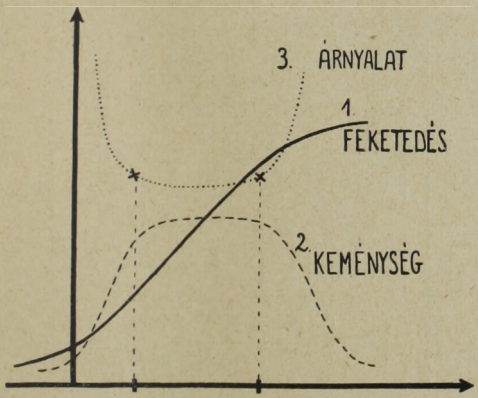
Ez az úgynevezett Goldberg-féle törvény előírja, hogy kemény képet lágy papírra, illetőleg lágy képet kemény papirra másoljunk és nagyítsunk. A negatív kép lehet helytelen árnyalatú is, a papír helyrehozhatja a hibát. Régebben a negatív kép keménységének pontosan 1-nek

kellett lennie, ma azonban olyan sokféle másolópapír áll rendelkezésünkre, hogy szinte mindig megtaláljuk a megfelelőt.

A második feltétel vizsgálatában is a feketedési görbéből kell kiindulnunk. A feketedési görbe a feketedéseket tüntet fel, mint a megvilágítás függvényét (50. ábra, 1. görbe). A görbe meredeksége, vagyis a keménység szintén a megvilágítás függvénye, mert kis megvilágítás esetében a keménység nulla, majd a vonal középső egyenes részén emelkedik és eléri a legnagyobb értékét, később újra csökken. Ez a keménységgörbe szintén ábrázolható rajzban (2. görbe). Ha megvan a feketedési görbe, pontról-pontra kiszámíthatjuk a meredekséget és megrajzolhatjuk a keménységi görbét. A keménység tulajdonképen a feketedés differenciálhányadosa. Nagy keménység azt jelenti, hogy még aránylag kis árnyalatkülönbség is olyan nagy feketedési különbséget hoz létre, amely észrevehető. Számítsuk ki pontról pontra, minden megvilágításhoz tartozóan a keménység reciprok értékét és rajzoljuk fel ezeket az adatokat (3. görbe). Ez az úgynevezett árnyalat-görbe jól tájékoztat arról az alsó határról, amely alatt a sötétségárnyalatok elvesznek. Minél mélyebben fekszik a görbe valamely pontja, annál nagyobb keménységet, tehát az árnyalati különbségekkel szemben nagyobb érzékenységet jelent. A lemez vagy papír annál jobb, minél hosszabb, laposabb és alacsonyabb a középen lévő minimum. A kép készítésekor csak az ×-ekkel jelölt helyek közé eső rész használható eredményesen.

A lemeznek, vagyis a negatív anyagának megítélésében az árnyalati görbe (50. ábra, 3. szám) ismerete nagyon fontos. Ha meghatároztuk a feketedési görbét, ebből számítás útján megkaphatjuk az árnyalati görbét. Azonban ez az eljárás két okból hátrányos. Először is ez a számítás nemcsak hosszadalmas, hanem pontatlan, mert a feketedés különbségeit sokkal kisebb pontos-

sággal határozhatjuk meg, mint magukat a feketedéseket. Másodszor pedig fényképészeti papír esetében az ilyen módon meghatározott árnyalati görbe hibás eredményeket ad. Ennek az oka még nem ismeretes teljesen, valószínűleg a papír felületének szerkezete és fényvisszaverőképessége játszik nagy szerepet. Tehát a számított és a tényleges árnyalati görbe között eltérés van.

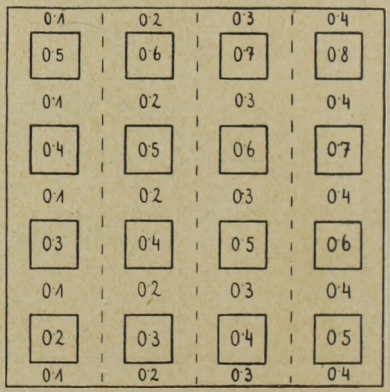


50. ábra.
1. Feketedési karakterisztika. 2. A belőle számított keménységi és 3. a belőle számított árnyalati görbe.

Goldberg talált ki olyan módszert, amellyel azonnal kísérleti úton meghatározhatjuk a papírok tényleges árnyalati görbéjét anélkül, hogy a feketedési görbét ismernénk. Az erre a célra használható eszköz az úgynevezett detail-lemez.

A detail-lemez szabályos elrendezésben tartalmaz minden előfordulható árnyalatkülönbséget. Az 51. ábra a detail-lemez kis darabjának vázlata, a számadatok az egyes helyek sötétségét jelentik. A lemez ebben az esetben változó sötétségű alapon elhelyezett

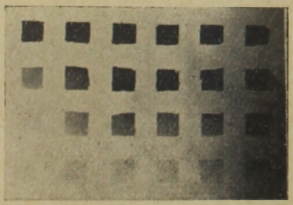
különböző sötétségű négyzetek rendszere. Az alap sötétsége balról jobbra haladva, folytonosan, éles határ nélkül emelkedik, rajzunk baloldalán 0·1, jobboldalán 0·4. A négyzetek sötétsége alulról felfelé emelkedik, a legalsó sorban mindegyik négyzet 0·1-del, a felette levő sorban 0·2-del sötétebb környezeténél és így tovább. A különböző helyeken tehát egyrészt változik az egész



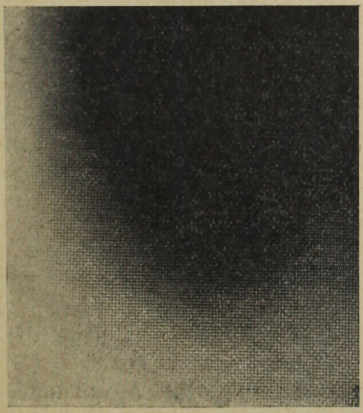
51. ábra.
Detail-lemez vázlatos rajza. Az alap sötétsége balról jobbra emelkedik, a négyzetek által képviselt árnyalatugrás alulról felfelé növekszik.

megvilágítás erőssége, és pedig bal-jobb irányban, továbbá változik maga az árnyalatkülönbség is, ez alulról felfelé. Az 52. ábra ilyen lemez kis darabját tünteti fel. A detail-lemez úgy készül, hogy először az egész lemezt balról jobbra haladva, folyton erősödő fénnyel világítjuk meg, azután újra fényt bocsátunk rá négyzetes rácson keresztül, mégpedig alulról felfelé fokozatosan erősítjük a fényt. Magunk is készíthetünk ilyen detail-lemezt, ha egy diapozitívlemezt először

kereskedésben kapható szürke éken át világítjuk meg, azután finom, drótból készült szitaszövetet teszünk rá és 90°-kal elfordított szürke éken át újból megvilágítjuk. Ha valamely papírt meg akarunk vizsgálni ezzel a lemezzel, a detail-lemezt rámásoljuk a papírra. Ekkor a papíron kapjuk meg a szabályosan elosztott árnyalat-



52. ábra.
Egy detail-lemez kis részletének nagyított képe.



53. ábra.
Detail-lemez másolata. Látszik az árnyalati görbe alakja.

különbségeket. A papír egyes részein már olyan kicsinyek az árnyalatkülönbségek, hogy a másolaton észrevehetetlenek. Ha vonallal összekötjük a még felismerhető négyzetes hálózat szélét, megkapjuk az illető papír tényleges árnyalati görbéjét (53. ábra). Minél hoszabb és mélyebb a minimum, annál jobb a papiros az árnyalatkülönbségek feltüntetése tekintetében.

Az említett szempontok a jó másolópapír feltételei. A fényképész számára ezenkívül legalább is ugyanolyan

fontosak, vagy még sokkal fontosabbak a tárgy valódi árnyalatainak elérésére vonatkozó feltételek. Ezen a téren szintén GOLDBERG végzett alapvető munkálatokat. A *megvilágítás terjedelmén* a tárgy legvilágosabb és legsötétebb helyeinek világossági arányát értjük, logaritmusos mértékben mérve. Például előfordulhat az az eset, hogy felvételünk tárgya megvilágított házfal és legvilágosabb helye a fal fehér része, legsötétebb helye pedig a háztető darabkája. Műszerrel mérve, a fal megvilágításának erőssége 20.000 lux-nak, a háztetőé pedig 20 lux-nak adódott, ennek következtében a legellentétesebben megvilágított részek világossági aránya 20.000 : 20 = 1000; ennek logaritmusa, vagyis 3 fejezi ki ebben az esetben a megvilágítás terjedelmét. A tárgy többi részének megvilágítása feltétlenül 20.000 lux és 20 lux közé esik.

Háromféle megvilágítási terjedelemről szoktak beszélni. A *valóságos* megvilágítási terjedelmet akkor kapjuk meg, ha műszerrel mérjük le a tárgy minden részének megvilágítását, azután megkeressük a legvilágosabb és legsötétebb helyeket.

A *szubjektív* megvilágítási terjedelem meghatározásához ismernünk kell a szem tulajdonságait. Szemünkben fényérzet keletkezik, ha a megvilágítás erőssége 0·000.01 lux és 10,000.000 lux között van (10^{12}-es terjedelem), de ezek a számok semmitmondók, mert nem az a lényeges, hogy szemünk mikor érez fényt, hanem, hogy milyen körülmények között vesz észre világossági különbségeket. Ugyanis csak akkor csoportosulhatnak fényérzeteink képpé, ha az egyes részek között világossági különbségeket észlelünk. A kísérletek eredménye szerint szemünk a legjobb esetben 1%-os világossági különbségek észrevételére képes (logaritmusban 0·004), ez azonban csak a legkedvezőbb körülmények között, közepes megvilágítást használva és laboratóriumi észlelés alkalmával igaz. A tárgy mintázata, nagysága stb. erő-

sen befolyásolja ezt a határt. A tárgy legvilágosabb helyein 5%-os (logaritmusban 0·02), közepes sötétségű helyein 10%-os (logaritmusban 0·04), árnyékos részein 25%-os (logaritmusban 0·1) sötétségkülönbségek jelentik a legkisebb értéket. Ennél kisebb árnyalati különbségek elmaradását szemünk szinte észre sem veszi, ezért a jó fénykép lehetőleg őrizzen meg minden árnyalatkülönbséget az említett határokig, de a még kisebbek hiányozhatnak. A szubjektív megvilágítási terjedelmet úgy kapjuk meg, hogy a valóságosból elhagyjuk azokat a legfényesebb részeket, amelyek már nem tartalmaznak 5%-nál nagyobb világossági különbségeket és azokat a legsötétebb részeket, amelyeken már nincs 25%-nál nagyobb világossági különbség. Ezeknek az elhagyása semmi bajt sem okozhat, mert szemünk ezeken a helyeken semmiféle részletet sem venne észre. A szubjektív megvilágítási terjedelem mindig kisebb a valóságosnál, esetleg vele egyenlő.

Fényképezéshez a szubjektív megvilágítási terjedelem megrögzítésére van szükségünk, mert szemünk a tárgyon sem láthat ennél többet. De a gép fénytani berendezése is hozzájárul a terjedelem szűkítéséhez. A lencserendszerek ragasztási felületei, a lencsék üvegfelületei kis mértékben szétszórják a fényt és a sötét helyekre valamivel több, a világosabbakra valamivel kevesebb esik, mint amennyinek a geometriai fénytan törvényei szerint kellene jutnia. A kamara belsejében végbemenő fényvisszaverődések, esetleg piszoknyomok a lencsén ugyanezt okozzák. A szóródások csökkentik a világossági különbségeket; előfordulhat, hogy a szubjektív megvilágítási terjedelemhez még hozzátartozó részek a lencse által alkotott képen már felismerhetetlenek. A *kihasználható* megvilágítási terjedelmet úgy kapjuk meg, hogy elhagyjuk azokat az elemeket, amelyek a lencse és a gép sajátságainál fogva a lencse által alkotott képen semmiféle árnyalatkülönbséget (részletet) sem mutatnak

fel. Ezeket a részeket el szabad hagynunk, mert hiába veszi észre szemünk a tárgyon ezeket az árnyalatokat, a fényképezőgéppel nem tehetjük őket láthatóvá. A kihasználható megvilágítási terjedelem csak szűkebb lehet a szubjektívnél. A kettő között a különbség nemcsak a tárgytól, hanem a fényképezőgéptől is függ. Kevés darabból álló lencserendszer kevésbbé szórja a fényt, nagyobb a brillanciája.

Táblázatunk a szubjektív megvilágítási terjedelem néhány átlagos értékét tünteti fel:

arckép sötét hajjal	2
arckép világos hajjal	1
tájkép előtérrel, felhővel	3
tájkép előtér nélkül	1
épület belső része, gép	3—4
kapubejárat (mozgatott szemmel nézve)	6
repülőfelvétel lefelé irányítva	1
rajz, festmény, nyomtatvány	0·8—1·5

2. A pozitív papírképek és kezelésük.

A pozitív képek előállítására használt fényérzékeny anyagok és a negatívokéra használatosak között a következő lényegesebb különbség van:

negatív	*pozitív*
1. A felvétel idejének lehető rövidítésére nagy fényérzékenységre van szükség.	1. Alkalmas fényforrás és megvilágítási idő tetszés szerint választható, tehát az érzékenységnek nincs nagyobb jelentősége.
2. A fényérzékeny réteget hordozó felület csaknem mindig átlátszó anyag.	2. A hordozó felület a legtöbb esetben átlátszatlan papír.

A pozitív rétegek által elérhető árnyalati különbségek nagy mértékben változtathatók a gyártási módjával s

jóformán minden negatívhoz találunk megfelelő papírt. Van lágy, igen lágy, közép, kemény, igen kemény árnyalatú papír. Rétegük nemcsak ezüstbromidot (AgBr), hanem ezüstkloridot (AgCl), pl. a napfényen másoló papírok, vagy ezüstbromid és klorid keverékét tartalmazzák, mint pl. az ú. n. „gázfénypapír". A papír rétegének ezüsttartalma kisebb, mint a negatívoké, □-méterenkint 2—4 g. Az ezüstbromid-papírok ezüstbromidtartalma □-méternkint 2·8—4 g, a gázfénypapírok ezüsthalogéntartalma kevesebb, 1·8—2·8 g, a negatívok 10—20 g-jával szemben.

Az ezüsthalogén-réteget nem közvetlenül a papíranyagra, hanem közbeeső rétegre öntik, ez megakadályozza, hogy a réteg a papírrostok közé szívódjon s a kép erőtlen, fátyolos legyen. Azáltal, hogy ez a réteg elválasztja a fényérzékeny réteget a papíralaptól, azt is megakadályozza, hogy a papírban lévő és el nem távolítható szennyezések idővel foltokat okozzanak a rétegben. A közbeeső réteg báriumszulfát-tartalmú zselatínréteg, amelyet gyakran színeznek, hogy növeljék a kész kép árnyalatainak mélységét és a világos részletek ragyogását. A báriumszulfátos réteget sokszor még a teljesen fehér papírokon is gyengén rózsaszínre, vagy kékre színezik. A chamois-papírokat az alapanyag színezésével állítják elő.

A réteg felületének szerkezete nagy mértékben befolyásolja annak fényképészeti tulajdonságait is. Fényes papíron erős a feketedés, ragyogók a fényrészletek; fénytelen (matt) papíron csökken a feketedés és a világos részletek fátyolozottabbak. A papír felületének milyensége az alappapír felületétől és a közbeeső réteg szerkezetétől függ. Nagyon fénytelen papírok közbeeső rétegéhez rizskeményítőt kevernek.

Az alapul szolgáló papír gyapot- és facellulóze-keveréke, a vékony 135 g, a karton 280 g súlyú □-méterenkint. Rendesen külön erre a célra készítik, hogy azok-

nak a rendkívüli igénybevételeknek, például a különféle vegyszerek hatásának, amelyeknek a kikészítés alatt ki van téve, ellenálljon.

A pozitív kép fényérzékeny rétegét sokkal jobban keményítik, mint a negatívét, ezért a mechanikai hatásoknak jobban ellenáll. A papírok fényérzékeny rétegét vékony zselatín-védőréteggel is bevonják. Ez a külső behatásoktól óvja, a fényes papírok ragyogását fokozza és a papírképek zsugorodását csökkenti.

A papírképek egyes rétegeinek vastagsága a következő:

	Rétegvastagság mm	
	szárazon	nedvesen
papír	0.170	0.230
báriumszulfát réteg	0.020	0.025
fényérzékeny réteg	0.010	0.040
védőréteg	0.005	0.010
	0.205 mm	0.305 mm

A választandó papír szerkezete és felülete a másolandó negatívtól függ. Fényes papíron legszebben érvényesülnek a negatív összes részletei; fénytelen vagy más érdes szerkezetű papírok könnyebben retusálhatók s ilyen papíron az életlen képek is kevésbbé zavaróan hatnak. Színes alapú papír az ellentéteket csökkenti, tehát kemény képekhez való. Az erőtlen képek ellentéteinek növelésére fehér, keményen dolgozó, fényes papírt használunk, gyenge, vagy halványsárga fényben másoljuk, erőteljesen dolgozó hívóval hívjuk és fekete árnyalatokra törekedünk.

Kemény negatívokról lágyan másoló, érdes felületű, esetleg színes alapú papírra készítjük a képet és még meleg színre is színezhetjük.

A pozitív papírok nem olyan fényérzékenyek, mint a negatív anyagai, fényérzékenységük csak néhány századrésze a negatívokénak s így kezelésük sem okoz olyan gondot, mint azoké. A napfényen másoló ezüst-

klorid papírokat tompított nappali fényben is kezelhetjük, a gázfénypapírokat sárga és a brómezüst-papírokat világosvörös- vagy narancsfényben dolgozhatjuk ki (l. 94. oldal).

A klórezüst-papírok napfényen másolhatók és közvetlenül látható képet adnak. Ezeknek jelentősége ma már csökkent, mert kényelmesebb kezelhetőségük miatt az *előhívó-papírok* használatára tértek át. A klór-brómezüst- és a brómezüst-papírok nem adnak közvetlenül látható képet. Ezeken éppen úgy, mint a negatívokon, a képet előhívással tehetjük láthatóvá.

Az előhívó-papírok kezelése. Az előhívó-papírok fényérzékeny rétegének előállítása, szerkezete teljesen hasonló a negatívokéhez. A papírképek előhívására csaknem minden előhívó használható, mely negatívok hívására alkalmas, de célszerű valamivel jobban higítani és több alkálit keverni hozzá. Rendes hívóval barnásfekete árnyalatot kapunk, töményebb hívóval, különösen, ha több metolt tartalmaz, kékesfeketét. Gázfénypapírok átlagos előhívási ideje 1 perc, brómezüst-papíroké 2—3 perc. Minél hoszabb a megvilágítás és minél hígabb a hívó, a kép árnyalata annál inkább hajlik a barnás szín felé. Ha ismerjük a megvilágítás meghosszabbítását és a hívó higítását, a barnától a vörösig úgyszólván minden színárnyalatot előállíthatunk. A rendesnél 10—30-szor hosszabb ideig kell megvilágítani és az előhívót 8—15-szörösre higítani.

A redukált ezüst színváltozása eloszlási állapotában keresendő. A tömörebb, nagyobb szemcséjű ezüst fekete színű, a nagyon finom eloszlású sárga vagy vörös. A szemcse finomságának növekedésével az ezüst színe feketés-zöld, szépia, barna, végül sárga lesz. Sokszor megfigyelhető, hogy a rendes előhívás folyamán is változik a kép színe, mert a hívás előrehaladásával a szemcse nagysága is változik. Hosszú megvilágítás hatására sok előhívási pont keletkezik, ameddig ezek hívás köz-

ben elkülönülve maradnak, a kép sárga, ha összeérnek és növekednek, a kép egyre jobban elfeketedik. A szulfitot nélkülöző pyrocatechin-hívó közvetlenül is barna színűre hívhatja a képet.

Pozitív képek kidolgozásához legjobb a csomaghoz mellékelt használati utasítást követni, mert az előállító gyárak minden bizonnyal a legjobb és leghasználhatóbb eljárást ajánlják.

A papírképek rögzítése gyorsabban folyik le, mint a negatívoké, mert az oldat két oldalról is behatolhat a rétegbe, azonkívül a pozitív rétegek szemcsenagysága kisebb lévén, aktív felületük nagyobb.

Az előhívó-papírok színezése. A képhatás növelésére a képet színezni szokták. A színezési módszerek napjainkban nem olyan elterjedtek, mint régen, mert a mai művészi fényképezés csak a fekete, legfeljebb a melegbarna árnyalatú képeket kedveli, ma már inkább csak a diapozitív képeket színezik.

Valamennyi színezési eljárás alapelve az, hogy a képet alkotó ezüstöt a zselatín megfestése nélkül színes ezüstvegyületté alakítjuk át, vagy más színes fémvegyülettel helyettesítjük. Közvetlenül színezzük, amikor az ezüstképet egyetlen kezeléssel alakítjuk át színes vegyületté, ilyen például a kénes és a szelénes színezés és egyes ferrocianidos eljárások. Közvetett a színezés, ha a képet először valamely színtelen vegyületté alakítjuk át és ebből újabb kezeléssel színes vegyületet képezünk.

A közvetlen eljárások egyik legelterjedtebb módja a kénes színezés. Ez azon alapszik, hogy a finom eloszlású ezüst szulfidokkal közvetlenül is vegyül:

$$2\,Ag + Na_2S + 2\,H_2O = Ag_2S + 2\,NaOH + H_2$$

azonban a fekete, tehát aránylag durvább eloszlású ezüst esetében ez a reakció lassan folyik le és ezen csak úgy segíthetünk, ha a kénnek azt a rendkívüli nagy reakcióképességét vesszük igénybe, mely felszabadulása pilla-

natában (in statu nascendi) jellemzi. A szabad ként timsóval megbontott nátriumthioszulfát oldatból állítjuk elő. Először cserebomlás révén aluminiumthioszulfát keletkezik, mely 50—60°-ra melegítve elbomlik és szabad kén válik ki,

$$Al_2(S_2O_3)_3 + 3\,H_2O = 2\,Al(OH)_3 + 3\,SO_2 + 3\,S$$

ez a rendkívül finom alakban kiváló, nagy reakcióképességű kén az ezüstöt barnaszínű ezüstszulfiddá alakítja. Az így színezett képek nagyon tartósak, de az eljárás hátránya, hogy meleg oldatokkal kell dolgozni és a keletkező kénvegyületek szaga igen kellemetlen.

A ferricianidos eljárások más elven alapulnak. Ha az ezüstképet káliumferricianid oldatában fürdetjük, a képet alkotó finom eloszlású ezüst a ferricianidot gyorsan ferrocianiddá redukálja:

$$4\,Ag + 4\,K_3[Fe(CN)_6] = Ag_4[Fe(CN)_6] + 3\,K_4[Fe(CN)_6]$$

a nehézfémek ferricianidjai vízben oldhatók, a ferrocianidok pedig oldhatatlan, színes csapadékot képeznek. Ha tehát a ferricianid-oldatot valamilyen nehézfémsó-oldattal keverjük, a fémezüst hatására keletkezett ferrocianid a nehézfém ferrocianidját választja le s az oldatban a következő egyensúlyi helyzet keletkezik (a képletekben „Me" tetszésszerinti nehézfémet jelent):

$$2\,K_3[Fe(CN)_6] + 3\,Me(NO_3)_2 = \\ = Me_3[Fe(CN)_6]_2 + 6\,KNO_3$$

a képződött ferricianid oldatban marad és könnyen reagál a fémezüsttel:

$$2\,Me_3[Fe(CN)_6]_2 + 4\,Ag = \\ = \underset{\text{oldhatatlan fehér}}{Ag_4[Fe(CN)_6]} + 3\,\underset{\text{oldhatatlan színes}}{Me_2[Fe(CN)_6]}$$

Sok esetben maga a zselatín is tartalmaz olyan anyagokat, melyek redukálóak, ilyenkor nemcsak az ezüst-

tartalmú helyek, hanem a kép egyéb részei is színeződhetnek. Ennek elkerülésére a színező fémiónt nehezen redukálható, összetett vegyületté kell átalakítani. Erre alkalmasak a szerves savak alkálisói. A ferricianidtartalmú, közvetlenül színező fürdők tehát a következő alkatrészeket tartalmazzák: káliumferricianidot, melyet az ezüst ferrosóvá redukál, nehézfémsót, mint színező vegyületet, szerves savak alkálisóit (például citrátot, oxalátot, tartarátot) komplex fémionok képzésére s a kép fehér részeinek derítésére és a zselatínt cserző timsót. Szükség szerint még ásványi savakat is adhatunk hozzá, melyek a fémkomplexeket szükség szerint megbontják s ezzel, ha kell, a színező fürdő redukálóképességét növeli és színezőképességét szabályozhatóvá teszik.

A színező nehézfém-vegyületek, ha barnák, urán-, ha kékek, vas-, ha vörösek, réztartalmúak.

Urántartalmú fürdők után célszerű a képeket szulfidokkal kezelni, hogy a színtelen ezüsferrocianidot átalakítsuk barna ezüstszulfiddá, amivel nemcsak a kép színén javíthatunk, hanem az utólagos foltosodást is elkerülhetjük.

Vasvegyületnek legcélszerűbben vasammóniumtimsót, vagy ferriammóniumcitrátot használhatunk. Vassal színezve, a színező csapadék berlinikék, $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$. A vassal színezett képek alkáliákkal szemben nem állandóak. Utólagos kénes színezés itt is alkalmazható, azonban a kép árnyalata zöldes lesz.

A réztartalmú színezőkhöz rézszulfát-oldatot használunk, melyből a fentiek szerint vörösbarna rézferrocianid keletkezik. Savakkal és lúgokkal szemben aránylag ellenálló, tartósabb képeket adnak, mint az előző eljárások.

A *közvetett kénes színezés* szinte az egyetlen színezési eljárás, melyet még ma is általánosan használnak. Kénes színezéskor az ezüstöt először olyan színtelen vegyületté alakítjuk, melynek reakcióképessége a kén-

nel szemben lényegesen nagyobb, mint a fémezüsté. A színtelen vegyület vagy ezüsthalogén, vagy ezüstferrocianid.

A fémezüstnek ezüsthalogénné való átalakítására a képet olyan oldatban fürdetjük, melyből

20 cm^3 10%-os káliumferricianid-oldat,
7 „ 10%-os káliumbromid-oldat,
3 „ 25%-os ammóniumhidroxid-oldat,
65 „ víz.

Az oldatban a kép gyorsan elszíntelenedik. A színező fürdő 1%-os nátriumszulfid-oldat, amiben az elszíntelenített és jól kimosott kép hamar megbarnul.

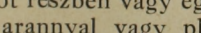
A kép színe nagy mértékben függ az ezüst eloszlási fokától, a szulfidoldat töménysége egyáltalán nincs befolyással a színre.

Kén helyett, illetve a kén mellett szelént is használhatunk színezésre. Ha a nátriumszulfid-oldatban 0·1% fémszelént oldunk fel, nagyon szép meleg vörösbarna színárnyalatot kapunk. A szeléntartalmú oldat nem tartós.

Minden színezésnek alapfeltétele, hogy csakis jól rögzített és jól kimosott másolatokat használjunk.

Napfényen másolható papírok kezelése. A napfényen másolható papírokban kidolgozás után sokkal nagyobb az ezüst eloszlási foka, mint az előhívó-papírokban. Természetesen a finom eloszlású ezüst reakcióképesebb, ezért ezeknek a képeknek tartóssága kisebb. Finom eloszlásra mutat az ezüst ibolyaszíne is.

A tartósságot és a kép rossz színét javíthatjuk, ha a képekben az ezüstöt részben vagy egészben valamilyen nemesebb fémmel, arannyal vagy platinával cseréljük ki. Ez a művelet aránylag könnyen elvégezhető, mert elegendő a képet a megfelelő nemesfémtartalmú oldatban fürdetni:



$$3\,Ag + AuCl_3 = Au + 3\,AgCl,$$

ilyen módon az ezüstnek 30—40%-a símán kicserélődik arannyal, az ezüstkloridot pedig rögzítő-oldattal távolítjuk el. A nemesfém sóját vagy a rögzítő-oldatban oldjuk, és ekkor a rögzítéssel együtt a színezést is elvégezhetjük, vagy lehet a rögzítést is, a színezést is különkülön végezni. A színárnyalat az arany eloszlási fokától függ; kolloid arany rózsaszínű vagy kékesvörös, ha diszperzitási foka kisebb, a szín mindinkább a kékes árnyalat felé hajlik.

Színezésre az aranynátriumklorid ($AuNaCl_4 . 2H_2O$) alkalmas, platinasók gyakorlati célra túlságosan drágák. A színezők többnyire még rhodánsókat is tartalmaznak, mert ezek kissé oldják az ezüstöt és ezzel a színezési folyamatot gyorsítják. A rhodánsók a kép tartósságát is növelik, mert jelenlétükben a képek ezüstje 100%-ban kicserélhető arannyal. Ha a fürdőben rhodánsók is vannak, az arany részben összetett vegyületté alakul, azonban a komplex ionok $[Au(CNS)_4]$ nem vesznek részt a színezésben, csak az $Au^{\cdots}$-ion.

A rhodán-arany-tartalmú színezőfürdők készítése igen egyszerű, elegendő, ha a megfelelő töménységű aranyklorid-oldathoz feleslegben kálium- vagy ammóniumrhodanidot adunk. Az összeöntéskor először barna csapadék válik ki (aranyrhodanid, $Au[CNS]_3$), mely azonban a rhodánsók feleslegében könnyen oldódik, mint $NH_4Au(CNS)_4$.

A gyakorlatban jól bevált színező oldat:

1000 cm^3 víz,
20 g ammóniumrhodanid,
100 cm^3 1%-os nátriumaranyklorid-oldat.

A színező-rögzítő-fürdők egyidejűleg nátriumthioszulfátot is tartalmaznak. Az ebben lejátszódó folyamatok eléggé bonyolultak. Először az aranyklorid redukálódik:

1. $$2\,AuCl_3 + 4\,Na_2S_2O_3 = 2\,AuCl + 2\,Na_2S_4O_6 + 4\,NaCl$$

A keletkező auroklorid a nátriumthioszulfát feleslegével reagál:

2. $$2\,AuCl + Na_2S_2O_3 = Au_2S_2O_3 + 2\,NaCl$$

A keletkező aurothioszulfát újabb nátriumthioszulfáttal vegyül:

3. $$Au_2S_2O_3 + 3\,Na_2S_2O_3 = 2\,Na_3[Au(S_2O_3)_2]$$

A nátriumaurotioszulfát könnyen disszociál és az oldatban levő auroión színez:

$$[Au(S_2O_3)_2]''' \rightleftarrows Au^{\cdot} + 2\,(S_2O_3)''$$

Savanyú oldatokban a disszociáció könnyebben megy végbe, a savanyú színező-rögzítő-fürdők gyorsabban színeznek.

Az árnyalatok javítására ólom és rhodán sóit is adhatjuk az oldathoz. A színező-rögzítő-fürdő összetétele:

1000 cm^3 víz,
299 g nátriumtioszulfát,
20 g ólomnitrát,
20 g ammóniumrhodanid,
40 cm^3 1%-os nátriumaranyklorid-oldat.

Gyakori eset, hogy az aranytartalmú színező-fürdők kettős színt adnak: a világos helyeken más színárnyalatot okoznak, mint az árnyékokban. Ennek az a magyarázata, hogy a kevés ezüstöt tartalmazó részek sokkal könnyebben és gyorsabban kicserélődnek arannyal, mint azok, amelyekben sok az ezüst. Ezt úgy kerülhetjük el, hogy nem használunk túlságosan tömény oldatokat.

3. A nagyítás.

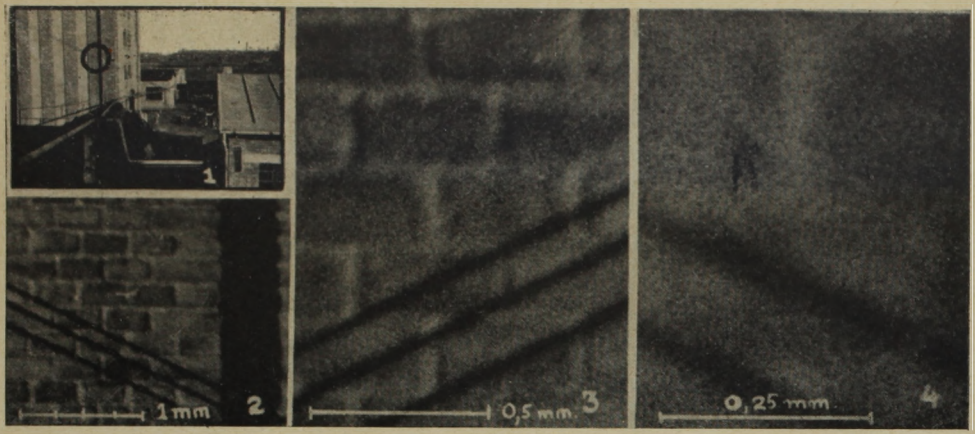
Bizonyos nagyságon alul a kép nem élvezhető, mert nem látjuk minden részletét s az áttekinthetőség, valamint a művészi hatás elérésére, megfelelő képnagy-

ságra van szükség. Régen olyan nagyalakú negatívokat használtak, hogy nem volt szükség a képek utólagos nagyítására; ma, a kis kamrák idején, minden nagyobb képet nagyítással készítenek. Nagyítás révén a rövidebb gyujtótávolságú lencsék nagyobb mélységi élességét is jobban kihasználhatjuk, azonkívül a megfelelően nagyított részletek kivágásával sokkal térszerűbb hatást érhetünk el.

A negatívok nagyíthatóságának mértékét a kép élessége, a szemcsenagyság s a negatív szerkezete szabja meg.

Az emberi szem által érzékelhető legkisebb távolság az, amelyből a sugarak egy ívpercnyi szög alatt érkeznek szemünkbe. A rendes szemlélés távolságából, vagyis 26 cm-ről nézve, ez a távolság 0·076 mm-nek felel meg, ennél közelebb fekvő két pontot szemünk nem választ el egymástól. A fényképező-lencsék a pontot nem élesen elhatárolt pont gyanánt, hanem a széleken elmosódott kis korong alakjában képezik le. Éles képen a korong átmérőjének, melyet megengedhető életlenségnek nevezünk, nem szabad nagyobbnak lenni a kép átlójának $^1/_{1000}$ részénél. Gyakorlatban a képet használhatónak tartjuk, ha az említett szóródási kör átmérője nem nagyobb 0·22 mm-nél, tehát 26 cm-es látástávolságból a szemünkbe érkező sugarak 3 ívpercnél nem zárnak be nagyobb szöget. Kifogástalanul éles az a kép, melynek életlensége 0·1 mm-nél nem nagyobb. A képet csak úgy tekinthetjük át teljes egészében, ha olyan távolságból nézzük, mint a kép átlója, tehát a fentiek szerint nagy képeken nagyobb életlenség engedhető meg.

A nagyítást addig lehet fokozni, amíg a képet alkotó ezüstszemcsék láthatóságának határát elérjük. Átlagos szemcsenagysággal a nagyíthatóság felső határa körülbelül 30-szoros nagyításnak felel meg. A szemcsék láthatóságának határán a szemcsék között a szabad felületek a képen mint apró, kis fekete pontok jelennek

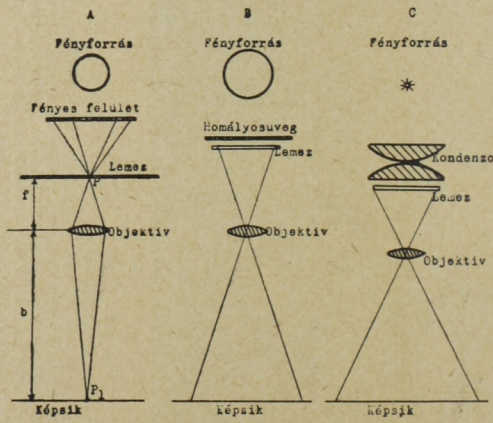


54. ábra.

Negatívok nagyíthatósága.

1. Eredeti *Leica*-felvétel *Elmar* f = 5 cm objektívvel, F = 9, $^1/_{11}$ mp megvilágítás, *Agfa*-isochrom film, p-fenilendiamin hívó. A körrel jelzett területből készítettünk nagyításokat. 2. 17-szeres nagyítás, a teljes képnagyság 41 × 61 cm. 3. 50-szeres nagyítás, teljes képnagyság 120 × 180 cm. A képet megfelelő távolságból szemlélve (kb. 2 méterről) még kifogástalanul élesnek látjuk. 4. A nagyítás 120-szoros, teljes képnagyság 290 × 430 cm. A kép szerkezete már látható, a finomabb részletek már szétfolynak, erősen túlléptük a nagyíthatóság határát.

meg. Kisebb nagyításban ez még nem zavar, mert a pontok a szabadszemre vonatkozó láthatóságon innen, igen közel vannak egymáshoz. Azonban az említett 30-szoros nagyítást gyakorlatban igen nehezen érjük el s a szemcsézettség már sokkal hamarabb jelentkezik (54. ábra).



55. ábra.
A nagyító készülékek működése és a nagyítógép-rendszerek. *A.* A nagyítás. *B.* Szórt fényű nagyítógép. *C.* Kondenzoros nagyító.

A nagyítókészülék tulajdonképen egyszerű vetítő (55. ábra, A.). A készülékbe helyezett lemezt *(L)* a *K* fényes felület világítja meg. A negatív valamely *P* pontjából kiinduló sugarak áthaladnak az *O* lencsén és a *b* távolságon lévő síkon P_1 nagyságú foltban egyesülnek. Ha a lencse gyujtótávolsága *f*, a lencse a lemeztől való távolsága *a*, a lencse távolsága a képtől *b*, akkor

$$\frac{l}{a}+\frac{l}{b}=\frac{l}{f}$$

továbbá

$$b : a = S_1 : S,$$

hol S a negatívon mért bizonyos hosszúságú vonaldarab és S_1 ennek a képen megfelelő nagyított vonal. Ezek szerint a negatív és a kép nagysága úgy aránylanak egymáshoz, mint az objektívtől mért távolságuk. Az alábbi képletből könnyen kiszámíthatjuk a nagyítás mértékét *(n)*:

$$\frac{S_1}{S} = \frac{b}{a} = n$$

Ha ismerjük a nagyítás mértékét, további adatokat is megállapíthatunk:

$$b = f\ (n + l),$$

$$a = \frac{f}{n}(n + l) = f\ (l + \frac{l}{n}),$$

vagyis a képtávolság egyenlő a gyujtótávolság és az egygyel nagyobbított nagyítási szám szorzatával, a szükséges „kihuzat" (a negatív és a lencse távolsága) pedig a képtávolság és a nagyítási szám hányadosa. Ha a nagyítás éppen egyenlő a képpel, a nagyítási szám 1 és ilyenkor a képtávolság a gyujtótávolság kétszeresével egyenlő. Minél nagyobb a nagyítás, annál nagyobb a képtávolság és annál kisebb a lencse távolsága a negatívtól: annál kisebb a „kihuzat". Ezekből az egyszerű képletekből minden táblázat nélkül könnyen kiszámíthatjuk a szükséges adatokat.

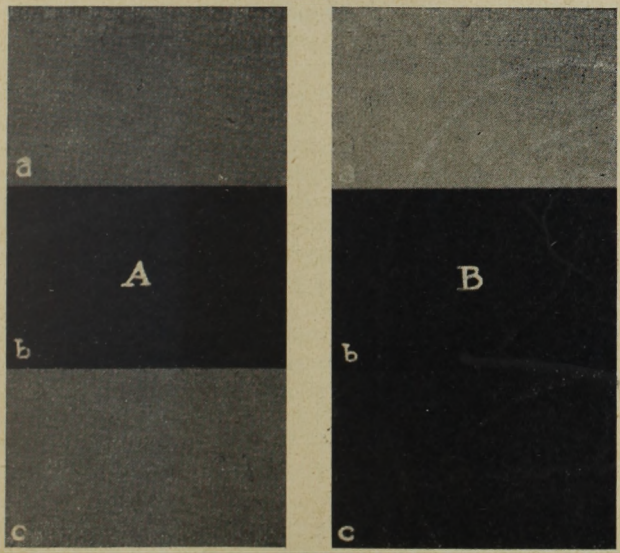
A nagyítókészülékek a megvilágítási rendszer szerint sugárzó fénnyel (kondenzorral) vagy szórt fénnyel dolgoznak. A sugárzófényű (kondenzoros) nagyítókhoz (55. ábra, B.) gyüjtőlencsét használnak a negatív megvilágítására, hogy a fényforrás fényét veszteség nélkül juttathassák a lencséhez. A sugárzó fényben a negatív pontjait csak egyetlen és határozott irányú fénysugár találja. Szórt fénnyel (55. ábra, C.) dolgozó nagyítókészülékek közvetve, hátulról megvilágított homályos üveglappal, vagy más visszaverő felülettel végzik

a megvilágítást. A negatív minden pontján minden irányban haladó fénysugarak haladnak át.

A két világítási rendszer között igen nagy a különbség. A negatív árnyalatait csak a szórt fény adja vissza helyesen, a sugárzó fény megváltoztatja a negatív eredeti árnyalati viszonyait, mert a lemezeknek párhuzamos fényben mért optikai sűrűsége nagyobb, mint szórt fényben. Ezt a jelenséget CALLIER-hatásnak nevezzük.

A CALLIER-hatás befolyását egyszerű módon kimutathatjuk. Valamely üveglemeznek harmadrészét fedjük be homályos üveglappal és helyezzük a nagyítókészülék lemeztartójába. A képet brómezüstpapírra vetítsük le s annak a részének felére, melyet nem fed a nagyítóba helyezett homályos üveg, fektessünk ugyanolyan homályos üveglapot. A brómezüstpapírra vetített kép harmada a nagyítókészülékben a lemez helyére tett homályos üvegen, harmada minden korlátozás nélkül és harmada a brómezüstpapírra helyezett homályos üvegen keresztül kapja a fényt. Ilyen módon megvilágítunk egy-egy brómezüstpapírt sugárzó és szórtfényű nagyítókészülékben is. Sugárzó fénnyel dolgozó nagyítóban a homályos üveget nélkülöző részek a lencsén át szóródás nélkül jutnak a papírra. A homályos felület a fénynek bizonyos részét visszaveri, más részét elnyeli és csak a maradék jut a brómezüstpapírra (56. ábra, B.). A homályos üveg képe sokkal világosabb lesz a képen, mint a valóságban. Ha a homályos üveget közvetlenül a papírra helyezzük, tulajdonképen egyenlő fénymennyiségnek kellene mindkét szélső részre jutni, azonban a homályos üveg alá eső rész sokkal sötétebb lesz. Szórt fénnyel dolgozó nagyítóban a fedetlen részen is szétszórt sugarak haladnak át, éppen úgy, mint a homályos üvegen, tehát a fedett részekre csak annyival jut kevesebb fény, amennyit a homályos üveg visszaver, vagy elnyel s mindkét szélső rész megvilágítása egyenlő lesz (56. ábra, A.).

A negatívot alkotó ezüst nem homogén rendszer, hanem a fedett részeken zavaros fényszóró közeg; a fenti jelenségek, ha nem is olyan nagy mértékben, mint a példában, a negatívokon is mutatkoznak.



56. ábra.
Szórtfényű *(A)* és sugárfényű (kondenzoros, *B)* nagyítók közötti különbség; *a.* részben homályos üveg a negatív helyén, *b.* közvetlen megvilágítás, *c.* homályos üveg közvetlenül a fényérzékeny papírra helyezve.

Sugárzó fénnyel dolgozó nagyítóknak előnye, hogy a fényforrás fényét jobban kihasználják és sokkal rövidebb megvilágítás szükséges, mint szórt fényben. Különösen erőtlen negatívokhoz előnyös a kondenzoros nagyító használata, mert az ellentéteket erősen növeli, sok

kal keményebb képet kapunk, mint az eredeti. Ebből következik, hogy a negatív szerkezetét is jobban kidolgozza, ami a sugárzó fényhez éppen alkalmas vékony negatívokon hat különösen kellemetlenül. A lencse fényrekeszelése sokszor egyenetlen megvilágítást okozhat. Minthogy a kép elkeményedik, a negatív minden hibája (karcolás, ujjnyom, retus stb.) élesen jelentkezik a papírképen is.

Szórt fényű nagyítók a negatív árnyalatait helyesen adják vissza s a nagyítás sokkal hasonlóbb a közönséges másolathoz. Valamivel fedettebb negatívot kíván, mint a kondenzoros készülék, mert a nagyított kép nem lesz keményebb. A negatív szerkezetét kevésbbé dolgozza ki, tehát a nagyítást jobban fokozhatjuk. Fényrekeszt használhatunk, mert a fényforrás elhelyezésével szemben nem érzékeny. A negatív hibái sem jelentkeznek keményen. Hátránya, hogy a fényforrás fényét rosszabbul használja ki, mint a kondenzoros készülék, hosszabb megvilágítást vagy erős fényforrást igényel a nagyítás.

Nagyításhoz minden olyan lencsét használhatunk, mely a szükséges nagyságú képfelületet kirajzolja és torzításmentes képet ad. A jó rajzolás végett gyujtótávolsága ne legyen rövid, viszont túlságosan hosszú sem, mert ekkor a nagyításhoz sok hely kell; szabálynak vehetjük, hogy a nagyítólencse gyujtótávolsága körülbelül ugyanakkora legyen, mint a lemez átlója. Ha túlságosan kicsi a lencse fényereje, nagyon nehéz a képet élesre állítani. Minél erősebben nagyítjuk a képet, annál nagyobb fényerejű lencsét használjunk, mert ezeknek nagyobb a feloldóképességük és a negatív szerkezete sokkal kevésbbé válik láthatóvá. Különösen erős nagyításnál ne használjunk fényrekeszt, mert a szemcsék jobban láthatókká válnak. Ha túlrövid megvilágítás miatt a fényt gyengíteni kell, inkább más eszközökhöz (gyengébb világítás, pillanatzár stb.) forduljunk.

V. A színes fényképezés.

1. Az autokróm-eljárás.

Alapelv. A közönséges fénykép fekete és szürke árnyalataival nélkülözi a látható természet legszebb és legváltozatosabb tüneményét, a színeket. Magától értetődik, hogy amióta elterjedt a fényképezés, azóta él az emberekben a vágy a színes fényképezés megoldására. A papirosra másolható színes fénykép kérdése még megoldatlan, de átlátszó, színes fényképeket mindenki készíthet minden különösebb segédeszköz nélkül. Először a Lumière-féle autokróm-, illetőleg az Agfakolor-eljárásról lesz szó, mert ez a legegyszerűbb.

Az autokróm-módszerrel három alapszínre bontjuk a képet. Elvileg bármilyen három alapszínt választhatunk, mert ezekből keverés által minden színt előállíthatunk, mégis célszerű, ha jól meghatározott, telt színeket választunk alapul. Minden olyan eljárás, amely az egyes színfoltok egymás mellé helyezése által, additiv úton keveri a színeket, pirost, zöldet és kéket választ alapszínnek. A Lumière-rendszerű lemez üvegére először is vékony réteget kennek fel, amely piros-, kék- és zöldszínűre festett, átlátszó keményítőszemecskék rétege. Az egyes szemcséknek egymás mellé kell feküdniök és egyiknek sem szabad a másik fölé kerülni. E réteg úgy készül, hogy külön festenek meg anilinfestékekkel bizonyos mennyiségű keményítőt és ezeket kellő arányban elegyítik. Alapos keverés után az anyagot az üvegre kenik és az egyes szemcsék között a hézagokat korommal vagy grafitporral töltik ki. Végül gyantaréteggel borítják be a szemcséket, ez növeli átlátszóságukat és nem engedi az előhívót vagy a vizet a szemcsékhez. Az Agfakolor-eljárás festett gyantagömböcskéket használ. Ezek pontosan egymáshoz illeszkednek, tehát hézagokat kitöltő anyagra nincs szükség (57. ábra

a színes táblán). A színes részecskék nagysága mindegyik eljárás esetében 0·005 és 0·02 milliméter között van (5μ és 20μ). Az ilyen módon készített háromszínű szűrőrétegre vékony pankromatikus réteget öntenek.

A fényképezéshez a lemezt vagy filmet réteges oldalával hátrafelé kell elhelyezni, ekkor a tárgyról érkező fénysugarak először a színes rétegen haladnak keresztül (58. ábra baloldali rajza, a színes táblán). A tárgy piros helyeiről csak piros sugarak érkeznek a lemezre és ezek csak a pirosra festett rácselemek mögött érik el a réteget, a zöld fénysugarak pedig csak a zöld, a kékek viszont csak a kék rácselemek mögött okoznak változást. A megvilágítás után előhívás következik, amikor is fenn a piros, középen a zöld és lenn a kék rácselemek mögött kapunk feketedést (58. ábra baloldalán). Most kénsavas káliumbikromátoldatba áztatjuk a lemezt vagy a filmet, ekkor a fémes ezüst feloldódik. Rögtön ezután megvilágítjuk a lemezt és a megmaradt ezüstbromidot színezüstté hívjuk elő. Ezzel az úgynevezett fordítási eljárás véget ért, a lemez minden olyan helyen átlátszó, ahol a réteget fény érte, tehát fenn a piros, középen a zöld és lenn a kék rácselemek mögött. Ha a megszárított lemezen fehér fényforrás irányában keresztülnézünk, a fehér fényből fenn csak a piros, középen csak a zöld és lenn csak a kék sugarak hatolhatnak keresztül, mert a lemez csak itt átlátszó (58. ábra jobboldalán). Ennek következtében a tárgy képét eredeti színeiben látjuk. A tárgy fehér foltjairól érkező sugarak felvételkor mind a három szűrőelem mögött hatnak a rétegre, mert a fehér az összes színek keverékéből áll; a kész képen lemezünk mindhárom szűrőeleme mögött átlátszó a réteg és a fehér fény ismét átszűrődik mind a három színszűrőn, a piros, zöld és kék sugarak azután a fehér benyomását keltik. A tárgy fekete foltjainak megfelelő helyeken a réteg a fordítási eljárás után teljesen átlátszatlanná lesz. A pi-

ios, zöld vagy kéktől eltérő színárnyalatok esetében mindegyik színes elem mögött többé-kevésbbé átlátszóvá lesz a lemez és az átengedett piros, zöld és kék színek keveréke pontosan az eredeti színárnyalatot tünteti fel. Tekintettel a színes elemek kis méreteire, ezeket nem láthatjuk külön-külön, hanem csak a rajtuk keresztülhaladó fénysugarak keverékét érzékeljük, mint nagy színes foltot. Mivel a kép nézésekor ugyanazon a színes szűrőrendszeren megy át a fény, mint a felvétel alkalmával, természetes színárnyalatokat kell kapnunk. Ha más árnyalatú volna az egyik szemcsecsoport, másképp bocsátaná át a fényt, de a nézéskor újra ezen az eltérő árnyalatú szűrőn menne keresztül a fehér fény.

Gyakorlati kivitel. A lemezt vagy filmet lehetőleg teljes sötétségben helyezzük a kazettába, hogy az érzékeny réteggel bevont oldala legyen felvétel alkalmával távolabb a lencsétől, így a fénysugarak először az üveg és emulziós réteg között a színes szemcserétegen hatolnak keresztül. Az emulzió igen vékony és könnyen megsérül, ezért óvatosan bánjunk vele. A lemezhez védő kartonlap tartozik, amelyet a lemezzel együtt teszünk be a kazettába. Autokróm-rendszerű lemez, tekercs- vagy síkfilm mindenütt kapható.

Ha lemezzel dolgozunk, az élesreállításkor figyelembe kell vennünk, hogy az üveg vastagsága is hozzájárul a lencse és a réteg között lévő távolsághoz. Ezért vagy fordítva elhelyezett homályos üveggel állítunk élesre, vagy pedig a közönséges élesreállítás után a lemezt 1 milliméterrel közelebb hozzuk a lencséhez. Vannak olyan színszűrők, amelyek egyidejűleg kis mértékben szórólencsék is és rögtön kijavítják ezt az 1 mm-es távolságkülönbséget. Színesfilm minden élesreállítási javítás nélkül használható.

A legtöbb, különösen régebbi színes fényérzékeny anyag közönséges körülmények között csak különleges színszűrőkkel használható. Az egész lemez emulziója-

nál és szűrőrendszerénél fogva a kék iránt aránytalanul érzékenyebb, tehát felvételkor a kék sugarakat gyengíteni kell. Erre a célra a gyárak különleges színszűrőket hoznak forgalomba, van közöttük olyan, amelyet közönséges nappali fényben kell használnunk és olyanok, amelyekre különösen erős kékes megvilágítás esetében van szükségünk, így magas hegyen, tenger mellett. Vöröses világítás, például naplementében, újabb különleges szűrőt tesz szükségessé. Rendes, úgynevezett félwattos izzólámpát használva fényforrásul, nincs szükségünk szűrőre. Nitrafotlámpák gyenge szűrőt tesznek szükségessé kékben gazdag fényük miatt. Mindez a régebbi idők óta használatos színes fényérzékeny anyagokra érvényes. A legújabb időkben Agfa-ultrakolor néven olyan lemezek és filmek kerülnek forgalomba, amelyekhez közönséges nappali világításban nem kell szűrő. Ezeknek olyan általánosan érzékeny rétegük és jól megválasztott szűrőszemcserétegük van, hogy a nappali fehér fény árnyalatait helyesen rögzítik szűrő nélkül is. Csak magas hegységben, tengerparton, erdőben fák között vagy alkonyatkor kell pontosan előírt szűrő. Magnéziumos villanóporok nagyon jó fényforrások a színes fényképezés számára, csak az ibolyántúli sugarakat célszerű visszatartani alkalmas szűrővel. A kész színes diapozitívfelvételeket fehér napfényben kell néznünk, különben a fényforrás túltengő színárnyalata elrontja a kép színeit. Ennek javítására is használhatunk szűrőt.

Színes fénykép készítésekor nagyon fontos a megvilágítási idő helyes megválasztása. Ha fekete-fehér fényképet készítünk, csak arra kell vigyáznunk, hogy a tárgy különféle árnyalatainak sorozata nagyjában a feketedési vonal egyenes részére essék. Színes fénykép esetében a rossz megvilágítási idő még a színárnyalatokat is eltorzítja, sőt a túlerős megvilágítás a színárnyalatokat teljesen meg is semmisítheti, ha ugyanis a feketedési görbék kevésbbé meredek helyeire jutunk. Előre is

egészen biztosan sejthettük, hogy a színes fénykép megvilágítási ideje kényesebb, ez ugyanis a tárgy több sajátságát rögzíti meg, tehát több körülményre kell egyszerre tekintettel lennünk. Különben is a színes fényérzékeny anyagok látitudója szűk az aránylag csekély ezüsttartalom miatt. A megvilágítási időre nézve a következő adatok nyujtanak tájékoztatást: ha táblázatunkból 18 Scheiner-fokos anyagra nézve kerestük ki a megvilágítási időt, akkor Lumière-autokróm esetében 60-nal, Agfakolor esetében 30-cal, Agfa-ultrakolor esetében 4-gyel szorzunk. Az Agfa-ultrakolor egészben véve körülbelül 12·5 Scheiner-fokos fényérzékenységű anyagnak felel meg. Egyébként használhatjuk a szokásos megvilágításmérőket és táblázatokat. Közönséges, úgynevezett félwattos izzólámpák segítségével előállított műfényre vonatkoztatva jól használható a következő képlet:

$$E = 900 \frac{m^2}{w}$$

Itt m a tárgy és fényforrás távolsága méterben, w az izzólámpák összes fogyasztása wattban, E a megvilágítási időt jelenti másodpercben, $F = 4{\cdot}5$ esetében, 18 Scheiner-fokos anyaggal. Az ilyenmódon kiszámított adatot kell szorozni 60-nal, 30-cal, 4-gyel.

Az Agfakolor-anyagok előhívójának összetétele:

0·325% metol,
5% kristályos nátriumszulfit,
0·11% káliumbromid,
0·75%-nyi mennyiségű 25%-os ammónia,
0·1% hidrochinon.

Az előhívóból rendszerint négyszer töményebb oldatot készítenek és közvetlenül használat előtt higítják, mert ebben a higításban az oldat nem tehető el. A 9×12-es lemezhez 60 cm^3 előhívót használunk.

Az előhívást pontosan 18°-os hőmérsékleten kell végezni. Időtartama helyesen megvilágított lemez esetében

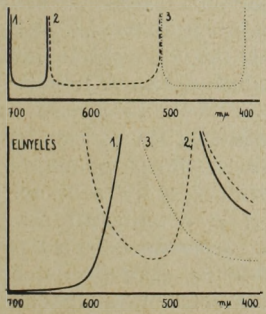
3 perc, film esetében 4—5 perc. Ha sötétben hívunk elő, az előhívás idejét csak az óra alapján állapítjuk meg, ha a lemezt érzéketlenítettük, sötétvörös lámpa fényében kísérelhetjük figyelemmel az előhívás előhaladását. Ilyenkor azonban 1 perccel tovább kell előhívnunk. A szerint, hogy a kép háromszorosan al- vagy kétszeresen túlexponált, a lemez előhívási ideje 4½ perc és 2¼ perc között változik. 1 perces vizes öblítés után a kép a fordítófürdőbe kerül. Ebben 2% kénsav és 0·5% káliumbikromát van. Az oldatban levő krómsav oxidálja az ezüstöt és feloldja, ellenben nem támadja meg a változatlan ezüstbromidot. Innen kezdve rendes erősségű villanyfényben kezeljük tovább a képet. Két-három perc mulva azt tapasztaljuk, hogy a fekete ezüst eltűnt. Újabb 1 perces vizes öblítés után a lemezt újra visszatesszük az először használt előhívóba és három percig erős villanyfényben, vagyis a szokásos szobai világításban hagyjuk. Ekkor az összes megmaradt ezüstbromid előhívódik, a kép megfordítása befejeződik és megjelenik a sötétségek és színárnyalatok szempontjából pozitív kép. Végül két percig mossuk a képet áramló vízben és száraz helyen lehetőleg hamar megszárítjuk. Hosszabb ideig tartó mosás feláztathatja a gyantaréteget és tönkreteheti a képet. Mindegyik oldat hőmérséklete 18 C° legyen.

Ha szükséges, bizonyos határok között gyengíthetjük vagy erősíthetjük felvételünket. Mivel fordítási eljárást alkalmaztunk, túlfödött kép kevés megvilágítást, nem eléggé födött pedig túlságos megvilágítást jelent. A száraz képeket célszerűen úgy lakkozzuk, hogy leöntjük dammárgyanta 3%-os benzolos oldatával. Végül a lemezt vagy a filmet üveglapok közé zárjuk és száraz, hűvös helyen tesszük el. Ha autokróm-eljárással készült képet vetítünk, állítsunk a diapozitív és a nagy gyüjtőlencse közé hűtővízzel telt edényt, úgynevezett küvettát, különben a sugárzó meleg tönkreteszi a megfestett réteget.

Ilyen baleset után színes felvételünk fehér-fekete diapozitívvá változik.

Különleges problémák. Miután megismertük az autokróm-rendszerű színes fényképezést, foglalkoznunk kell azokkal a tényezőkkel, amelyek ezen eljárás hibaforrásai lehetnek.

Legelső a színárnyalatok helyességének kérdése. A vörös, zöld és kék szemcsék mindegyikének megvan a maga elnyelési görbéje és mindegyik átengedi a színkép



59. ábra.
Fent: Három színszűrő elméleti elnyelési görbéje, (ú. n. optimálfilterek) Lent: Agfakolor-film szűrőszemcséinek valóságos elnyelési görbéi. 1. Piros, 2. Zöld. 3. kék.

bizonyos részét. Első pillanatban úgy látszik, hogy a legjobb volna, ha a három szűrőelem elnyelési görbéi élesen csatlakoznának egymáshoz és mindegyik csak meghatározott rezgésszámú területen belül engedne át sugárzást. A vörös szűrő például pontosan csak 700 mμ-tól 650 mμ-ig engedne át fényt, a zöld szűrő 650 mμ-tól 510 mμ-ig és a kék 510 mμ-tól 400 mμ-ig, de egyik szűrő sem engedne át olyan fénysugarat, amely a másik szűrő területére tartozik (59. ábra, fent). Ennek az az előnye, hogy a színek nagyon teltek, hátránya azonban, hogy az egész színképről csak háromszínű képet kapnánk, pontosan a három szűrőelem színében. Szóval átmeneti árnyalatokat szűrőrendszerünk nem jól tüntetne fel.

Ha megköveteljük az átmeneti színárnyalatokat is, a három szűrőelem elnyelési görbéinek feltétlenül egymásba kell nyúlniuk. Tehát mindegyik szűrőelem átenged több-kevesebb fényt azokból a hullámhosszakból is, amelyeket tulajdonképen a szomszédos szűrőelemnek kell átbocsátania. Ez azzal a hátránnyal jár, hogy a színek nagymértékben fehérrel keverednek és sokat veszítenek teltségükből. A valóságban a középutat választják (59. ábra, lent). A színes fénykép színárnyalatai nagyon jók, aminek részben az a magyarázata, hogy a szem nem nagyon érzékeny kevésbbé telt színek árnyalataival szemben, másrészt pedig a tárgyakról visszavert sugarak nagyon sokféle hullámhosszúságú sugarakból keverednek össze. A telítetlen és keverékszínek az autokrómlemezeken többnyire kifogástalanok. Érdekes, hogy a gyakorlatban be nem vált eljárás, az álló fényhullámokat felhasználó Lippmann-féle színes fényképezés éppen fordítva, a telt színképi színeket örökítette meg nagyon jól, de a telítetlen színekkel nem tudott megbirkózni. A szemcsék elosztására nézve két szabálynak kell teljesülnie. Először is az egész szűrőréteg együttesen árnyalatmentes fehér színt tüntessen fel, másodszor pedig az egyes szemcsék számaránya olyan legyen, hogy az érzékeny réteg minden színt egyforma érzékenységgel rögzítsen meg. Ez csak úgy valósítható meg, ha a réteg érzékenyítését is a célnak megfelelően választjuk.

Az autokróm-rendszerű képek másik fontos problémája a színes szűrőelemek észrevehetősége. Az eljárás alapelve megköveteli, hogy az egyes színes szűrőelemek észrevehetetlenül kicsinyek legyenek. E nélkül szemünk nem egyesíthené a piros, zöld és kék sugarak benyomásait kevert színárnyalatú benyomásokká. Ha a szűrőelem nagyságát 0·02 mm-nek vesszük, akkor a képet 7 centiméternyire kell tartani, hogy a látószög 1 ívperc legyen, ami az észrevehetőség határát jelenti. Mivel a tiszta látás távolsága 25 cm, ebben a távolságban

a látószög még az 1 percnél is kisebb és a színes szemcse biztosan láthatatlan marad. A valóságban a helyzet rosszabb. Bármily gondos a színes szemcsék keverése, mégis elkerülhetetlen, hogy egymás mellé ne kerüljön több egyforma színű részecske (57. ábra). Csak teljesen szabályszerű elrendezés esetében lehetne minden részecske szomszédja másszínű részecske, azonban mindaddig, míg keverésre, tehát a véletlenre bízzuk az elosztást, egyenlő színű szomszédos szemcsékből álló láncolatok keletkeznek. Ezt számítással és csiszolt golyókkal végzett modellkísérletekkel bebizonyították; golyókat sokáig keverve mindig a valószínűségi eloszlás szerint egyformák is kerültek egymás mellé. A láncképződés azért baj, mert a szűrőelemek észrevehetőségének szempontjából az egyszínű szomszédokból álló láncok nagyobb méretű részecskének számítanak. Tíz elemből álló lánc eléri a 0·2 mm-t, tehát már majdnem szabadszemmel is látható. Az autokróm-képet ne készítsük 6·5×9 cm-nél kisebb méretben, mert nagyítóval vagy vetítésben szemlélve, képeinket zavarja a színes belső szerkezet. Újabban azonban már készítenek vetíthető, kisméretű autokróm-filmet is. Mozifilm céljaira az autokróm-rendszer nem alkalmas, mert ha vonalasan 200-szorosra nagyobbodik meg a kép a vetítés következtében, a vásznon a színes láncok néhány centiméter hosszúak. Az egymás után vetített képek egyszínű láncai különböző helyeken jelentkeznek a véletlen eloszlás szerint, ami a kép nyugtalan rezgését okozná. A láncképződés nem szüntethető meg sokkal kisebb szűrőelemek révén sem, mert ekkor a fényudvar zavarna. Ugyanis a színes szűrőelemek alatt az emulzióban szétszóródó sugárzás fényudvart hoz létre és például piros fény használata esetében a szomszédos zöld és kék szemcsék alatt is megtámadná az emulziót. Ez a színes felbontóképesség csökkenését jelentené, aminek következtében minden szín nagyon sokat veszítene teltségéből. Különben is az

autokróm-lemezek különös parallaxis hibát mutatnak: ferdén nézve a fekete fémes ezüst nem azok mögött a színes szűrőelemek mögött zárja el a fény útját, ahol kellene és a kép elveszti színességét. E miatt is szükséges lehetőleg vékony fényérzékeny réteg.

Az autokróm-lemezek másolása ugyanolyan lemezre nem szokott kielégítő eredményt adni. A finomabb színárnyalatok eltűnnek és az egész kép összhatása romlik. Jobb eredménnyel másolhatjuk egymásról az autokróm-rendszerű filmeket. A másolási nehézségeket az okozza, hogy véletlen eloszlásban különböző színű szűrőszemcsék kerülnek egymás alá. A különböző színű szemcsék helyén a másolatban fehér lyukacskák keletkeznek, a kép nem elég fődött és szivacsos külsejű.

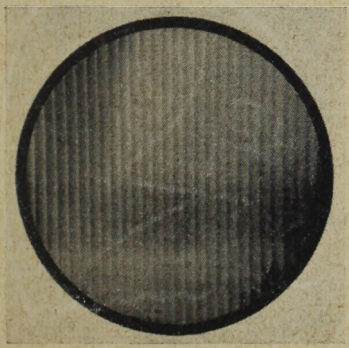
A színes szemcseréteg legalább is megháromszorozza a megvilágítási időt, mert mindegyik szűrőelem legfeljebb az egész sugárzás harmadrészét engedi át. Ez jól látszik az 58. ábrán is, mert a jobboldali képen sokkal kevesebb az áthatoló fénysugarak száma. Azonkívül szükségszerűen nagyon sok fényt nyelnek el a szűrőréteg szemcséi is. Ez minden additiv színkeverési eljárás közös elvi hibája, ugyanis legfeljebb az egész fénymennyiség egyötöd része használható fel. A csekély átlátszóság vetítésben is hátrányos, mert sötétté teszi a képet.

Néha használják az úgynevezett Findlay-féle eljárást is. Ebben a színes szűrőréteg szabályos elrendezésű négyzetes hálózat és elválasztható az emulziótól. A képekről tetszésszerinti mennyiségű diapozitívmásolatot készíthetünk, de nézéskor a hármas színszűrőt kell újra ráhelyeznünk, pontosan a felvételnek megfelelő elhelyezésben. Az eljárás előnye a képek másolhatósága, hátránya, hogy költséges. Azonkívül a szabályos elrendezésű autokróm-rendszerű szűrőrétegnek mindig megvan az az előnye a szabálytalannal szemben, hogy sokkal kevésbbé vehetők észre az egyes szemcsék, a láncképződést pedig kiküszöböli.

2. A bordásfilmes módszer (Kodakolor).

Alapelv. A színes fényképezés második bevált és elterjedt módja a bordásfilmes rendszer. Ez a módszer rendes mozifilmre dolgozó gépekhez (pl. Leica és Contax), valamint keskenyfilmes mozigépekhez használható. Az eljárásra jellemző, hogy a képek maguk nem színesek, hanem csak vetítés által jelennek meg színesen.

60. ábra.
Bordásfilm keresztmetszetének mikrofotográfiája 250-szeres nagyításban.



61. ábra.
Bordásfilm mikrofotográfiája felülről 50-szeres nagyításban.

Az eljárás céljaira használt film abban tér el a közönségestől, hogy a fényérzékeny réteg a film hátoldalán van, a celluloidfilm elülső oldalán pedig a film anyagába préselt hengeres lencserendszer foglal helyet. Az egyes hengeres lencsék szélessége nagyon kicsiny, például 0·028 mm = 28 μ, alkotóik iránya a filmszalag hosszával párhuzamos. Ezeket a vékony, hengeres, a film hosszában futó domborodásokat gyártás közben préselik a celluloidba (60. és 61. ábra). A felvétel készítésekor a

képet nem a hátoldalon levő emulzióra, hanem a celluloid elülső, hengeres felületére kell élesre állítani; a celluloidban továbbmenő megtört sugarak újra szétterülő sugárnyalábot alkotnak és véges hosszúságú darabon érkeznek a fényérzékeny rétegre. A 62. ábra (a színes táblán) a felvevőgép vízszintes keresztmetszetét tünteti fel, de a celluloidszalag vastagságát túlzott nagyságban, körülbelül 150-szeres méretben ábrázolja. A felvevő lencse előtt hármas színszűrő van, piros, zöld és kék sávokból, a sávok a film hengeres bordáival párhuzamosak (63. ábra a színes táblán).

A felvételi eljárás megértése céljából tegyük fel, hogy a fényképezendő tárgy egy-egy piros, zöld és kék folt (62. ábrán, fent). A piros foltból kiinduló fénysugarak a felvevő lencsén áthaladva, a celluloid bordázaton találkoznak, azonban ezek a piros fénysugarak csak a hármas színszűrő legelső, piros mezején tudnak áthaladni, ezért a lencsére érkező nyalábnak csak harmadrésze halad át a lencsén és érkezik a filmre. A celluloidba behatoló piros sugarak a felületen kissé megtörnek és szétterülve véges hosszúságú darabon érik el a fényérzékeny réteget. Ha az egész nyaláb megmaradt volna, éppen olyan hosszú darabon érte volna fény a réteget, amekkora a borda szélessége, így azonban csak eme távolság legalsó harmadára érkezik fény. A tárgy zöld foltjáról kiinduló zöld sugarak is egy pontban egyesülnek, ebben az esetben csak az eredeti sugárnyalábnak középső harmada mehet át a szűrőn. A celluloidban továbbhaladó megtört, szétterülő sugarak most csak a hengerlencse alatti távolság középső harmadán okoznak fotokémiai változást. Végül a tárgy kék részéről kiinduló kék fénysugarak a rajz felső részén egyesülnek, de csak a nyaláb legalsó harmada mehetett át a hármas színszűrőn és itt csak a hengerlencse alatti távolság legfelső harmadát érte fény.

Ha a bordásfilmet a hármas színszűrő felhasználásával világítjuk meg és hívjuk elő, akkor csak a 62. ábrán fent látható helyeken támad feketedés. Az előhívás után az úgynevezett fordítási eljárás következik, az előhívott ezüstöt például krómsavval feloldjuk és az összes megmaradt ezüstbromidot erős megvilágítás után előhívjuk. Ennek következtében a film mindenütt átlátszatlanul fekete lesz, kivéve azokat a helyeket, ahová a megvilágításkor fény esett, tehát alul az alsó, a lemez közepén a középső és fent a legfelső harmadban (62. ábra alsó része). Ezeken a helyeken a réteg átlátszó. Egyszerű megtekintésre ez a film fehér-fekete pozitív képet mutat, mert semmiféle festőanyagot sem tartalmaz.

Vetítsük azonban ezt a filmet ugyanolyan lencséjű gépen, mint amilyen a felvevő volt, és tegyük a lencse elé a hármas színszűrőt (62. ábra alsó része). A fénysugarak útja, mint mindig, most is megfordítható. A vetítőlámpából, jobboldalról érkező fehér fénysugarak csak a réteg átlátszó helyein hatolhatnak keresztül és visszafelé haladva ugyanazon utat teszik meg, mint a kép felvételekor a beeső sugarak. A fehér fényt az ábra fekete vonalakkal tünteti fel. Az ábra alsó részén látható, hogy az átlátszó részen átjutott fehér sugarak a hengerlencse felületén egy pontban találkoznak, majd törés után tovább haladva átjutnak a vetítőlencsén és a hármas színszűrőn. A sugárnyaláb pontosan csak a szűrő felső harmadán megy át, ez pedig a fehér fényből csak a piros sugarakat engedi tovább és ezek a sugarak a felfogóernyőn piros foltban egyesülnek. A film középső részén keresztülhatoló fehér nyalábból a szűrő csak zöld sugarakat enged tovább; ezek az ernyőn zöld foltot hoznak létre. A felső átlátszó részen átjutó sugarakból csak a kékek mennek át a szűrőn, tehát ebben az irányban az ernyőn kék foltot kapunk. A megrajzolt fénysugaraktól nagyon eltérő irányban induló fehér sugarak olyan irányban hagyják el a celluloidot, hogy nem is juthat-

nak bele a vetítőlencsébe. A 62. ábrán látható, hogy a vetítőernyőn pontosan az eredeti tárggyal megegyező színes kép jön létre. Ha a tárgy keverékszíneket is tartalmaz, akkor a szűrő két-három sávja is átenged bizonyos százalékot a nyaláb rajta keresztülmenő részéből és a hengeres lencse alatt mind a három harmadrész kap bizonyos átlátszóságot. Vetítéskor ugyanilyen menynyiségi arányban megy át fény a szűrő három sávján és újra azt a keverékszínt hozza létre az ernyőn, amely a tárgyon volt látható.

Különleges problémák. A bordásfilmes eljárás alapelvének megértése után néhány részletkérdést kell megtárgyalnunk. Először a hengerlencse működéséről lesz szó. Lényegében véve ez a lencse mindössze a levegő és a celluloid közötti hengeralakú határfelületből áll és minden a felületen átmenő fénysugár a fénytörés törvénye szerint változtatja meg irányát. Ha párhuzamos sugarakból álló nyaláb érkezik erre a törőfelületre, a nyaláb sugarai a celluloidban a gyujtóvonalban metszik egymást. A gyujtóvonal párhuzamos a henger tengelyével és a celluloid elülső oldalától mért távolságát ez a képlet határozza meg:

$$f = \frac{n_2}{n_2 - n_1} \cdot R.$$

Itt n_1 a levegő törésmutatóját, n_2 a celluloid törésmutatóját, R pedig a hengerfelület sugarát jelenti. A réteknek pontosan a gyujtóvonalak távolságában kell feküdni. Esetünkben $n_1 = 1$, $n_2 = 1{\cdot}45$, a gyujtótávolság pedig körülbelül a sugár háromszorosa:

$$f = 3{\cdot}22 \,.\, R.$$

A keskenyfilmre alkalmazott bordásfilm esetében (Agfánál, 35 mm-es filmnél) a hengerek sugara $R = 35\ \mu$, tehát a celluloid vastagsága $f = 115\ \mu = 0{\cdot}115$

milliméter (64. ábra a színes táblán). Ha fehér tárgyat fényképezünk, a filmre érkező nyaláb mind a három sugarat tartalmazza, mivel pedig a film elülső oldalára kell élesre állítanunk, a nyaláb csúcspontja éppen a henger felületén van és a celluloidban a nyaláb teljesen szimmetrikus. A film kihasználása érdekében kívánatos, hogy a rétegre érkező, szétterülő nyaláb éppen olyan széles sávban feketítse meg a réteget, mint a hengerlencse szélessége *(d)*. A celluloidban haladó nyaláb nem lehet olyan széles, hogy a kép átnyúljon a szomszédos hengerlencse alá, mert ez hibát okozna. Keskenyebb nyaláb viszont a réteg bizonyos részét kihasználatlanul hagyná és ezáltal csökkentené a rendszer fényérzékenységét. Az is biztos, hogy a celluloidban haladó nyaláb nyílásszöge kisebb, mint a fényképezőlencséből a filmre érkező nyalábé, mert minden egyes sugár a merőlegeshez törik. A két nyaláb nyílásszögének arányát éppen a celluloid törésmutatója szabja meg (n_2). Jelöljük a hármas színszűrő teljes szélességét D-vel, a celluloidtól való távolságát pedig F-fel, akkor a hengerlencsével egyenlő szélességű kép keletkezésének feltétele:

$$n_2 \cdot \frac{d}{f} = \frac{D}{F}.$$

A 16 mm-es keskenyfilm esetében (Agfa) legtöbbször $D = 14{\cdot}5$ mm, $F = 41$ mm, $f = 0{\cdot}110$ mm, $n_2 = 1{\cdot}45$, tehát a bordaszélesség a képletből számítva $d = 0{\cdot}028$ mm $= 28\ \mu$. Minden egyes alapszínt képviselő sávra ennek harmadrésze, $9{\cdot}3\ \mu$ jut. A készülék fényereje körülbelül 2·8-es. Más rendszerek más méreteket használnak, például a keskeny Kodakolor-film adatai: $D = 14{\cdot}5$ mm, $F = 41$ mm, $f = 0{\cdot}135$ mm, $d = 0{\cdot}033$ mm, a fényerő 2·8; a lencseképek között hézagok vannak. A normálfilmes Agfa-rendszerekben legtöbbnyire $D = 35$ mm, $F = 120$ mm, $f = 0{\cdot}145$ mm, $d = 0{\cdot}028$ mm,

a fényerő 3·5; az egyes hengerlencsék alatti képek pontosan egymáshoz illeszkednek.

Felvethetjük azt a kérdést, vajjon mindegy-e, hogy a lencséből érkező sugárnyalábok csúcspontja a hengerlencse közepére vagy szélére esik? Az első esetben a rétegen három egyenlő szélességű sávon feketedik meg az emulzió és ezen hármas sáv szélessége pontosan egyezik a hengerlencse domborulatainak szélességével (64. ábra). A második esetben, ha a nyaláb csúcsa a hengerlencse szélén van, az eredmény ugyanaz, a sugarak ugyanott érik a réteget, mint amikor a nyaláb csúcspontja a henger közepén van. Ennek az a magyarázata, hogy a celluloid vastagsága éppen a hengerlencse gyujtótávolsága, tehát a nagyon messze eső fényképezőlencséről érkező és közelítőleg párhuzamos fénysugarak éppen ebben a gyujtósíkban egyesülnek. A hengerlencse szélén létrejön bizonyos életlenség, mert a nyaláb csúcspontja kevéssel a felület elé esik, de ez az életlenség elhanyagolhatóan kicsiny. Ezek alapján közömbös, hogy bizonyos hengerlencse melyik pontjára érkező nyalábot kísérjük figyelemmel, a celluloidban a megtört sugarak mindig ugyanazon három sáv területén belül fejtenek ki fotokémiai hatást. Ennek így is kell lennie, mert a valóságban a celluloid felületének minden pontjára esnek sugárnyalábok, nemcsak a bordák közepére. Az is mindegy, hogy a felvétel és vetítés között van-e kis helyzetkülönbség, a film nem tolódott-e más helyre, a vetítéskor, mint a felvétel alkalmával, mert csak a nyalábok fénysugarainak irányai számítanak. Az eljárás szempontjából sötétségértékekre és színárnyalatokra nézve középérték alakul ki a tárgy mindazon részeiből, amelyeknek a képei egy ilyen 28 μ-os közbe esnek. 41 mm-es szűrőtávolság mellett ez a 0·028 mm 2·5 perces látószöget jelent, ennél kisebb részletek egynemű folttá olvadnak össze.

A hengerlencsék működése a mértani fénytan szabá-

lyai szerint olyan, hogy csak a tengely irányára merőlegesen fejt ki gyüjtőlencseszerű működést, a tengely irányában, vagyis a film hosszával párhuzamosan a sugarak ugyan kissé megtörnek, de lencseszerű gyüjtőhatás nem jön létre. Vagyis a hengerlencse csak az egyik irányban lencse, a másikban mindössze párhuzamos oldallapú üveglemez. Ebből következik, hogy csak a film futására merőleges irányban alakulnak ki olyan 28μ szélességű közök, amelyeken belül minden egynemű folttá olvad össze, a film futásával párhuzamosan azonban nem alakulnak ki ilyen elemek.

A film szélére ferdén eső nyalábok a rétegen szintén a borda szélességével egyenlő méretű hármas foltokat hoznak létre, de ezek nincsenek pontosan a hengerlencse alatt, hanem kissé kifelé tolódnak a fénytörés következtében. Ez sem okoz lényeges hibát, mert az eltolódás fokozatosan jön létre a szélektől a közép felé és vetítéskor a fénysugár pontosan ugyanazt az utat teszi meg fordított irányban.

A bordásfilmes felvevőgépet csak a rekesz legnagyobb nyílása mellett használhatjuk és a fényerőt nem szabad megváltoztatnunk, mert a nyílás kisebbítése által a piros és kék színt aránytalanul gyengítenénk. Ha szükséges, szürke szűrővel csökkenthetjük a filmre érkező fény mennyiségét. A megvilágítás változó színezete szerint szűrő helyett a hármas színszűrőt részben letakaró fedőt is használhatunk. Ha a vetítő lencse nem egyezik meg a felvevőlencsével, kompenzáló lencsét kell közbeiktatnunk.

A felvevő és vetítő lencse számára szigorú követelmény, hogy a ferdén érkező nyalábok számára ne léppen fel beárnyékolás (vignettálás), ezért különleges lencserendszereket szerkesztettek, amelyek megfelelnek a színes eljárás követelményeinek. A rendszer legnagyobb fénynyalábszélességét a szűrő szabja meg.

Az emulzió igen érzékeny, pankromatikus sajátságú. Tekintettel a szűrésre, a fényérzékeny anyag körülbelül 16 Scheiner-fok érzékenységű anyag gyanánt viselkedik. A vetítésre használt szűrő kissé eltér a felvevőszűrőtől, mert egyszersmind kiegyenlíti a napfény és a vetítőlámpa színezetkülönbségét.

Fordításhoz nem szokták az egész ezüstmennyiséget előhívni, hanem csak annyit, amennyi jól födött kép elérésére szükséges. Ezáltal utólag is javíthatjuk a felvételt. A keskenyfilmeket nagyon sok esetben a fényérzékeny anyagot szállító gyár dolgozza ki, ennek költségét a film árához hozzászámítják. Az előhívó- és fordítófürdő összetétele ugyanolyan, mint az autokróm-eljárás esetében. Az érzéketlenítést nem ajánlják. A kész képet vetítés céljából üveglapok közé kell erősíteni, a film ezek között pontosan egy síkban feküdjön, de összepréselni nem szabad.

A hengerlencsés rendszer lehetővé teszi azt is, hogy ugyanazon filmre sztereoszkópos képpárt vegyünk fel; az egyik kép ekkor mindenütt a hengerlencsék bal oldala alatt, a másik a jobb oldala alatt van. Ezáltal a kép alkalmas helyről nézve térbeli hatást kelt. Két egészen különböző képet is egyszerre vehetünk fel a rétegre és ekkor a nézés iránya szerint vagy az egyiket látjuk, vagy a másikat. Ezekben az esetekben nem szabad vetítenünk a filmet, hanem csak a bordásfilmes diapozitívot kell alkalmas irányból néznünk.

3. A színes mozifilm.

A színes mozifilm kérdését a mai napig csak részben oldották meg. A legelsőnek ismertetett eljárás, az autokróm-rendszer nem alkalmas mozifilm számára, mert erős nagyításban vetítve észrevehető a szemcsés szerkezet. Főképen az zavar, hogy a vetítőernyőn állandóan színes nyüzsgés észlelhető, mert az ernyő minden részére

minden pillanatban más és más színű folt vetítődik a színes szűrőelemek szabálytalan eloszlása következtében. A második rendszer, a bordásfilmes eljárás alkalmas keskenyfilm számára, készült már vele rendes méretű film is, például a „Panoptikum", de gyakorlati elterjedését hátrányos tulajdonságai akadályozzák. Először is a bordásfilm nem másolható, azután a kivetítéshez hármas színszűrőre van szükség és végül nagy a fényveszteség. Ez a legutolsó hiba tulajdonképen minden additív színkeverési eljárás közös elvi hibája.

Additívnak nevezzük az olyan színkeverési eljárást, amely az alapszíneket egymás mellé helyezi és így hoz létre színárnyalatokat. Az autokróm-eljárás additív, mert az egymás mellé sorakozó színes szűrőelemek keltik bennünk a keverékszín érzetét. A bordásfilmes eljárás is additív, mert a rétegen egymás mellett foglalnak helyet a három alapszín mennyiségeit megszabó 9·3 μ szélességű foltocskák. A kész kép vetítése alkalmával a keverést az ernyőre érkező piros, zöld és kék sugárnyalábok additíve hozzák létre. Additív keverést alkalmaz az a festő, aki nem palettán keveri a színeket, hanem a vásznon helyez sűrűn egymás mellé színes vonalkákat (például Segantini). Minden additív rendszer hármas színszűrője sugármegosztást okoz, a fénysugarak mindegyik harmadából csak az alapszínt tartalmazó elemeket használja fel. Tehát a piros szűrő kiveszi és felhasználja a harmadrésznyi nyaláb piros sugárelemeit, de nem engedi át a zöldeket és a kékeket, stb. Ebből rögtön látszik, hogy az eredeti fénymennyiségnek legfeljebb csak harmadrésze maradhat meg az additív keverés után. Ez jól látszik az 58. és 62. ábrákon, ahol a kész képeket elhagyó sugárnyalábok sokkal vékonyabbak, mint az eredetiek. Hozzászámítva az elnyelési veszteségeket, az additív eljárás legfeljebb az eredeti fénymennyiség ötödrészét hasznosítja. Ebből következik, hogy egyrészt a vetített mozikép ötször kevésbbé

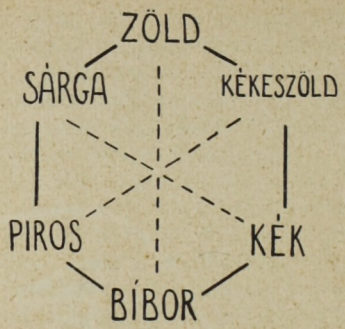
világos, mint a nem színes film képe, másrészt a filmstúdiókban felvételkor az eddiginél ötször erősebb megvilágítást kellene alkalmazni. Főképen ez az utóbbi jelent nagy akadályt, mert a filmgyárak világítóberendezései a közönséges filmek felvétele alkalmával is legnagyobb teljesítményüket fejtik ki.

A szubtraktív színkeverés egymás után elhelyezett szűrőelemekkel dolgozik, ezeken a fény egymás után keresztülhatol és az a sugár hagyja el a szűrőt, amelyet egyik szűrőelem sem nyel el. Keverjük szubtraktív módon a kéket és a sárgát. Ehhez sárga és kék színszűrőt állítunk egymás mögé és a fényt mindkettőn keresztülbocsátjuk. A sárga szűrő elnyeli a pirosat és a kéket, a zöldet pedig részben átengedi; a kék szűrő viszont a pirosat és a sárgát nyeli el a maga egészében és a zöldet szintén átengedi kis mértékben. A két szűrőn egymás után átmenő fehér fény okvetlenül elveszti piros, sárga és kék sugarait, csak a zöldből marad meg valami, mert ezt, ha kis mértékben is, mindkét szűrő átengedi. Tehát a keverés eredménye a zöld szín. A szubtraktív eljárás nagy előnye a fény jobb kihasználása, ugyanis a második szűrő által átengedett fény az első szűrőn átjutott sugárzás maradéka. Additív eljárás alkalmával mindegyik alapszínt csak a képterület harmadrésze engedheti át, itt azonban mindegyik sugárzás számára az egész képterület dolgozik. A szubtraktív eljárások rendszerint csak 30%-os fénytöbbletet tesznek szükségessé, ami nem lényeges hátrány.

A szubtraktív színkeverés lehetőségeit a 65. ábra mutatja. A hat alapszín mindegyikét létrehozhatjuk olyan módon, hogy két szomszédját keverjük össze, például piros sugarakat kapunk, ha a fehér fényt egymás után elhelyezett sárga és bíbor szűrőkön bocsátjuk keresztül. Ezen az ábrán a kiegészítő színek egymással átellenben foglalnak helyet.

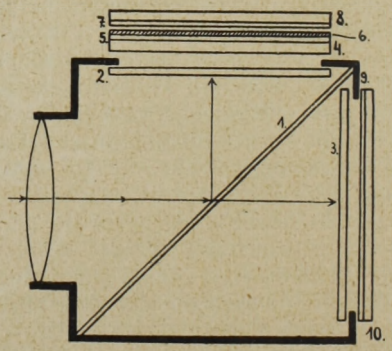
Mozifilm céljaira jelenleg használatos eljárások a technikolor-, a bipakk- és a kodakróm-módszer. Mindhárom szubtraktív keresési módszert használ.

A technikolor-eljárás. Ezt a rendszert Amerikában dolgozták ki és ott használják. A felvevőgép a sugárnyalábot félig aranyozott üveglap segítségével kettéosztja; a fénysugarak részben keresztülmennek ezen az üveglapon, részben viszaverődnek róla (66. ábra). A lencserendszer fordított teleobjektív, hogy a lencsék lehetőleg messze kerülhessenek a filmtől és a sugárosztó üveglap elférjen. A visszavert sugárnyaláb bíborszínű szűrőn keresztül fémablakba érkezik, amely mögött két film szalad egymás felé fordított rétegekkel. A bíbor szűrő kék és piros sugarakat enged át. Az első réteg kék iránt érzékeny, ezért erre a kék sugarak hatnak. Az érzékeny rétegre kent festékréteg minden kék sugarat elnyel, így csak a piros sugarak mehetnek tovább. Ezek a második, minden szín iránt érzékeny rétegen hagynak nyomot. A félig aranyozott üveglapon átmenő sugarak zöld szűrőn hatolnak keresztül és szintén minden fény iránt érzékeny réteggel bíró filmszalagra esnek. A három különálló filmet külön-külön előhívják egyenlő árnyalatkülönbségű negatívokká. Ezután mindegyik negatívot egy-egy zselatinnal bevont, preparált filmszalagra másolják. Ezek a filmek csak tiszta zselatinbevonatot kapnak és nem ezüsttartalmú réteget. Ahol a zselatint fény éri, ott oldhatatlanná válik, ezért meleg vízzel mosva, mindegyik filmszalagon dombormű formájában kapjuk meg az egyes alapszínek kivonatát. Végül a három domború zselatinos filmet festékekkel átitatva új celluloidfilmre nyomtatják rá, mint a közönséges háromszínnyomás három kliséjét. A nyomtatást az eredetileg szereplő színek kiegészítő színeivel kell végezni, akkor kapjuk meg a helyes színeket (67. ábra). Például a tárgy piros foltjáról jövő sugarak csak a 7. számú filmen hagynak hátra negatívképet, ezért a másolás alkalmával csak



65. ábra.
A szubtraktív színkeverés alkalmával mindegyik színt két szomszédjának keverése által hozhatjuk létre. A kiegészítő színeket egymással szemben találjuk meg.

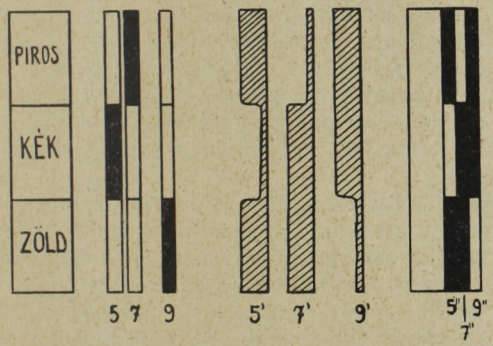
a 7. pozitívon oldódik ki a zselatin a meleg vízben, mert erre a 7. számú negatív másolása alkalmával nem esett fény. Ugyanakkor az 5'. és 9'. pozitívokon dom-



66. ábra.
Technikolor-rendszerű felvevőgép vázlatos keresztmetszete.

1. Félig aranyozott üveglap.
2. Bíborszínű szűrő.
3. Zöld szűrő.
4., 8., 10. A filmek celluloidjai.
5. Csak kék iránt érzékeny emulzió.
7., 9. Pankromatikus, minden szín iránt érzékeny emulziók.
6. Kéket elnyelő festékréteg.

borulatok jönnek létre. Nyomtatáskor 5'-vel sárga, 9'-vel bíborszínű festéket nyomtatunk a kész filmre, ezek pedig a 65. ábra szerint szubtraktív keverés útján pirosat adnak. Ugyanazokkal a nyomtató pozitívokkal több filmpéldányt is gyárthatunk. Gondosan kell vigyázni, hogy a különböző színes festékeket pontosan



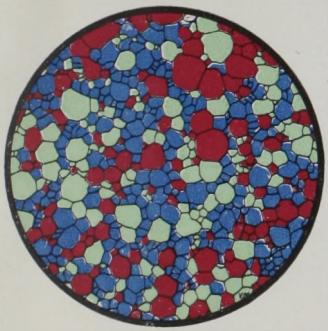
67. ábra.
A technikolor-film kidolgozása.
5"., 7'., 9'. az 5., 7., 9. filmek (negatív) képeinek domború (pozitív) másolatai.
5'., 7"., 9". a kész filmre a domború pozitívokkal, kiegészítő színekkel nyomtatott színes rétegek.
5'.-vel sárga, 7'.-vel kékeszöld, 9'.-vel bíborszínű festéket nyomtatnak.

ugyanarra a helyre nyomtassuk. A képben semmi ezüst sincs, egyedül csak a festőanyagokból áll és az ezeken egymás után átmenő fénysugarak szubtraktív keverés által hozzák létre a megkívánt színárnyalatot. A színek elég jók, bár a nyomtatásra használt festékek megválasztása önkényesen történik. Az amerikai színes rajzfilmek sokszor ezzel az eljárással készülnek. Újabban olyan technikolor-rendszerű filmeket láthatunk, amelyek igen sikerültek voltak (pl. „Hiúság vására"). Az eljárás előnye, hogy vetítésre bármilyen gép használható és a filmek több példányban készíthetők el. Hátránya, hogy

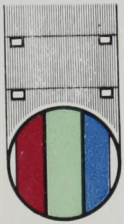
a felvétel és kidolgozás nagyon körülményes. Egyelőre még csak Amerikában gyártanak színes filmeket ezzel az eljárással.

A színes mozifilm elterjedése ugyanolyan problémákat hoz felszínre, mint a hangosfilm annak idején. Eleinte a rendezők a színek halmozása által igyekeznek megmutatni a módszer technikai fejlettségét és ez azzal jár, hogy az élénk színek túltengése természetellenesen hat. A film felvételének nehézségét még fokozza, hogy egyes egyes színek árnyalatai másképp jelennek meg a kész technikolor-filmen, mint a valóságban. Ennek ellensúlyozására megfelelően kell kiválasztani az alkalmazott színeket. Ezt a munkát egy külön szín-rendező szokta elvégezni.

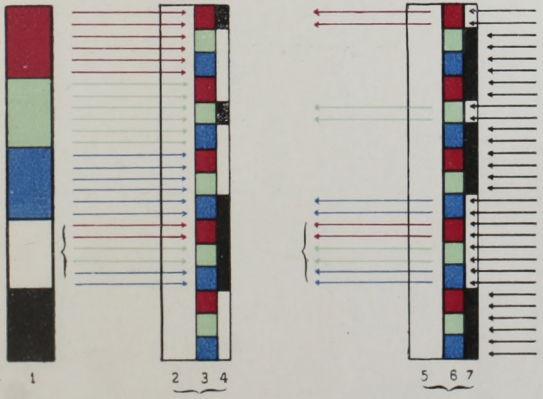
A bipakk-módszer. Európában a szubtraktív színkeverési eljárások közül az úgynevezett bipakk-eljárást használják (Agfa). Az eljárás lényegét a 68. ábra tünteti fel a színes táblán. Felvételhez egyszerre két filmet helyeznek a gépbe, a két film egymás mögött van és pontosan egyszerre fut tovább. A második film az elsőn keresztül kap megvilágítást. Az elől levő neve frontfilm, a másodiké hátsófilm, a rétegek az egymás felé néző oldalakon foglalnak helyet. A frontfilm rétege finomszemcséjű és vékony (15 μ), hogy a fény lehetőleg szóródás nélkül jusson el a hátsófilm rétegére, azonkívül hátoldalára narancsvörös szűrőréteget öntöttek. Gondoskodni kell arról is, hogy a két film görbülete egyforma legyen, hogy pontosan egymáshoz feküdve futhassanak keresztül a felvevőgépen. Külön szerkezet biztosítja a két film kifogástalan futását. Arra is vigyázni kell, hogy száradás, zsugorodás következtében ne változzanak meg a filmek méretei. Az első film emulzióját a zöldeskék, a hátsófilmét pedig a narancsvörös sugarak iránt tették érzékennyé. Ez is hozzájárul a jobb fénykihasználáshoz, mert könnyebb a réteget egy szín számára érzékenyíteni, mint az egész



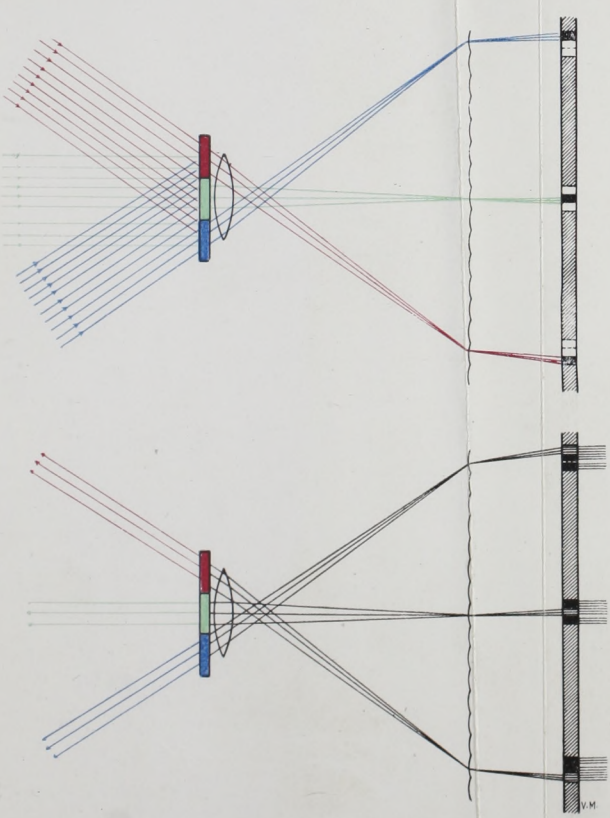
57. ábra.
Autochrom-lemez szűrőrétegének 250-szeresen nagyított képe. (Agfakolor.)



63. ábra.
A keskenyfilm hengerlencséinek és a hármas színszűrőnek elhelyezése. (Természetes nagyságban.) Minden egyes vonás helyén a valóságban 12 van.

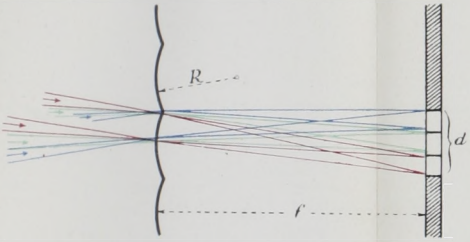


58. ábra.
Az autochrom-eljárás alapelve. Baloldalt a kép felvétele, jobboldalt a fordítási eljárás után kapott kép átvilágítása. (A fehér sugarakat fekete vonalak jelzik.) 1. A tárgy, 2., 5. üveglemezek, 3. 6, szűrőrétegek, 4. egyszer előhívott emulzió, 7. az emulzió fordítási eljárás után.

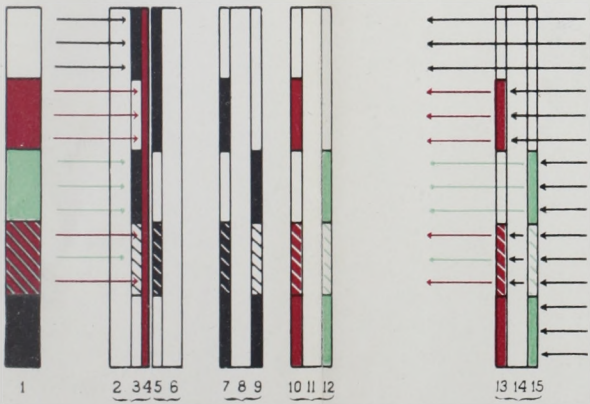


62. ábra.

A hengerlencsés (bordásfilmes) eljárás. Fent a kép felvétele. Lent a fordítási eljárás után kapott kép kivetítése. A lencse és az emulzió távolsága kb. az eredeti nagyságban, a bordásfilm vastagsága 150-szer nagyítva. A fekete vonalak fehér fénysugarakat jelentenek.



64. ábra.
A bordásfilm keresztmetszetének mérethű rajza 300-szoros nagyításban. Ebben az arányban felrajzolva a gép lencséje 15 méternyire volna a filmtől.



68. ábra. A bipakk-eljárás.

1. Fehér, piros, zöld, hússzínű (sok piros és kevés zöld), fekete foltokból álló tárgy.
2., 3., 4. A frontfilm celluloidja, kékeszöld iránt érzékeny emulziója és narancsvörös szűrőrétege a felvétel és előhívás után.
5., 6. A hátsófilm pankromatikus emulziója és celluloidja, felvétel és előhívás után.
7., 8., 9. A pozitívfilm első emulziója, celluloidja és második emulziója, miután az első emulzióra a frontfilmet, a másodikra a hátsófilmet másolták.
10., 11., 12. Ugyanaz. Az első emulzió képe narancsvörösre, a második kékeszöldre színezve.
13., 14., 15. A kész pozitívfilm kivetítése.
A fekete vonalak fehér fénysugarakat jelentenek.

színkép sugárzása iránt. Felvételkor a tárgyról jövő sugarak minden változás nélkül keresztülmennek a frontfilm celluloidrétegén, azután ennek a rétegébe jutnak. Ebben a rétegben rejtett kép keletkezik mindazon helyeken, ahová zöldeskéket tartalmazó fénysugarak esnek, mert ezt a réteget csakis ezen szín számára érzékenyítik. Minden más sugár továbbmegy. Tehát a frontfilmen nyomot hagynak azok a sugarak, amelyek a tárgy fehér, zöld és részben hússzínű foltjairól indultak ki. A hússzín sok narancsvörös és kevés kékeszöld keveréke. A fénysugarak ezután a frontfilm hátoldalán levő narancsvörös szűrőrétegen hatolnak keresztül. Ez már csak a piros árnyalatú sugarakat engedi tovább, amelyek a hátsófilm rétegében keltenek fotokémiai hatást. A hátsófilm fényudvar elleni réteget is tartalmaz. A hátsófilmen rejtett képet okoznak a tárgy fehér, piros és hússzínű foltjairól kiinduló sugarak. Szóval a frontfilm negatívképet tartalmaz mindazon helyeken, ahol a fénysugarakban zöldeskék alkotóelemek voltak, a hátsófilm viszont a narancsvörös alkotóelemeket rögzíti meg negatív formájában.

A megvilágítás után külön tekercselik fel mindkét filmet és külön hívják elő. A lúgos előhívóban a frontfilm hátoldalán levő narancsvörös szűrőréteg elszíntelenedik. A két filmet csak mérsékelt feketedésig hívják elő. A pozitív másolat készítésére az úgynevezett dipofilmet használják. Ez olyan film, amelynek mindkét oldalán van fényérzékeny réteg, a rétegeket sárgára festették, hogy lehetőleg erősen nyeljék el a fényt. A dipofilm két rétegére kétoldalról, két fényforrással egyszerre rámásolják a frontfilmet és a hátsófilmet. Ha nem mennek túl 1·6-nyi logaritmusos fokokban mért feketedésen, az egyik kép másolása nincs hatással a másik oldalon levő rétegre és fordítva. Ezt a célt szolgálja a rétegek sárga elnyelőfestéke is. Elegendő, ha a két pozitív kép mérsékelt sötétségű, mert az együttes vetítés növeli a

kép keménységét. A másolás után a baloldali réteg a tárgy piros, fekete és részben a hússzínű, a jobboldali réteg a zöld, fekete és részben a hússzínű foltjainak megfelelő helyeken tartalmaz fekete színezüstöt. Végül kémiai színezéssel a baloldali réteg színezüstjét narancsvörösre, a jobboldalit zöldeskékre festik. Tehát felvételkor rögzített színelemekhez képest a kiegészítő színekkel színeznek. A gépezet gondoskodik arról, hogy a színezőanyagok mindegyike csakis a megfelelő réteggel kerüljön érintkezésbe. A színezési eljárások lehetőleg olyanok, hogy csak az ezüstöt alakítják át színes anyaggá, ellenben a tiszta zselatint fehéren hagyják. Ha a kétoldalról a két alapszínre festett pozitív filmet közönséges módon fehér fénnyel vetítjük, az ernyőn a tárgy képe színesen jelentkezik. A narancsszínűre festett réteget kell a lencse felé fordítani. Természetesen ez az eljárás is szubtraktív.

A bipakk-eljárás nagy előnye, hogy a film vetítésére alkalmas a közönséges gép minden átalakítás nélkül, a filmről akárhány pozitív másolat készíthető, a negatívok korrigálhatók és alig kíván több fényt, mint amennyi a közönéges fekete-fehér filmek felvételéhez és lejátszásához szükséges. Hátránya, hogy csak két alapszínnel dolgozó eljárás és ezért színei nem mindig természetesek, egyes színek teljesen hiányoznak. Így teljesen hiányzik az élénksárga és az ultramarinkék, színei általában elég egyhangúak. A kidolgozás elég kényes. Felvételkor kerülni kell a túlságos megvilágítási ellentéteket és mindazokat a színeket, amelyek hiánya feltűnő lenne. A filmet változatosabbá teszik azáltal, hogy az egyes jelenetek színezésére más és más vegyi eljárást használnak. A rajzfilmek készítésére természetes színek nem is nagyon szükségesek.

A kodakróm-eljárás. A legújabban kidolgozott kodakróm-eljárás nagyon hasonlít a bipakk-eljáráshoz, de figyelembe veszi mind a három alapszínt. A film

tartórétegén egymástól tiszta zselatinrétegekkel elválasztva három réteg foglal helyet, amelyek együttesen ugyanolyan vastagok, mint egy közönséges réteg. A fény először a legelső, kékérzékeny rétegre érkezik és ezen ott hagy nyomot, ahol a kép kék részeket tartalmaz. A kék sugarak továbbhaladását sárga elnyelő festékréteg akadályozza meg. A második réteg a zöld iránt, a harmadik pedig a pirossal szemben érzékeny és ezeket a sugarakat örökítik meg. Megvilágítás után a képeket a fordítási eljárással előhívják; egyszersmind a sárga elnyelőfestéket is elroncsolja az előhívó. Ezután színező eljárásokkal színezik az egyes rétegeket sárgára, bíborra és kékeszöldre, vagyis az eredetileg rá érkező színek kiegészítő színeire. A folyóiratokban nem közölték azokat a bizonyára kényes eljárásokat, amelyekkel a réteg belsejében egymás alatt fekvő képeket különböző színűre színezhetik. Végül kémiai úton eltávolítják a fémes ezüstöt, így a kész képet csak a festőanyagok alkotják. A színkeverés helyességét ugyanúgy ellenőrizhetjük, mint a technikolor-eljárás esetében.

A röviden ismertetett eljárások nagyon megközelítették a színes mozifilmek problémájának megoldását, az eredmény napjainkban szinte már tökéletes. Az additív eljárások természetes színeket adnak, de súlyos hátrányuk a fényveszteség. A szubtraktív eljárások közös hibája, hogy színeik nem természetesek és a vegyi színező eljárások által előállítható árnyalatokhoz vannak kötve. Az elért árnyalat nagyon függ a színezés végrehajtásától. A színek egyhangúak, sokszor minden kép csak 2—3 színárnyalatból áll és ezáltal bántja a szemet. A képek élessége sem mindig kifogástalan. Végül a kidolgozás költséges és kényes, gyakran csak a filmet előállító gyárban lehetséges. A nehézségek ellenére a színes film mindjobban tért hódít.

TÁRGYMUTATÓ

A

α-sugár 64, 90
achromat 32, 34
additív színkeverés 187
adurol 120
Agfakolor színes fénykép 169
Agfa-ultrakolor 172
allocianin 84
álló előhívás 133
amidofenol 119
amidol 115
ammóniumtioszulfát 137
anasztigmát 32, 35
Anticomar 36, 37
aplanat 30, 34
apochromat 32
arany-színezés 160
arányos gyengítő 142
árnyalat 144
árnyalat-görbe 146
asztigmatizmus 32
autokróm-eljárás 169
automatikus időelőhívás 133

B

β-sugár 90
barna színezés 158
Becquerel-effektus 83
belépési pupilla 23, 43
Biotar 38
bipakk-eljárás 192
bordásfilmes eljárás 179
box 2
brillancia 152
brómezüstpapír 153
Busch-Glaukar 36

C

Callier-hatás 166
Cassar 36
Compur-rendszerű zárak 12
Cooke-lencse 36
cserző-rögzítőfürdő 138
csősugarak 90
cianin-festékek 82, 84

D

Dagor 38
deszenzibilizálás 84, 134
detail 144
detail-lemez 147
dicianin-festékek 84
Din-fok 76
diogen 120
dipo-film 193
duplikát-negatívanyag 72
Duto 48
dyalit 36

E

eikonogén 120
ekvivalencia-törvény 63
ellentét-szűrő 96
Elmar 37
előhívás 61, 102
előhívás gyakorlata 130
előhívási góc 66
előhívási tényező 106
előhívóanyagok 109
előhívók 115
előhívók készítése 120
előhívók osztályozása 122
előhívó-papír 155
emulzió szerkezete 56
érlelés 101

erősítés 139
erythrosin 81
érzékenyítés 80
érzéketlenítés 134
Eurynar 36
ezüstbromidszemcse 57

F

faktorelőhívás 132
Farmer-gyengítő 142
fátyol 67
feketedés törvényei 67
feketedési görbe 146
feketedési karakterisztika 68, 146
félachromat 34
feniléndiamin 120
fényerő 20, 21
fényelektromos megvilágításmérő 54
fényképezőgép részeinek vizsgálata 12
fényképezőgépek szerkezete 1
fénykvantum 61
fényudvarmentesség 102
ferricianidos színezés 157
Findlay-féle eljárás 178
finom hűtés 41
finomszemcsés előhívók 124
fokozatos szűrő 94
fókusztávolság 13, 42
fordítási eljárás 72
fősík 18
fotolízis 63
frontfilm 192

G

gázfénypapír 153
Glaukar 36
glycin 116
góc (előhívási) 66
Goerz-Dagor 38
Goldberg-féle törvény 145
gömbi eltérés 28
gyengítés 142
gyors hívó 122
gyors rögzítő 138
gyujtótávolság 13, 42

H

hatásos nyílás 44
hátsófilm 192
Heliar 38, 49
hengerlencse 182, 184
Herotar 99
Herschel-effektus 84
hiperszenzibilizálás 84
hősugár-felvételek 85
Hurter & Driffield-fok 76
hydrochinon 117

I

időelőhívás 132
inercia 76, 109
infravörös fényképezés 84

K

káliumbromid az előhívóban 115
káliummetabiszulfit 136
katódsugarak 90
kék színezés 158
kék szűrő 94, 99
keménység 68
keménység görbéje 146
kénes színezés 156
képalkotás 13
képdomborodás 30, 44
képtorzulás 30, 44
kettős anasztigmát 35
kettős rétegű emulzió 102
kiegyenlítő előhívó 124
kiegyenlítő szűrő 95
kihasználható megvilágítási terjedelem 151
kihuzatos gépek 2
kisméretű gépek 3
kiválasztó szűrő 96
karbonát az előhívóban 115
Kodakolor 179
kodakróm-eljárás 194
Kollineár 38

kóma 30, 44
kompenzációs szűrő 95
kondenzoros nagyító 165
kontraszt-szűrő 96
kriptocianin 84
Kühn-lencse 49

L

lakkozás 174
lágyrajzú lencse 46
lassú hívó 122
látens kép 62
látitudó 68
Leitz-Elmar 37
lemez szerkezete 56
lemezgyártás 100
lencsék 13
lencsehibák 28
lencsék képalkotása 13
lencsék osztályozása 34
lencserendszerek 16
lencsetípusok 34
Lumière-színes fénykép 169

M

megengedhető életlenség 162
megvilágításmérők 53
megvilágítás terjedelme 150
mélységi élesség 25, 46
metol 117
metol-hydrochinon 118

N

nagyítókészülék 164
nagyítás 161
nagy látószögű objektív 35
napfénypapír 153, 159
nátriumtioszulfát 135
negatív javítása 139
neocianin 84
neol 120
Neomagnol-Chinoin 139

O

objektívek 13
objektívzárak 5
optikai megvilágításmérő 54
optikai üveg 38
orrol 120
ortokromatikus anyag 81

P

pankromatikus anyag 82
para-amidofenol 119
para-feniléndiamin 120
periskop lencsék 34
Perscheid-lencse 49
Person-eljárás 70
perszulfát-gyengítő 143
Petzval-arcképobjektív 36
pillanatzárak 4
pillanatzárak vizsgálata 10
pinacianol 82
pinachromibolya 81, 82
pinakriptol-sárga 84, 134
pinakriptol-zöld 84, 134
Plaubel-Anticomar 36, 37
polarizációs szűrő 99
pozitív papírképek 152
pyrocatechin 115
pyrogallol 119

R

Radionar 36
rapid hívó 122
reciprocitási törvény 75
részlet 144
redőnyzárak 8
rejtett kép 62
réz-színezés 158
Rheden képlete 95
Rodenstock-Eurynar 36
Rodenstock-Trinar 36
rögzítés 135
röntgenfelvételek 90
röviden megvilágított negatív 131
rubrocianin 84

S
savanyú fixír 136, 138
sárga szűrő 91, 94, 96
Scheiner-fok 75
Schneider-Radionar 36
Schneider-Xenar 37
Schott-gyár 38, 41
Schumann-lemez 90
Schwarzschild-jelenség 75
Skopar 37
sötétkamra-szűrők 94
spherikus aberratio 28
Steinheil-Cassar 36
Steinheil-Unofocal 36
sugárzófényű nagyító 165

Sz
szekrényes gépek 2
szelekciós szűrő 96
szelén-színezés 159
szem érzékenysége 78
szemcsék adatai 58
szenzibilizálás 80
szenzitometria 75
szépia-színezés 158
színérzékenység 78
színes fényképezés 169
színes mozifilm 186
színezés 156
színező-rögzítő fürdő 160
színi eltérés 30
színszűrők 91
szolarizáció 68, 70
szórtfényű nagyító 165
szubjektív megvilágítási terjedelem 150
szublimáterősítő 140
szubtraktív gyengítő 142
szubtraktív színkeverés 188
szulfidos színezés 158
szulfit az előhívóban 114
szuperproporcionális gyengítő 142

T
tájképlencse 35
tank-előhívás 133
távolságmérés 49
technikolor-eljárás 189
teleobjektív 19, 35
Tessar 37
tompító szűrő 96
többrétegű emulzió 74
Trinar 36
Triotar 36
triplet 36
tükörfolt 32
tükörreflex készülékek 3

U
ultraibolya fényképezés 90
Ultrakolor 172
Unofocal 36
uránerősítő 141
U. V. filter 94
üstök 30, 44

V
valóságos megvilágítási terjedelem 150
vasoxalát 109
Verito 49
vérlúgsós gyengítő 142
Voigtar 36
Voigtländer-Heliar 38, 49
Voigtländer-Kollinear 38
Voigtländer-Skopar 37
Voigtländer-Voigtar 36
vörös szűrő 99
vörösbarna színezés 158

W
Watkins-féle előhívás 132
Wesseley-lencse 49

X
Xenar 37

Z
Zeiss-Biotar 38
Zeiss-Tessar 37
Zeiss-Triotar 36
zöld szűrő 92, 94, 98

A NÉPSZERŰ TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖNYVTÁR MEGJELENT KÖTETEI:

1. **Wodetzky,** *Üstökösök.* 72 képpel és egy táblával. —.80 P.
2. **Steiner,** *A színes fotografozás.* 7 színes táblával és 59 képpel. Elfogyott.
3. **Kirándulók zsebkönyve.**
   Szabó, *I. Növénytani rész.* 64 képpel. Elfogyott.
   — *Útmutató a virágos növények és harasztok gyüjtésére, konzerválására és növénygyüjtemények berendezésére.* 34 képpel. —·30 P.
   Csiki, *Útmutató a rovarok, pókok és százlábúak gyüjtésére, konzerválására és rovargyüjtemények berendezésére.* 79 képpel —·25 P.
   Soós, *Útmutató a gerincesek és puhatestűek gyüjtésére, konzerválására és gyüjtemények készítésére.* 18 képpel. —·30 P.
   Kutassy, *Ősmaradványok gyüjtése, konzerválása és preparálása.* 24 képpel. —·40 P.
4. **Kelen,** *Gyógyítás Röntgen-, rádium- és ibolyántúli sugarakkal.* 15 képpel. —·40 P.
5. **Kormos,** *Az ősember világa.* 40 képpel. —·25 P
6. **Szabó,** *A szobai növények élete és gondozása.* 66 képpel. 2·— *P.*
7. **Zelovich,** *A jövő energiaforrásai.* 20 képpel. —·50 P.
8. **Klobusitzky,** *Hormónok és hormónhatások.* 20 képpel. Elfogyott.
9. **Behyna,** *Az akvárium berendezése és gondozása.* 98 képpel. 2·— P.
10. **Reichert—Zeller—Koch,** *Ásványhatározó.* 8. ábrával 2·— P.
11. **Valter,** *A mikroszkóp és kezelése.* 110 rajzzal. 2·— P.
12. **Dudich,** *Az Aggteleki cseppkőbarlang és környéke.* 4 táblával, 1 színes térképpel és 60 szövegképpel. 2·— P
13. **Bíró,** *Újguineai utazásom emlékei.* 2 táblával és 49 képpel. 2·— P.
14. **Ballenegger,** *A termőföld hibái.* 56 képpel 2·— P.
15. **Aujeszky L.,** *Az időjárás és a mindennapi élet.* 48 képpel 3·— P.
16. **Rapaics,** *A kenyér és táplálékot szolgáltató növényeink története.* 46 képpel. 2·— P.
17. **Éhik,** *Prémes állatok tenyésztése.* 45 képpel. 2·— P.

A bolti árak körülbelül 40%-kal magasabbak.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA 2238/1951 N. SZ.

HAFA

HATSCHEK ÉS FARKAS BUDAPEST

FOTO • AMATŐRMOZI • OPTIKA • RÁDIÓ • FOTO
ÉS MOZILABOR

FŐÜZLET IV, KÁROLY KIRÁLY-ÚT 28.
FIÓKOK: VI, ANDRÁSSY-ÚT 31. ÉS VII, RÁKÓCZI-ÚT 80.

Szaküzlet!

Megbízható!

Legnagyobb választék!

KÉRJEN ÁRJEGYZÉKET!

22.770 — K. M. Egyetemi Nyomda (Ev.: Thienemann Richárd)