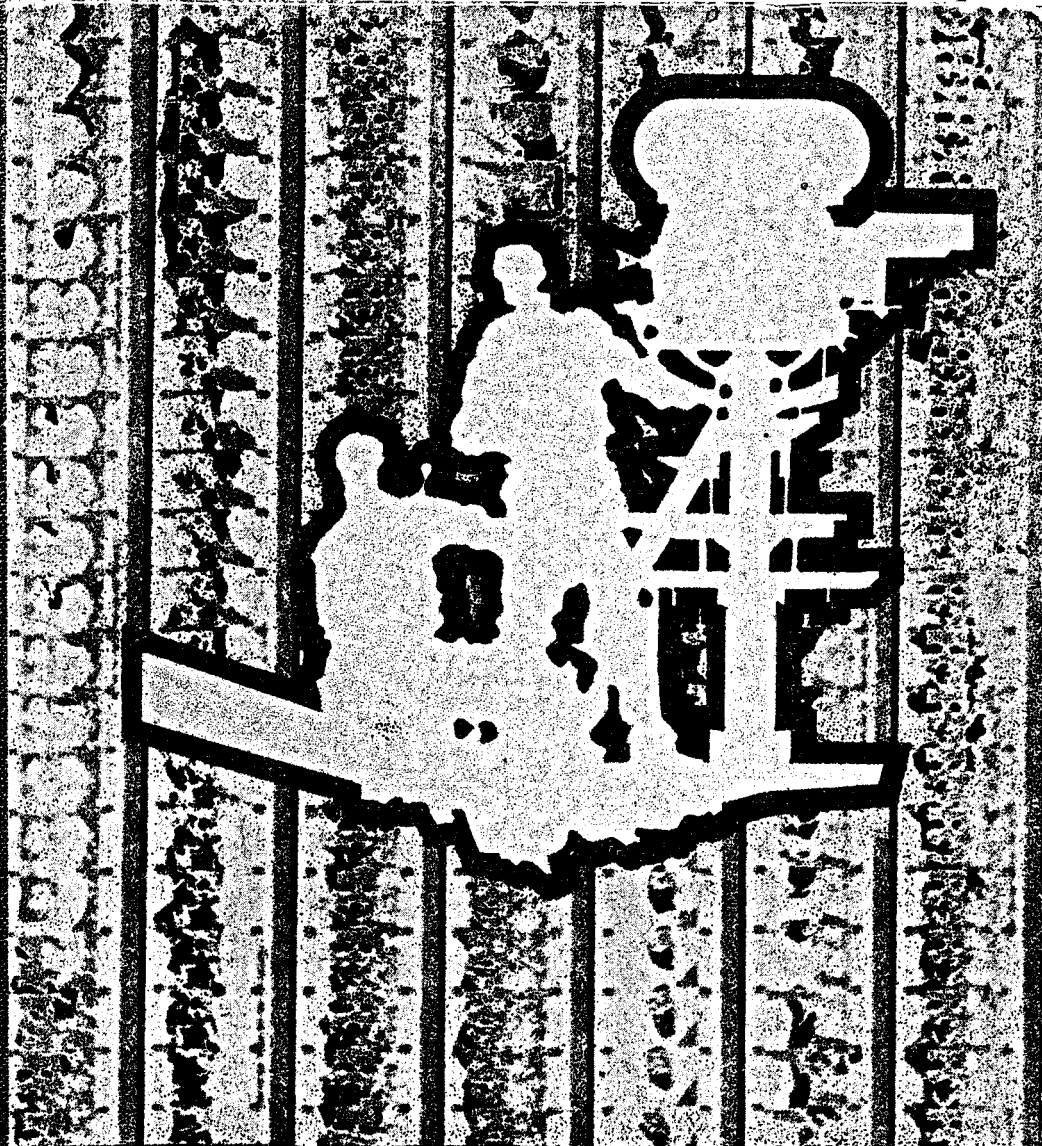




Al. Marin • D. Moroza • V. Stătescu

Tehnologia filmului

Manual pentru licee industriale
cu profil de poligrafie, anii I și II

Capitolul 4

IMAGINEA CINEMATOGRAFICĂ, REZULTAT AL PROCESULUI FOTOGRAFIC

A. PROCESUL FOTOGRAFIC

Imaginea cinematografică reprezintă o importantă aplicație în practică a procesului fotografic.

Prin proces fotografic, în general, se înțelege *succesiunea de operații prin care se obține o imagine fotografică vizibilă pe un material fotosensibil* (sensibil la lumină) după expunerea acestuia la lumină.

Există o multitudine de procese fotografice, din care majoritatea se bazează pe transformări fotochimice.

● Prin proces fotochimic se înțelege orice transformare chimică produsă de acțiunea luminii.

În funcție de compoziția și de particularitatea sistemului chimic supus acțiunii luminii, procesele fotochimice pot fi:

- sinteze ale unor noi molecule, proces denumit și *fotosinteză*;
- descompuneri ale unor molecule sub acțiunea luminii, proces denumit și *fotoliză*;
- polimerizări ale unor molecule de același tip sau de constituție apropiată (*fotopolimerizări* sau *copolimerizări*).

Procesul fotografic cel mai larg utilizat și cel mai cunoscut este cel denumit *proces fotografic convențional* sau *clasic*. Acesta se bazează pe înregistrarea imaginilor optice pe un material fotosensibil, pe reacțiile fotochimice ce se produc în halogenura de argint, substanța fotosensibilă a materialelor fotografice.

Procesele fotografice care au la bază reacții fotochimice ale unor substanțe neargentice formează o categorie distinctă a proceselor fotografice nonconvenționale. Printre substanțele de acest tip se numără

o serie de săruri de fier, de crom, de diazoniu, sticla de tip special — denumită fotosensibilă — sau polimeri fotosensibili.

O altă categorie distinctă de procese de înregistrare a imaginii o constituie procesele fotofizice. Ele au la bază transformări fizice ce se produc sub acțiunea luminii în diferite materiale: electrofotografia, termografia, termoplastia, înregistrarea videomagnetice și a.

○ **N o t ă .** În tehnica cinematografică, se folosește aproape în exclusivitate procesul fotografic convențional. De aceea, în cele ce urmează se au în vedere fenomenele caracteristice acestui tip de procese.

B. ETAPELE OBTINERII UNEI IMAGINI FOTOGRAFICE

Orice proces fotografic se desfășoară în două etape principale:

- realizarea în stratul fotosensibil, prin operația numită *expunere*, a unei imagini fotografice latente, invizibile cu ochiul liber;
- obținerea unei imagini fotografice vizibile, într-o formă stabilă, prin operațiile de prelucrare ulterioare expunerii.

În figura 4.1 este dată schema de principiu folosită pentru obținerea imaginii fotografice vizibile.

Se pot obține *imagini fotografice alb-negru* sau *în culori*, în funcție de natura materialelor fotosensibile folosite.

1. Obținerea imaginii fotografice latente

Expunerea constă din *proiectarea imaginii optice a unui obiect pe un material fotosensibil*.

Produsul acțiunii directe a luminii asupra stratului fotosensibil poartă numele de *imagine latentă*. Expunerea se poate realiza prin

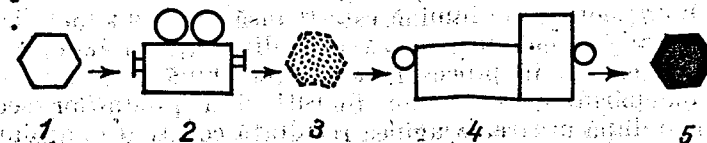


Fig. 4.1. Obținerea imaginii fotografice — schema de principiu:

1 — obiect; 2 — expunere (filmare); 3 — imagine latentă; 4 — prelucrare; 5 — imaginea rezultată.

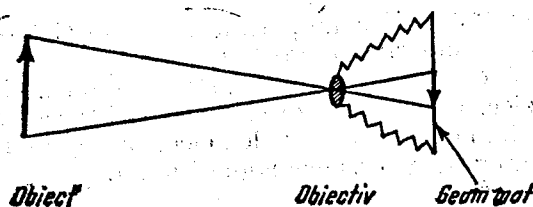


Fig. 4.2. Obținerea imaginii optice.

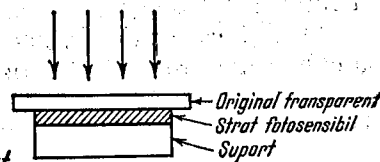


Fig. 4.3. Expunerea unui material fotosensibil prin contact.

intermediul unui aparat fotografic sau al unei camere de luat vederi (fig. 4.2), sau prin contact (fig. 4.3).

● În primul caz, razele de lumină pornite din diferite puncte ale obiectului sînt concentrate de obiectivul aparatului fotografic și prin intermediul acestuia se formează pe suprafața materialului fotografic imaginea obiectului. Materialul va primi mai multă lumină de la regiunile mai luminoase ale obiectului (mai strălucitoare sau mai reflectante) și va primi mai puțină lumină de la regiunile mai întunecate ale obiectului. Suprafața materialului fotosensibil se așază în planul focal al camerei fotografice.

● În cazul expunerii prin contact, stratul sensibil se pune în contact intim cu documentul original transparent, ca în figura 4.3.

Sub acțiunea directă a luminii asupra stratului fotosensibil, în condiții normale de expunere se produc transformări chimice care nu sînt vizibile cu ochiul liber.

2. Obținerea imaginii fotografice vizibile

Pentru ca imaginea latentă să devină vizibilă și inalterabilă, materialul fotosensibil expus este supus unei prelucrări fotochimice adecvate, constînd din: *developare, fixare, spălare și uscare*.

În procesul de developare, halogenura de argint din stratul fotosensibil impresionată de lumină este redusă în argint metalic. Halogenura de argint neimpresionată este dizolvată și îndepărtată de stratul fotosensibil în procesul de fixare. După o spălare intensă, pentru îndepărtarea reactivilor folosiți și a produșilor secundari rezultați, și după uscare, imaginea rezultată constînd în argint metalic poate fi conservată vreme îndelungată.

Ca rezultat al expunerii și prelucrării unui material fotografic, se obține o imagine fotografică negativă. Aceasta este denumită astfel,



Fig. 4.4. Distribuția înnegrii pe o imagine fotografică negativă și pozitivă în raport cu obiectul.

întrucît reproducerea în imagine a porțiunilor luminoase și întunecate este inversă în raport cu obiectul. Porțiunile cele mai luminoase ale obiectului corespund regiunilor de înnegrire maximă pe negativ, iar regiunile întunecate ale obiectului corespund porțiunilor transparente ale negativului (fig. 4.4).

Pentru a se obține o imagine fidelă a obiectului din punct de vedere al distribuției luminozității, este necesar să se expună prin intermediul imaginii negative un material fotografic (*copiere*). Imaginea obținută după prelucrarea fotochimică se numește *imagine pozitivă*.

Pe pozitiv, regiunilor luminoase ale obiectului le vor corespunde porțiunile de înnegrire minimă, în timp ce regiunilor întunecate ale obiectului le vor corespunde regiunile de înnegrire maximă.

C. SISTEME FOTOGRAFICE

Procedul prin care se obține pe un material fotografic o imagine vizibilă pozitivă este denumit *sistem fotografic*. În funcție de procesele de prelucrare aplicate, sistemele fotografice pot fi:

- *negativ-pozitive;*
- *autopozitive.*

Acestea din urmă se împart în:

- *procedee prin inversare;*
- *procedee prin transfer.*

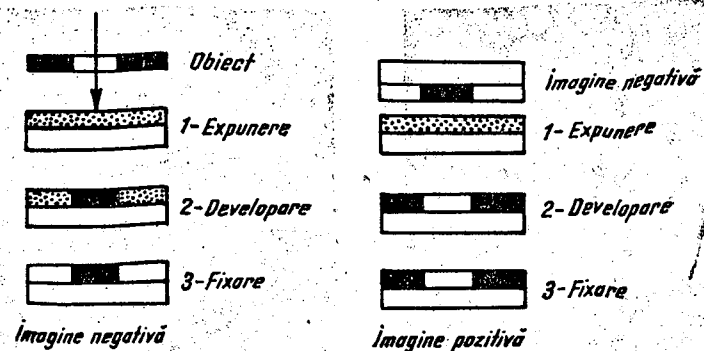


Fig. 4.5. Principiul sistemului negativ-positiv.

1. Sistemul negativ-positiv

În sistemul negativ-positiv, obținerea imaginii pozitive implică realizarea în prealabil a unei imagini negative pe un material separat. Apoi, imaginea negativă este copiată pe un material fotosensibil — pozitiv — și după prelucrarea acestuia se obține imaginea pozitivă a obiectului fotografiat. Principiul sistemului negativ-positiv este prezentat în figura 4.5.

2. Sisteme autopozitive

Sistemele autopozitive realizează direct imaginea pozitivă.

● Sistemul autopozitiv prin inversare este prezentat în schema de principiu din figura 4.6. Imaginea pozitivă vizibilă se obține în acest caz, direct pe materialul fotosensibil expus, ca urmare a aplicării unui procedeu special de prelucrare prin inversare (sau *reversare*). Procedul este denumit și reversibil și constă din următoarele:

- obținerea imaginii negative prin dezvoltarea materialului fotosensibil după expunere;
- eliminarea imaginii negative formate printr-o oxidare a argintului care o constituie;
- reexpunerea materialului pentru a fi impresionată acea regiune a stratului fotosensibil ce nu a fost afectată la prima expunere și la dezvoltare;
- prelucrarea finală a materialului (dezvoltare, fixare, spălări).

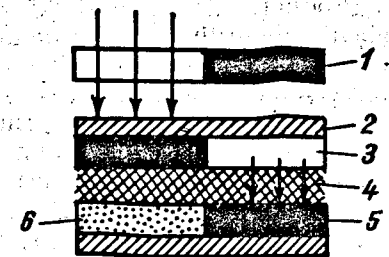
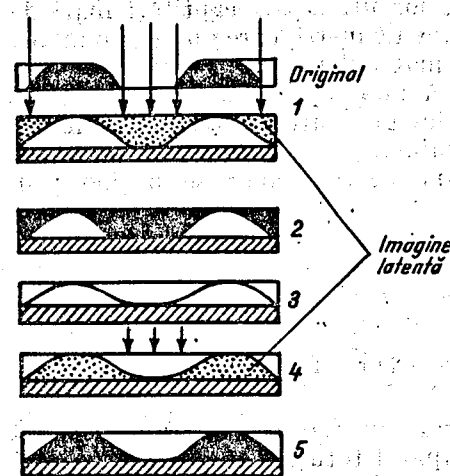


Fig. 4.7. Schema procesului autopozitiv prin transfer:

1 — obiect; 2 — suportul filmului; 3 — imagine negativă; 4 — soluție de dezvoltare; 5 — strat receptor (imagine pozitivă); 6 — germeni catalizatori.

Fig. 4.6. Principiul sistemului prin inversare:

1 — expunere; 2 — prima dezvoltare; 3 — eliminarea argintului imaginii negative prin înălbire; 4 — a doua expunere; 5 — a doua dezvoltare, urmată de fixare.

● Sistemul autopozitiv prin transfer este prezentat schematic în figura 4.7 și constă în principiu în a realiza dezvoltarea imaginii latente obținute prin expunere, cu ajutorul unei soluții revelatoare speciale, care, pe lângă agentul reducător, conține și un solvent pentru halogenura de argint. În acest fel, ionii de argint din soluția revelatoare proveniți din regiunile neexpuse ale stratului fotosensibil pot fi reduși la argint metalic și pot fi transferați pe un strat receptor cu care se află în contact. Transferul se realizează sub acțiunea unor catalizatori aflați în acest strat. Se formează o imagine de argint pozitivă în raport cu obiectul fotografiat.

Astfel de procedee sînt cunoscute în tehnică sub denumiri diferite. Unul dintre cele mai răspîndite procedee de acest tip este procedeul Polaroid. Întrucît acesta permite realizarea simultană într-un timp foarte scurt a negativului și a pozitivului, este folosit în mod curent pentru obținerea fotografiilor la moment. El are o aplicație destul de largă și în fotografierea științifică.

D. OBTINEREA IMAGINII CINEMATOGRAFICE

Imaginea cinematografică se obține ca urmare a unor operațiuni specifice procesului fotografic:

- expunerea materialului fotosensibil (pelicula cinematografică);
- prelucrarea fotochimică;

Producția de filme și difuzarea lor utilizează cantități mari de peliculă, de ordinul zecilor de milioane de metri, care după expunerea în timpul filmărilor (în aparatele de luat vederi) sau în timpul copierii (în mașinile de copiere) este supusă unor operațiuni de prelucrare fotochimică în scopul transformării imaginii latente formate în timpul expunerii, în imagine vizibilă și stabilă.

Imaginea cinematografică alb-negru sau color se obține prin două procedee fotografice :

- *procedeul negativ-pozitiv* ;
- *procedeul reversibil*.

1. Procedeul negativ-pozitiv

Procedeul negativ-pozitiv ilustrat în figura 4.8, deși durează mai mult și este mai costisitor, a căpătat totuși o largă întrebuințare în cinematografia profesională datorită avantajelor incontestabile care le prezintă și anume :

- asigură condiții mai bune pentru realizarea tirajului de copii pentru difuzare ;
- asigură securitatea maximă materialului filmat ;
- oferă posibilități multiple de creație prin montaj, efecte speciale etc.

Procedeul negativ-pozitiv are două etape distincte :

- obținerea imaginii negative ;
- obținerea imaginii pozitive.

2. Procedeul reversibil

Procedeul reversibil (fig. 4.9) se bazează pe folosirea unor pelicule speciale. După filmare, pelicula se prelucrează după schema siste-

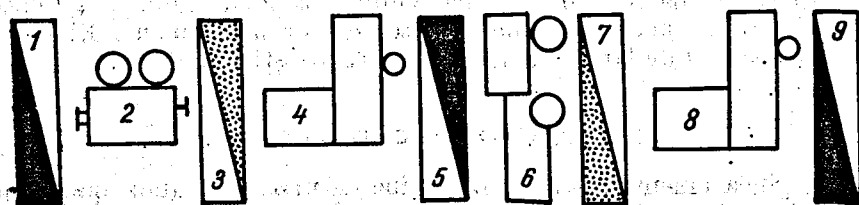
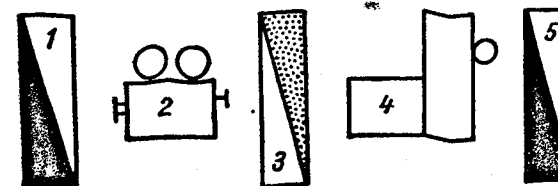


Fig. 4.8. Procedeul negativ-pozitiv de obținere a imaginii cinematografice :

1 — obiect ; 2 — filmare ; 3 — imagine latentă negativă ; 4 — prelucrare fotochimică ; 5 — imagine negativă ; 6 — copiere ; 7 — imagine latentă pozitivă ; 8 — prelucrare fotochimică ; 9 — imagine pozitivă.

Fig. 4.9. Procedeul reversibil de obținere a imaginii cinematografice :

1 — obiect ; 2 — filmare ; 3 — imagine latentă negativă ; 4 — prelucrare fotochimică ; 5 — imagine pozitivă.



mului fotografie autopozitiv prin inversare, obținându-se direct imaginea pozitivă.

Procedeul reversibil se folosește mai mult în televiziune și în cinematografia pentru amatori. În cinematografia profesională se folosește ca procedeu de contratipare, obținându-se același tip de imagine ca și imaginea materialului de pe care se copiază.

Verificarea cunoștințelor

1. Care sînt componentele principale ale procesului fotografic ?
2. Ce tipuri de procese fotografice cunoașteți ?
3. Ce sisteme fotografice se folosesc în cinematografie ?
4. Ce avantaje prezintă pentru cinematografie sistemul negativ-pozitiv ?
5. În ce scopuri se folosesc sistemele fotografice reversibile în cinematografie ?

De-a lungul timpului s-au făcut unele încercări de cinematograf cu „ecran variabil”, deci cu imagini care ră-și schimbă dimensiunile în funcție de compoziția cadrului.

Cinerama, un procedeu cu oarecare utilizări în perioada 1950 — 1960, a fost practic abandonată. Cinerama făcea apel la filmarea cu trei aparate și la proiecția pe trei ecrane reunite a celor trei copii pozitive ale filmului.

Cu ocazia diferitelor expoziții internaționale și naționale, se pun la punct diferite procedee de proiecție atrăgătoare pentru vizitatori și eficiente pentru acțiuni de propagandă, educație sau publicitate.

Căutările în direcția perfecționării tehnicilor de filmare și proiecție, a descoperirii unor noi forme de spectacol cinematografic, continuă fără încetare. Imaginea cu „relief total”, aplicație în domeniul cinematografiei a tehnicii holografice, reprezintă astăzi o speranță pe care o nutresc mulți dintre cineasții contemporani.

Verificarea cunoștințelor

1. Care sînt cauzele care au făcut ca forma normală (1,375/1) să rămînă pînă în prezent cea mai utilizată?
2. Imaginea normală pe 35 mm este superioară calitativ celei Cinemascope. De ce?
3. Calculați pierderea de imagine în cazul trecerii de la imaginea Cinemascope la cea normală.
4. De ce spectacolele cinematografice de tip special nu au căpătat o răspîndire mai mare?

P A R T E A A D O U A

Capitolul 9

NOȚIUNI GENERALE DESPRE TEHNICA FOTOGRAFICĂ

Cuvîntul fotografie înseamnă „a scrie cu ajutorul luminii”. Prin aceasta se înțelege înregistrarea senzațiilor de lumină, umbră, formă și culoare pe care le percep ochii noștri.

Mai multe tehnici actuale, astăzi larg folosite, au putut fi dezvoltate numai prin aplicarea și diversificarea tehnicii fotografice. Printre acestea se numără: cinematografia, fotoreproducerea, astronomia, meteorologia, radiografia medicală și industrială, tehnica explorării resurselor terestre de la mari înălțimi, studiul spectrelor moleculare și atomice pe cale fotografică, tehnica înregistrării fotografice a particulelor ionizate etc. Fotografia a devenit astfel, în toate domeniile de activitate, un auxiliar indispensabil.

A. APARATUL DE FOTOGRAFAT

De la inventarea fotografiei și pînă în prezent, aparatura fotografică a suferit multiple perfecționări. De aceea, ea se fabrică într-o gamă foarte variată de modele. Principiul de funcționare a rămas însă același: al „camerei obscure”.

● Schematic, orice aparat fotografic are cinci părți componente, și anume: *obiectivul fotografic, camera obscură, magazia materialului fotosensibil, obturatorul și un sistem de vizare* (fig. 9.1).

● **Principiul de funcționare.** Razele de lumină care vin de la obiectul aflat în fața aparatului sînt adunate de obiectiv și sînt proiectate într-un plan perpendicular pe axa optică a obiectivului, în fundul camerei obscure, formînd imaginea reală și răsturnată a obiectului.

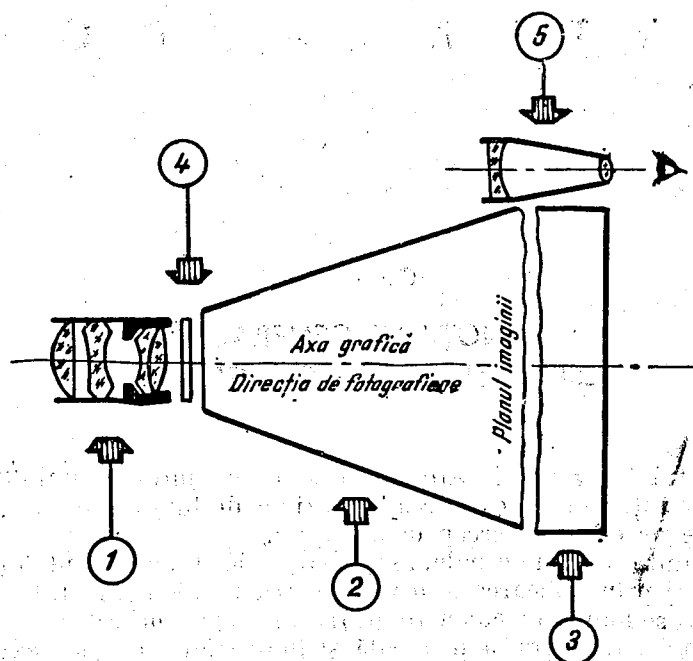


Fig. 9.1. Schema de principiu a aparatului de luat vederi:
1 - obiectiv; 2 - camera obscură; 3 - magazia materialului fotosensibil; 4 - obturator;
5 - vizor.

● Aparatele de fotografiat pot fi clasificate după mai multe criterii :

● după mărimea formatului (laturilor) :

- formatul miniatură, până la 8×11 mm;
- formatul mic, de la 18×18 mm la 24×36 mm;
- formatul mijlociu, de la $4,5 \times 6$ cm la 6×9 cm;
- formatul mare de la 9×12 cm la 30×40 cm.

● după natura materialului :

- cu rolfilm;
- cu plăci fotografice.

● după caracteristicile constructive ale elementelor aparatului fotografic :

- cu obiectiv fix, folosit la majoritatea aparatelor de format mijlociu, sau cu obiectiv interschimbabil, specific formatului mic;

- cu cameră obscură rigidă, utilizată la majoritatea aparatelor de format mic, sau pliabilă (cu burduf) caracteristică formatului mare;
- cu magazie fixă, prezentă la majoritatea aparatelor, sau interschimbabilă, caracteristică formatului mare;
- cu obturator focal, propriu formatului mic, sau cu obturator central, întâlnit la majoritatea aparatelor de format mare și mijlociu;
- cu sistem de vizare optic independent, întâlnit la majoritatea aparatelor de format mare și mijlociu, sau prin reflex, răspândit la aparatele de format mic.

În figura 9.2 sînt ilustrate cîteva tipuri mai reprezentative de aparate fotografice.

1. Obiectivul fotografic

Obiectivul este piesa cea mai importantă a aparatului fotografic, calitatea imaginii fiind condiționată, în primul rînd, de calitatea obiectivului. Caracteristicile tehnice și calitative ale obiectivului fotografic au aceeași semnificație ca și în cazul obiectivului aparatului de filmat (v. cap. 5).

Distanța focală și luminozitatea se găsesc scrise pe montura obiectivului. În tabelul 9.1 sînt date unghiurile cîmpului (unghiurile de poză) pentru diferite distanțe focale și formate.

Pentru a se putea fotografia și sub limita de punere la punct a obiectivului (sub 1 m), se pot folosi lentile adiționale denumite și „proxare”.

a. Tipuri de obiective

- Cînd distanța focală este egală cu lungimea diagonalei formatului imaginii pentru care este destinat obiectivul, unghiul de poză are valoare de circa 50° , iar imaginea are un efect spațial apropiat de cel al vederii umane. Un astfel de obiectiv este considerat cu distanță focală normală.
- Cînd distanța focală este mai mică decît cea normală, obiectivul este un **superangular**, iar imaginea obținută este la o scară mai mică și cu efect spațial exagerat.
- Obiectivul la care distanța focală este mai mare decît cea normală formează imaginea la o scară mai mare. El se numește **teleobiectiv** sau obiectiv cu distanță focală lungă.

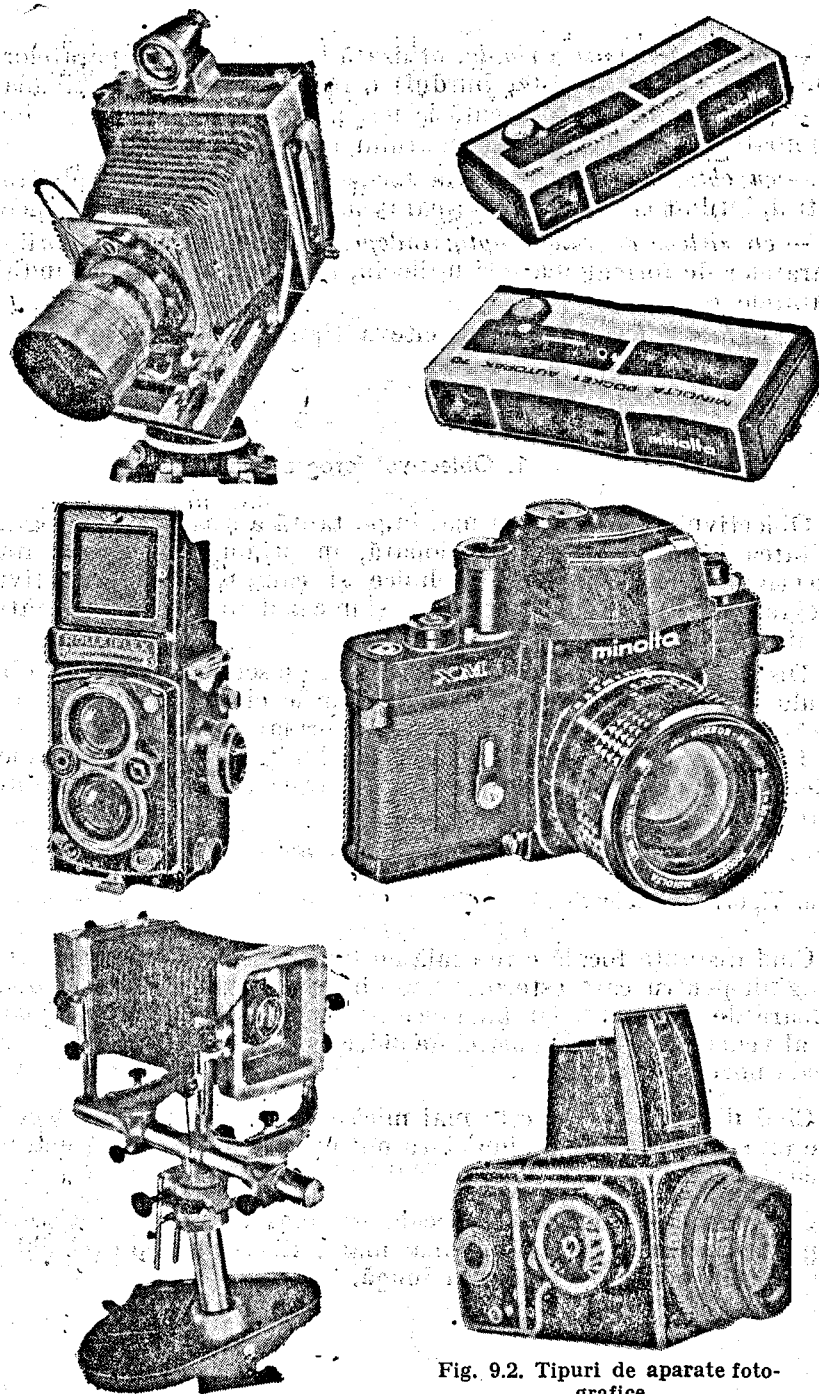


Fig. 9.2. Tipuri de aparate fotografice.

Tabelul 9.1

Unghiul câmpului pentru diferite distanțe focale și formate

Distanța focală [cm]	Formatul și diagonala [cm]							
	2,4×3,6 4,38	4,5×6 7,5	6×6 8,5	6,5×9 11	9×12 15	10×15 18	13×18 22	18×24 30
3,5	63°	93°	103°	115°				
5	47°	74°	81°	95°	112°			
7,5	32°	53°	59°	73°	90°	100°	112°	
9	27°	45°	51°	63°	80°	90°	101°	118°
10	24°	41°	46°	58°	74°	84°	96°	113°
12	20°	34°	39°	49°	64°	74°	86°	103°
13,5	18°	31°	35°	44°	58°	67°	79°	96°
15	16°	28°	32°	40°	53°	62°	73°	90°
18	14°	24°	26°	34°	45°	53°	63°	80°
21	11°	20°	23°	29°	39°	46°	56°	71°
24	10°		20°	26°	35°	41°	49°	64°
27	9°		16°	23°	31°	37°	44°	58°
30	8°		15°	21°	28°	33°	40°	53°

Distanța focală a diferitelor obiective fotografice este cuprinsă între 20 până la 1 000 mm, iar luminozitatea poate avea valori de la 1 : 0,5 până la 1 : 16.

Distanța focală și luminozitatea determină profunzimea câmpului, limitele de distanță în care redarea obiectelor este clară. Profunzimea câmpului este cu atât mai mare cu cât distanța focală este mai mică și cu cât obiectivul este mai puțin luminos.

b. Caracteristici

Calitatea imaginii fotografice este determinată de caracteristicile calitative ale obiectivului, care sînt :

— gradul de difuzie a luminii în sistemul optic, care determină contrastul imaginii optice ;

— puterea rezolutivă sau de separare (capacitatea de a reproduce distinct în imagine punctele sau liniile foarte apropiate ale subiectului fotografiat). În general, se consideră că puterea separatoare a obiectivului este bună când redă detalii de 1:1 000 și 1:2 000 din distanța focală;

— capacitatea de corectare a aberațiilor. Cele mai răspindite obiective sînt anastigmatice, cunoscute și sub denumirea de „Triplete” avînd diferite denumiri comerciale (Trioplan, Tessar, Industar, Sonnar, Jupiter, Helios etc.). Obiectivele dublu-anastigmat prezintă cele mai bune corecții și echipează aparatele fotografice de bună calitate. Ele poartă diverse denumiri comerciale (Helioplan, Biotar, Birgon, Plasmat etc.).

c. Construcție

Obiectivele sînt construite din două elemente principale: *montura* și *diafragma*.

● **Montura** obiectivului servește la fixarea sistemului de lentile și a diafragmei. În unele cazuri, în montură se fixează și obturatorul (fig. 9.3).

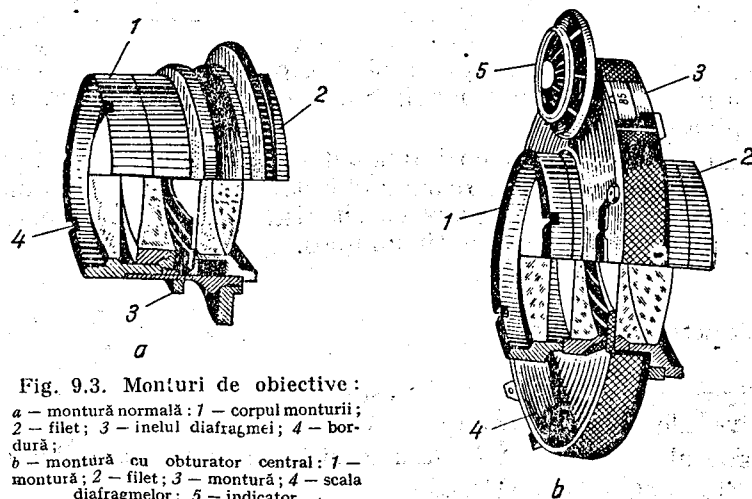


Fig. 9.3. Monturi de obiective:
a — montură normală: 1 — corpul monturii;
2 — filet; 3 — inelul diafragmei; 4 — bor-
dură;
b — montură cu obturator central: 1 —
montură; 2 — filet; 3 — montură; 4 — scala
diaframelor; 5 — indicator.

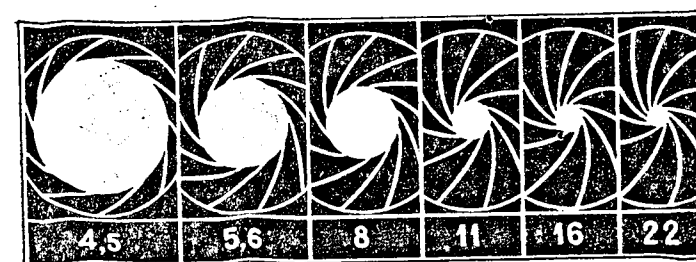


Fig. 9.4. Diafragmă iris.

Pe montura obiectivului este gravată scara distanțelor, care servește la punerea la punct (fixarea clarității). La unele obiective este gravat și un inel al profunzimilor, care permite determinarea zonei de claritate pentru orice valoare a diafragmei și a distanței de fotografiere.

● **Diafragma.** Sistemul de diafragmă cel mai utilizat este *diafragma iris* (fig. 9.4), care este formată din mai multe lamele subțiri negre, în formă de seceră repartizate uniform pe o circumferință și care prin pivotare formează în orice poziție a lor cercuri de diferite diametre, concentrice pe axa optică a obiectivului. Pe montura obiectivului se pot citi indici din scara diafragmei, numărul cel mai mic fiind însăși luminozitatea obiectivului (fig. 9.5).

Aparatele mai perfecționate, cu vizare reflex prin obiectiv, dispun de *diafragme cu preselectie automată*. Închiderea acestor diafragme la nivelul stabilit se face automat în momentul declanșării. Aceasta permite ca vizarea să se facă întotdeauna cu diafragma complet deschisă. O variantă mai simplă a acestui sistem este *diafragma cu preselectie simplă*, la care închiderea se face manual, înaintea declanșării, pînă la deschiderea stabilită. Uneori, închiderea diafragmei este comandată automat de expondometrul fotoelectric al aparatului.

La unele aparate, în special la cele de format mic, cu cameră obscură rigidă, obiectivele pot fi interschimbabile (fig. 9.6) oferind prin aceasta posibilitatea fotografierii în cele mai diferite situații.

2. Camera obscură

Camera obscură a aparatelor fotografice poate fi *rigidă* sau *extensibilă*.

Fig. 9.5. Obiectiv fotografic:
1 — sistemul optic; 2 — scara distanțelor;
3 — inelul de profunzime; 4 — scara
diaframelor.

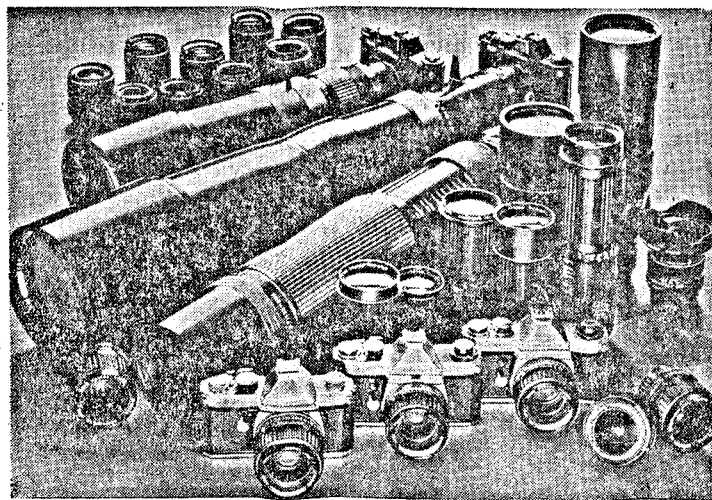
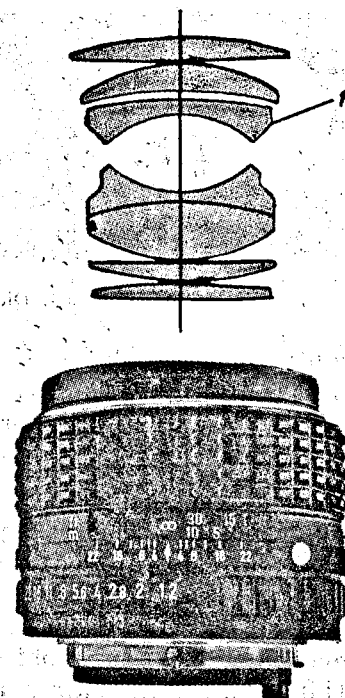


Fig. 9.6. Obiective interschimbabile.

● Aparatele cu cameră obscură rigidă oferă comoditate și versatilitate în exploatare. Folosind accesorii speciale (tuburi sau burdufuri suplimentare) se poate fotografia de aproape (macrofotografia), imaginile obținute putând fi mai mari decât subiectul.

● Aparatele cu burduf oferă posibilitatea extensiei camerei, a corectării deformărilor imaginii și a măririi zonei de profunzime, datorită înclinării axei optice a suportului portobiectiv ca și a suportului portelișeu.

3. Magazia materialului fotosensibil

Magazia materialului fotosensibil păstrează în completă obscuritate materialul fotosensibil atît înainte, cît și după expunere (fig. 9.7) și menține cît mai plan posibil materialul fotosensibil în dreptul ferestrei camerei obscure unde se formează imaginea.

Magazia poate fi *atașabilă* aparatului (casetă) sau *înglobată* în aceasta. Casetele sînt realizate în două variante, unele pentru plăci și planfilme și altele pentru rolfilm sau chiar pentru filme înguste (35 mm).

4. Obturatorul

Obturatorul este un dispozitiv al aparatului fotografic care oprește accesul razelor luminoase spre stratul fotosensibil. El lasă să treacă lumina numai în momentul fotografierii, un timp determinat (timpul de expunere). Obturatorul (fig. 9.8) poate fi de tip *central*, denumit și „Compur”, sau *focal*, denumit *obturator cu perdea*.

● Obturatorul central este montat în sistemul de lentile al obiectivelor și constă dintr-o serie de lamele care se mișcă de la centru la margine și înapoi, realizînd astfel deschiderea bruscă a obiectivului.

● Obturatorul cu perdea funcționează pe un alt principiu: două perdele din pînză neagră cauciucată sau un oblon metalic avînd o

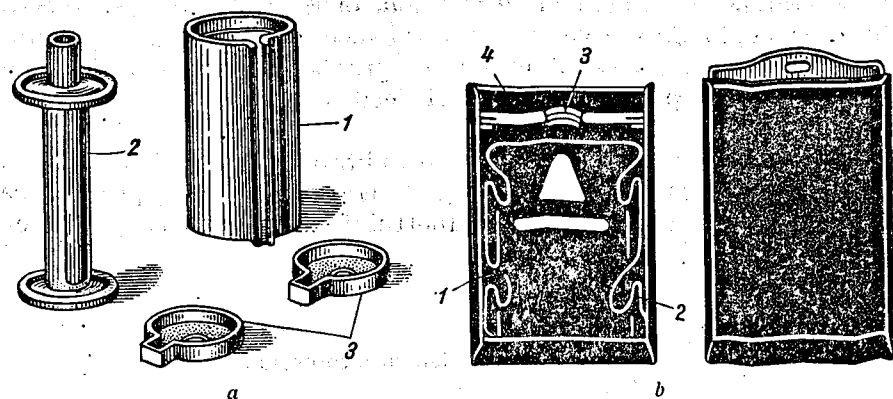


Fig. 9.7. Magazii de material fotosensibil:

a - caseta pentru film perforat: 1 - corpul casetei; 2 - mosor; 3 - capace;
b - caseta pentru planfilm: 1 - corpul casetei; 2 - arcuri; 3 - incuetoare; 4 - catifea;
c - caseta pentru rolfilm: 1 - corpul casetei; 2 - mosor; 3 - capac.

fantă a cărei lățime este reglabilă, se deplasează foarte repede în fața materialului fotosensibil, expunerea făcându-se pe fișii de la un capăt la altul al cadrului.

Obturatoarele asigură timpi de expunere de la fracțiuni de secundă până la câteva secunde. Scara timpilor de expunere este astfel făcută încât să fie în concordanță cu scara diaframelor, și anume: 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2 000 s. Gama timpilor de expunere mai este completată cu două poziții, *B* și *T*. La poziția *B* obturatorul rămâne deschis atît timp cît este apăsătorul declanșatorului, iar la *T*, obturatorul se deschide la apăsarea declanșatorului și rămâne deschis pînă la o nouă apăsare pe declanșator.

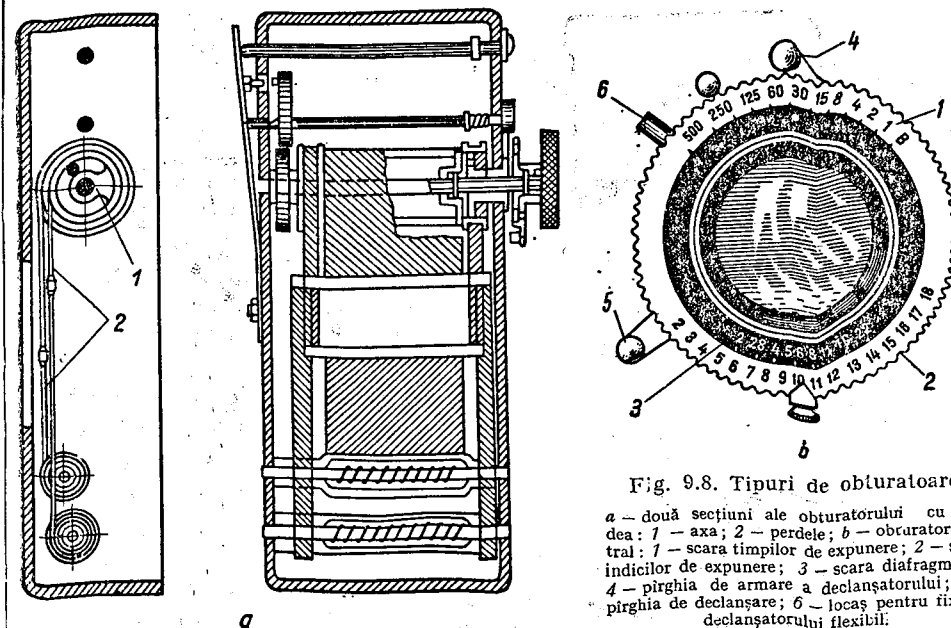


Fig. 9.8. Tipuri de obturatoare:

a - două secțiuni ale obturatorului cu perdele: 1 - axa; 2 - perdele; b - obturator central: 1 - scara timpilor de expunere; 2 - scara indicilor de expunere; 3 - scara diaframelor; 4 - pîrghia de armare a declanșatorului; 5 - pîrghia de declanșare; 6 - locaș pentru fixarea declanșatorului flexibil.

Obturatoarele moderne sînt prevăzute cu o priză (sau mai multe) de sincronizare pentru lămpile fulger, astfel ca aprinderea să se producă în timpul deschiderii obturatorului. Ele pot fi prevăzute și cu mecanisme de acționare automată (autodeclanșatoare), deschiderea obturatorului făcându-se în acest caz cu o anumită întârziere după apăsarea pe butonul declanșatorului.

5. Sisteme de vizare

Vizorul este un dispozitiv al aparatului fotografic cu ajutorul căruia se controlează limitele imaginii pe care o formază obiectivul în planul stratului fotosensibil.

- Cel mai simplu vizor este însuși geamul mat (acolo unde există) al aparatului.

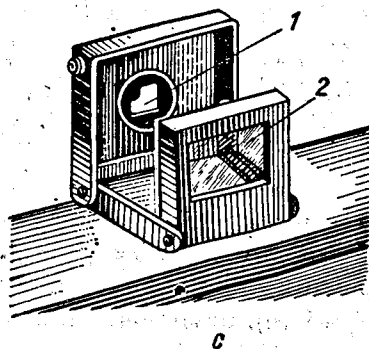
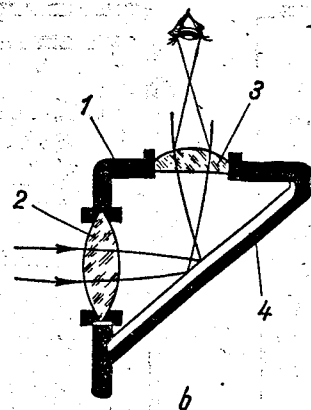
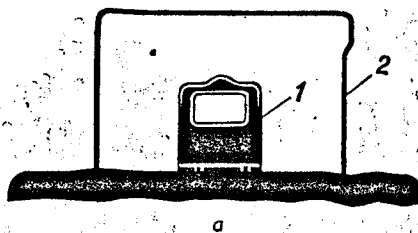


Fig. 9.9. Sisteme de vizare independente:
a - vizor cadru; 1 și 2 - rame;
b - vizor optic pliant cu oglindă: 1 - corpul vizorului;
2 - lentila convergentă; 3 - lentila plan-concavă;
4 - oglindă;
c - vizor optic pliant cu lentilă divergentă: 1 - ocularul;
2 - lentilă divergentă.

Sistemul prezintă dezavantajul că, în condiții nefavorabile de lumină și pentru subiecte în mișcare, este foarte greu de vizat, lăsând la o parte faptul că imaginea apare răsturnată și inversată. Datorită dispozitivelor optice complementare (oglină lentilă, prismă pentagonală și ocular), vizarea pe geamul mat al aparatelor de tip reflex a devenit însă unul dintre cele mai răspândite sisteme.

● Cele mai multe aparate fotografice sînt înzestrate cu sisteme de vizare independente. Acestea pot fi cu cadru sau optice (fig. 9.9).

Unele aparate (de exemplu: Rolleiflex sau Liubitel) sînt înzestrate cu două obiective identice ca distanța focală și cu două camere obscure, una pentru clișeu și una frîntă pentru imaginea din vizor.

Pentru aparatele prevăzute cu obiective interschimbabile, se pot folosi vizoare universale cu turelă (fig. 9.10).

Principalul dezavantaj al vizorului cu sistem optic independent este eroarea de parallaxă, care apare datorită poziției diferite a axelor optice ale vizorului și obiectivului.

La unele aparate, vizorul este combinat cu un dispozitiv optico-mecanic de măsurat distanțele de fotografiere, numit *telemetru*.

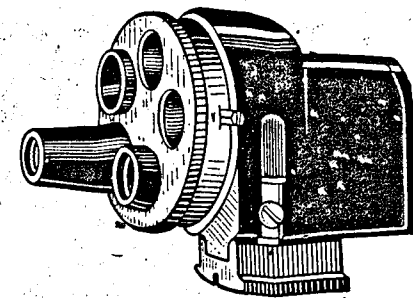


Fig. 9.10. Vizor universal tip turelă.

● Telemetrele sînt de construcții diferite: cu o oglindă rotativă, cu prisme rotative, sau cu lentile cilindrice alunecătoare.

Principiul de funcționare este ilustrat în figura 9.11. Dispozitivul constă dintr-o oglindă 1 care se poate roti în jurul axei 2 și dintr-o oglindă semitransparentă 3. Distanța dintre oglinzile 1 și 3 determină baza telemetrului. Observarea obiectului de fotografiat 4 se face prin oglinda 3. Observatorul sesizează imaginea formată de două fascicule de lumină, unul care trece direct prin oglinda semitransparentă 3, iar altul care este reflectat mai întîi de oglinda 1, apoi de oglinda 3. Drept rezultat, observatorul vede două contururi ale imaginii obiectului, cu atît mai deplasate cu cît obiectul se află mai aproape.

Prin rotirea oglinzii 1, contururile ambelor imagini se pot apropia și la un moment dat se obține suprapunerea lor perfectă, adică coincidența lor. În acest moment, datorită faptului că telemetrul este legat mecanic de obiectiv, claritatea imaginii pe stratul fotosensibil este automat stabilită.

În mod similar, suprapunerea celor două imagini poate fi realizată cu ajutorul unei prisme sau a unor lentile cilindrice.

● O serie de aparate realizează punerea la punct cu ajutorul lupei telemetrice, care

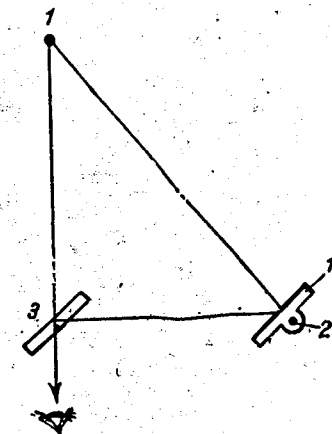


Fig. 9.11. Principiul de funcționare al telemetrului optic:
1 - oglindă; 2 - axul de rotație al oglinzii;
3 - oglindă semitransparentă; 4 - subiectul de fotografiat.



Fig. 9.12. Imaginile date de lupa telemetru.

este o lupă cu geam mat (fig. 9.12). În mijlocul geamului mat se găsește o porțiune circulară de sticlă transparentă pe care se formează o imagine parțială, mai luminoasă decât pe restul geamului mat.



Fig. 9.13. Accesoriile aparatului de fotografiat.

Pe cercul de telemetrare sunt așezate vîrf la vîrf două prisme mari, avînd punctul de încrucișare în planul suprafeței mate. Dacă obiectivul nu este pus la punct, imaginea apare neclară, iar liniile verticale din centru sînt deplasate lateral una față de alta.

6. Accesoriile aparatului de fotografiat

Dintre accesoriile aparatului de fotografiat (fig. 9.13), cele mai importante sînt :

- *stativul* (sistemul de fixare a aparatului) ;
- *racordul flexibil pentru declanșare* ;
- *dispozitive de autodeclanșare* ;
- *tabele sau exponometre* pentru determinarea expunerii ;
- *filtre* ;
- *dispozitive cu burduf* ;
- *inele intermediare* ;
- *dispozitive pentru reproducere etc.*

B. TEHNICA FOTOGRAFIERII

1. Principalele operații pregătitoare ale fotografierii

Din punct de vedere tehnic, pentru fotografiere este necesar să se cunoască perfect atît posibilitățile și modul de funcționare a aparatului, cît și însușirile materialului fotosensibil. În funcție de scopul urmărit și de particularitățile subiectului, se alege aparatul fotografic, cu accesoriile lui, precum și materialul fotosensibil convenabil. Apoi, pînă la executarea declanșării, se execută următoarele operații :

- *stabilirea punctului de stație* (poziționarea aparatului) ;
- *cadrarea* (delimitarea zonei ce va intra în cadru) ;
- *punerea la punct* (reglarea clarității) ;
- *determinarea expunerii* ;
- *reglarea parametrilor de expunere* (obturator și diafragmă).

○ **Notă.** În raport cu sistemul aparatului, cu particularitățile subiectului și cu preferințele fotografului, ordinea operațiilor poate fi și alta.

În cazul că fotografierea se realizează la lumină artificială sau mixtă, se mai execută o serie de operații în plus, legate de alegerea schemei de iluminare și a surselor de iluminat, de amplasarea corpurilor de iluminat etc.

a. Construirea compoziției fotografice a cadrului

Un moment important al situației de pregătire a fotografierii îl constituie stabilirea punctului de stație și cadrarea subiectului, elemente determinate ale compoziției fotografice. Fotografii trebuie să hotărască asupra celei mai potrivite așezări a aparatului, să delimiteze zona ce va intra în imagine. Elementele din interiorul cadrului trebuie să fie organizate pe baza unei logici a formelor, a unui simț de construcție și de echilibru.

În fotocompoziție nu există norme. Există doar indicații, care pot fi tot atît de bine încălcate. *Singura lege valabilă este că forma trebuie să fie adaptată conținutului.* De aceea, indicațiile pot fi numai de ordin general și cu caracter sensibilizator, în vederea educației estetice continue a fotografului.

Elementele vizuale cu care se lucrează sînt *liniile și unghiurile* care se formează la întretăierile lor, *suprafețele și tonalitățile.*

Liniile drepte aduc vigoare în cadru, cele curbe moliciune, grație, iar cele frînte — dinamism, dezordine.

Liniile orizontale produc o atmosferă de calm, liniște, odihnă, cele verticale — forță, soliditate, stabilitate, iar cele oblice — dinamism, mișcare.

Unghiurile, începînd cu cel obtuz și terminînd cu cel foarte ascuțit, devin din ce în ce mai dinamice.

În plasarea diferitelor elemente în suprafața cadrului, un rol important îl joacă evidențierea elementului principal, căruia trebuie să i se acorde un spațiu mai mare, o tonalitate deosebită față de celelalte elemente și o așezare specială în cadru în zona de interes principal, care posedă o anumită atracție vizuală și o așezare armonioasă față de restul suprafeței cadrului.

Cu cît imaginea va avea o *tonalitate* generală mai deschisă, va produce o impresie mai optimistă; o tonalitate închisă sugerează o atmosferă grea, apăsătoare. Contrastele puternice de tonalitate produc o atmosferă dinamică, iar lipsa de contrast se potrivește pentru o atmosferă mai suavă.

Poziționarea centrală a aparatului față de subiect creează, de regulă, compoziții primitive, statice, fără profunzime în timp ce o poziționare

laterală favorizează redarea volumului, a formelor elementelor compoziționale. Foarte expresive, dinamice, din acest punct de vedere sînt fotografiile în care se folosește așa-numita *compoziție în diagonală*, în care direcția de mișcare coincide sau se apropie de direcția uneia din diagonala formatului.

Distanța de la care se fotografiază influențează asupra dimensiunii subiectului. Alegerea ei depinde de distanța focală a obiectivului, de unghiul de cuprindere și evident, de intențiile fotografului.

Înălțimea aparatului, de regulă, corespunde cu nivelul ochilor unui om în picioare. Fotografiile obținute astfel redau imaginea subiectului fotografiat sub forma cea mai obișnuită, fără deformări.

Fotografiile obținute de la un nivel inferior sau superior nivelului obișnuit poartă denumirea de *fotografii în racurs*. Folosite judicios, imprimă imaginii un plus de expresivitate. Fără o justificare plastică, aceste poziționări determină simple deformări ale imaginii.

b. Punerea la punct

Punerea la punct — reglarea clarității imaginii — se realizează în diferite feluri, după tipul aparatului folosit, așa cum s-a arătat în descrierea obiectivului fotografic. Ea este întotdeauna legată și de necesitatea asigurării unei profunzimi convenabile.

Profunzimea poate fi determinată cu ajutorul unor discuri calculatoare sau al tabelelor, în funcție de distanța focală, de deschiderea relativă și de distanța de fotografiere. La obiectivele moderne, profunzimea se determină cu ajutorul unui inel special.

Cînd obiectivul este pus la punct pentru infinit, zona anterioară care se întinde de la infinit și pînă la o anumită apropiere de obiectiv se numește *distanță hiperfocală*. Dacă obiectivul este reglat pe distanța hiperfocală, nu mai este necesară măsurarea distanței pentru toate elementele cuprinse în zona de claritate. Pe acest principiu lucrează și aparatele simple, care au punerea la punct fixă pe distanța hiperfocală.

Nu întotdeauna se urmărește redarea unei profunzimi maxime. Uneori, din motive plastice, punerea la punct a clarității se face pe obiectul principal al imaginii pe seama reducerii clarității la detaliile de importanță secundară sau în scopul redării caracterului spațial al imaginii, claritatea ei este voit redusă în adîncime.

c. Determinarea expunerii

Expunerea este definită de două mărimi : de *iluminarea filmului* în fereastra de cadrare a aparatului și de *intervalul de timp în cursul căruia filmul se află sub acțiunea acestei iluminări*.

La rindul său, *iluminarea materialului fotosensibil* depinde de *strălucirea subiectului* și de *deschiderea relativă a obiectivului*.

Prin urmare, determinarea expunerii se poate reduce la trei momente principale : măsurarea strălucirii subiectului fotografiat, stabilirea diafragmei necesare și determinarea timpului de expunere. Aceste mărimi se determină în raport cu sensibilitatea materialului pe care se fotografiază.

○ *Notă*. Condițiile de prelucrare vor trebui să asigure sensibilitatea luată în calcul.

Expunerea reprezintă dificultatea principală a situațiilor de fotografiere. Ea se determină ținând seamă de influențele combinate ale factorilor arătați și de intențiile fotografului pentru obținerea unui anumit efect.

Există patru modalități de determinare a expunerii, și anume :

— *pe baza aprecierii fiecăruia*, în care caz experiența practicii îndelungate este elementul care asigură mai mult sau mai puțin obiectivitatea rezultatului ;

— *pe baza expunerilor de probă* ;

— *cu tabele, grafice sau calculatoare*, metodă care poate satisface dacă elementele fiecărei situații de fotografiere sunt corect interpretate în tabel, grafic sau calculator ;

— *cu exponometre optice sau fotoelectrice*, care măsoară cel mai obiectiv lumina reflectată de subiect sau lumina incidentă care luminează subiectul.

Metoda determinării expunerii cu exponometre fotoelectrice este cea mai sensibilă și mai precisă. Eficiența acestei metode este maximă atunci când datele indicate de aparat pot fi interpretate prin prisma proprietăților fotografice ale materialului fotosensibil, pentru amplasarea cât mai corectă a strălucirilor subiectului. Subiectele au o gamă foarte mare de străluciri. În majoritatea cazurilor, calculul expunerii se face după strălucirea părții celei mai importante a subiectului, după elementul cel mai important al imaginii. Alteori, se caută compromisuri ca să poată fi înregistrate cât mai multe elemente.

Aparatele care au exponometrul încorporat și acționează automat diafragma îl scutesc pe cel care fotografiază de calcule și interpretări.

Utilizarea filtrelor necesită o mărire a expunerii corespunzător factorului lor. Cind acesta nu este cunoscut, se fac determinări cu exponometrul, măsurind o suprafață albă uniformă iluminată de două ori, cu filtre și fără filtre. Raportul celor două rezultate este tocmai factorul de mărire a expunerii corespunzător filtrului.

d. Reglarea parametrilor de expunere

O dată stabilite elementele de fotografiere, ele trebuie să fie interpretate și „transmise” organelor de execuție a fotografiei, adică obturatorului, diafragmei și dispozitivului de punere la punct a obiectivului. Toate acestea sunt într-o strinsă corelație, astfel că acționarea asupra unor elemente implică „acordarea” celorlalte.

Expunerea dorită se poate realiza prin variația convenabilă a diafragmei sau a duratei de expunere. În opțiunile care se fac se are în vedere că *profundimea imaginii este cu atât mai mare cu cât diafragma este mai mică*, iar *claritatea obiectelor în mișcare obligă la un timp de expunere cu atât mai mic cu cât obiectul este mai apropiat și cu cât viteza lui de mișcare este mai mare*.

2. Declanșarea

Declanșarea este operația de fotografiere propriu-zisă.

Alegerea momentului declanșării depinde de mișcarea și atitudinea subiectului, de situația iluminării (dacă aceasta variază), de vibrațiile produse de vînt (se va aștepta ca declanșarea să se facă în pauza dintre două rafale), ca și de alți factori care ar influența negativ fotografierea. După o oarecare practică, alegerea momentului se impune de la sine.

În momentul declanșării, atît miinile cît și însuși corpul fotografului trebuie să fie într-o poziție stabilă neforțată ; se va reține respirația (după expirație), iar apăsarea pe butonul declanșatorului se va face continuu, fără ezitări sau șocuri bruște. Cind trebuie să se declanșeze dintr-un vehicul în mișcare, pentru amortizarea trepidațiilor acestuia atît aparatul cît și miinile vor fi libere, nesprijinite de vreun element al vehiculului, alegindu-se un moment de mers mai liniștit.

3. Iluminarea

În practica fotografică se folosește atît *iluminarea naturală*, cît și cea *artificială*.

a. Iluminarea naturală.

Fotografierea în aer liber reclamă *alegerea orei la care se fotografiază, alegerea direcției de fotografiere în raport cu direcția de cădere a fluxului luminos, precum și corectarea jocului de lumini și umbre cu ajutorul dispozitivelor reflectante.*

● **Influența orei la care se fotografiază.** Lumina care cade pe un subiect poate fi dirijată sau difuză. Lumina dirijată dă porțiuni puternic luminate și umbre puternice. Fotografiile executate la amiază prezintă umbre grele și scurte, din care cauză imaginea apare dură. În primele ore ale dimineții și spre seară umbrele sînt lungi și luminoase.

Lumina difuză este o lumină reflectantă (de exemplu, lumina cerului pe vreme posomorită). Ea egalizează diferențele de iluminare și îndulcește contrastele imaginii. Fotografiile făcute numai la lumina difuză sînt bine detaliate, dar apar fără relief, fără viață.

● **Desenul de lumini al imaginii** depinde și de **direcția aleasă pentru fotografiere, în raport cu direcția de incidență a razelor solare.**

Dacă soarele se găsește în spatele aparatului fotografic, în cadru va lipsi aproape complet jocul de lumini și umbre. De aceea, fotografia efectuată cu lumina solară frontală apare adesea monotună, plată, anostă și neinteresantă.

În cazul poziției laterale a soarelui față de aparatul fotografic, apare un joc de lumini și umbre vizibile, diferitele zone ale subiectului sînt iluminate diferit. Strălucirile lor diferite animă spațiile și dau amănunte. Adesea umbrele devin elemente esențiale ale imaginii, căreia îi dau adîncime spațială.

Una dintre iluminările de cel mai mare efect este *contralumina*. Obiectele sînt iluminate de soare din spate. Conturul subiectului este accentuat, iar desenul de lumini al imaginii este foarte interesant și expresiv. În figura 9.14 sînt ilustrate patru modalități de iluminare naturală (frontală, laterală, contralumina și combinată).

● În unele cazuri, fotografii pot să efectueze **corecția luminii naturale prin folosirea unor ecrane reflectante**, care iluminează suplimentar anumite zone ale subiectului și prin **folosirea unor dispozitive de umbrire**, precum și prin **iluminarea suplimentară cu ajutorul unor lămpi fulger electronice.**

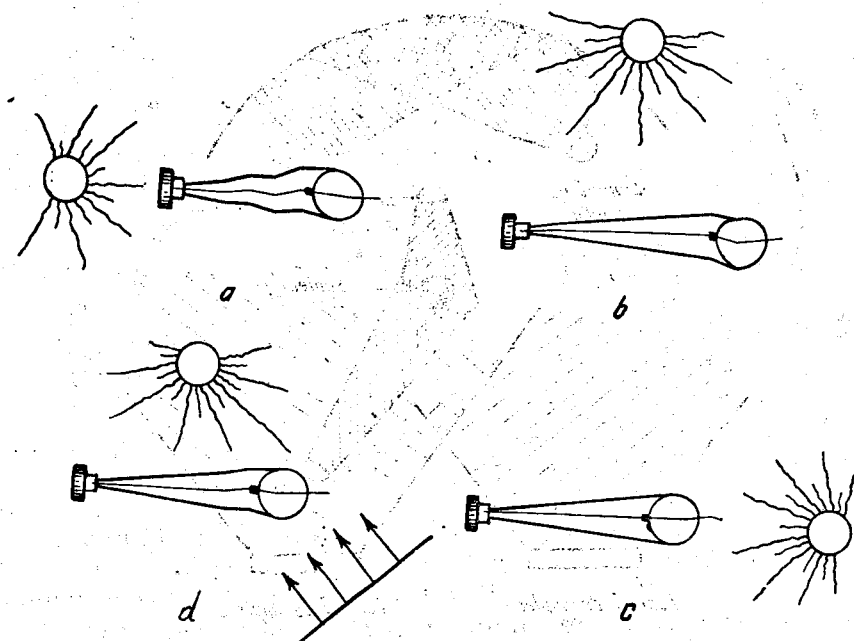


Fig. 9.14. Modalități de iluminare naturală

a — iluminare frontală; b — iluminare laterală; c — iluminare contralumina; d — iluminare combinată.

b. Iluminarea artificială

În cazul fotografierii cu lumină artificială, efectele iluminării pot fi mult mai bine stăpînite. Rareori va fi suficientă o singură sursă de lumină.

Se pot folosi scheme de iluminare foarte diferite, în funcție de particularitățile subiectului și de intențiile fotografului. În aceste scheme, luminile pot fi utilizate ca în figura 9.15. Acțiunea corelată și intercondiționată a mai multor surse de lumină oferă posibilități nelimitate de creație. Important este ca alegerea schemelor de iluminare să asigure o corespondență între efectul de iluminare ales și conținutul imaginii fotografice. Fiecare lumină trebuie să-și aibă rolul ei, bine definit și gîndit.

Amplasarea luminilor se execută după ce a fost stabilită amplasarea subiectului și a aparatului de fotografiat și se începe cu lumina principală. În concordanță cu lumina principală se va hotărî amplasarea și puterea celei de-a doua lumini, de *modelare*. După aceste două

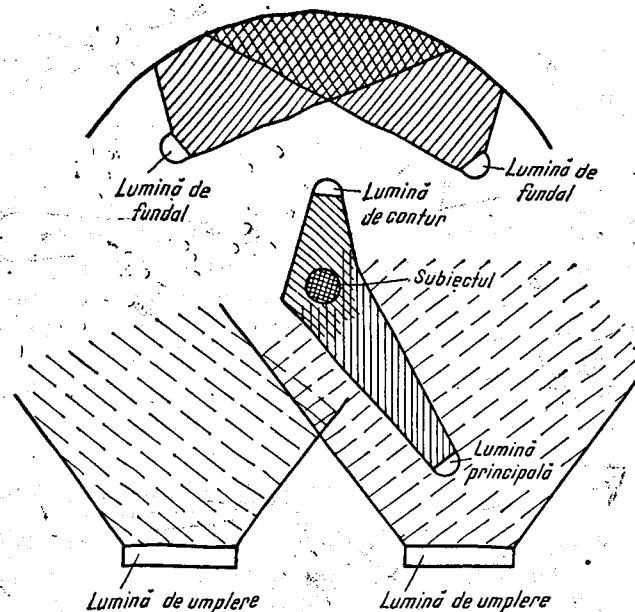


Fig. 9.15. Modalități de iluminare artificială.

lumini indispensabile se trece, după necesitate, la instalarea celorlalte lumini.

Drept surse de iluminare la fotografiere se pot folosi corpurile de iluminat pentru filmare descrise în cap. 5, mai puțin sursele cu arc electric. Puterea lor este însă mult mai mică (până la 500 W), astfel ca puterea totală instalată pentru fotografierea celui mai complex subiect să nu depășească 1,5 kW. Sursa cea mai des folosită în scopuri fotografice este *lampa Nitrafot*.

c. Iluminatul cu lămpi fulger

Un sistem de iluminare artificială specific fotografiei este iluminatul cu lămpi fulger.

Lămpile fulger se construiesc în două variante: *lămpi fulger cu magneziu* și *lămpi fulger electronice* (fig. 9.16).

● **Lămpile fulger cu magneziu** se compun dintr-un balon de sticlă, umplut cu oxigen, în care se găsește o foiță de aluminiu sau de mag-

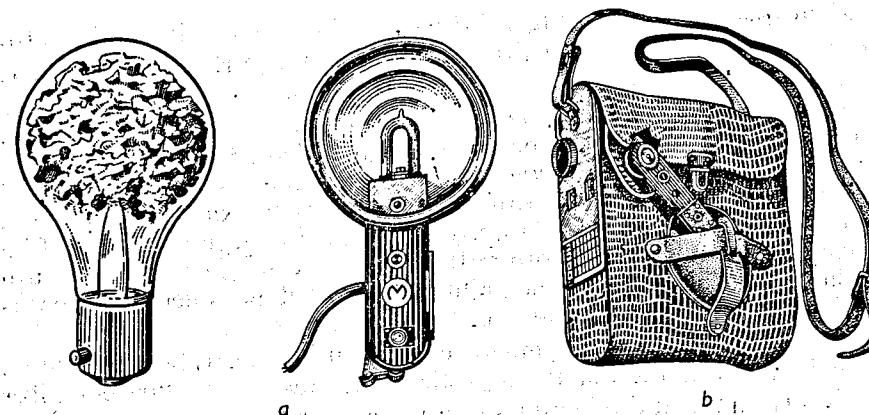


Fig. 9.16. Lămpi fulger :
a — lampă fulger cu magneziu; b — lampă fulger electronică.

neziu și un filament de amorsare. De obicei, lampa fulger se introduce într-o armătură prevăzută cu un reflector, care concentrează fluxul luminos și îl dirijează în direcția necesară.

Lampa este alimentată de la o baterie uscată. La conectarea lămpii în circuitul electric, filamentul de amorsare se încălzește și aprinde foița de aluminiu (magneziu), care arde în oxigen în decurs de circa 1/25 s, dând un flux luminos intens.

- **Lămpile fulger electronice** au devenit în ultimul timp echipamentul de iluminare preferat, datorită avantajelor multiple pe care le prezintă :
 - o dată achiziționată, instalația poate fi folosită timp de ani de zile ;
 - lumina obținută este foarte puternică și spectrul ei este asemănător cu spectrul luminii de zi ;
 - descărcarea este foarte scurtă, sub 1/1 000 s.

Lămpile fulger electronice funcționează pe principiul tuburilor cu descărcări în gaze (xenon). În punctul maxim al curbei de descărcare tubul radiază o energie puternic luminoasă.

○ **Observație.** Durata scurtă de iluminare poate fi valorificată practic numai de aparatele cu obturatoare centrale, care deschid brusc tot obiectivul. La obturatoarele cu perdea, sincronizarea este posibilă numai în anumite limite ale vitezei de translație a perdelei (în general, timpul de expunere cel mai scurt la care se expune întreaga suprafață a materialului fotosensibil la obturatoarele cu perdea este de 1/25 sau 1/30 s).

Folosirea multiplă a fulgerului electronic în toate domeniile fotografiei a determinat construirea a numeroase tipuri de lămpi fulger.

Pentru obținerea unor fotografii de bună calitate cu lumină fulger, trebuie aplicate aceleași principii ale iluminării artificiale. Deci tendința constructorilor de aparate fotografice este de a fixa direct pe aparat lampa, *lumina fulger nu trebuie folosită frontal, ci lateral*, sub un unghi de 45° sau mai mare față de axa aparat-subiect, pentru a obține în fotografie un desen bun. Excepție fac fotografiile speciale (exemplu: macrofotografia, fotografii de efect etc.), în care caz lămpile fulger cu tub inelar montate direct pe obiectivul aparatului de fotografiat sînt foarte căutate.

Pentru obținerea unor efecte cit mai naturale, este de preferat să se lucreze cu lumină fulger reflectată. Aceasta se poate realiza cu ajutorul unor umbrele albe sau a unor suprafețe reflectante.

Pentru a ilumina spații mari, se pot acționa simultan mai multe fulgere electronice. Fulgerele auxiliare sînt prevăzute cu cite o fotocelulă, care declanșează automat și aproape instantaneu tuburile auxiliare cînd primesc lumina de la fulgerul electronic principal.

În condițiile iluminării cu lămpi fulger, în general se fotografiază cu un timp de expunere constant ($1/30 - 1/60$) și elementul variabil al expunerii rămîne doar diafragma. Aceasta se stabilește în funcție de distanța subiectului și de randamentul lămpii.

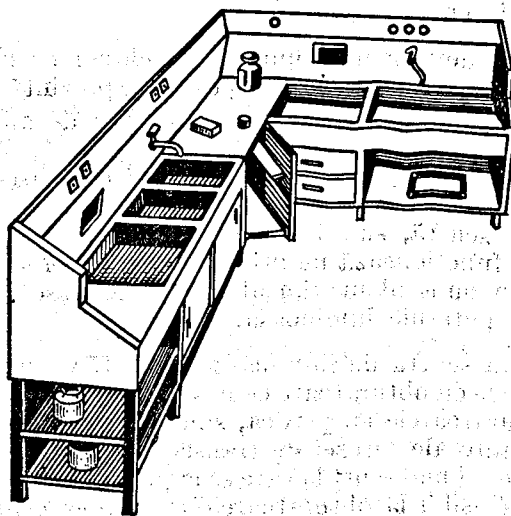


Fig. 9.17. Masă de laborator.

C. TEHNICA DE LABORATOR

1. Utilaje de laborator

a. Masa de laborator

Masa de laborator concentrează principalele lucrări de prelucrare fotochimică într-un spațiu minim.

În figura 9.17 este dat un exemplu de masă de laborator. Această masă

este prevăzută cu compartimente de prelucrare (developare, spălare, fixare etc.), dulapuri și sertare pentru păstrarea materialelor și a ustensilelor auxiliare. Este prevăzută, de asemenea, cu racorduri pentru rețeaua de apă și canalizare.

b. Lampa de laborator

Lampa de laborator servește la iluminarea cu lumină inactivă (lumină care nu are nici o influență asupra materialului fotosensibil). Iluminarea inactivă poate fi realizată în două moduri: cu ajutorul unor becuri din sticlă colorată care se montează în corpuri de iluminat obișnuite și cu becuri obișnuite de iluminat montate în corpuri speciale de iluminat — numite lămpi de laborator — care au posibilitatea atașării unor filtre colorate diferite, potrivit cu lumina pe care vrem să o obținem.

De exemplu, pentru hirtia fotografică se folosește o lumină inactivă galben-verde dată de o lampă echipată cu filtru ORWO 113.

Filtrele lămpilor sînt fabricate pentru a fi folosite cu becuri de 15 W la o distanță obișnuită de lucru de circa 75 cm.

Lămpile de laborator se pot instala pe masă sau pe perete (fig. 9.18).

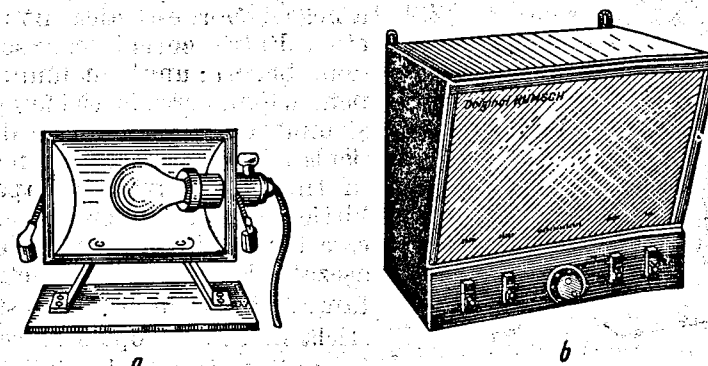


Fig. 9.18. Tipuri de lămpi de laborator:

a — lampă de masă; b — lampă de perete.

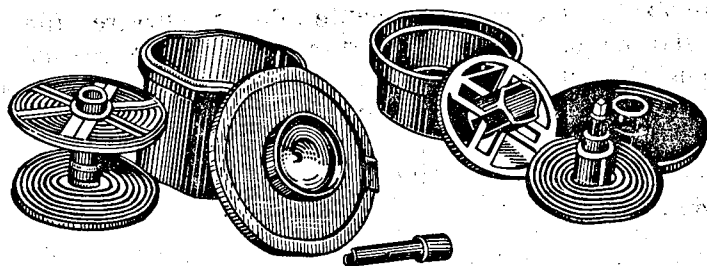


Fig. 9.19. Tancuri de dezvoltare a filmelor.

Tancurile de dezvoltare

Tancurile de dezvoltare reprezintă utilajul cel mai important și mai necesar pentru dezvoltarea filmelor. Ele permit prelucrarea filmelor în condiții de maximă siguranță chiar și la lumină albă, deoarece se închid ermetic.

În principiu, un tanc de dezvoltare este construit dintr-un vas cilindric din bachelită prevăzut cu un capac, care nu permite pătrunderea luminii. În vas se introduce o piesă care poartă filmul așezat pe o spirală sau pe o bandă corex (fig. 9.19).

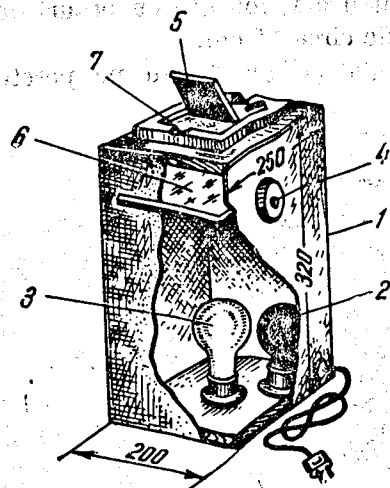


Fig. 9.20. Aparat de copiat:

1 — carcasă; 2 — lampă roșie; 3 — lampă cu lumină albă; 4 — întrerupător; 5 — capac de presare; 6 — sticlă; 7 — ramă de fixare a hîrtiei.

Aparatul de copiat (fig. 9.20) folosit pentru copierea prin contact a negativelor, este alcătuit în principiu dintr-o cutie în care se găsesc două becuri: unul cu lumină albă pentru expunerea hîrtiei fotografice și unul cu lumină roșie deschis, pentru lumina inactivă necesară în timpul potrivirii în aparat a hîrtiei și clișeului. Peretele superior este format din două plăci de sticlă așezate la cîțiva centimetri distanță. Placa inferioară este din sticlă mată sau opală și servește la uniformizarea luminii; placa superioară este confecționată din sticlă clară și servește drept suport

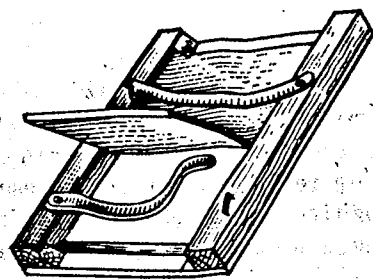


Fig. 9.21. Ramă de copiat.

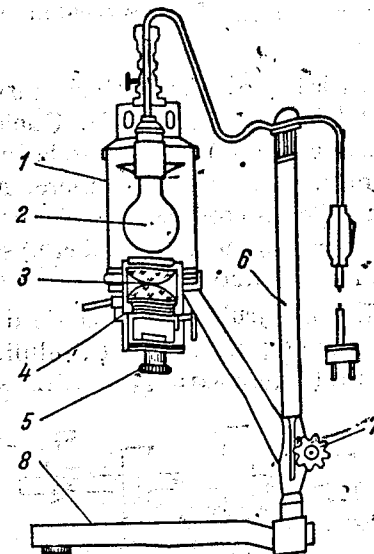


Fig. 9.22. Aparat de mărit:

1 — carcasa lămpii; 2 — lampă; 3 — condensator dublu; 4 — fereastră filmului; 5 — obiectiv; 6 — coloană de sprijin; 7 — sistemul de reglare a înălțimii carcasei; 8 — placă de bază.

pentru hîrtie și clișeu, așezate emulsie pe emulsie (clișeul sub hîrtie). Contactul intim între cele două materiale se realizează prin presare cu un capac, care are pe fața inferioară un strat de pîslă.

Notă. Copierea prin contact poate fi realizată și cu rame de copiat — dispozitive mult mai simple (fig. 9.21) constînd dintr-o ramă din lemn prevăzută cu un locaș în care se așază un geam clar și placa de presiune. Aceasta din urmă este formată din două jumătăți, articulate cu balamale. Pentru a se asigura contactul strîns între hîrtie și clișeu, placa de presiune este prevăzută cu o bucată de pîslă, iar fixarea se face cu ajutorul unor lame din metal arcuit.

e. Aparatul de mărit

Aparatul de mărit reprezintă cel mai important utilaj din laboratorul fotografic. El servește, în general, la executarea măririlor fotografice, dar se poate folosi și la executări de pozitive la aceeași scară de mărime cu a clișeului și chiar la micșorări.

Elementele principale ale aparatelor de mărit sînt arătate în figura 9.22.

f. Utilaje și dispozitive auxiliare

Utilajele și dispozitivele auxiliare de lucru completează dotarea unui laborator fotografic. Unele dintre acestea (clești, termometre, cronometre etc.) se folosesc la lucrările de dezvoltare, altele (rame de cadrare, ceasuri de expunere, măști de reținere etc.) se folosesc la operațiile de copiere. O serie de dispozitive (dulapuri sau dispozitive de uscare, rulouri, foarfeci etc.) se folosesc la uscarea și finisarea materialelor prelucrate.

Laboratorul trebuie să fie dotat, de asemenea, și cu sticlărie de laborator (cilindri gradați, pîlnii, borcane etc.), cântare și, evident, cu substanțe necesare preparării soluțiilor fotografice.

Lucrările care se execută într-un laborator fotografic corespund la două categorii de procese fotografice: *procesul negativ și pozitiv*.

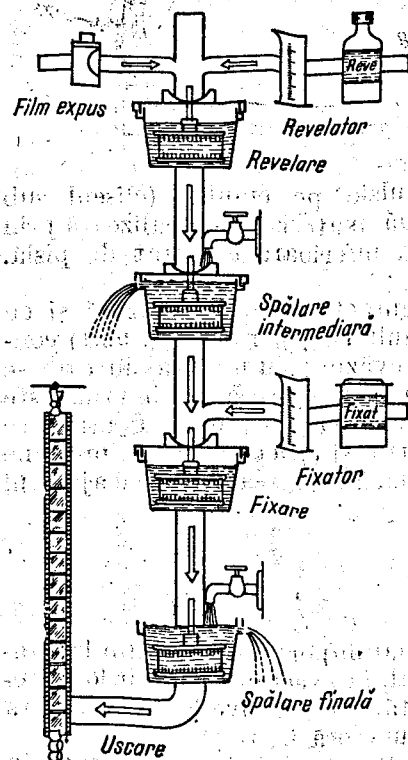


Fig. 9.23. Tehnica realizării negativului.

2. Tehnica procesului negativ

Materialele fotosensibile expuse în timpul procesului de fotografiere și conținând imaginea latentă sînt supuse unor operații de *prelucrare fotochimică* (fig. 9.23).

Prelucrarea se realizează în tancuri pe dezvoltare în cazul rol-filmelor, sau în cuve în cazul plăcilor sau al planfilmelor. Pe parcursul efectuării acestor operații, soluțiile trebuie permanent agitate și ținute la temperaturi cît mai constante.

După prelucrarea fotochimică, plăcile așezate pe un rastel se usucă într-o încăpere bine aerisită și lipsită de praf. Rolfilmele se suspendă pe sfori prin intermediul unor cleme fie în încăperi, fie în dulapuri de uscare acolo unde acestea există.

Tehnica procesului de dezvoltare a materialelor fotosensibile negative cuprinde două grupe de probleme ce vizează modul cum se prepară soluțiile fotografice și tehnica propriu-zisă de dezvoltare.

● În general, în tehnica fotografică soluțiile de prelucrare se prepară din amestecuri de substanțe chimice. Acestea se găsesc sub formă de pulbere, ambalate în tuburi de sticlă sau de carton, în cantități calculate pentru un anumit volum de soluție care se indică pe ambalaj. Compoziția chimică a acestor amestecuri răspunde necesităților de dezvoltare a unor anumite categorii de materiale.

Folosirea dozelor de amestecuri, deși prezintă avantaje incontestabile, nu scutește însă pe fotograf de executarea atentă și corectă a lucrului. Cea mai mică greșală de manipulare și dizolvare poate duce la compromiterea materialului prelucrat.

● Cînd amestecul trebuie preparat de însuși fotograf, din substanțe ambalate separat, el va dizolva fiecare substanță în cite un vas și numai după aceea le va amesteca, în cantitățile și ordinea prescrisă. Temperatura apei trebuie să fie de 40 — 50° C, iar volumul total al soluției — cel indicat pe ambalaj. După dizolvarea tuturor substanțelor, soluția se trece printr-un filtru de hîrtie, care reține eventualele resturi solide.

Adesea laboratoarele își prepară singure soluțiile după rețetarele indicate de literatura de specialitate și după necesitățile particulare ale fiecărei lucrări.

Numai cunoscînd rolul fiecărui component și gradul lui de influență asupra desfășurării procesului, se poate dirija din punct de vedere chimic un proces de prelucrare.

Calitatea prelucrării materialului fotosensibil depinde foarte mult de natura substanțelor din soluție și de cantitățile introduse (mai ales în cazul soluțiilor revelatoare).

Influențele factorilor chimici și fizici asupra rezultatelor prelucrării vor fi descrise pe larg în capitolele următoare. Trebuie însă avut în vedere faptul că în cazul procesului negativ este foarte important ca procesul de prelucrare să decurgă corect, deoarece negativele de cele mai multe ori reprezintă unicate care nu mai pot fi refăcute. Compoziția chimică a soluțiilor și parametrii de lucru trebuie aleși cu mult discernămint, cu atît mai mult cu cît operațiile executîndu-se în tancuri închise nu se poate efectua un control al imaginii pe parcursul prelucrării, ci numai în final, cînd rezultatul nu mai poate fi schimbat.

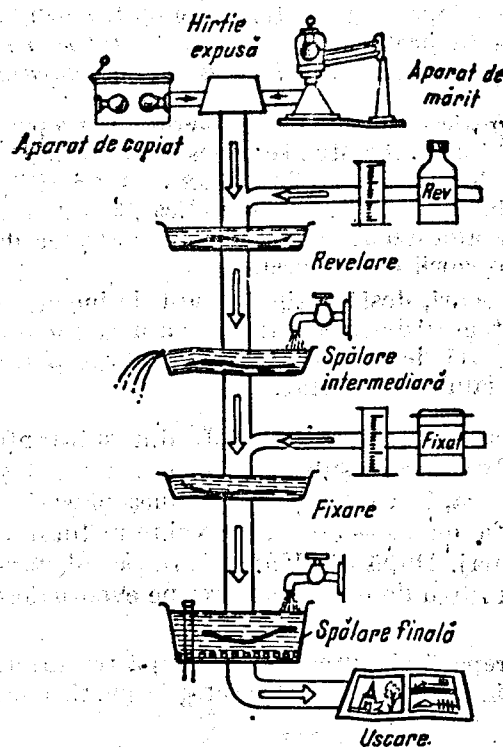


Fig. 9.24. Schema procesului pozitiv.

contrast. Folosirea necorespunzătoare a gradațiilor provoacă o puternică scădere a calității în sensul că imaginea pozitivă poate deveni excesiv de contrastă sau foarte moale.

Hirtiile se fabrică cu suport de carton sau hirtie. Cele cu suport de carton se folosesc mai ales atunci când fotografiile se păstrează fără a fi fixate pe un suport sau când se introduc într-un album fără a fi lipite.

Hirtiile se livrează în tonalitățile albă, șamoa („chamois” — cafeniu deschis) și ivoriu, ca ton intermediar.

Hirtia albă dă cea mai clară reproducere a detaliilor și folosește complet domeniul de nuanțe al pozitivului. Fotografiile produc însă un efect rece și rigid, mai ales atunci când domină suprafețe albe.

3. Tehnica procesului pozitiv

Principalele operații ce se execută în cadrul procesului pozitiv sînt arătate schematic în figura 9.24.

a. Alegerea hirtiei fotografice

Un element important al procesului pozitiv îl constituie alegerea hirtiei fotografice pe care se copiază imaginea negativă.

Hirtia fotografică se fabrică cu gradații de contrast diferit (moale, normal, contrast). Utilizînd judicios hirtia cu diferite gradații de contrast se poate asigura o calitate optimă a imaginii pozitive. Astfel, în cazul că imaginea negativă are contrast mare, trebuie aleasă o hirtie moale și, invers, dacă negativul este moale se alege o hirtie

Hirtia șamoa atenuează unele detalii și reduce gama de nuanțe, deoarece lipsesc luminile extreme. Fotografia are un efect mai puțin contrastant, însă mai cald și mai însoțit; imaginea are un efect mai armonic și mai echilibrat.

Hirtia poate fi lucioasă, semimată, mată și foarte mată. Ea poate avea suprafața netedă, mătăsoasă, granulată sau cu raster. Suprafața hirtiei trebuie aleasă și ea astfel ca să se armonizeze cu subiectul.

În tabelul 9.2 este sintetizată influența caracterului suprafeței hirtiei asupra calității fotografiei.

Tabelul 9.2

Influența tipului de hirtie asupra calității fotografiei

Suprafața hirtiei	lucioasă	semimată	mată	foarte mată
Redarea detaliilor	foarte clară	bună	atenueată	foarte atenueată
Granulația	pusă clar în evidență	pusă mai puțin în evidență	atenueată	mult atenueată
Detaliile de umbre	apar clar	apar mai puțin bine în evidență	apar numai parțial	multe detalii din umbre sînt atenuate
Contrastele imaginii	maxime	micșorate	atenuate	foarte atenuate
Retușul pozitivului	foarte dificil	fără mari dificultăți	ușor	foarte ușor

Hirtia lucioasă poate fi lustruită ulterior. Pentru aceasta hirtia gata spălată se așază cu imaginea în jos pe o placă de sticlă bine curățată și se presează foarte încet și uniform cu ajutorul unei role de cauciuc, după ce s-a acoperit spatele hirtiei cu o sugativă. Pe urmă se lasă fotografia să se usuce încet. Ea se desprinde de pe suport după uscare. Laboratoarele moderne sînt înzestrate cu aparate electrice de uscat. În acest caz, fotografiile se întind pe o placă metalică cromată și uscarea durează circa 5 minute.

Prelucrarea hîrtilor fotografice se face în soluții recomandate, la anumiți parametri de lucru (timp, temperatura) de asemenea recomandați. În general, parametrii de lucru recomandați, pot avea numai un caracter informativ; executantul avînd posibilitatea unui control direct al procesului la lumina inactivă, poate modifica parametrii în mod convenabil.

Prelucrarea se efectuează în tăvi și întotdeauna trebuie avut grijă ca hîrtia să fie complet acoperită de soluție și permanent mișcată.

Rețetarele soluțiilor fotografice și posibilitățile de acționare asupra rezultatelor pe cale chimică vor fi prezentate în capitolele următoare.

b. Copierea

Prima operație a procesului pozitiv constă în *copierea prin contact* sau *prin mărire* a negativului.

● **Copierea prin contact** se realizează cu aparate sau rame de copiat. Operația de bază a acestui proces este expunerea. Pentru a evita risipa de hîrtie fotografică, nu se expune la început o hîrtie întreagă, ci numai o fișie îngustă de probă. Ea se așază pe negativ astfel ca să cuprindă atît umbre, cît și lumină. Expunerea pe fișii de probă se execută pînă cînd s-a determinat timpul corect de expunere. Dacă timpul de expunere a fost bine ales, primele elemente ale imaginii apar după circa 20 — 30 s și copia este gata dezvoltată după 2—3 minute. Dacă imaginea apare prea încet, expunerea trebuie mărită, iar dacă ea apare prea repede, este necesară o expunere mai scurtă.

Pentru copiile executate în număr mare, se folosește aparatul de copiat (descriș deja în capitolul Utilaje de laborator).

● Un caz particular al copierii negativelor îl reprezintă **procesul de mărire**.

În cadrul procesului de mărire se disting cîteva operații: *stabilirea încadraturii, punerea la punct și expunerea*.

Stabilirea încadraturii, adică alegerea porțiunii din suprafața imaginii care trebuie să fie mărită, are o importanță deosebită. La fotografiere nu se obține totdeauna încadrarea cea mai favorabilă, mai ales în cazul instantaneelor și al subiectelor față de care nu se poate stabili o distanță de fotografiere corespunzătoare. Adesea, efectul

convîgător al fotografiei finale se bazează pe o alegere corespunzătoare a cadrului imaginii. Stabilirea decupajului potrivit se face totdeauna pe un carton și nu direct pe hîrtia de mărit. Mai întîi se va stabili formatul. În raport cu formatul de hîrtie ales, se deplasează capul aparatului în sus sau în jos, variînd scara imaginii pînă cînd subiectul capătă o încadrare convenabilă și claritatea este bună.

Scara de mărire a imaginii este determinată de relația:

$$\text{scara de mărire} = \frac{\text{distanța de la negativ la hîrtie}}{\text{distanța focală a obiectivului}} - 2.$$

Mărirea nu este nelimitată deoarece granulele de argint care formează imaginea, dacă sînt mărite la dimensiuni sesizabile (de peste 10 ori), dau un aspect supărător și claritatea imaginii se micșorează.

O imagine negativă corect prelucrată, obținută pe format 24 × 36 mm, poate fi mărită în pozitiv pînă la formatul 18 × 24 cm, adică de circa 7 ori.

După alegerea scării de mărire și stabilirea formatului fotografiei, se pune la punct claritatea imaginii, cu diafragma obiectivului complet deschisă. Deoarece la negativele foarte întunecate punerea la punct se face destul de greu, se înlocuiește negativul cu un negativ de control, care reprezintă o figură geometrică din linii foarte fine. Cu ajutorul lui se poate face, fără greutate, punerea la punct pentru claritatea maximă. Se schimbă apoi din nou negativele.

Expunerea se determină prin probe, ca și în cazul copierii prin contact. Atunci cînd în negativ există diferențe prea mari de înnegrire, pentru a evita discrepante de tonalități în pozitiv se recurge la procedeul reținerii luminii în porțiunile prea deschise ale negativului prin mișcarea sub obiectiv a unei măști din carton. Măștile pot avea forme diferite, după mărimea și forma porțiunilor ce urmează să fie corectate. Pentru a evita formarea de contururi vizibile, masca se mișcă ușor și se plasează la o înălțime cît mai apropiată de obiectiv.

Există și dispozitive auxiliare fotoelectrice pentru expunere, cu ajutorul cărora se determină, prin măsurări fotometrice, luminozitatea medie a negativului sub obiectiv. Unele aparate de mărit moderne sînt prevăzute cu instalații de determinare automată a expunerii.

Pentru respectarea riguroasă a timpului de expunere, se folosesc ceasurile de expunere (fig. 9.25). Ele se montează în circuitul electric al sursei de iluminat și se reglează corespunzător.

În procesul de mărire se pot îndrepta o serie de deformări geometrice care au apărut în timpul fotografierii datorită înclinării axei

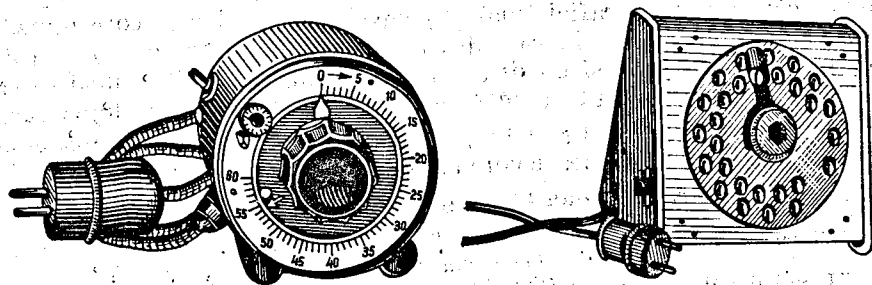


Fig. 9.25. Ceasuri de expunere.

optice a aparatului fotografic față de orizontală. În acest scop, planșeta aparatului de mărit se înclină față de direcția razelor astfel încât liniile verticale ale obiectului să devină paralele. Se reglează apoi claritatea maximă la mijlocul fotografiei și se diafragmează atât de puternic încât întreaga imagine să apară clară.

Capitolul 10

MATERIALE FOTOSENSIBILE

A. SENSIBILITATEA FOTOGRAFICĂ

Toate materialele fotosensibile „clasice“, de care ne vom ocupa în capitolele ce urmează, au în constituția lor halogenură de argint. Acest fapt le conferă o caracteristică comună: *sensibilitatea fotografică*.

Prin *sensibilitate fotografică* se înțelege *proprietatea unui material fotosensibil de a răspunde — mai mult sau mai puțin — la acțiunea luminii*.

Un material fotosensibil poate fi definit în acest sens printr-o *sensibilitate generală* și prin *sensibilitate spectrală*.

1. Sensibilitatea generală

Sensibilitatea generală este determinată de expunerea minimă la lumină, a materialului fotosensibil, necesară pentru a obține un efect fotografic (o înnegrire dată). Ea se exprimă prin relația:

$$S = \frac{K}{H}, \quad (1)$$

unde S este sensibilitatea generală, H este valoarea expunerii la lumină a materialului respectiv, iar K — o constantă.

Din relația (1) reiese că sensibilitatea și expunerea sînt valori invers proporționale. Prin urmare un material fotosensibil are sensibilitate generală cu atât mai mare, cu cît necesită a fi expus la o cantitate mai mică de lumină pentru a obține o înnegrire dată.

Sensibilitatea generală a unui material fotosensibil se stabilește încă din fabricație, fie prin variația cantităților de bromură, iodură sau clorură de argint, utilizate, fie în timpul anumitor faze ale procesului, numite *maturări*.

În practica mondială se utilizează mai multe sisteme de determinare a sensibilității generale, printre care:

- sistemul DIN — adoptat în Germania;
- sistemul Gost-adoptat în U.R.S.S.;
- sistemul A.S.A. — adoptat în S.U.A.

Acestea sînt și cele mai frecvent întîlnite la noi.

Sensibilitatea materialelor fotosensibile este dată de fabricant în indici corespunzători sistemului adoptat (DIN, GOST, ASA etc.).

Deoarece indicii corespunzători diferitelor sisteme nu au o corelație riguros matematică, se utilizează tabele de conversiune.

2. Sensibilitatea spectrală

S-a constatat că materialele fotosensibile clasice, pe bază de halogenuri, sînt sensibile numai la treimea albastru-violet a spectrului. Astfel, un material conținînd doar bromură de argint este sensibil numai la raze violet. Prin adaos de clorură de argint, sensibilitatea spectrală scade. În schimb, prin adăugarea de mici cantități de iodură de argint, materialul devine fotosensibil și la raze indigo, iar în cazul unei cantități ceva mai mari de iodură de argint, sensibilitatea lui se extinde și la zona de radiații albastre.

Chiar în această ultimă situație, un material care este fotosensibil numai în albastru-violet, nu poate fi utilizat pentru a imprima pe el imaginea unui obiect colorat din natură, deoarece nu vor fi preluate de un astfel de material decît zonele colorate în albastru, indigo sau violet ale obiectului.

Sensibilitatea spectrală definește zona din spectrul luminii albe la care este sensibil un material. Ea poate fi extinsă și la întreg spectrul, prin adăugarea în timpul fabricării materialelor fotosensibile, a unor substanțe speciale numite „sensibilizatori optici”. Aceștia extind sensibilitatea spre lungimile de undă mai mari, putînd în anumite cazuri să depășească limitele spectrului vizibil.

○ Trebuie reținut că sensibilitatea generală, ca și cea spectrală, sînt printre principalele caracteristici fotografice ale unui material fotosensibil.

B. STRUCTURA ȘI CLASIFICAREA

MATERIALELOR FOTOSENSIBILE

Materialele fotosensibile sînt în general compuse din mai multe *straturi suprapuse*. Numărul lor și rolul fiecăruia depinde de scopul pentru care a fost produs materialul respectiv.

Dintre toate straturile din care poate fi constituit un material fotosensibil, două au o importanță deosebită, și anume *emulsia* și *suportul*.

Marea varietate a materialelor fotosensibile și larga lor utilizare face ca și clasificarea să se efectueze după mai multe criterii, printre care și felul emulsiei și suportului.

● După compoziția stratului fotosensibil, se deosebesc:

- *materiale fotosensibile argintice*, care conțin halogenuri de argint;
- *materiale fotosensibile neargintice*.

● După structura suportului, se deosebesc:

- *materiale fotosensibile cu suport de sticlă* (este cazul plăcilor fotografice);
- *materiale fotosensibile cu suport din hîrtie sau carton special* (hîrtie fotografică);
- *material fotosensibil cu suport din acetat de celuloză* (cazul peliculelor cinematografice);
- *materiale fotosensibile cu suport din material plastic* (poliester) (cum este cazul anumitor calități de peliculă cinematografică și de plan-film (filme cu suprafață mare);
- *materiale fotosensibile pe suport metalic*, utilizate în zincografie, xerografie ș.a.

C. CLASIFICAREA PELICULELOR

Din bogatul sortiment de materiale fotosensibile menționate mai înainte, un loc important îl ocupă peliculele cinematografice. Fabricate în diferite țări ca Uniunea Sovietică, R. D. Germană, S.U.A., R. F. Germania, Spania, Franța, Italia, Belgia ș.a. în cantități impresionante, peliculele cinematografice își găsesc astăzi o largă răspîndire în cinematografie, televiziune, activități științifice și multe alte domenii de activitate. O răspîndire tot mai largă a început să capete în ultimul deceniu, filmul pentru cineamatori.

Peliculele cinematografice sînt fabricate și ele într-o gamă variată, în funcție de destinația lor. Clasificarea acestor pelicule se poate face după mai multe criterii.

● După modul de redare a culorilor se deosebesc :

- *pelicule alb-negru*, care redau culorile într-o serie de nuanțe de gri;
- *pelicule color*, care redau culorile așa cum sînt ele în natură.

● După felul suportului, peliculele pot fi :

— *cu suport de nitroceluloză*. Acestea sînt pelicule cu suport din celoid, care au în compoziția lor nitroceluloză. Datorită gradului mare de inflamabilitate al celoidului (care se aprinde la 120 — 150°C și arde de cinci ori mai repede ca hîrtia), filmele cu suport de nitroceluloză, cunoscute și sub denumirea de *flamabile*, nu se mai fabrică în prezent. Ele se mai găsesc actualmente numai ca documente de arhivă, unde sînt păstrate în condiții foarte riguroase de protecție;

— *cu suport din acetat de celuloză*. Aceste pelicule, denumite și *neinflamabile*, se fabrică astăzi în exclusivitate. Deși proprietățile mecanice ale peliculelor cu suport din acetat de celuloză nu ajung la nivelul calitativ al peliculelor inflamabile, ele au înlocuit peliculele din celoid, deoarece prezintă o siguranță mult mai mare în exploatare. Adevărul este că au fost denumite impropriu neinflamabile, deoarece și ele ard, însă, mult mai puțin ca cele inflamabile și nu mai mult decît hîrtia de ziar obișnuită. Pentru a evita aceste confuzii, în prezent toate peliculele neinflamabile poartă pe margine, încă din fabricație, inscripția : „Safety Film“, „Sicherheitsfilm“ sau „Nonflam“, în funcție de producător ;

— *cu suport din poliester*. Aceste pelicule, cu un nou tip de suport prezintă calități mecanice foarte bune și o mare stabilitate în timp a dimensiunilor geometrice. Pînă în prezent nu au căpătat însă o răspîndire prea mare.

● După dimensiunile geometrice. Considerînd ca dimensiune determinantă lățimea filmului, se deosebesc :

— *pelicula de 8 mm*, utilizată în special de cineamatori, deoarece necesită aparatură pentru filmare și proiecție de dimensiuni reduse. Pentru cazurile cînd se solicită executarea unui număr mai mare de copii, se produc și pelicule de 2×8 sau 4×8mm, ceea ce mărește productivitatea în procesul de multiplicare. La sfîrșitul acestui proces se efectuează o operație de tăiere cu aparate speciale, separîndu-se cele două sau, respectiv, patru copii de 8 mm ;

— *pelicula de 16 mm*, utilizată atît de către cineamatori cît și în cantități industriale pentru sălile mai mici din rețeaua cinemato-

grafică. De asemenea, o largă utilizare o au peliculele de 16 mm pentru televiziune ;

— *peliculele de 32 mm*, care sînt o variantă a lucrărilor de mare tiraj pe 16 mm. În acest caz, filmele se prelucurează în laborator pe 32 mm, unde se obțin concomitent două imagini identice de 16 mm, care apoi se separă prin tăiere cu o mașină specială, la sfîrșitul procesului. Această metodă dublează productivitatea ;

— *peliculele de 35 mm*, care constituie de fapt dimensiunea „normală“, cea mai utilizată pe scară mondială. Cu toate că necesită aparatură de filmare și proiecție mai voluminoasă, permit însă proiectarea filmelor în sălile mari de spectacol ;

— *pelicula de 70 mm*, care este utilizată în mod special pentru așa-numitul „ecran panoramic“.

În afară de cele de mai sus, există și alte dimensiuni de peliculă, dar cu utilizare mai restrînsă ca, de exemplu, pelicule 9,5 mm pentru cineamatori, peliculă de 65 mm utilizată în procedeul Todd-AO pentru ecran panoramic ș.a.

În figura 10.1 este redat aspectul citorva tipuri de peliculă cu dimensiuni diferite (înainte de faza de prelucrare în laborator), iar în tabelul 10.1 sînt prezentate cu caracter informativ cîteva dintre cotele mai importante și toleranțele admise.

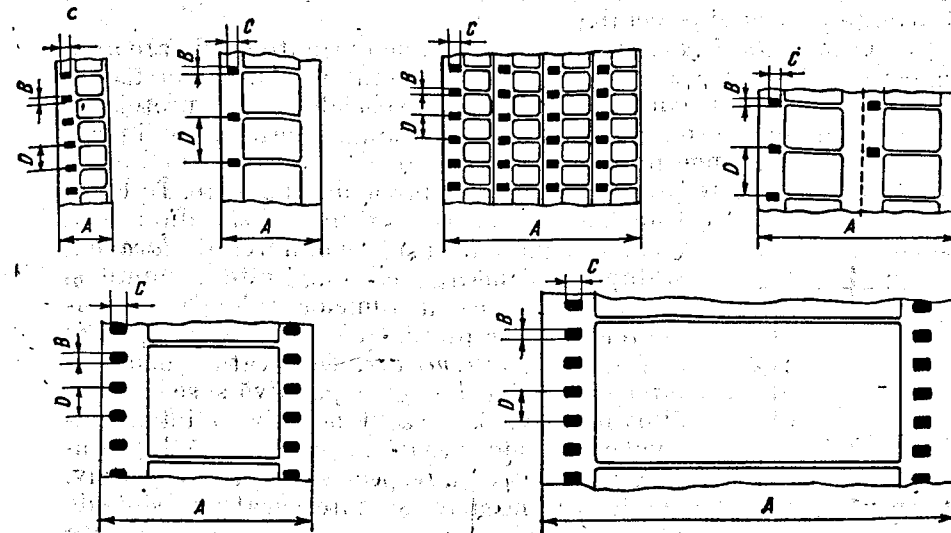


Fig. 10.1. Aspectul și cotele principale ale citorva tipuri de peliculă (v. tabelul 10.1).

Tabelul 10.1

Cotele din fig. 10.1	8 mm	16 mm	32 mm (4 × 8)	32 mm (2 × 16)	35 mm	70mm
A	$7,98 \pm 0,05$	$15,95 \pm 0,03$	$31,9 \pm 0,03$	$31,9 \pm 0,03$	$34,975 \pm 0,025$	$69,98 \pm 0,02$
B	$1,27 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$1,27 \pm 0,01$	$1,98 \pm 0,01$	$1,98 \pm 0,01$
C	$1,83 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$1,83 \pm 0,01$	$2,79 \pm 0,01$	$2,79 \pm 0,01$
D	$3,81 \pm 0,01$	$7,62 \pm 0,01$	$3,81 \pm 0,01$	$7,62 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,01$	$4,75 \pm 0,01$

Cotele sînt date în milimetri, *A* fiind lăţimea peliculei, *B* şi *C* — dimensiunile perforaţiei, iar *D* — pasul perforaţiei, care reprezintă distanţa dintre liniile mediane a două perforaţii consecutive (cota *p* în fig. 10.2).

● După utilizarea lor, peliculele se pot clasifica astfel :

— *pelicule negative*, care sînt utilizate pentru înregistrarea imaginii (pentru filmare) şi care cuprind imagini negative ale obiectului filmat (părţile albe ale obiectului sînt negre în imaginea negativă, iar cele negre în realitate apar albe pe negativ). Peliculele negative nu sînt proiectabile ;

— *pelicule pozitive*, pe care se execută copiile cu imagine pozitivă. Acestea redau cu fidelitate obiectele filmate în natură, fiind astfel destinate proiecţiei pe ecran ;

— *pelicule duplicate*. Deoarece negativele obţinute la filmare au o valoare foarte mare, care echivalează cu totalul cheltuielilor făcute pentru realizarea filmului, se iau măsuri speciale pentru protejarea lor. Atunci cînd se solicită la un film un număr sporit de copii pozitive, care pot ajunge în ţările mari la cîteva sute sau chiar mii de copii, negativul este protejat prin executarea de duplicate. În cazul filmelor alb-negru, se utilizează duplicatul pozitiv, cunoscut şi sub denumirea de *lavandă*, şi duplicatul negativ care mai este denumit şi *contratip*. În cazul filmelor color, corespundentele acestor duplicate se numesc *interpozitiv* şi, respectiv, *internegativ*. Duplicatul pozitiv şi interpozitivul au imagine pozitivă şi se execută după negativ. Duplicatul negativ şi internegativul au imagine negativă, şi se execută după duplicatul pozitiv şi, respectiv, după interpozitiv. Duplicatul negativ şi internegativul sînt de altfel peliculele după care se pot executa tirajele de copii pozitive ;

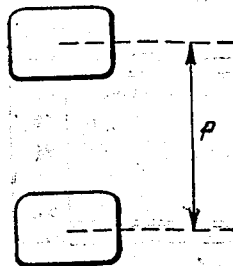


Fig. 10.2. Pasul perforaţiei.

— *pelicule pentru sunet*. Sînt pelicule alb-negru destinate înregistrării fotografice a sunetului. Prin proprietăţile lor, ele se disting de categoriile precedente ;

— *pelicule speciale*. Fabricate în cantităţi mai reduse ele sînt utilizate în scopuri speciale ca : trucaje, imprimarea titlurilor, cinematografie şi fotografie ştiinţifică etc. ;

— *pelicule inversabile sau reversibile*, care constituie o categorie aparte. Printr-o prelucrare specială, ele permit să se ajungă direct la o imagine identică cu cea de la care s-a plecat :

- o copie pozitivă direct din materialul filmat ;
- un duplicat negativ direct după negativ ;
- o copie pozitivă după altă copie pozitivă.

Cu toate că acest procedeu are unele avantaje (costuri mai mici, timp de prelucrare mai scurt), nu se utilizează atît de mult ca procedeu negativ-pozitiv.

● După sensibilizarea spectrală se pot deosebi de asemenea mai multe feluri de pelicule :

— *nesensibilizate*, care conţin numai halogenuri de argint sensibile (după cum s-a mai arătat) numai la zona albastru-violet a spectrului. Din această categorie fac parte, de exemplu, toate peliculele pozitive alb-negru.

— *sensibilizate*, obţinute prin introducerea de sensibilizatori optici în procesul de fabricaţie. Ele pot fi :

— *ortocromatice*, care sînt sensibile şi în zona galben-verde a spectrului (această categorie de pelicule este în prezent mai puţin utilizată) ;

— *pancromatice*, sensibilizate la tot spectrul vizibil. Din această categorie fac parte toate negativele alb-negru şi unele duplicate alb-negru utilizate în scopuri speciale ;

— *infracromatice*, sensibile în special la zona roşu - infraroşu şi utilizate pentru anumite genuri de filmări.

În figura 10.3 sînt indicate zonele de sensibilitate cromatică a peliculelor.

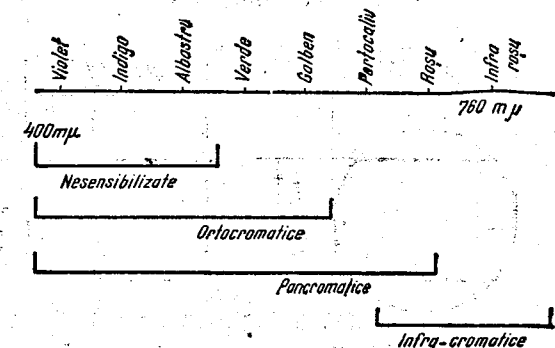


Fig. 10.3. Zonele de sensibilizare spectrală ale peliculelor.

● Peliculele cinematografice se produc astăzi în multe țări. Clasificarea lor după țara producătoare este necesară cu atât mai mult cu cât fiecare producător recomandă pentru pelicula sa rețete sau tehnologii de prelucrare diferite. Din acest punct de vedere se deosebesc o serie de tipuri de pelicule, printre care amintim :

ORWO	— R. D. Germană; M. Z. și SOVOLOR — U.R.S.S.;
KODAK	— S.U.A.; Anglia; Franța; AGFA-GEVAERT-R.F.G., Belgia;
FERANIA (3 M)	— Italia; ILFORD-Anglia; Du Pont — S.U.A.;
FOMA	— R. S. Cehoslovacă; FUJI — Japonia.

● După tipul de perforații. După cum s-a mai arătat în prezentul capitol (fig. 10.1) și tabelul 10.1), peliculele cinematografice sînt caracterizate și prin unul sau două rinduri de perforații, plasate în general la extremitățile laterale ale filmului. Ele sînt mici orificii, necesare pentru antrenarea filmului în aparatele cinematografice (filmare, multiplicare, proiectare etc.). Pentru peliculele de 35 mm, care sînt cele mai utilizate, au fost standardizate următoarele tipuri de perforații (fig. 10.4) :

- perforație dreptunghiulară sau pozitivă;
- perforație Bell-Howell sau negativă;
- perforație „patrată” sau cinemascop.

De reținut că atunci cînd trebuie stabilit din ce categorie face parte o peliculă, ea trebuie clasificată după toate criteriile de mai sus.

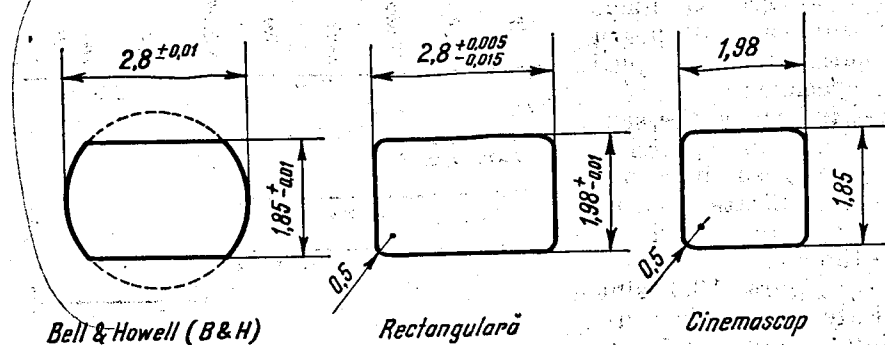


Fig. 10.4. Tipuri de perforații.

Exemplul I : pozitiv alb-negru ORWO; 16 mm; cu suport neinflamabil, nesensibilizată, cu perforație pozitivă.
Exemplul II : negativ alb-negru; 35 mm; cu suport neinflamabil, pancromatică, Kodak, cu perforație negativă ș.a.

D. STRUCTURA PELICULEI CINEMATOGRAFICE

Deosebiri importante de structură nu există decît între tipurile de peliculă alb-negru și color.

1. Structura peliculei alb-negru

Dacă se execută o secțiune transversală printr-o peliculă alb-negru, indiferent de dimensiune, sensibilizare, proveniență sau alte criterii de apreciere, se constată că este formată din următoarele straturi (fig. 10.5) :

— *stratul de protecție* sau *antiabraziv*. Este un strat de gelatină de cca. 2 — 3 μ , care are rolul de a proteja emulsia de zgîrieturi (abraziuni);

— *stratul de emulsie*. Este stratul fotosensibil în care se formează imaginea fotografică și care are o grosime de cca. 10 — 20 μ . El este compus dintr-o dispersie de microcristale de halogenură de argint (cu o concentrație de cca. 40—60%) răspindite mai mult sau mai puțin uniform într-un mediu de gelatină. Privită cu un microscop puternic, se constată că halogenura de argint apare ca mici cristale de forma unor tablete triunghiulare, hexagonale, prismatice, poliedrice etc., răspindite în masa de gelatină. În limbajul uzual al cinematografiei, aceste microcristale, mai sînt numite „granule”. În general, granulele sînt dispuse în emulsie pe două straturi. Cel superior, care cuprinde granule mai mari, are sensibilitatea mai mare. Cel inferior are granule mici dar și sensibilitate mai mică. El acționează cu precădere la expunerile mai lungi, favorizînd redarea fidelă a detaliilor imaginii fotografice;

— *stratul liant*. El se găsește între emulsie și suport și are rolul de a asigura o bună aderență a celor două straturi, fapt pentru care se mai numește și strat de aderență. Stratul liant este constituit din gelatină tanată și are o grosime de cca. 1—2 μ ;

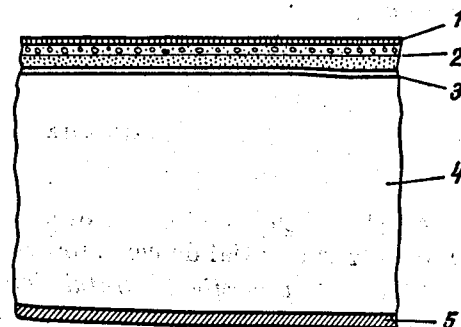


Fig. 10.5. Structura peliculei alb-negru:
1 — strat de protecție; 2 — strat de emulsie; 3 — strat liant; 4 — strat suport; 5 — strat antihalo.

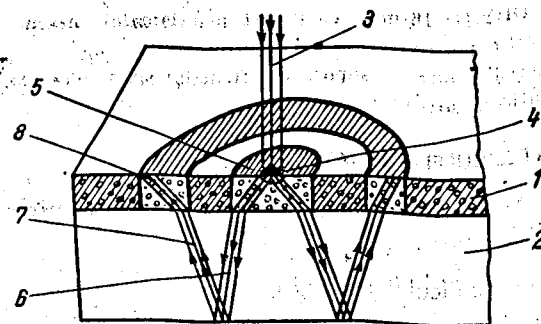


Fig. 10.6. Schema de principiu a formării halo-urilor:
1 — emulsia fotografică; 2 — suportul; 3 — raze incidente; 4 — imagine normală; 5 — halo de difuzie; 6 — raze de lumină nereținute de emulsie și care străbat suportul; 7 — raze reflectate; 8 — halo de reflexie.

— suportul, care susține celelalte straturi. Fabricat în prezent numai din acetat de celuloză, are o grosime de cca. 120 — 180 μ și aspectul unei benzi maleabile și transparente. Suportul conferă peliculei rezistență mecanică, ceea ce permite manipularea ei la filmare, prelucrare și proiectare pe ecran;

— stratul anti-halo, care are rolul de a împiedica efectul de halo.

Efectul de halo așa cum se poate vedea din figura 10.6 poate fi de difuzie (5), produs de difuzarea razelor de lumină ce pătrund în stratul de emulsie (1), sau de reflexie (8), datorat unei părți din razele incidente (3) care neputând fi reținute în stratul de emulsie (1), traversează suportul (2) și se reflectă la limita exterioară a acestuia (7) producând în emulsie o imagine suplimentară (parazitară) 8. Aceste raze parazitare sînt reținute de stratul anti-halo, compus de obicei dintr-un lac colorat sau — la unele pelicule color — din grafit coloidal, împiedicînd formarea haloului de reflexie. În unele cazuri, stratul anti-halo se interpune între emulsie și suport, iar alteleori însuși suportul în care s-au introdus la fabricație anumiți coloranți, are rol de anti-halo.

2. Structura peliculei color

Straturile peliculei color, după cum se vede și în figura 10.7, nu se deosebesc esențial de cele alb-negru

Stratul de protecție 1, stratul liant 6 și suportul 7 sînt similare cu straturile corespunzătoare întîlnite la structura peliculei alb-negru.

Emulsia este formată însă din trei straturi de cca. 7 — 9 μ fiecare.

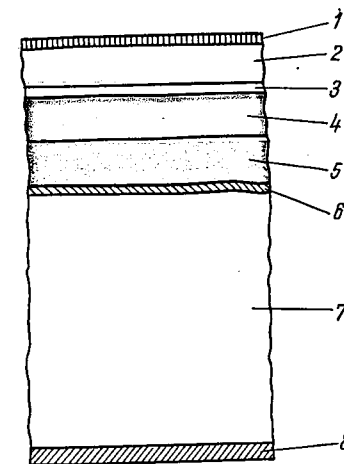


Fig. 10.7. Structura peliculei color:

1 — Strat protecție; 2 — strat de emulsie galben; 3 — strat galben filtrant; 4 — strat de emulsie purpurie; 5 — strat de emulsie azurie; 6 — strat liant; 7 — strat suport; 8 — strat anti-halo.

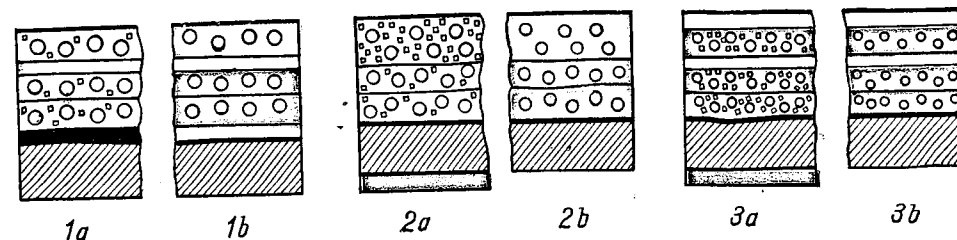


Fig. 10.8. Structura a trei tipuri de peliculă:

1 — negativ color (cu stratul anti-halo între emulsie și suport): a — înainte de expunere; b — după expunere și prelucrare; 2 — pozitiv color (cu primul strat colorat și mai gros, fără strat galben filtrant): a — înainte de expunere; b — după expunere și prelucrare; 3 — pozitiv color (cu ordinea straturilor inversată): a — înainte de expunere; b — după expunere și prelucrare;

Straturile de emulsie au sensibilitatea spectrală diferită. Primul strat, denumit galben, este nesensibilizat. Al doilea, denumit purpuriu, este sensibilizat ortocromatic, iar al treilea, denumit azuriu, este sensibilizat pancromatic. Astfel, pentru fiecare strat de emulsie există o zonă de absorbție a luminii caracterizată printr-un maxim: pentru stratul galben maximum de absorbție este în indigo, pentru stratul purpuriu maximum de absorbție este în verde, iar pentru cel azuriu în roșu.

În fiecare dintre cele trei straturi de emulsie, în afară de halogenura de argint, mai există și anumite substanțe chimice incolore, numite *substanțe de cuplare* sau *componente nedifuzabile*, care nu pot trece dintr-un strat în altul. Aceste substanțe, în măsura în care au fost expuse la lumină, după ce pelicula a fost dezvoltată, se transformă în coloranți galbeni, purpuriu și azuriu, din care cauză se mai numesc și *formatori de culoare*.

Toate cele trei straturi de emulsie conținând halogenuri de argint sînt sensibile la albastru-violet, ceea ce ar genera imagini parazitare și în stratul al doilea și al treilea, sensibile și la verde și, respectiv, la roșu. Pentru a se evita acest lucru, între galben și purpuriu se găsește un strat galben din argint coloidal, care reține razele albastru-violet nereținute de primul strat. El se numește *galben filtrant* și are o grosime de $2 - 4 \mu$.

La unele pelicule color, stratul sensibil la albastru — indigo este mai gros și i se încorporează un colorant galben, preluînd astfel și funcția stratului galben filtrant. De asemenea unele fabrici produc peliculă color cu ordinea straturilor inversate.

Figura 10.8 prezintă straturile a trei tipuri de peliculă color recomandate de fabrica ORWO.

Stratul antihalo al peliculei color, care se găsește fie pe partea exterioară a suportului, fie între emulsie și suport (fig. 10.8) are rolul de a reține razele care au trecut de ultimul strat împiedicînd astfel formarea halourilor de reflexie.

E. FABRICAREA PELICULEI CINEMATOGRAFICE

1. Prepararea emulsiei fotosensibile

a. Compoziția emulsiei

În compoziția emulsiei fotosensibile intră mai multe elemente, ca: gelatină fotografică, halogenuri de argint, sensibilizatori ș.a.

● **Gelatina fotografică** preparată din oase și piei de animale, printr-un proces chimic destul de complicat, influențează direct calitățile fotografice ale emulsiilor. Ea protejează cristalele de halogenură, pe suprafața cărora se absoarbe, împiedicând aglomerarea lor, precum și apariția anumitor efecte fotografice nedorite. De asemenea, gelatina având proprietatea de a-și mări volumul de câteva ori, în contact cu apa sau cu soluții apoase, favorizează procesul fotografic, permițând pătrunderea la microcristalele de halogenură, a substanțelor chimice utilizate în fazele ulterioare de prelucrare.

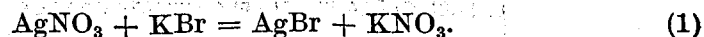
● **Halogenurile de argint** utilizate în fotografie sînt de regulă bromura, iodura și clorura de argint. Utilizarea clorurii este restrinsă (cu precădere la anumite sorturi de hîrtie fotografică). În marea majoritate a cazurilor, o emulsie conține aproximativ 95% bromură și cca. 5% iodură de argint. Halogenurile se prezintă sub forma unor microcristale cu dimensiuni de la 3 — 4 pînă la 1 micron și chiar mai puțin. Mărimea cristalelor, repartizarea lor mai mult sau mai puțin uniformă în masa de gelatină și raportul dintre concentrațiile bromurii, iodurii sau clorurii de argint, constituie factori determinanți ai proprietăților fotografice ale emulsiei.

● **Sensibilizatorii chimici** și alte substanțe se adaugă în timpul preparării sau în faza finală. Ca sensibilizatori chimici pot fi utilizate săruri de metale nobile (în special de aur). Așa cum se va arăta mai departe, se mai utilizează la prepararea emulsiei și alte substanțe cu roluri diferite.

b. Prepararea emulsiei

Prepararea emulsiei decurge în mai multe faze.

● În prima fază, numită **precipitare**, se amestecă gelatina fotografică cu azotat de argint și bromură de potasiu, avînd loc reacția de bază:



Prin această reacție iau naștere microcristalele de halogenură dispersate în gelatină.

● Urmează faza de **maturare fizică**, în care emulsia este menținută la temperatura constantă sub agitare. Operația are drept scop creșterea granulelor de halogenură și este condiționată de viteza de agitare și de alți parametri fizici.

● După maturarea fizică, emulsia lichidă este răcită la 5 — 6°C, printr-o operație numită **congelare**, care permite obținerea unui gel consistent. Acesta se taie în fișii subțiri care sînt supuse operației de spălare.

● Prin **spălare** cu apă la 5 — 10°C, se îndepărtează din emulsie azotatul de potasiu rezultat din reacție (ecuația 1), excesul de bromură de potasiu și de alți produși neimportanți rezultați din reacții secundare.

● După spălare, emulsia este topită și trecută la o nouă fază, numită **maturare chimică**. Prin aceasta se mărește sensibilitatea fără modificarea dimensiunii microcristalelor ci cu ajutorul impurităților cu sulf ale gelatinei și prin adaosuri de sensibilizatori chimici care se introduc în această etapă și au rolul de a genera pe suprafața cristalelor așa-numiții germeni sau centri de sensibilitate, compuși din atomi de Ag și molecule de sulfură de argint.

● Procesul de preparare a emulsiei foto se încheie prin faza de **finisare**, cînd se adaugă apă pentru a obține densitatea recomandată, alcool pentru reglarea viscozității, plastifianți (ex. glicerină 1/1 000), agenți de tanare a emulsiei (ex. alaun de crom), substanțe pentru reglarea pH-ului, ca de exemplu: acid citric, substanțe antiseptice care să prevină degradarea emulsiilor în timp sub acțiunea anumitor bacterii ș.a.

Atunci cînd este necesar să se prepare o emulsie cu sensibilitatea spectrală mai mare, se adaugă și sensibilizatori optici.

În cazul emulsiilor color, se adaugă și **formatori de culoare**, care în timpul procesului de prelucrare vor genera coloranți în cele trei straturi de emulsie.

2. Confecționarea suportului

În trecut, suportul se obținea plecînd de la celuloza extrasă din lemn care se trata cu acid azotic. Se obținea astfel **colodiul** care, împreună cu 30 — 40% camfor ca plastifiant ducea în final la obținerea unor pelicule cu suport din nitroceluloză.

Gradul mare de inflamabilitate al acestui tip de peliculă a obligat fabricile producătoare să renunțe la acest sortiment.

În prezent, suportul se fabrică numai pe bază de acetat de celuloză. Acesta se obține din celuloză tratată cu acid acetic, într-o operație numită în chimie **acetilare**. Se obține astfel un acetat de celuloză sau un amestec de di- și triacetat, în funcție de condițiile de fabri-

care. În acest caz, camforul este înlocuit cu alți plastifianți ca de exemplu trifenilfosfatul.

Pasta viscoasă care se obține, se toarnă pe niște benzi rulante obținându-se un suport omogen, maleabil și transparent. Grosimea suportului depinde de vâscozitatea pastei și de viteza de avansare a benzii. O viteză mică a benzii sau o vâscozitate mare a pastei duc la obținerea unui suport gros și viceversa.

Pentru materialele fotografice și cinematografice care necesită o foarte bună planeitate și stabilitate dimensională sau o mare rezistență mecanică, se utilizează suporturi din poliesteri.

3. Depunerea emulsiei pe suport și adaptarea peliculei obținute la cerințele cinematografiei

După obținerea emulsiei și a suportului prin procese complexe de care s-a vorbit mai sus, urmează o operație foarte delicată, și anume depunerea emulsiei pe suport.

• În prealabil, pe suport se întinde un strat subțire de gelatină tanată, printr-un proces numit substratare. Se obține astfel stratul liant. Suportul cu lungimea de câteva sute de metri și lățimea de 1 — 1,5 m avansează încet pe o bandă rulantă și prin dispozitive speciale (filieri) primește un strat subțire și uniform de emulsie.

• Peste emulsia depusă se aplică încă un strat de gelatină cu rol protector antiabraziv, apoi pelicula obținută este răcită la cca. 15°C, după care se introduce în tunelele de uscare la temperaturi între 20 — 40°C printr-un curent de aer foarte pur.

• După ce pelicula a fost astfel obținută pentru a putea fi folosită în cinematografie este supusă unor operații ca: tăierea cu ajutorul unor cuțite speciale în benzi lungi de 280 — 300 m și late de 16, 32, 35 mm (sau cu alte dimensiuni, după necesitate); perforarea peliculelor în mașini speciale, pentru a permite antrenarea ei în aparate; rularea benzilor pe bobine și ambalarea lor în hirtie neagră și apoi în cutii metalice sigilate pe margine cu bandă adezivă și etichetate.

În figura 10.9 se dă schema de principiu a fabricării peliculei cinematografice.

○ Trebuie reținut că fazele obținerii emulsiei ca și depunerea pe suport și operațiile ulterioare, trebuie făcute la lumina inactivă (se lucrează la lumină roșie, verde închis sau în întuneric complet, după caz). Procesul este foarte delicat, deoarece

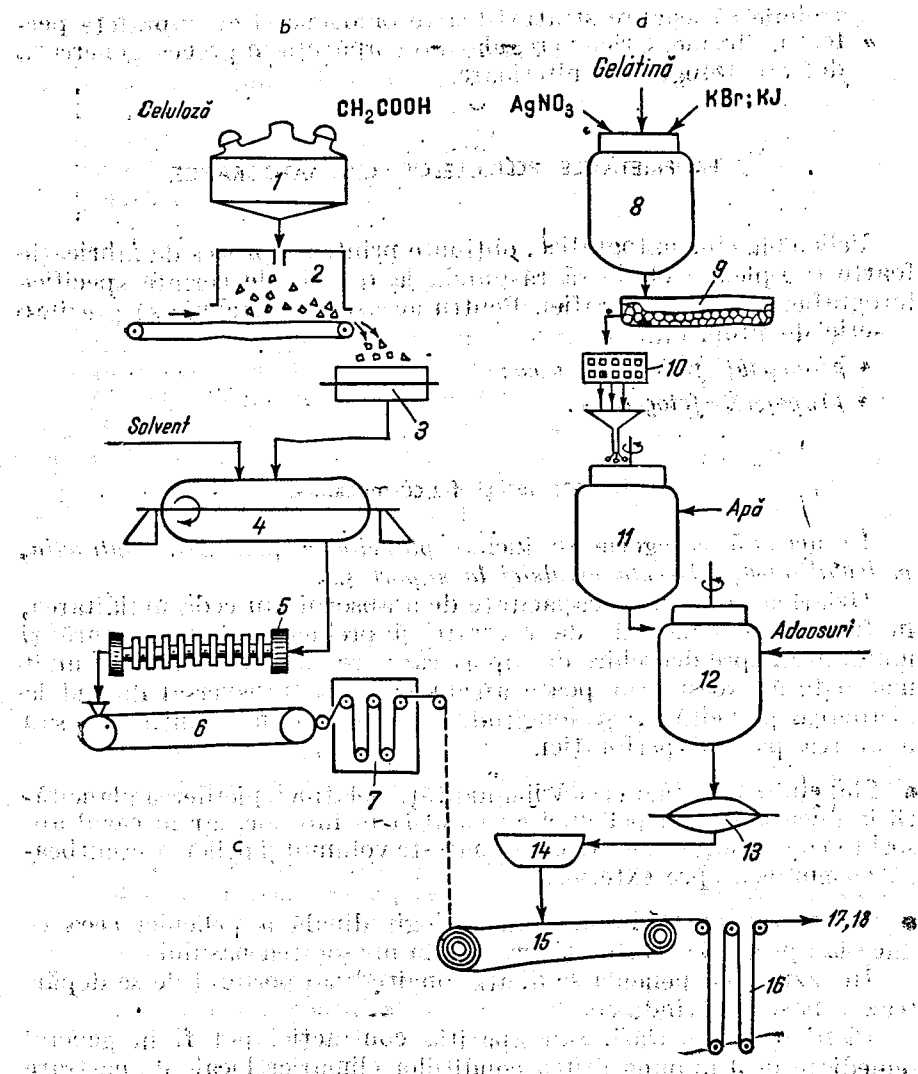


Fig. 10.9. Schema de principiu a fabricării peliculei cinematografice:

a — prepararea emulsiei; b — confecționarea suportului; c — depunerea emulsiei pe suport și operații ulterioare; 1 — reacția de acetilare a celulozei; 2 — deshidratarea și uscarea triacetatului de celuloză; 3 — pregătirea pentru dizolvare; 4 — dizolvarea triacetatului de celuloză; 5 — filtrare; 6 — turnarea suportului; 7 — uscarea suportului; 8 — precipitarea și maturarea fizică; 9 — congelarea; 10 — fărâmițarea gelului; 11 — spălare; 12 — maturare chimică; 13 — filtrarea emulsiei; 14 — finisarea emulsiei; 15 — depunerea emulsiei pe suport; 16 — uscarea peliculei; 17 — decuparea perforațiilor; 18 — ambalarea în cutii metalice.

trebuie să asigure straturi foarte omogene și cu suprafețe perfect uniforme. Orice neregularitate apărută în proces generează defecte fotografice ulterioare.

F. PROPRIETĂȚILE PELICULELOR CINEMATOGRAFICE

Peliclele cinematografice, obținute printr-un proces de fabricație foarte complex, trebuie să răspundă la o serie de cerințe specifice fotografiei și cinematografiei. Pentru aceasta, ele trebuie să prezinte o serie de proprietăți:

- *proprietăți fizico-mecanice;*
- *proprietăți fotografice.*

1. Proprietăți fizico-mecanice

În această categorie se includ *planeitatea* peliculei, *contractia*, *maleabilitatea*, *aderența emulsiei la suport* ș.a.

Gelatina are o mare capacitate de a absorbi sau ceda umiditatea, în funcție de condițiile de păstrare și prelucrare (temperatură și umiditate), spre deosebire de suport care are această capacitate mult mai redusă. Acest fapt poate afecta pelicula transversal ducând la pierderea planeității, și longitudinal, determinând contractia sau dilatarea pasului perforației.

• **Planeitatea.** În cazul cedării umidității gelatinei, pierderea planeității implică curbarea peliculei cu emulsia în interior, iar în cazul absorbției de umiditate, gelatina își mărește volumul și pelicula se curbează cu emulsia spre exterior.

• **Contractia** constă în micșorarea longitudinală a peliculei ceea ce duce la apropierea perforațiilor, deci la micșorarea pasului.

În cazul când pelicula se dilată longitudinal perforațiile se depărtează, pasul mărimdu-se.

Pierderea planeității sau apariția contractiei pot fi în general remediate prin îmbunătățirea condițiilor climatice locale de păstrare și prelucrare.

• **Maleabilitatea.** În cazul când, din anumite motive, pelicula pe lângă umiditate pierde și din substanțele plastifiante, ea devine mai puțin maleabilă și poate chiar deveni casantă, ceea ce afectează condițiile de manipulare.

• **Aderența emulsiei.** Când stratul liant nu asigură la fabricație o bună aderență, apar în timpul manipulării și prelucrării fenomene de desprindere a emulsiei de suport. Aceste fenomene mai pot apărea și prin depășirea toleranțelor maxime ale unor condiții de prelucrare.

Lipsa maleabilității ca și eventualele desprinderi ale stratului de emulsie constituie defecțiuni ireversibile, loturile respective de emulsie (turnare) urmînd a fi returnate furnizorului.

2. Proprietăți fotografice

În această categorie se include un număr mai mare de caracteristici ale peliculelor. Unele dintre ele sînt determinate și recomandate direct de fabricant la livrarea peliculei. Astfel sînt *sensibilitatea*, care este indicată cu precădere la materialele negative și așa-numitul *factor de contrast*, recomandat de producător la peliculele pozitive. De asemenea mai amintim latitudinea fotografică, puterea de rezoluție și altele, de care ne vom ocupa la capitolul privind sensitometria.

Verificarea cunoștințelor

1. Care este caracteristica fotografică principală a unui material fotosensibil?
2. Ce corelație există între spectrul de lumină și sensibilitatea cromatică a materialelor fotosensibile?
3. Este posibilă măsurarea sensibilității generale a materialelor fotosensibile?
4. Ce criterii mai importante cunoașteți, pentru clasificarea materialelor fotosensibile?
5. Ce este un material fotosensibil cu emulsie neargentică?
6. Ce fel de suport au în general materialele fotosensibile utilizate în tehnica fotografică?
7. Alcătuiți o schemă sinoptică, cuprinzînd clasificarea peliculelor cinematografice, după criteriile cunoscute.
8. Prin ce se deosebește haloul de difuzie de haloul de reflexie?
9. Care sînt deosebirile și asemănările dintre structura peliculei alb-negru și pelicula color.
10. În care etape ale preparării emulsiei fotografice se mărește sensibilitatea generală spre deosebire de cea spectrală?
11. Prin care proprietăți fotografice mai importante se deosebește o peliculă negativă de una pozitivă?

Capitolul 11

FORMAREA ȘI PROPRIETĂȚILE IMAGINII LATENTE

A. NATURA IMAGINII LATENTE

Prin acțiunea luminii asupra unui material fotosensibil format din halogenură de argint se produc transformări chimice care nu sînt vizibile cu ochiul liber și nici chiar cu microscopul de grosism mare.

Transformările chimice care au loc sub acțiunea luminii sînt condiționate de structura internă a cristalelor de halogenură de argint care formează granule fotografice.

Halogenurile de argint folosite în tehnica fotografică formează cristale ionice, adică structuri spațiale cu o geometrie bine definită.

Cristalul se formează prin repetarea în spațiu a unei forme geometrice de bază, denumită *celulă elementară*. Ansamblul celulelor elementare se numește *rețea*. Locurile ocupate de ioni în rețea se numesc *nodurile rețelei*. După forma geometrică a celei elementare, cristalele se împart în mai multe sisteme (cubic, pătratic, rombic, hexagonal ș.a.).

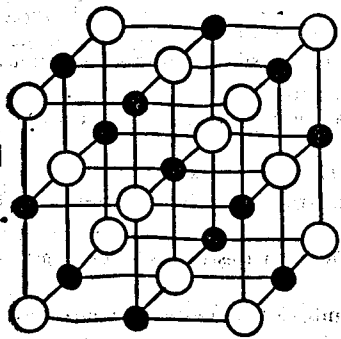
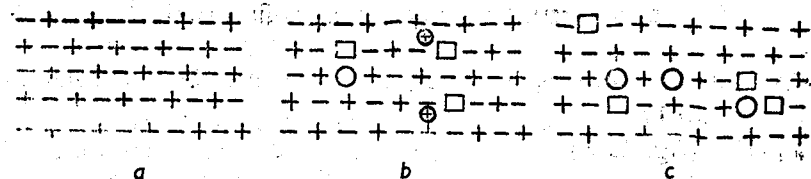


Fig. 11.1. Schema unei rețele cubice cu $\text{Ag}(\text{C}_2\text{Br})$; O-Cl- sau Br-; -Ag ..

Bromura și clorura de argint cristalizează în sistemul cubic (fig. 11.1), iar iodura — în sistemul cubic și în sistemul hexagonal.

Cristalele unei emulsii fotografice au rareori o formă perfectă. În majoritatea cazurilor apar defecte de structură. Majoritatea acestora au o importanță deosebită pentru proprietățile fotochimice ale cristalelor de halogenură de argint. Cele mai importante sînt :

— defectele ionice;


$$+ \text{ion Ag}$$

— Jan Br

⊕: for Ag interstitial

☐ Not cationic fiber

Q *Nad anion's liber*

Fig. 11.2. Defecte ionice într-un cristal de AgBr:
 a — cristal perfect; b — cristal prezentînd locuri (noduri) libere și ioni de argint internodali; c — cristal, ...

- impuritățile de molecule sau ioni străini;
- defectele geometrice (denumite și dislocații).

Defectele ionice, care pot fi locuri nodale libere ale rețelei sau ioni interstițiali (ioni așezați între nodurile rețelei), participă direct în procesul de formare a imaginii latente (fig. 11.2).

Pe de altă parte, impuritățile de molecule de Ag_2S și liniile de dislocații ale rețelei (crăpături sau alunecări de straturi de ioni) generează centre de sensibilitate, locuri pe care se localizează formarea centrelor de imagine latentă.

Centrele de sensibilitate constituie aglomerări mici de atomi de argint sau molecule de Ag_2S absorbite pe diferite regiuni ale rețelei. Aceste centre apar în granulele emulsiei fotografice în timpul preparării acesteia și în special în procesul maturăției chimice. Pe aceste centre se formează, sub acțiunea luminii, centrele de imagine latente.

Imaginea latentă este formată din mici aglomerări de atomi de argint răspândite în diferite puncte în interiorul, dar mai ales la suprafața microcristalelor de halogenură de argint ale emulsiei care au fost expuse la lumină.

Numărul de atomi de argint dintr-un centru de imagine latentă este variabil în funcție de intensitatea expunerii și de natura emulsiei, de la câțiva atomi până la câteva zeci de mii.

Pentru ca o granulă fotografică să fie developabilă, ea trebuie să conțină cel puțin unul sau mai multe centre de imagine latentă de dimensiune convenabilă.

B. PROCESUL DE FORMARE A IMAGINII LATENTE

Procesul de formare a imaginii latente are loc în două faze :

- *electronică*;
- *ionică* (fig. 11.3)

1. Faza electronică

În timpul expunerii, sub acțiunea cuantelor de lumină ce posedă fiecare o anumită energie determinată de lungime de undă, sînt smulși electroni de la ionii de brom ai cristalului. Aceștia sînt, în cazul cel mai frecvent, electronii de valență ai ionilor de brom, care sînt cel mai slab legați de cristal. Pentru a se realiza acest lucru, cuanta de lumină a radiației incidente trebuie să posedă o energie cel puțin egală cu energia de legătură a electronului de valență. O asemenea energie corespunde cuantelor de lumină situate în domeniul de albastru-violet al spectrului vizibil. Cuantele de lumină de energii mai mici, care corespund radiațiilor de lungimi de undă mai mari (verde, galben, roșu) neîndeplinind această condiție, nu pot provoca fotoliza halogenurii de argint nesensibilizate optic.

Electronii smulși de cuanta de lumină devin liberi (poziția 2) și migrează în cristal în virtutea energiei cinetice care le-a fost imprimată, pînă cînd vor fi captați de anumite regiuni ale cristalului, acolo unde există centre de sensibilitate. Centrul de sensibilitate care a captat un electron se încarcă negativ (poziția 3), creînd în jurul său un cîmp electric. Cu aceasta se încheie stadiul electronic al procesului.

2. Faza ionică

Faza ionică se desfășoară ulterior fazei electronice. Centrul de sensibilitate încărcat negativ reprezintă un loc de atracție pentru

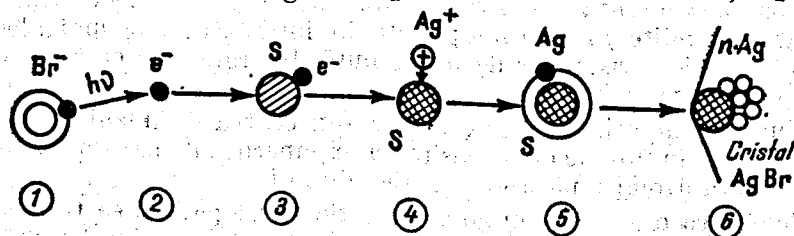


Fig. 11.3. Schema de formare a imaginii latente:
conținînd locuri libere.

sarcinile pozitive libere din cristal. Pe el nu se putea fixa un nou electron înainte ca sarcina sa negativă să fi fost neutralizată. El atrage însă în cîmpul său un ion internodal de argint (poziția 4) neutralizîndu-se. În acest fel, pe centrul respectiv va apărea un atom de argint (poziția 5). Ulterior el poate capta din nou un electron și apoi un alt ion internodal de argint, ceea ce duce la apariția unui al doilea atom de argint. Prin repetarea acestor două procese de un număr mare de ori, centrul crește în dimensiune, acumulînd un număr relativ ridicat de atomi de argint (zeci, sute sau mii) (poziția 6). El devine astfel centru de imagine latentă și poate servi ulterior drept centru de dezvoltare. Ionii de brom care au pierdut un electron se transformă în atomi de brom. Locul electronic liber se deplasează de la un ion de brom la altul, pînă la suprafața cristalului de halogenură de argint unde apare un atom de brom care este captat de gelatina emulsiei ce joacă rolul de acceptor de brom.

C. PROPRIETĂȚILE IMAGINII LATENTE

Imaginea latentă declanșează procesul de dezvoltare. Centrele de imagine latentă formate în diverse condiții de expunere se comportă diferit în funcție de dispersia și repartiția lor, precum și de stabilitatea lor în timp.

1. Gradul de dispersie al imaginii latente

Gradul de dispersie al imaginii latente este determinat de dimensiunea medie a centrelor. Gradul de dispersie al imaginii latente se consideră cu atît mai ridicat, cu cît centrele de imagine latentă sînt de dimensiuni mai mici, adică conțin un număr mai mic de atomi de argint. În cazul în care un centru de imagine latentă are dimensiuni foarte mici, el nu este dezvoltabil și în această situație poartă denumirea de *subcentru* sau *subgermene de imagine latentă*.

Dimensiunea de la care un centru de imagine devine dezvoltabil, se numește *dimensiune critică*. Dimensiunea critică a centrelor de imagine latentă este un parametru variabil, care depinde de activitatea revelatorului, fiind cu atît mai scăzută cu cît revelatorul este mai energetic.

Gradul de dispersie al imaginii latente depinde de : natura expunerii și de natura emulsiei fotografice.

2. Topografia centrelor de imagine latentă

Imaginea latentă se poate forma atât în interiorul grăunțului fotografic, cât și la suprafața sa. Imaginea superficială predomină în cazul expunerilor lungi și de intensitate joasă, iar imaginea internă are o importanță mai mare la expunerile scurte și de intensitate ridicată.

La expunerile uzuale folosite în fotografie, imaginea superficială predomină.

3. Evoluția și regresia imaginii latente

După formarea sa, imaginea latentă suferă o serie de transformări în timp. Aceste transformări sînt de două categorii :

— o evoluție rapidă, care constă dintr-o *regrupare a centrelor imediat după formarea lor*;

— o *diminuare a intensității imaginii în timp*, denumită *fenomen de regresie* sau *ștergere a imaginii latente*.

● **Primul proces, regruparea centrelor**, are loc în primele minute după expunere și se manifestă printr-o intensificare a imaginii.

○ **Observație.** Acest proces are o valoare mai mică pentru practica fotografică, deoarece dezvoltarea se face mai întotdeauna după ce acest proces de regrupare a centrelor a avut loc.

● **Fenomenul de regresie** reprezintă procesul de slăbire a imaginii latente în timp și se observă în cazul unei păstrări de durată mai lungă (zile, săptămîni, luni), înainte de dezvoltare a unui strat expus. Regresia imaginii latente este mai importantă pentru emulsiile de granulație mai fină, pentru emulsiile de sensibilitate joasă și ea devine importantă în cazul expunerii la radiații ionizante.

Fenomenul de regresie a imaginii latente poate fi asimilat cu un proces de oxidare a centrelor de imagine latentă.

Ca urmare centrul de imagine latentă scade în dimensiuni, adică își micșorează numărul de atomi de argint, mergînd pînă la dispariția sa.

Fenomenul de regresie este puternic influențat de o serie de factori ambianți. Ridicarea temperaturii, a umidității ambiante, prezența oxidanților, a acizilor, accelerează puternic regresia. Astfel, prin păstrarea unui strat fotografic expus într-o atmosferă foarte umedă la temperatură ridicată sau chiar la temperatura ambiantă

sau în prezență de oxidanți, imaginea latentă poate fi ștersă într-un timp scurt, chiar în cîteva ore.

○ **Observație.** Apariția fenomenului de regresie limitează posibilitățile de observare îndelungată a unui material fotografic expus, înainte de a fi dezvoltat. Acest fenomen, împreună cu creșterea voalului emulsiei prin păstrare, constituie cauzele principale pentru care o imagine fotografică dezvoltată, la un interval foarte lung de timp după expunere pierde mult din claritate, slăbește sau dispăre complet.

● **Întărirea imaginii latente.** În cazuri cu totul particulare, imaginea latentă este supusă unei întăriri înainte de dezvoltare, procedeu care se numește *latensificare*. Se presupune că aceasta transformă subcentrii de imagini latente în centri dezvoltabili.

Imaginea latentă poate fi întărită folosind : vapori de mercur, săruri de aur, vapori de anhidridă sulfuroasă.

Altă metodă de întărire a imaginii latente constă în supunerea unui strat fotosensibil expus unei post-expunerii de lungă durată (mai multe minute) la o iluminare foarte slabă. Efectul este mai puternic la emulsiile mai puțin sensibile.

● **Slăbirea imaginii latente** poate fi realizată în caz de necesitate tratînd materialul expus cu o soluție de oxidare, de exemplu acid azotic, care transformă argintul metalic într-o sare de argint.

Verificarea cunoștințelor

1. Ce se înțelege prin imagine fotografică latentă și care este natura sa chimică?
2. Care este mecanismul formării imaginii latente?
3. Cum explicăm faptul că într-un strat fotografic expus se poate forma imagine vizibilă?
4. Care sînt proprietățile imaginii latente de care depinde dezvoltarea?
5. De ce este imaginea latentă instabilă în timp? Cum se poate preveni sau reduce regresia imaginii latente?
6. Cum se poate întări o imagine latentă?
7. Cum se poate slăbi o imagine latentă?

PROCESUL DE PRELUCRARE A PELICULEI

A. SCHEMA DE PRINCIPIU A PROCESELOR PRIN CARE TRECE PELICULA CINEMATOGRAFICĂ

În calitatea sa de purtător al imaginilor filmate, pelicula cinematografică parcurge de la aparatul de luat vederi și pînă la ecranul cinematografului, un drum destul de lung, constituit din mai multe etape (fig. 12.1) și anume:

- **filmarea**, care constă în imprimarea pe peliculă, cu ajutorul aparatului de luat vederi a imaginii diferitelor obiecte sau acțiuni. Se obține astfel negativul cu imagine latentă (invizibilă);

- **developarea negativului și executarea copiei de lucru**. Trecînd prin procesul de developare, imaginea latentă a negativului se transformă în imagine fotografică, după care prin procesul de copiere se obține o copie pozitivă fără sunet, numită copie de lucru;

- **montaj pozitiv**. Din copiile de lucru executate după toate bucățile de negativ, se alege la sfîrșitul perioadei de filmare porțiunile cele mai reprezentative, care sînt „montate” cap la cap. Se obține astfel o copie pozitivă fără sunet pe întreaga lungime a filmului;

- **sonorizare**. Se înregistrează sunetul filmului pe bandă magnetică, după care se va transpune, cu ajutorul unor instalații adecvate, pe peliculă cinematografică specială, obținîndu-se *fonograma negativă în imagine latentă*;

- **prelucrare de laborator**. După terminarea perioadei de filmare și de montaj-sonorizare, în laboratoarele de prelucrare încep să

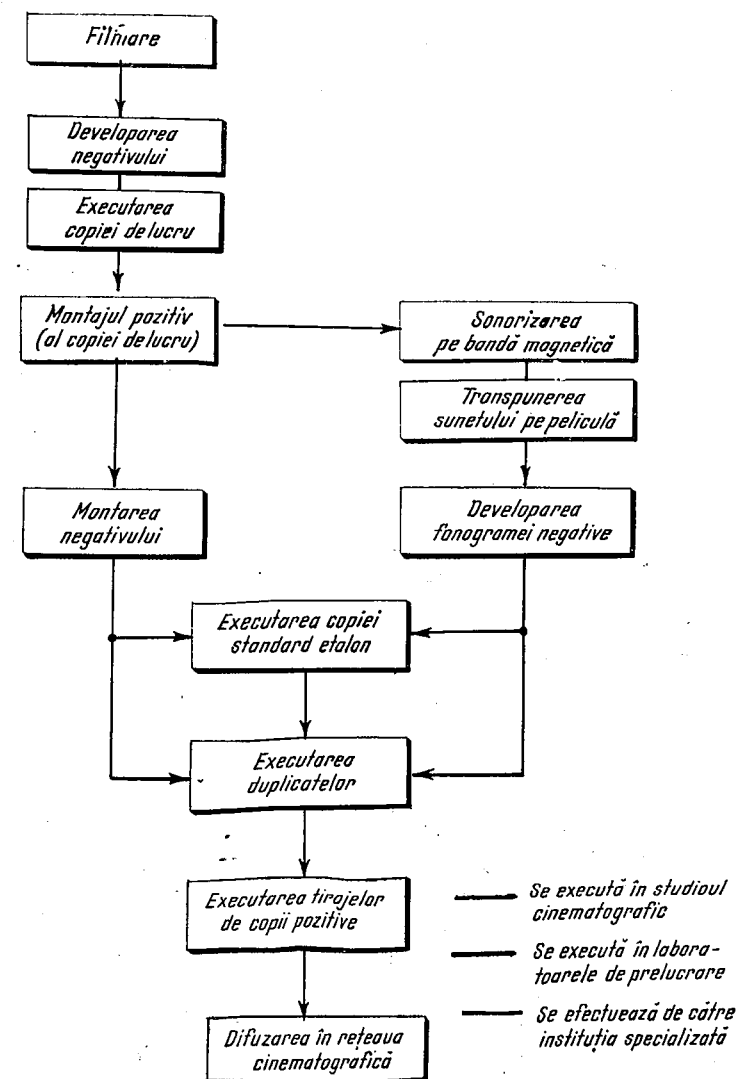


Fig. 12.1. Schema de principiu a circuitului peliculei cinematografice.

se desfășoare o serie de lucrări, dintre care cele mai importante sînt :

- *montaj negativ*. Bucățile de negativ corespunzătoare copiilor de lucru, se vor monta în aceeași ordine ca și acestea, obținindu-se negativul imaginii montate;
- *developarea negativului de sunet*. Pelicula pe care s-a înregistrat optic sunetul filmului se developează în condiții standardizate, obținindu-se *fonograma negativă*;
- *executarea copiei standard*. Negativul imagine montat și fonograma negativă intră împreună în circuitul de prelucrare, pentru a se obține în final o copie pozitivă cu imagine și sunet pe aceeași peliculă. Ea se numește *copie standard* și pentru că trebuie să prezinte calitatea optimă ce se poate obține după negativul respectiv, se mai numește și *copie etalon*;
- *executarea duplicatelor*. În vederea obținerii unui număr mare de copii pozitive, se execută în prealabil, plecînd de la negativul imagine și de la fonograma negativă, duplicatele necesare : lavandă și contratip pentru film alb-negru, interpozitiv și internegativ pentru film color, contratip reversibil etc.;
- *executarea tirajului*. După contratipele sau internegativele obținute, se poate executa întregul tiraj de copii pozitive pentru toate formatele solicitate. În cazul unui tiraj redus, acesta se execută direct după negativ. Se recomandă ca toate copiile pozitive să aibă o calitate cit mai apropiată de copia etalon obținută inițial;
- *difuzarea filmului*. Copiile pozitive de tiraj, obținute în laboratoarele de prelucrare, sînt distribuite în rețeaua cinematografică conform unui sistem de programare elaborat de instituții specializate în difuzarea filmelor de lung metraj, documentare, filme de animație etc.

B. PRELUCRAREA ÎN LABORATOR A PELICULELOR CINEMATOGRAFICE

După cum arătam și la începutul capitolului, un film pentru a ajunge pe ecranele cinematografelor trebuie să urmeze un circuit lung și laborios. O parte din acesta, după cum se vede și în schema de mai sus, se desfășoară în laboratoarele de prelucrare.

În cadrul unui astfel de laborator, la prelucrarea peliculelor, concură multiple ateliere sau formații de lucru care efectuează diferite operațiuni specifice.

a. Copierea

Prin copiere se asigură transpunerea imaginilor fotografice și a sunetului de pe un purtător pe altul (adică de pe o peliculă pe alta) cu ajutorul mașinilor de copiere. Astfel se pot obține lavenzi sau copii pozitive după negativ, contratipe sau internegative după lavenzi și respectiv după interpozitive, copii pozitive de tiraj după contratipe sau după internegative etc.

b. Developarea

Prin developarea peliculelor filmate sau copiate, se transformă imaginea latentă în imagine fotografică vizibilă. Procesul de developare se efectuează în mașini speciale cu ajutorul unor soluții chimice, ale căror rețete sînt specifice fiecărui tip de peliculă.

c. Etalonarea

Pentru fiecare lucrare, se stabilesc parametrii de copiere și developare necesari obținerii unei calități optime din punctul de vedere al densităților, contrastului și culorilor. Acest lucru se realizează fie prin metode subiective, cu ajutorul probelor, fie prin metode obiective (de ex. cu analizorul electronic Hazeltn).

d. Pregătire-montaj

Toate materialele primare ce urmează a intra la copiere (negative, lavenzi, contratipe etc.) sînt pregătite în ceea ce privește acuratețea suprafețelor și asigurarea sincronizării dintre imagine și sunet. De asemenea, sînt pregătite toate copiile pozitive ieșite de la developare, în vederea proiectării lor.

e. Prepararea și controlul soluțiilor

Laboratorul de chimie asigură prepararea tuturor soluțiilor necesare developajului, conform rețetelor prescrise. Tot aici se efectuează permanent controlul concentrației substanțelor chimice conținute în soluțiile de developare, urmărind menținerea lor în toleranțele admise.

f. Sensitometria

Se controlează prin metode obiective menținerea constantă a procesului fotografic, utilizînd în acest scop aparate sensitometrice specifice acestor operații.

g. Controlul tehnic de calitate (C.T.C)

Se controlează permanent calitatea tuturor lucrărilor executate în laboratorul de prelucrare. Aceasta se face atît prin controlul vizual la masa de derulare a filmului (derulator), cît și prin vizionare în sala de proiecții. C.T.C. returnează în producție porțiunile de peliculă de calitate necorespunzătoare, în vederea refacerii lor, sau avizează expedierea lucrărilor primite (copii de lucru, copii pozitive de tiraj, materiale de multiplicare) atunci cînd calitatea acestora este corespunzătoare.

h. Proiecția

În sălile pentru vizionare de control, sînt proiectate toate materialele solicitate de controlul tehnic sau de alte persoane de specialitate.

i. Întreținerea electromecanică

Personalul de întreținere asigură întreținerea curentă și reparațiile periodice ale tuturor utilajelor și aparatelor din dotarea laboratorului de prelucrare.

În fiecare laborator de prelucrarea peliculei cu caracter industrial mai există și un colectiv administrativ precum și un compar-

timent de dispecerat care are rolul de a lansa și a urmări în producție toate lucrările primite de la beneficiar.

Se constată deci că un laborator de prelucrare constituie o unitate complexă. Ea poate asigura prelucrarea a milioane sau zeci de milioane de metri anual.

În funcție de genurile de lucrări efectuate, putem distinge:

— *laboratoare de creație*, care execută lucrări strict necesare studiourilor cinematografice și anume: dezvoltarea negativelor și executarea copiilor de lucru până la obținerea copiei standard etalon. Uneori se efectuează tot aici și tiraje de copii pozitive după negativ și materiale intermediare (duplicate);

— *laboratoare de tiraj*, care execută sau primesc materialele intermediare pentru multiplicare, după care trag tirajele de copii pozitive pe toate formatele necesare;

— *laboratoare mixte*, care execută atât lucrări de creație, cât și de tiraj.

C. POSIBILITĂȚI DE MULTIPLICARE A FILMELOR

În timp ce fotografia permite vederea statică a imaginilor obiectelor sau acțiunilor, cinematografia prin specificul ei redă în mod dinamic imaginile filmate, ceea ce permite spectatorului din sala de cinematograful să participe afectiv la acțiunea filmului. De aceea și numărul spectatorilor este destul de mare. Numai în țara noastră el se apropie de 200 milioane anual.

Pe ecranele cinematografelor se proiectează însă numai copii pozitive și acestea se obțin prin multiplicare, plecând de la negativul original al filmului.

Procedeul de multiplicare se alege în funcție de mai multe criterii, printre care și numărul de copii solicitat.

1. Procedeul de multiplicare într-o singură etapă

Nu asigură de fapt o multiplicare ci permite ca după negativul filmat să se obțină direct o copie pozitivă, cu ajutorul unei metode speciale de dezvoltare, numită *reversibilă*.

Tot prin metoda dezvoltării reversibile se poate obține, de această dată prin copiere, o copie pozitivă după altă copie pozitivă, sau un duplicat negativ direct după negativul original.

2. Procedeul de multiplicare în două etape

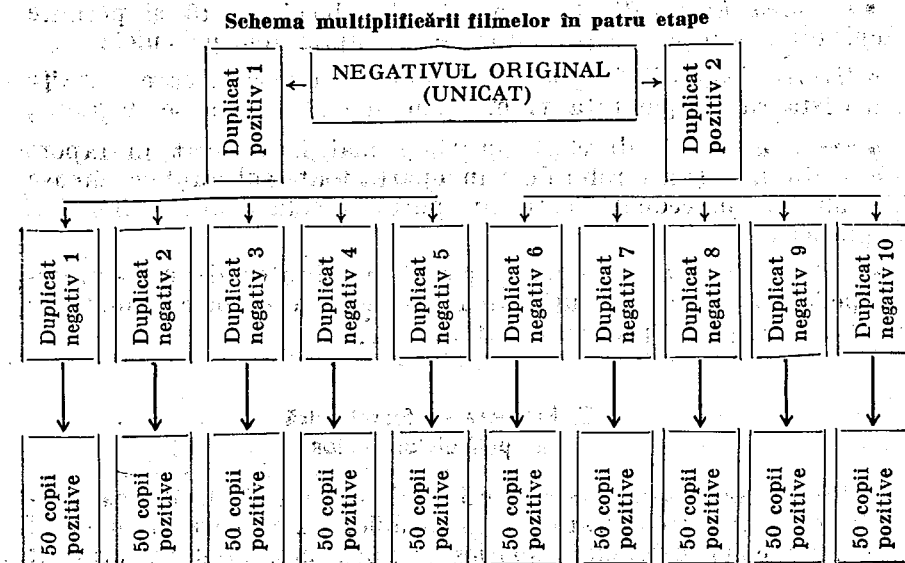
Procedeul în două etape sau procedeul negativ-positiv, permite multiplicarea copiilor pozitive direct după negativul filmat. El se utilizează pentru obținerea unui număr relativ redus de copii pozitive.

3. Procedeul de multiplicare în mai multe etape

Procedeele de multiplicare în mai multe etape se practică în scopul protejării negativului atunci când numărul de copii pozitive solicitate este foarte mare. Există astfel posibilitatea de multiplicare în trei etape: negativ — contratip reversibil — pozitiv, sau în patru etape: negativ — lavandă (sau interpozitiv) — contratip (sau inter-negativ) — copii pozitive. Acest ultim procedeu permite obținerea unui număr de copii pozitive practic nelimitat.

Pentru a se putea înțelege mai ușor procesul în patru etape, îl putem asimila teoretic cu o „multiplicare în progresie geometrică” conform schemei din tabelul 12.1.

Tabelul 12.1



Conform sistemului imaginat mai sus, se vede cum se pot obține sute sau chiar mii de copii după un singur negativ, în funcție de numărul de lavenzi și contratipe ce se execută.

D. FAZELE PRINCIPALE ALE PROCESULUI DE PRELUCRARE FOTOCHIMICĂ

Atunci când vorbim de prelucrarea fotochimică ne gândim desigur la transformarea imaginii latente în imagine fotografică, vizibilă și stabilă în timp.

Prelucrarea fotochimică constă de fapt într-o succesiune de faze distincte — avînd fiecare un rol bine definit pe care pelicula le parcurge printr-un mers continuu în mașina de dezvoltat.

1. Prelucrarea fotochimică a peliculelor alb-negru

În cazul peliculelor alb-negru aceste faze sînt :

- *revelarea sau dezvoltarea propriu-zisă*, care transformă imaginea latentă în imagine fotografică;
- *spălarea intermediară*, care este de obicei scurtă și permite îndepărtarea soluției de revelator de pe suprafețele peliculei;
- *fixarea imaginii fotografice* obținute la revelare, care permite ca aceasta să fie păstrată vreme îndelungată fără a se degrada;
- *spălarea finală*, durează un timp mai îndelungat în raport cu celelalte faze și are rolul de a îndepărta toate substanțele rămase din soluțiile precedente care ar putea afecta calitatea imaginii fotografice;
- *uscarea*, prin care se îndepărtează umiditatea de pe suprafețele peliculei, permițînd utilizarea acesteia în etapele următoare (montare, copiere, proiectare etc.).

2. Prelucrarea fotochimică a peliculelor color

Pelicula color are o structură mai complexă decît cea alb-negru, ea avînd trei straturi fotosensibile. Ca urmare și procesul fotochimic color este mai laborios și mult mai greu de urmărit

decît cel alb-negru. Față de numai două soluții „active“ la dezvoltarea alb-negru și anume revelare și fixare, la dezvoltarea color, numărul acestora este aproximativ triplu. Astfel :

- *prebaia*, care are rolul de a îndepărta stratul antihalo;
- *revelarea sau dezvoltarea propriu-zisă*, care transformă imaginea latentă în imagine fotografică, formată din argint metalic, generînd totodată formarea coloranților din cele trei straturi de emulsie;
- *stop-fixarea*, care stopează brusc procesul de revelare și fixează imaginea fotografică;
- *înălbirea*, cînd se formează anumite săruri complexe cu argintul metalic din peliculă. De asemenea, permite regenerarea unor cantități de halogenuri de argint în emulsie;
- *redeveloparea sunetului*. Această fază intervine numai în situația dezvoltării peliculelor pozitive color pe care există și coloana sonoră. În acest caz, cu ajutorul unui revelator alb-negru pastificat, depus numai pe porțiunea sunetului, se mărește cantitatea de argint metalic, ceea ce va îmbunătăți calitatea redării sunetului prin aparatul de proiecție. Cînd se face redeveloparea, pelicula este trecută în prealabil printr-o fază de uscare intermediară, care mărește aderența revelatorului pastă la suprafața coloanei sonore;
- *fixarea finală*, care la pelicule color are în special rolul de îndepărtare a substanțelor complexe formate cu argintul metalic, în faza de înălbire, astfel încît în straturile de emulsie să rămînă numai coloranții;
- *stabilizarea* — faza prelucrării fotochimice utilizată numai la anumite tipuri de peliculă color (Gevaert Kodaki etc.). Ea asigură o stabilitate mai mare a coloranților în timp;
- după fiecare soluție activă se face cîte o *spălare intermediară*, iar după fixarea finală, pelicula trece în *spălarea finală*;
- procesul se termină în toate cazurile cu *uscarea finală*, după care pelicula poate trece în alte etape de prelucrare.

○ *Observație*. În funcție de sortimentul de peliculă, de tipul de fabricație sau chiar de performanțele constructive ale mașinii de dezvoltat, uneori se elimină anumite faze de mai sus. Astfel, în unele cazuri, nu există prebaie sau faza de stabilizare de la sfîrșitul procesului. Negativele și materialele intermediare (interpozitiv, internegativ), neavînd sunet, nu

necesită redevelopare. Pentru negativele color ORWO, o variantă de prelucrare elimină stop-fixajul, pelicula trecând după revelare și spălare direct în înălbitor. Desigur că, tocmai datorită complexității prelucrării fotochimice a peliculelor color, rețetarul recomandat de fabricile producătoare este foarte sărac în timp ce la alb-negru acesta este foarte variat.

Verificarea cunoștințelor

1. În drumul său dintre filmare și proiecție, în ce etape trece pelicula cinematografică printr-un laborator de prelucrare?
2. Pentru a obține un număr mai mic sau mai mare de copii pozitive, ce posibilități de multiplicare ne stau la dispoziție?
3. În care fază de laborator se stabilesc parametrii de copiere și dezvoltare a unui film?
4. Caracterizați principalele faze de prelucrare fotochimică a peliculelor.

Capitolul 13

DEVELOPAREA IMAGINII FOTOGRAFICE

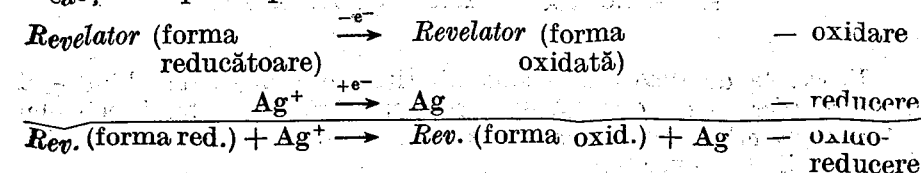
A. PRINCIPIUL PROCESULUI DE DEVELOPARE

Am văzut în capitolele precedente ce este imaginea latentă și cum apare ea într-un strat fotosensibil expus la lumină datorită fenomenului de fotoliză. Imaginea latentă este însă invizibilă, iar o peliculă expusă într-un aparat de fotografiat sau de filmat, scoasă la lumină se înnește uniform pe toată suprafața (se voalează), nemaifiind utilizabilă. Transformarea imaginii latente invizibile în imagine fotografică vizibilă și stabilă în timp este posibilă numai cu ajutorul procesului de dezvoltare ale cărui faze le-am enumerat pe scurt, în capitolul 12.

Înțelegem prin acțiunea de revelare sau practic prin dezvoltare, reacția sau complexul de reacții chimice, datorită cărora imaginea latentă se transformă în imagine fotografică.

Developarea este în esență o reacție cunoscută în chimie sub numele de oxido-reducere sau *redox*. Ea acționează în mod selectiv numai asupra microcristalelor de halogenură de argint expuse la lumină. Ca în orice reacție de oxido-reducere, are loc un transfer de electroni între reactanți.

Moleculele de reducător ale revelatorului cedează electronii, deci se oxidează, iar cele de halogenură — mai precis ionii de argint ai acestora — primesc electroni deci se reduc la argint metalic. Reacția se poate prezenta schematic astfel:



Importanța primordială a acțiunii revelatorului constă tocmai în faptul că el nu readuce toate granulele de halogenuri din stratul

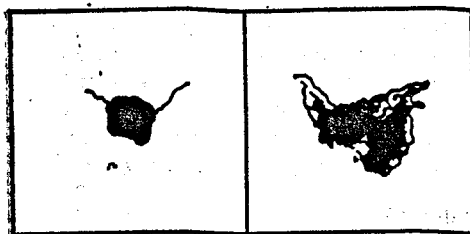


Fig. 13.1. Aspectul unei granule:
1 — înainte de dezvoltare; 2 — după dezvoltare.

mii de argint necesari și reacția nefiind catalizată nu se produce.

Dealtfel, nici granulele expuse nu reacționează în totalitatea lor. În cazul când cantitatea de lumină primită de microcristal a fost insuficientă, numărul de atomi de argint format prin fotoliză a fost mai mic decât limita critică necesară, deci catalizatorul reacției fiind în cantitate insuficientă, reducerea nu are loc. Acesta este cazul subcentrelor de imagine latentă.

În schimb, atunci când reacția se produce și reducerea este completă în întregul microcristal, masa de argint format se poate amplifica de până la 10^{10} ori în raport cu masa inițială a argintului din centrul de imagine latentă.

Prin studiile făcute cu ajutorul microscopului electronic, s-a constatat că granulele de argint format prin dezvoltare au în general o structură filamentară, care progresează pe tot parcursul revelării. Aceasta implică o creștere apreciabilă a dimensiunilor inițiale a granulelor de halogenură, care poate varia de la 1,5 ori la emulsie cu granulație mare, până la 10 ori la emulsie cu granulație foarte fină (fig. 13.1).

B. CLASIFICAREA PROCESELOR DE DEZVOLTARE

Procesele de dezvoltare sînt diferite, în funcție de chimismul reacției (dezvoltare chimică și dezvoltare fizică), de felul peliculei (dezvoltare alb-negru și dezvoltare color) și de sistemul constructiv al mașinii de dezvoltat.

- **Dezvoltarea chimică** este cea utilizată în mod frecvent și care, așa cum s-a mai arătat, permite apariția imaginii fotografice prin

reducerea la argint metalic, sub acțiunea revelatorului, a halogenurilor din pelicula impresionată de lumină.

- **La dezvoltarea fizică**, soluția revelatoare conține o sare de argint, care prin reducere depune în mod selectiv ioni de argint, pe centrul de imagine latentă al emulsiei expuse. Acest gen de dezvoltare se produce într-o mică măsură și în cazul dezvoltării chimice obișnuite, datorită prezenței în soluția de revelator a sulfidului de sodiu. Acesta dizolvă din emulsie unele cantități de halogenură, permițind apariția ionilor de argint în soluția de revelator. Dezvoltarea fizică nu se utilizează ca atare în mod frecvent. Ea are unele aplicații în poligrafie sau fotografie, când se lucrează cu monobai, care realizează simultan și revelarea și fixarea imaginii.

- **Dezvoltarea alb-negru și color.** Toate fabricile producătoare recomandă pentru fiecare tip de peliculă pe care-l produce o anumită rețetă de prelucrare. Totuși între ele nu există deosebiri fundamentale decât în funcție de coloritul peliculei. Aceasta, deoarece dezvoltarea alb-negru se deosebește de cea color nu numai prin numărul fazelor și prin conținutul acestora, ci și prin produsul obținut, care diferă în mod radical.

Într-adevăr, în timp ce la alb-negru prin dezvoltare se obține o imagine fotografică constituită numai din argint metalic, la dezvoltarea color imaginea obținută este formată numai din coloranți.

C. SUBSTANȚE DE DEZVOLTARE ȘI PROPRIETĂȚILE LOR

Procesul de prelucrare fotochimică a materialelor fotosensibile se efectuează cu ajutorul unei game variate de substanțe chimice, prezente în numeroasele soluții utilizate pentru diferite faze ale procesului.

În legătură cu aceste substanțe trebuie făcute câteva precizări, foarte importante pentru buna desfășurare a dezvoltării :

- *fiecare substanță are un rol bine determinat în soluția respectivă, acționînd direct sau indirect asupra emulsiei fotografice;*
- *uneori se utilizează cîte două substanțe diferite dar cu același rol, ceea ce face ca ele să aibă o acțiune conjugată;*
- *toate substanțele trebuie să fie foarte solubile, chiar dacă pentru aceasta este necesară, la prepararea soluției respective, o temperatură ceva mai ridicată;*

- în timpul utilizării, toate soluțiile și în mod special revelatorul trebuie să fie cât mai omogene, pentru ca să se asigure aceeași concentrație a substanțelor în toată masa de soluție;

- dintre toate substanțele utilizate în procesele fotochimice, categoria cea mai importantă o constituie substanțele cu acțiune revelatoare.

D. COMPOZIȚIA REVELATORILOR

Pentru a-și exercita acțiunea de dezvoltare și pentru ca aceasta să poată fi dirijată după necesitate, soluțiile de revelare conțin în general patru categorii de substanțe, și anume: *agenți de dezvoltare, substanțe conservatoare, substanțe acceleratoare, substanțe modulatori*.

În desfășurarea reacției de bază a procesului fotochimic, adică reacția de reducere a halogenurii de argint la argint metalic, agenții de dezvoltare au rolul primordial în orice soluție de revelator.

Ceilalți constituenți ai soluției au roluri secundare, mai mult sau mai puțin importante, menite să ajute sub o formă sau alta, acțiunea substanțelor revelatoare. Ei asigură în soluție o serie de condiții necesare realizării unei acțiuni optime a agenților de dezvoltare: un anumit pH, protecția contra oxidării, micșorarea vâscozității etc.

1. Proprietățile soluțiilor revelatoare

Viteza cu care se desfășoară reacția de reducere și, într-o anumită măsură și cantitatea de argint formată, depind de proprietățile revelatorului.

- Cea mai importantă caracteristică a revelatorului este **capacitatea reducătoare**. Ea este condiționată de o serie de factori:

- pH-ul soluției, care este dat de concentrația ionilor de hidrogen și poate avea valori de la 1 la 14;

- concentrația substanțelor conținute în soluția de revelator și în special a substanței reducătoare. De asemenea, este importantă concentrația ionilor de brom care, după cum vom vedea mai departe, se acumulează în soluție pe măsura desfășurării procesului și îl inhibă;

- parametrii fizici și în special temperatura care amplifică agitația moleculelor din soluție, ceea ce implicit mărește viteza de reacție.

- Factorii de mai sus influențează însă și o altă particularitate a soluțiilor de dezvoltare, și anume **perioada de inducție**. Ea reprezintă timpul care trece de la introducerea în revelator a unui material fotosensibil expus, până în momentul când începe să apară imaginea vizibilă.

Perioada de inducție este specifică fiecărui revelator și este direct proporțională cu activitatea acestuia.

Existența perioadei de inducție se poate observa ușor atunci când facem poze sau în camera obscură a mașinilor de dezvoltat pozitiv alb-negru.

○ **Notă.** Nu trebuie să credem că în timpul perioadei de inducție revelarea stagnează, deoarece imaginea nu se vede. Reacția se inițiază și începe să se desfășoare cu o viteză crescândă până când atinge un anumit echilibru, iar cantitatea de argint formată ajunge suficient pentru a deveni vizibilă.

2. Agenți de dezvoltare

a. Tipuri de agenți de dezvoltare

Din punctul de vedere al structurii lor chimice, se pot deosebi mai multe categorii de substanțe revelatoare — reducătoare (numite și *agenți de dezvoltare*).

- **Substanțe anorganice metalice** care conțin ioni metalici cu mai multe trepte de valență (Fe, Cr, V etc.). În timpul reacției, ionul metalic se oxidează, iar electronul cedat cu această ocazie reduce ionul Ag^+ al halogenurii din peliculă la argint metalic. Un astfel de revelator este cel cu sulfat feros (FeSO_4).

- **Substanțe anorganice nemetalice.** Nu conțin ioni metalici. Reacționând chimic cu halogenura din emulsia fotografică, o reduce la argint metalic. Ca exemple din această categorie amintim ca fiind mai cunoscute hidroxilamina (NH_2OH) și — în mică măsură — sulfitul de sodiu (Na_2SO_3).

- **Substanțe organice.** Acestea constituie categoria cea mai utilizată și din care s-au selectat un număr apreciabil de agenți de dezvoltare, în special pentru pelicula alb-negru.

Cercetările făcute cu privire la substanțele organice cu acțiune revelatoare au stabilit câteva *caracteristici* ale acestora dintre care amintim :

- fac parte dintr-o clasă de substanțe organice numite „aromate” (derivați ai benzenului);
- conțin în structura lor două grupe oxidril (OH) sau două grupe amino (NH_2), sau o grupă OH și o grupă NH_2 ;
- derivații cu două grupe OH sînt mai activi decît cei cu o grupă OH și una NH_2 , iar aceștia sînt la rîndul lor mai energici decît cei cu două grupe NH_2 ;
- înlocuirea atomilor de hidrogen din grupa NH_2 cu grupe ca CH_3 sau C_2H_5 mărește acțiunea revelatoare (3).

b. Concentrația în soluția revelatoare

Concentrația agentului de dezvoltare în soluția de revelator nu este prea mare. Ea ajunge la 4—5 g/l în unele cazuri chiar mai mult.

Odată cu creșterea acestei concentrații, viteza de dezvoltare se mărește, pentru ca peste o anumită limită, această viteză să rămî-nă relativ constantă, în schimb apare o creștere apreciabilă a voalului de dezvoltare.

c. Superaditivitatea

Cu privire la substanțele revelatoare alb-negru s-a constatat un fenomen foarte interesant. Dacă se introduce într-un revelator, un cuplu de două substanțe revelator — reducătoare, viteza de dezvoltare este mai mare decît în cazul cînd aceeași soluție ar avea dizolvată numai cîte una din cele două substanțe luate separat. Acest fenomen a fost denumit superaditivitate.

Din acest motiv, foarte multe rețete recomandă utilizarea agenților micști de dezvoltare, în special metol cu hidrochinonă sau fenidon cu hidrochinonă, luați în diferite proporții.

3. Substanțe conservatoare

Toți agenții de dezvoltare au o mare sensibilitate la oxidare în aerul atmosferic. Producții de oxidare formați colorează soluția în roșu închis-brun și o fac inutilizabilă. Există însă substanțe

care pot proteja de oxidare agentul de dezvoltare, permițînd conservarea revelatorului. Dintre acestea, cea mai cunoscută și utilizată este *sulfitul de sodiu*, care poate apărea în soluțiile de dezvoltare în cantități foarte variate de la cîteva grame pînă la cîteva zeci de grame la litru. Această mare variabilitate a concentrației de sulfid, pe care o găsim în rețetele recomandate, se datorește multiplelor funcțiuni ale acestei substanțe. Nu numai că sulfitul *protejează revelatorul de oxidare*, dar el *se combină cu produșii de oxidare ai substanței revelatoare*, protejînd astfel revelatorul și de impurificare.

Sulfitul de sodiu are și proprietatea de a *dizolva parțial cristale de halogenură*, făcînd să apară în soluția de revelator ioni de argint. Aceasta face ca paralel cu dezvoltarea chimică, în soluție să se producă într-o anumită măsură și dezvoltarea fizică. Ca urmare, imaginea obținută va avea granulație fină. Aceasta este foarte important pentru revelatorul negativ, fapt pentru care sulfitul de sodiu folosit ajunge în acest caz pînă la 100 g/l și chiar mai mult.

4. Substanțe acceleratoare

Agenții de dezvoltare sînt în general activi numai în mediul alcalin și acțiunea lor este cu atît mai puternică cu cît pH-ul crește, deci cu cît crește concentrația ionilor OH. În acest scop, în soluția de revelare se introduce substanțe alcaline ca : *boraxul* ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), *carbonatul de sodiu* (Na_2CO_3) sau *de potasiu* (K_2CO_3), *hidroxidul de sodiu* (NaOH) sau *de potasiu* (KOH). Cu cît se introduce cantități mai mari dintr-o astfel de substanță, concentrația ionilor OH în soluție crește și procesul se accelerează.

O proprietate a acestor substanțe constă în *menținerea constantă a pH-ului*, ceea ce asigură stabilitatea procesului. Aceasta se numește *capacitate tampon* și se realizează cu ajutorul unor cupluri de substanțe special alese ca, de ex., acid boric cu borax, carbonat de sodiu (sau potasiu) cu bicarbonat de sodiu (sau potasiu), care ia naștere chiar în soluția de revelator în care a fost introdus carbonat.

○ Notă. Spre deosebire de revelatorii cu borax sau carbonat, cei care conțin hidroxid de sodiu nu au capacitatea tampon asigurată, ceea ce face ca aceștia să fie foarte instabili.

În principiu, substanțele acceleratoare se pot înlocui între ele, cu condiția ca concentrațiile de substanțe să fie astfel alese, încît pH-ul să rămî-nă același.

Substanțele acceleratoare mai au însă și alt rol.

În reacția dintre agentul de dezvoltare și halogenura de argint din peliculă, se produce și *acid bromhidric*, ce se poate acumula în soluție, scăzând pH-ul. Acest lucru este evitat prin *preluarea lui de către substanțele acceleratoare*, care în acest scop sînt întotdeauna introduse în exces, pentru ca reacția să nu influențeze și pH-ul. Substanțele alcaline au de altfel o concentrație în soluția de revelator de cîteva zeci de grame la litru.

5. Substanțe moderatoare

Există substanțe care inhibă procesul de dezvoltare, avînd o acțiune moderatoare. Cea mai utilizată dintre ele este *bromura de potasiu* (KBr).

Inhibarea reacției de reducere s-ar explica prin fenomenul numit *efectul ionului comun*.

Ionii de brom din bromura de potasiu existentă în soluția de revelator se opun trecerii în soluție a altor ioni de brom, proveniți însă de la reducerea bromurii de argint din emulsie. Cu cît se introduce mai multă bromură de potasiu în revelator, cu atît vor trece mai puțini ioni de brom din peliculă în soluție, deci cu atît mai puține molecule de halogenură de argint vor fi reduse la argint metalic. În mod special aceasta influențează reducerea spontană a moleculelor de halogenură de argint răsbindite haotic în emulsie, ceea ce înseamnă practic *micșorarea voalului de dezvoltare*. S-a constatat de altfel că frînarea dezvoltării voalului este mai puternică decît frînarea dezvoltării imaginii.

Ca substanță antivoal și de moderare, concentrația bromurii nu trebuie să treacă de anumite limite, pentru a nu influența negativ desfășurarea procesului. În general, concentrația bromurii de potasiu este variabilă în funcție de procesul respectiv. De exemplu, pentru dezvoltarea materialelor pozitive ea este de cca 2 g/l.

○ **Atenție!** Este necesară controlarea permanentă a acestei concentrații, deoarece bromura este singura substanță din revelator care se anulează pe măsura ce se desfășoară procesul de revelare.

E. TIPURI DE REVELATORI

Revelatorii utilizați pentru dezvoltarea materialelor fotografice și a peliculelor cinematografice sînt în număr destul de mare. Clasificarea lor poate fi făcută în funcție de mai multe criterii.

● După numărul de agenți de dezvoltare conținuți în soluție deosebim :

- *revelatori cu un singur agent de dezvoltare* (de exemplu revelatori cu metol);
- *revelatori cu doi agenți de dezvoltare*, adică revelatori cu agenți micști (de exemplu, revelatori cu metol + hidrochinonă sau cu fenidon + hidrochinonă).

● După activitatea revelatorului, pot fi :

- *revelatori moi*, care au acțiune lentă și dau contrast scăzut;
- *revelatori normali*;
- *revelatori energici*, care acționează puternic asupra materialului fotosensibil și dau contrast ridicat.

● După felul materialului ce se dezvoltă, există :

— *revelatori pentru negative alb-negru*, care sînt în general revelatori lenți, utilizați pentru dezvoltarea la un contrast scăzut a negativelor, levezilor și contratipelor;

— *revelatori pentru pozitive alb-negru*, care sînt revelatori normali sau energici, cu contrast mult mai ridicat decît al revelatorilor negativi;

— *revelatori pentru peliculă color*, numiți și *revelatori cromogeni*, utilizați exclusiv pentru negative și pozitive color și despre care se va discuta ulterior.

F. FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ PROCESUL DE DEZVOLTARE

Desfășurarea procesului de dezvoltare poate fi influențată de o serie de factori fizico-chimici.

1. Puritatea substanțelor din soluția de dezvoltare

În general se recomandă ca substanțele chimice să fie cît mai pure, deoarece anumite impurități, ce pot fi conținute încă de la fabricare sau puritatea sub limitele admise prin standarde, pot determina scăderea calității revelatorilor preparați, pot genera apariția de voaluri sau alte neplăceri în timpul prelucrării materialelor fotosensibile. De aceea se utilizează cu precădere substanțe fabricate „pentru uz fotografic“.

② Concentrația substanțelor în soluția de dezvoltare

Concentrația substanțelor în soluție are o mare influență asupra procesului de dezvoltare.

Variația acestui parametru peste toleranțele admise poate influența în diferite feluri, în raport cu substanța considerată. De exemplu, mărirea concentrației agentului de dezvoltare duce la creșterea vitezei de revelare, dar, implicit, și la mărirea voalului. Mărirea sau micșorarea concentrației substanței acceleratoare modifică pH-ul, ceea ce influențează direct viteza de dezvoltare. Scăderea concentrației bromurii de potasiu permite mărirea voalului, iar creșterea concentrației de bromură inhibă procesul de reducere al halogenurilor. O cantitate insuficientă de sulfat de sodiu face ca viteza de oxidare a revelatorului să crească și revelatorul să se degradeze repede.

3. Volumul de soluție

Scăderea volumului de soluție influențează dezvoltarea în special la prelucrarea industrială a peliculelor.

Deoarece fiecare metru de peliculă ce se deplasează în mașina de dezvoltare transportă la suprafața sa circa 10 ml de soluție, nivelul începe să scadă și o parte din peliculă rămâne deasupra lichidului, ceea ce micșorează timpul de contact cu soluția activă.

Mentținerea constantă a concentrației substanțelor și a nivelului băilor se realizează cu ajutorul unor soluții mai concentrate, numite *compensări*, introduse în mașină, prin intermediul unor sisteme de dozare. Dozatorii asigură concomitent o compensare volumetrică, pentru mentținerea constantă a nivelului soluțiilor, și o compensare chimică, pentru păstrarea concentrației substanțelor în limitele admise.

4. Factorii fizici

● **Temperatura** influențează direct proporțional viteza de desfășurare a oricărei reacții. Creșterea temperaturii mărește deci și viteza de revelare, ceea ce conduce la o suprad dezvoltare, iar scăderea temperaturii produce în mod analog o subdezvoltare a imaginii fotografice.

● **Timpul** este un alt factor fizic de influență a dezvoltării. El nu afectează viteza de revelare, dar este firesc ca într-un timp mai lung, cantitatea de halogenuri reduse la argint metalic să crească și în schimb să fie mai mică atunci când timpul de revelare este mai scurt.

● **Agitarea soluției** este de asemenea o condiție necesară unei dezvoltări uniforme. Ea permite omogenizarea revelatorului și de asemenea înlătură permanent stratul superficial de soluție ce aderă la suprafața materialului și care, după ce s-a epuizat, împiedică aportul de revelator proaspăt. La dezvoltarea peliculelor, o bună agitare se realizează prin sisteme speciale, prevăzute cu pompe care recirculă permanent soluția. În laboratoarele foto, astfel de sisteme sînt greu de realizat, dar se obțin rezultate bune agitînd mereu materialul în vasul de dezvoltare.

Verificarea cunoștințelor

1. Care este rolul dezvoltării în contextul prelucrării peliculelor?
2. Ce fel de acțiune are revelatorul asupra halogenurilor de argint?
3. Ce factori pot influența viteza de dezvoltare?
4. Ce condiții pot influența apariția voalului de dezvoltare?
5. Care sînt tipurile de substanțe chimice pe care trebuie să le conțină un revelator?
6. Dați exemple de câteva substanțe reducătoare utilizate în procesul de revelare.
7. Care sînt factorii de influență ai procesului de dezvoltare și care este efectul acțiunii acestora?

PROCESE DE PRELUCRARE ULTERIOARE DEZVELOPĂRII

A. FIXAREA

1. Principiul procesului de fixare

Prin fixare sînt îndepărtate din stratul de emulsie granulele de halogenuri neimpresionate de lumină. În cazul omiterii acestei faze, sau în cazul unei fixări incomplete, granulele neimpresionate rămase în peliculă, sub acțiunea ulterioară a luminii, produc degradarea imaginii fotografice.

○ Notă. Anumite soluții de fixare pot îndeplini și alte funcțiuni, așa cum se va vedea mai departe.

● Orice fixator trebuie să includă în componența sa un agent de fixare. Acesta, acționînd cu halogenurile neexpuse, care deci nu au fost reduse în revelator, le transferă în săruri solubile în apă, îndepărtîndu-le astfel din stratul de emulsie. S-a constatat că această reacție decurge în două faze.

Mai întîi, agentul de fixare — de exemplu, tiosulfatul de sodiu ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), care în prezent este cel mai utilizat agent de fixare — reacționează cu bromura de argint și dă o substanță complexă (tiosulfat de argint monosodic), insolubilă în apă dar solubilă în tiosulfat. În faza a doua, complexul format reacționează cu o nouă moleculă de tiosulfat de sodiu și dă un al doilea complex (tiosulfat de argint trisodic), solubil în apă.

Ca agenți de fixare, în afară de tiosulfatul de sodiu, se mai cunosc tiosulfatul de potasiu, tiosulfatul de amoniu, cianura de potasiu și alții.

○ Notă. Cu toate că cianura de potasiu este printre cei mai buni agenți de fixare, ea nu se utilizează din cauza toxicității sale ridicate (otrăvă foarte puternică).

● În afară de acesta, soluțiile de fixare mai pot cuprinde după caz, și alte substanțe cu roluri diferite :

- un acid slab, pentru stoparea activității revelatorului alcalin ;
- o sare acidă, utilizată fie pentru a înlocui acidul fie pentru a asigura împreună cu acesta o capacitate tampon a soluției, care să mențină constant un pH foarte scăzut ;
- sulfatul de sodiu, pentru conservarea tiosulfatului care se descompune în mediu puternic acid ;
- substanțe de tanare, ca alaiunul de potasiu (sulfat dublu de aluminu și potasiu) sau alaiunul de crom (sulfat dublu de potasiu și crom) care întăresc (tanează) straturile de emulsie ;
- clorura de amoniu, care acționează ca accelerator, mărind viteza de fixare, dar care nu se utilizează în mod frecvent.

2. Tipuri de soluții de fixare

Condiționat de funcțiile pe care trebuie să le îndeplinească în cadrul procesului fotochimic respectiv, soluțiile de fixare alese pot fi neutre, acide sau tanante.

● Fixajul neutru este o soluție care conține numai agentul de fixare (tiosulfatul de sodiu). Ea are un pH aproximativ 7. Se utilizează ca fixaj final la unele variante de dezvoltare color.

● Fixajul acid conține agentul de fixare (tiosulfatul de sodiu) și o sare acidă (metabisulfid de potasiu). Are un pH = 4,5 — 5 și se utilizează ca fixator în procesele de prelucrare alb-negru.

● Fixajul tanant, în general, cuprinde : agentul de fixare (tiosulfat de sodiu) ; un cuplu format dintr-un acid slab (acid acetic) și o sare acidă (acetat de sodiu) care asigură o bună capacitate tampon, necesară menținerii unui pH = 4, — 4,5 ; sulfid de sodiu, pentru protejarea tiosulfatului care la acest pH s-ar descompune ; alaiun de potasiu pentru tanarea straturilor de emulsie. Cunoscută în general sub denumirea de stop-fixaj, o astfel de soluție se utilizează în mod frecvent după revelarea color.

3. Factori care influențează procesul de fixare

În cadrul procesului fotochimic, fixarea constituie o fază mai puțin critică. Variațiile ce pot apărea în activitatea acestei soluții suportă toleranțe ceva mai mari decît în cazul revelării. Există însă și aci o serie de factori de influență de care trebuie ținut seama :

a. pH-ul

pH-ul nu trebuie să crească peste 6 și nici să scadă sub 3,5. În primul caz activitatea soluției este atât de redusă încât revelarea se continuă și după intrarea materialului în fixaj. În al doilea caz, se produce descompunerea tiosulfatului, care precipită sulf coloidal și dă fixajului un aspect alb-lăptos.

b. Concentrația agentului de fixare

Concentrația tiosulfatului de sodiu s-a constatat că nu trebuie să depășească 400 g/l, deoarece începe să se micșoreze viteza de fixare și nici să nu scadă sub 150 g/l, pentru că în acest caz tiosulfatul produce cu bromura de argint o reacție nedorită, din care nu se mai formează produși solubili, ci un precipitat brun de sulfură de argint (Ag_2S).

c. Epuizarea soluției de fixare

Concentrația ionilor de argint din complexii formați din tiosulfat cu halogenurile neexpuse crește proporțional cu cantitatea de material prelucrat. Aceasta începe, la concentrații mai mari, să inhibe procesul de fixare.

Din acest motiv, se recomandă ca fixatorul să fie permanent înprospătat, pentru ca argintul conținut să fie sub 5–6 g/l de soluție.

d. Conținutul imaginii fotografice

Un material, a cărui imagine fotografică a fost obținută printr-o expunere puternică, conține puțină halogenură neexpusă, deci se va fixa mai ușor decât un alt material expus puțin la lumină (de exemplu, o scenă filmată noaptea) care conține multă halogenură neimpresionată.

e. Factorii fizici

Factorii fizici influențează și ei procesul de fixare.

● **Temperatura** ridicată accelerează procesul de fixare, iar o temperatură scăzută îl inhibă. Depășirea limitelor nu este însă recomandată nici într-un sens, nici în celălalt, deoarece se pot obține efecte nedorite.

● **Timpul de fixare.** Perioada de timp dintre începerea fixării și pînă la formarea complexului solubil în apă, moment în care pelicula devine transparentă în părțile neexpuse, se numește **perioada de clarificare**. Ea depinde de felul fixajului, de natura materialului, de temperatură ș.a. Pentru a se asigura o bună fixare, se recomandă ca timpul total în care materialul se găsește în fixator să depășească dublul perioadei de clarificare.

● **Agitarea soluției** este recomandată deoarece favorizează creșterea vitezei de fixare.

4. Recuperarea soluțiilor de fixare

Argintul, acumulat în soluție pe măsura desfășurării procesului și care-l găsim sub formă ionică (Ag^+), nu poate fi deversat la canal odată cu fixatorul epuizat. Fiind vorba de un metal prețios, argintul trebuie recuperat. Acesta se realizează în mod obligatoriu în toate cazurile cînd dezvoltarea are un caracter industrial.

Recuperarea se poate face prin mai multe metode, dar cea mai eficientă este **metoda electrolitică**.

Soluția de fixaj, pe măsură epuizării sale, este colectată într-o celulă specială de electroliză, prevăzută cu un catod (—) metalic, de obicei din oțel inoxidabil sau din aluminiu și un anod (+) de grafit. La o intensitate de curent bine determinată, ionii de argint se depun pe catod, formînd un strat de argint metalic ce se îndepărtează periodic.

Soluția rămasă este de obicei înprospătată cu tiosulfatul de sodiu necesar ajungerii la concentrația inițială, după care se reintroduce în proces.

În acest fel, se recuperează continuu atât argintul provenit din emulsia fotografică cît și soluția de fixare.

B. SPĂLAREA MATERIALELOR FOTOGRAFICE

1. Rolul spălării

Spălarea materialelor fotosensibile după fiecare fază activă a procesului fotochimic are rolul de a îndepărta din emulsie substanțele solubile.

Spălarea se realizează cu apă de conductă și constituie în principiu un proces de difuzie. Apa pătrunde în stratul de emulsie, dizolvă substanțele solubile și împreună cu ele difuzează înapoi în masa de lichid.

2. Factorii care determină condițiile de spălare

Condițiile de spălare diferă în funcție de mai mulți factori.

- După locul ocupat în cadrul procesului fotochimic se deosebesc *spălări intermediare*, care se execută după fazele active și sînt în general de scurtă durată (pînă la cîteva minute) dar intensive, și *spălări finale*, la sfîrșitul oricărui proces de prelucrare fotochimică. Acestea sînt de lungă durată (10—20 minute).

- Condițiile de spălare pot fi influențate de anumite **caracteristici ale materialului fotosensibil** ca, de exemplu, *felul peliculei* (a.n sau color), *grosimea stratului de emulsie* etc.

- Necesitatea de a păstra materialele fotografice poate solicita o spălare mai riguroasă. Astfel, *negativele* ca și *materialele ce urmează a se arhiva un timp îndelungat* impun o spălare finală mai lungă și foarte eficientă, pentru asigurarea unei bune conservări a imaginii, spre deosebire de *peliculele pozitive*, al căror *ciclu de folosire este relativ scurt*, și nu solicită condiții speciale de spălare.

- Caracteristicile apei ca *duritatea**, *temperatura*, *puritatea*, *pH-ul* ș.a. pot influența în mod serios spălarea.

La o *duritate* prea scăzută a apei de spălare, emulsia se gonflează (se umflă) exagerat de mult, ceea ce poate duce la dezlipirea ei de pe suport. Cînd duritatea este prea mare, apar așa-numitele rețele de calciu, care se depun pe suport.

Temperatura apei de spălare trebuie de asemenea să nu depășească anumite limite. Sub 14°C scade viteza de spălare, datorită micșorării capacității de umflare a gelatinei. Peste 20°C se produce gonflarea stratului de emulsie, ceea ce îngreuiază difuzia apei în strat.

Puritatea apei este de asemenea importantă. Apa nu trebuie să conțină impurități, nisip, substanțe organice etc.

pH-ul apei trebuie să fie cît mai apropiat de neutru.

Timpul de spălare trebuie astfel ales încît în condițiile date să aigure o spălare cît mai eficientă.

* *Duritatea apei* se referă la concentrația ionilor de calciu și magneziu. Se exprimă prin grade de duritate germane, franceze sau engleze. De exemplu, o apă, a cărei duritate este de 1 grad german, conține un gram de oxid de calciu la 100 kg apă.

3. Metode de spălare

În funcție de necesitățile de spălare și uneori de posibilitățile locale, spălarea se poate face prin mai multe sisteme în cazul proceselor industriale și anume: *în cascadă*, *intensiv*, *intensiv cu jeturi* și *mixtă*. Ele diferă din punct de vedere constructiv, asigurînd în funcție de sistemul folosit o viteză de spălare mai mare sau mai mică, fiind însă variabile cantitățile de apă folosite.

C. USCAREA MATERIALELOR FOTOGRAFICE

După ieșirea materialului fotografic din spălarea finală, este necesară uscarea acestuia pentru a putea fi folosit în continuare.

- În cazul proceselor industriale, mașinile de dezvoltat sînt prevăzute cu dulapuri speciale în care uscarea se efectuează cu ajutorul unui curent puternic de aer filtrat, căruia i se asigură o umiditate relativă de cca 60% și o temperatură de 25—30°C, în funcție de caracteristicile materialului.

- Laboratoarele fotografice obișnuite sînt dotate cu aparate de uscat prevăzute cu suprafețe metalice lustruite, care sînt încălzite în prealabil la o temperatură convenabilă.

D. ÎNTĂRIREA ȘI SLĂBIREA IMAGINILOR FOTOGRAFICE

Dintre procesele de prelucrare a materialelor fotografice utilizate numai în cazuri speciale, fac parte *întărirea* și *slăbirea*. Ele se aplică atunci cînd se constată, după dezvoltare, că materialul fotosensibil a fost supraexpus sau subexpus la filmare sau la fotografiere, ori a fost suprad dezvoltat sau subde dezvoltat.

Procedeele de întărire sau slăbire permit corectarea imaginilor fotografice, dar în general nu pot asigura calitatea pe care ar fi avut-o materialul în cazul cînd expunerea și dezvoltarea ar fi fost corecte.

1. Slăbirea imaginii

Slăbirea constă în *îndepărtarea parțială a argintului din imaginea fotografică cu ajutorul unui agent de slăbire*.

a. Principiul procesului de slăbire

Din punct de vedere chimic, slăbirea este o reacție de oxidare în care argintul metalic al imaginii fotografice este transformat, cu ajutorul agentului de slăbire, într-o sare de argint care apoi se îndepărtează prin dizolvare într-un solvent adecvat.

Reacția se desfășoară în general fie în două etape succesive (când se lucrează cu două băi separate) de exemplu:

- I. fericianură de potasiu + Ag → fericianură de argint + fericianură de potasiu;
- II. fericianura de argint se dizolvă într-o soluție de tiosulfat de sodiu.

În final, materialul se spală cu jet puternic de apă.

În funcție de procedeul aplicat, se mai pot utiliza și alți oxidanți ca bicromat de potasiu, permanganatul de potasiu ș.a.

b. Procede de slăbire

Se cunosc patru procedee de slăbire, utilizate în funcție de efectul dorit: *slăbirea substractivă*, *slăbirea proporțională*, *slăbirea supra-proporțională* și *slăbirea subproporțională*.

● **Slăbirea substractivă** permite micșorarea tuturor densităților* în afara celor mici. În acest caz, contrastul variază foarte puțin sau deloc. Procedeul se utilizează în cazul unor materiale supraexpuse.

● **Slăbirea proporțională** micșorează toate densitățile în mod proporțional. Aparent și contrastul este mai scăzut, cu toate că de fapt el nu variază în acest caz. Se utilizează pentru slăbirea materialelor supradvelopate.

● **Slăbirea supra-proporțională** produce o micșorare a densităților mari mai pronunțată decât a densităților mici. Din acest motiv se produce și o scădere accentuată a contrastului. Procedeul se utilizează pentru slăbirea materialelor în care la filmare sau fotografiere porțiunile albe ale subiectului au fost supraexpuse.

● **Slăbirea subproporțională** realizează micșorarea cu precădere a densităților mici. Acesta este singurul procedeu care mărește con-

* Densitatea unui material fotografic, numită *densitate optică*, reprezintă fizic, depozitul de argint metalic format în stratul de emulsie după dezvoltare.

trastul. Se utilizează pentru materiale fotografice supraexpuse și pentru eliminarea voalului existent pe porțiunile transparente ale imaginii.

2. Întărirea imaginii

a. Principiul procesului de întărire

Întărirea unei imaginii fotografice constă în *mărirea densităților optice*. De fapt se mărește numărul de atomi metalici din imagine, ceea ce are ca efect o creștere a opacității sale. Aceasta se poate realiza pe două căi.

● Prin oxidarea argintului metalic în ioni de argint (rehalogenare) urmată de o redevelopare în care ionii trec din nou în atomi de argint metalic, se obține o structură mai spongioasă a acestora care mărește opacitatea imaginii.

● Prin anumite reacții chimice specifice, se **precipită pe imagine** o sare metalică (de exemplu, sulfură de plumb), care produce de asemenea o mărire a opacității imaginii, ceea ce echivalează cu creșterea densității argintice.

b. Procede de întărire

Există mai multe procedee de întărire care dau rezultate fotografice diferite. Prin analogie cu slăbirea, ele sînt denumite: *întărire proporțională*, *întărire supra-proporțională* și *întărire subproporțională*.

Verificarea cunoștințelor

1. Prin ce se caracterizează rolul fixării?
2. Ce este un agent de fixare?
3. Prin ce se deosebește un fixaj acid de un fixaj tanant?
4. Cărui fapt se datorește necesitatea recuperării soluțiilor de fixare?
5. De ce numărul fazelor de spălări este mult mai mare la peliculele color decât la cele alb-negru?
6. Cînd, considerați necesară utilizarea procesului de slăbire?

Capitolul 15

PROPRIETĂȚILE STRUCTURALE ALE IMAGINII DEVELOPATE

A. CAPACITATEA INFORMAȚIONALĂ A IMAGINII FOTOGRAFICE

Imaginea fotografică, în accepția sa științifică, poate fi considerată ca o *înmagazinare de informații*, care are un scop determinat în competiție cu alte sisteme de înregistrare, începând de la banda magnetică până la simplul caiet de note. O imagine fotografică poate scoate în evidență o serie de aspecte ale unui eveniment oarecare sau ale unei succesiuni de evenimente, ceea ce consacră valoarea sa practică în fotografia tehnică și științifică. Când imaginea fotografică este folosită ca un mijloc de înregistrare, *informația poate fi calitativă*, ca de exemplu scoaterea în evidență a unor comportări sau aspecte ale obiectivului fotografiat, evidențierea secvenței unor evenimente, dar ea poate fi *cantitativă*, permițând de exemplu stabilirea dimensiunii, formei, poziției în spațiu a obiectului fotografiat, a vitezei de deplasare a obiectului ș.a. Informațiile de acest tip sînt deosebit de importante pentru tehnica modernă.

În această situație, trebuie acordată o atenție deosebită acelor proprietăți ale imaginilor fotografice finite care determină o cît mai importantă capacitate informațională, care fac posibilă o interpretare cantitativă cît mai riguroasă. Aceste *proprietăți ale imaginii dezvoltate*, ca de exemplu: *granularitatea, acuitatea, capacitatea de rezoluție sau discriminarea spațială, discriminarea tonală sau de culoare*, vor fi prezentate în cele ce urmează.

B. STRUCTURA GRANULARĂ A IMAGINII DEVELOPATE

O imagine dezvoltată privită cu ochiul liber pare uniformă și continuă, dar observată la microscop prezintă un caracter discontinuu, granular și neuniform (fig. 15.1). Distribuția neuniformă a argin-

tului dezvoltat provine în primul rînd din lipirea la dezvoltare a granulelor de argint între ele și din suprapunerea neuniformă în spațiu a granulelor așezate în mai multe planuri. *Aspectul de neuniformitate pe care îl prezintă imaginea dezvoltată a fost denumită granularitatea imaginii sau macrogranulație.*

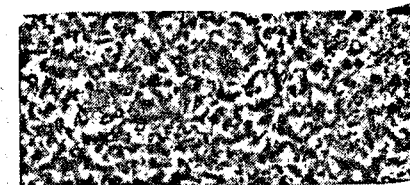


Fig. 15.1. Structura granulară a imaginii dezvoltate.

Structura granulară a imaginii dezvoltate provoacă o senzație subiectivă de *granulație*, care apare la operația de mărire mai ales cînd mărirea se face într-un raport mai ridicat. Această percepție fie subiectivă, nu oferă date obiective despre granularitate.

Granularitatea este mai ridicată în cazul filmelor negative și mai puțin importantă în cazul filmelor pozitive.

1. Determinarea granularității

Această structură granulară, exprimată prin proprietatea de granularitate, se determină prin fluctuația de densitate citită cu un microdensitometru (densitometru care citește cu un fascicul foarte îngust de lumină). Examinînd în acest fel un strat dezvoltat, densitatea variază în funcție de distanța parcursă. Cu cît fluctuațiile de densitate față de valoarea medie sînt mai mari, cu atît granulația este mai mare.

2. Determinarea granulației

Granulația imaginii fotografice poate fi determinată prin *proiec-tarea sau copierea* la o mărime cunoscută — a *imaginii studiate*. Practic se procedează în felul următor: imaginea aflată pe materialul de studiat se proiectează pe un ecran sau se copiază, mărindu-se într-un anumit raport. Se crește continuu scara de mărire pînă cînd devine vizibilă granulația imaginii. *Inversul măririi la care devine vizibilă granulația se numește factor de granulație, g*:

$$g = \frac{K}{n}$$

în care $K = 100$.

3. Diminuarea granulației

Granulația imaginii dezvoltate depinde de tipul emulsiei (granulația inițială) și de caracterul dezvoltării.

Revelatorii foarte activi de densitate ridicată, care dezvoltază imaginea într-un timp scurt provoacă uneori apariția unei structuri de granulație mare.

Granulația unei imagini dezvoltate poate fi diminuată deci în următoarele condiții:

- alegerea unei emulsii de granulație fină;
- folosirea unui revelator de granulație fină;
- efectuarea unei subexponeri sau a unei subdezvoltări.

C. TURBIDITATEA ȘI ACUTANȚA (CLARITATEA)

1. Turbiditatea

Structura discontinuă, granulară, a unui strat fotografic, în particular prezența microcristalelor de halogenură de argint, provoacă un efect de turbiditate a imaginilor obținute în timpul unei iluminări oarecare. Aceasta se explică prin efectul de difuzie a luminii, provocat de stratul fotosensibil asupra fasciculului de lumină incident.

a. Cauzele turbidității

După cum rezultă din figura 15.2, pe măsură ce pătrunde mai adânc în stratul de emulsie, fasciculul de lumină incident se lărgeste și această lărgire este cu atât mai mare cu cât expunerea este mai intensă. Efectul de turbiditate al imaginii este cu atât mai important, cu cât granulația inițială a emulsiei este mai mare. Turbiditatea imaginii crește de asemenea odată cu creșterea expunerii, după cum rezultă din figura 15.3, unde este reprezentată imaginea unei diafragme la diferite intensități ale expunerii.

În afară de aceasta, picături de praf sau de apă în calea razelor de lumină introduc difuzii parazite, care măresc turbiditatea ima-

ginilor. De aceea, la fotografierea sau la copierea imaginilor negative trebuie eliminate particulele de praf de pe lentilele aparatelor de fotografiat de luat vederi sau de mărit.

b. Determinarea turbidității

Turbiditatea imaginii se măsoară prin coeficientul de neclaritate K , care exprimă lățimea imaginii prin creșterea expunerii și este determinat prin relația:

$$K = \frac{\Delta X}{\Delta H},$$

unde:

ΔX este lățimea imaginii;
 ΔH — creșterea expunerii.

2. Acutanța

Acutanța sau claritatea arată în ce măsură un fascicul de lumină punctual sau liniar de dimensiuni foarte mici poate fi reprodus printr-un punct sau o linie de dimensiuni foarte mici, la o densitate de înregistrare net decelabilă în raport cu regiunile adiacente.

În realitate, imaginile obținute în asemenea cazuri au dimensiuni finite și conturul imaginii poate fi net sau mai puțin net în funcție

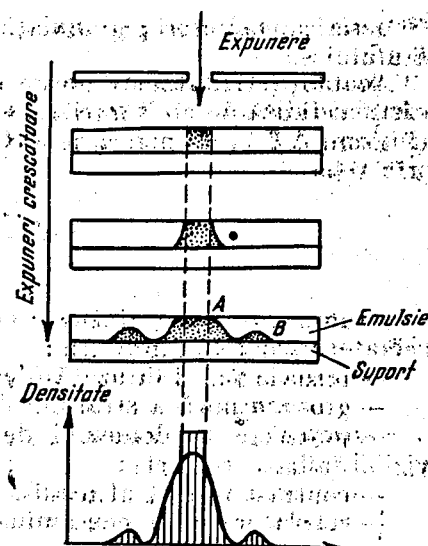


Fig. 15.2. Influența difuziei luminii în stratul fotosensibil asupra turbidității imaginii:

A — imagine principală; B — halo de difuzie și reflexie.

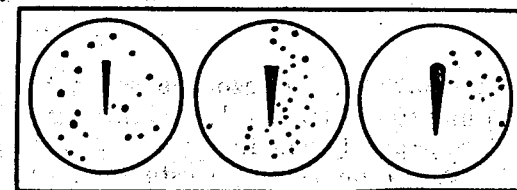


Fig. 15.3. Influența duratei expunerii asupra turbidității imaginii.

de o serie de factori: granulație, metodă de prelucrare, grosimea stratului ș.a.

Acutanța (claritatea) crește cu creșterea densității și este cu atât mai ridicată cu cât variația densității, ΔD , pe un element liniar al imaginii ΔX , este mai netă. Coeficientul de acutanță se exprimă prin relația:

$$A' = \frac{\Delta D}{\Delta X}$$

Acutanța unei imagini este cu atât mai ridicată cu cât sînt respectate următoarele condiții:

- emulsie puțin difuzată (de granulație fină);
- grosime mică a stratului de emulsie;
- expunere în domeniul de lungimi de undă ale spectrului vizibil (albastru-violet);
- contrast ridicat al emulsiei;
- revelator puțin contaminat.

D. CAPACITATEA DE REZOLUȚIE

Capacitatea sau puterea de rezoluție a unui material fotografic caracterizează acea proprietate a sa de a reda în mod separat detalii mici ale obiectului fotografiat.

Capacitatea de rezoluție are o importanță practică deosebită în fotografia tehnică și științifică modernă, în legătură cu vizualizarea unui număr mare de detalii mici ale obiectelor fotografiate, care urmează să fie apoi studiate și analizate.

Puterea de rezoluție, după cum arată experiența, nu dă satisfacție în totalitatea cazurilor.

1. Determinarea capacității de rezoluție

Capacitatea de rezoluție se exprimă prin numărul de linii de grosime egală, trasate la distanțe egale cu grosimea lor, care pot fi redată separat prin fotografiere, pe 1 mm de imagine.

Puterea de rezoluție este unul din parametrii standardizați ai materialelor fotografice. La materialele fotografice uzuale ea variază între 30 și 200 linii pe 1 mm. Materialele fotografice folosite în

fotografia artistică, în fotografia de amatori, în cinematografie, au o putere de rezoluție care variază între 50 și 100 linii/mm. Materialele fotografice de uz tehnic și științific au o putere de rezoluție mai ridicată, de ordinul a 70—200 linii/mm. Există, de asemenea, emulsii fotografice speciale, folosite pentru microreproduceri, stocare de informații, microfotografie, la care puterea de rezoluție poate atinge pînă la 1 000 linii/mm. Aceste emulsii au o granulație deosebit de fină, de ordinul zecimilor și sutimilor de micron și o grosime mică a stratului de emulsie.

Metoda aplicată în general pentru măsurarea puterii de rezoluție constă în a fotografia pe materialul de cercetat un test de control, denumit *miră*. Schema unei mire pentru determinarea puterii de rezoluție este reprezentată în figura 15.4.

Pentru determinarea capacității de redare a detaliilor unei emulsii într-o manieră care să fie valabilă pentru orice contrast și dimensiune a subiectului, în ultimul timp, s-a introdus o caracteris-

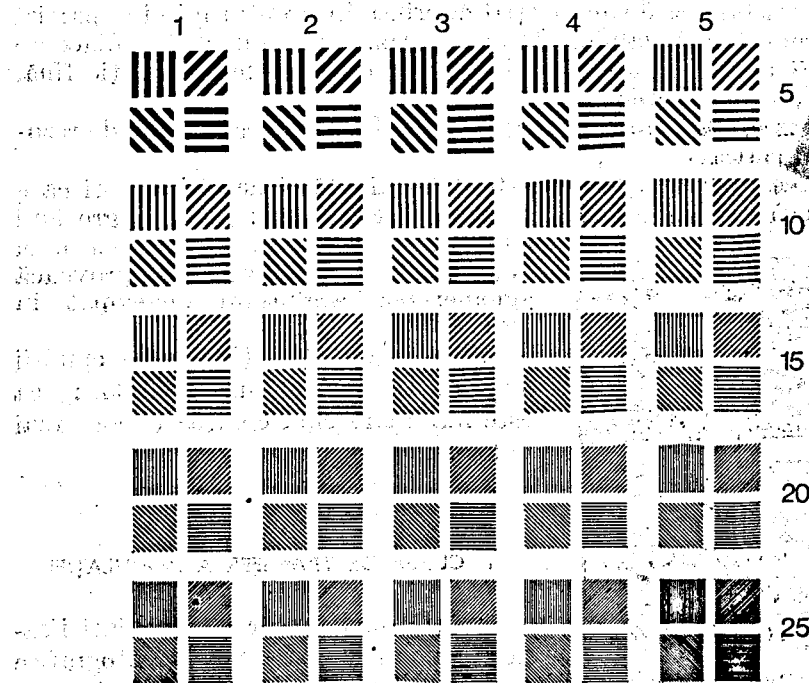


Fig. 15.4. Miră pentru determinarea puterii de rezoluție.

tică funcțională denumită curba de transfer a modulației, care ține seamă de efectele difuziei luminii în emulsia fotografică.

2. Îmbunătățirea capacității de rezoluție

Capacitatea de rezoluție a unui material fotografic este limitată de granulația emulsiei. Un strat fotografic continuu, fără granulație, ar putea avea (teoretic) o capacitate de rezoluție infinită. Atât granulația inițială a emulsiei, cât și structura granulară a imaginii dezvoltate, se reflectă asupra valorii puterii de rezoluție. Modul în care puterea de rezoluție depinde de dimensiunea inițială a granulației poate fi înțeles ușor din figura 15.5. Se imaginează proiectarea imaginii unei aceleiași mire pe suprafața a două pelicule de emulsie de granulație diferită. Fiecare microcristal de emulsie care se găsește în dreptul unei regiuni transparente a mirei se va developa în întregime. La emulsiile de granulație mare același interval poate fi acoperit de cristale care sînt parțial cuprinse în dreptul mirei și parțial — în dreptul intervalului. În acest caz, două intervale adiacente nu vor fi redade separat, în timp ce la emulsia de granulație fină, separația va fi posibilă.

În consecință, emulsiile de granulație fină au o capacitate de rezoluție mai ridicată.

Puterea de rezoluție mai este determinată și de alți factori care favorizează difuzia luminii în emulsie, cum sînt: mărirea grosimii stratului de emulsie, practicarea unei dezvoltări contaminate ce provoacă aglomerarea argintului dezvoltat în agregate mai mari.

Puterea de rezoluție a unei emulsii variază cu contrastul detaliilor; ea este mai mare cînd contrastul este mai puternic.

E. CURBA DE TRANSFER A MODULAȚIEI

Curba de transfer a modulației caracterizează calitatea redării fotografice a semnalelor luminoase periodice cu diferite frecvențe.

Fig. 15.5. Dependența puterii de rezoluție de granulația emulsiei fotografice.

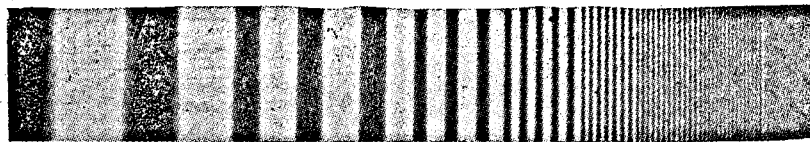


Fig. 15.6. Mira pentru determinarea transferului de modulație.

Pentru determinarea transferului de modulație a unei emulsii fotografice date, se poate proceda în felul următor: se proiectează pe emulsie o miră cu linii speciale. Transparența acestei mire, măsurată de-a lungul liniilor transversale, dă o curbă de alură ondulatorie. Liniile succesive ale mirei devin din ce în ce mai apropiate și frecvența lor spațială (numărul lor pe milimetru se mărește de la un cap la celălalt al mirei (fig. 15.6).

În timpul proiectiei, emulsia fotografică primește o serie de iluminări, care corespund transmisiilor liniilor din miră. Amplitudinea imaginii expuse poate fi exprimată prin modulație, adică prin raportul dintre amplitudinea (A) semnalului și valoarea sa medie (a), cum rezultă în figura 15.7:

$$A = \frac{(It)_{\max} - (It)_{\min}}{2}$$

și

$$a = \frac{(It)_{\max} + (It)_{\min}}{2}$$

unde $(It)_{\max}$ și $(It)_{\min}$ reprezintă valorile corespunzătoare, maximă și minimă, exprimate în unități de iluminare.

$$\begin{aligned} \text{Modulația } (M) &= \frac{A}{a} = \\ &= \frac{(It)_{\max} - (It)_{\min}}{(It)_{\max} + (It)_{\min}} \end{aligned}$$

Toate liniile mirei originale posedă aceeași modulație. Modulația mirei originale este reprezentată de M_o .

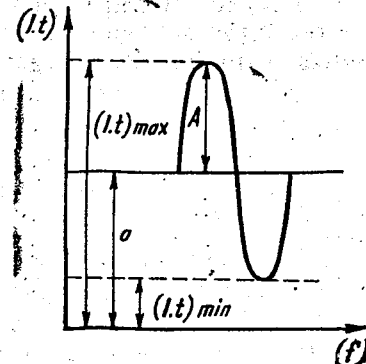


Fig. 15.7. Modulația unui semnal.

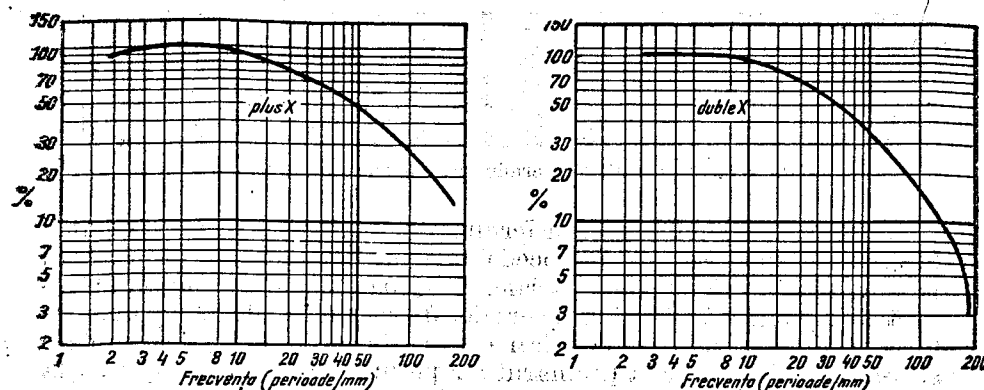


Fig. 15.8. Curbe de transfer al modulației.

După dezvoltare, materialul expus se explorează cu un microdensitometru. Cu ajutorul curbei caracteristice, valorile de densitate găsite sunt convertite în valori de iluminare și se deduce modulația efectiv (M_e). Datorită difuziei luminii, modulația M_e care caracterizează răspunsul fotografic este mai întotdeauna inferioară lui M_o și această diferență crește cu frecvența spațială f a semnalelor. Raportul M_e/M_o reprezintă transferul de modulație al emulsiei fotografice. Variația raportului M_e/M_o , deci a transferului de modulație în funcție de frecvență este denumită funcția de transfer a modulației. Ea este reprezentată printr-o curbă, care este caracteristică fiecărei emulsii.

În figura 15.8 sînt date curbele de transfer al modulației pentru două tipuri de negativ a/n Kodak (Eastman plus X și Eastman duble X) comparativ cu puterea lor de rezoluție. Deși puterea lor de rezoluție este egală, din curbele de transfer al modulației se poate sesiza superioritatea negativului plus X.

Capitolul 16

NOȚIUNI GENERALE DE SENSITOMETRIE

Sensitometria este o noțiune întrebuințată exclusiv în domeniile de utilizare a materialelor fotosensibile.

Apărută inițial ca metodă de determinare a sensibilității fotografice, sensitometria și-a extins aria de aplicativitate și s-a perfecționat odată cu dezvoltarea tehnicii fotografice și cinematografice.

Prin teste executate pe un material fotosensibil, ea permite determinarea proprietăților fotografice ale materialului respectiv, arătînd modul în care acesta răspunde la anumite condiții de expunere și dezvoltare.

Rezumînd, se poate spune că sensitometria este o tehnică ce se ocupă cu determinarea sensibilității fotografice și cu relațiile cantitative dintre expunere, dezvoltare și proprietățile fotografice ale unui material fotosensibil.

Bazele sensitometriei moderne au fost puse la sfîrșitul secolului trecut de Hurter și Driffild, care au determinat raportul dintre cantitatea de lumină ce trece printr-un material fotosensibil și depozitul de argint obținut prin expunerea și dezvoltarea acestuia.

A. MĂRIMI OPTICE FOLOSITE ÎN SENSITOMETRIE

Față de un flux de lumină, un mediu poate fi transparent sau opac, poate absorbi parțial sau total cantitatea de lumină incidentă. În acest sens se pot defini trei mărimi ce caracterizează trecerea unui flux de lumină de intensitate I printr-un corp:

1. Reflexia

Reflexia se referă la raportul dintre cantitatea de lumină de intensitate I_R ce se reflectă și intensitatea luminii incidente (I). Ea poate fi exprimată prin relația:

$$R = \frac{I_R}{I}$$

Raportul R este dependent de starea suprafeței corpului și de natura sa. În cazul unei suprafețe lucioase sau de culoare deschisă, R este mai mare decât în cazul unei suprafețe rugoase sau de culoare închisă.

2. Absorbția

Absorbția se referă la cantitatea de lumină reținută de mediul respectiv și este dată de relația:

$$A = \frac{I_A}{I}$$

unde I_A este intensitatea luminii absorbite.

Dacă $A = 1$, înseamnă că $I_A = I$, adică întreaga cantitate de lumină incidentă este absorbită de corp. Dacă $A = 1$ pentru toate radiațiile spectrului, atunci este vorba de corpul negru absolut.

3. Transparență. Opacitate

Transparența reprezintă cantitatea de lumină transmisă și are valoare:

$$T = \frac{I_T}{I}$$

în care I_T este intensitatea fluxului emergent (care iese după ce fluxul de lumină a străbătut corpul).

Cînd $T = 0$, înseamnă că $I_T = 0$, deci fluxul emergent este anulat. În acest caz, corpul este opac. Dacă $T = 1$, înseamnă că $I_T = I$,

deci întreaga cantitate de lumină incidentă este transmisă. Acesta este cazul corpurilor perfect transparente.

○ Observație. Spre deosebire de I_R și I_T , intensitatea luminii absorbite I_A nu se poate stabili direct. Ea poate fi însă determinată de relația:

$$I_R + I_A + I_T = I$$

Transmisia luminii printr-un corp poate fi reprezentată și prin inversul transparenței, adică prin raportul dintre intensitatea luminii incidente I și intensitatea luminii transmise I_T . El se numește opacitate și este egal cu:

$$O_p = \frac{I}{I_T}$$

Avînd în vedere că I_T este totdeauna mai mic sau cel mult egal cu I , rezultă că $T \leq 1$ și $O_p \geq 1$.

În tehnica fotografică, opacitatea are o deosebită importanță. Ea este cu atât mai mare cu cît depozitul de argint metalic obținut într-un material fotosensibil, prin expunere și dezvoltare, este mai mare. Datorită acestei dependențe, se poate determina modul în care un material fotografic răspunde la acțiunea luminii.

Cum însă măsurarea cantității de argint formate într-un strat de emulsie, care știm că are numai 10–20 μ , este foarte dificilă, s-a căutat o mărime ușor de determinat. Ea a fost definită prin *logaritmul zecimal al opacității* și a fost denumită densitate optică:

$$D = \log \frac{I}{I_T} = \log O_p$$

Densitatea optică se determină prin metode sensitometrice.

În funcție de felul materialului, se poate măsura densitatea optică prin transmisie la materiale transparente (pelicule cinematografice, plăci fotografice) și densitatea optică prin reflexie la materiale opace (hîrtie foto etc.). În acest caz, se utilizează relația:

$$D_R = \log \frac{I}{I_R (45^\circ)}$$

în care atît fluxul de lumină reflectată care se măsoară, cît și cel incident, sînt la 45° față de normala la suprafața materialului considerat.

B. ETAPELE DETERMINĂRIILOR SENSITOMETRICE

Deoarece efectuarea determinărilor sensitometrice necesită aparatură specială și personal bine calificat, ele se execută cu precădere în fabricile de peliculă și în laboratoarele fotografice sau cinematografice cu caracter industrial.

În toate cazurile, trebuie respectată o tehnologie de lucru care include mai multe etape :

- *prelevarea probelor* din lotul de material fotosensibil considerat ;
- *expunerea* într-un aparat special, numit *sensitometru* ;
- *developarea testelor*, de preferat într-o mașină specială de dezvoltare. Se obține astfel un test numit *sensitogramă*, care conține un număr determinat de cîmpuri (plaje) succesive, a căror densitate crește constant de la transparent la negru intens ;
- *citirea sensitogramei* cu un aparat numit *densitometru* ;
- *trasarea curbei*. Valorile obținute prin măsurare cu densitometrul se înscriu pe un sistem de axe rectangulare, obținîndu-se astfel o curbă caracteristică a materialului considerat ;
- *interpretarea rezultatelor*. Cu ajutorul curbei caracteristice, specialiștii pot trage concluzii asupra proprietăților fotografice ale peliculei testate.

C. APARATE UTILIZATE ÎN DETERMINĂRIILE SENSITOMETRICE

Pentru determinarea obiectivă a caracteristicilor fotografice ale unui material fotosensibil, sensitometria utilizează aparate specifice acestei tehnici și anume : sensitometre și densitometre.

1. Sensitometrele

Acestea sînt aparate cu ajutorul cărora se pot expune, în condiții standardizate, testele de material fotosensibil (sensitogramele) necesare determinărilor sensitometrice.

a. Construcția aparatului

După principiul constructiv, sensitometrele pot fi de două feluri :

- cu iluminare constantă și timp de expunere variabil ;
- cu iluminare variabilă și timp de expunere constant.

În prezent se utilizează aproape exclusiv cele din ultima categorie. Un astfel de sensitometru este constituit dintr-una sau două surse de lumină (fig. 16.1), un modulator de expunere și locul de încărcare (fereastra de expunere) a materialului fotosensibil.

Sensitometrele utilizate pentru expunerea materialelor fotosensibile color sînt prevăzute și cu un dispozitiv pentru introducerea unor filtre colorate, care permit variația distribuției spectrale a fluxului de lumină.

- Ca sursă de lumină se utilizează becuri de intensitate cunoscută, constante în timp și cu o temperatură de culoare bine determinată.

Fluxul emis de sursă nu trebuie să aibă variații în timp ale compoziției spectrale, deoarece poate determina apariția unor erori mari de expunere, mai ales la peliculele color. Becurile cu filament de wolfram, utilizate curent la sensitometre, au o temperatură de culoare de 2 800 — 3 000 K, indicată precis de fabrica producătoare.

- Pentru modularea luminii, la sensitometrele cu timp constant de expunere se utilizează un dispozitiv special numit *clin optic*. Acesta este construit în general din două plăci dreptunghiulare de sticlă, între care se găsește o bandă de densitate crescătoare, continuu (clin continuu) sau în trepte (clin în trepte).

La clinul continuu, densitatea crește proporțional cu grosimea. Ea are în secțiune aspectul unei pene (fig. 16.2).

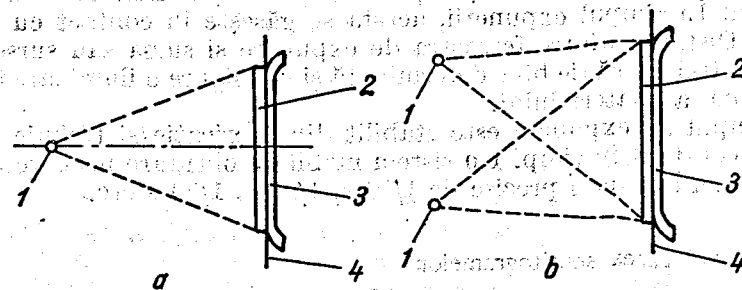


Fig. 16.1. Schița de principiu a unui sensitometru :

- a — cu o sursă de lumină ; b — cu două surse de lumină : 1 — sursa de lumină ; 2 — modulator de expunere ; 3 — peliculă test ; 4 — fereastra de expunere.

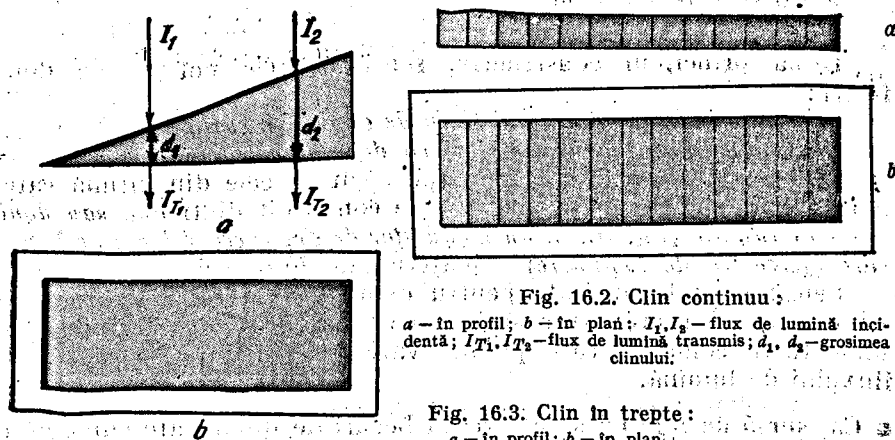


Fig. 16.2. Clin continuu:
a - în profil; b - în plan; I_1, I_2 - flux de lumină incidentă; $I_{1'}, I_{2'}$ - flux de lumină transmis; d_1, d_2 - grosimea clinului.

Fig. 16.3. Clin în trepte:
a - în profil; b - în plan.

La clinul în trepte (fig. 16.3) format dintr-o succesiune de cîmpuri (plaje), densitățile cresc de la o plajă la alta cu o valoare constantă numită *factorul clinului*. El este totdeauna menționat din fabricație pe marginea clinului (de exemplu: $F = \sqrt{2}$; $F = \sqrt[3]{2}$ etc.). Logaritmul zecimal al acestui factor dă un număr K , numit *constanta clinului*, care se poate introduce în anumite calcule sensitometrice (de exemplu, la $F = \sqrt{2}$ corespunde $K = 0,15$; la $F = \sqrt[3]{2}$ corespunde $K = 0,1$, deci densitatea crește cu 0,1 unități de la o plajă la alta.

• **Fereastra de expunere** este o deschidere practică în corpul aparatului, care permite poziționarea stabilă a materialului fotosensibil. În timpul expunerii, acesta se găsește în contact cu clinul optic. Distanța dintre fereastra de expunere și sursa sau sursele de lumină trebuie să fie bine determinată și să asigure o iluminare foarte uniformă a materialului.

Timpul de expunere este stabilit din fabricație și trebuie să fie foarte constant în timp. Un sistem mobil de obturare permite asigurarea unei expuneri precise de 1/10 s, 1/20 s, 1/50 s etc.

b. Developarea sensitogramelor

Ca orice material fotosensibil, după expunere sensitogramele trebuie dezvoltate.

Deoarece condițiile de dezvoltare prezintă o mare importanță pentru calitatea imaginii fotografice, sensitogramele trebuie dezvoltate în condiții standardizate. În acest sens, există rețete de revelatori recomandate prin standarde internaționale, iar dezvoltarea se poate face în aparate de dezvoltare de gabarit redus, special construite pentru prelucrarea fotografică a sensitogramelor.

În laboratoarele de prelucrare a peliculei cu caracter industrial, se practică însă foarte frecvent metoda dezvoltării sensitogramelor în mașinile de dezvoltat în care se prelucrează curent sortimentul respectiv de peliculă.

În toate cazurile, după dezvoltare sensitogramele trebuie citite. Aceasta se efectuează cu ajutorul densitometrului.

2. Densitometrele

Densitometrele sînt aparate care permit măsurarea densității optice a materialelor fotografice și a peliculelor cinematografice.

- După modul de determinare a densității optice, densitometrele pot fi:
 - vizuale;
 - fotoelectrice.
- După felul materialului măsurat, pot fi:
 - densitometre de transmisie;
 - densitometre de reflexie.
- Corespunzător coloritului materialului măsurat există:
 - densitometre alb-negru;
 - densitometre color.

a. Densitometre vizuale

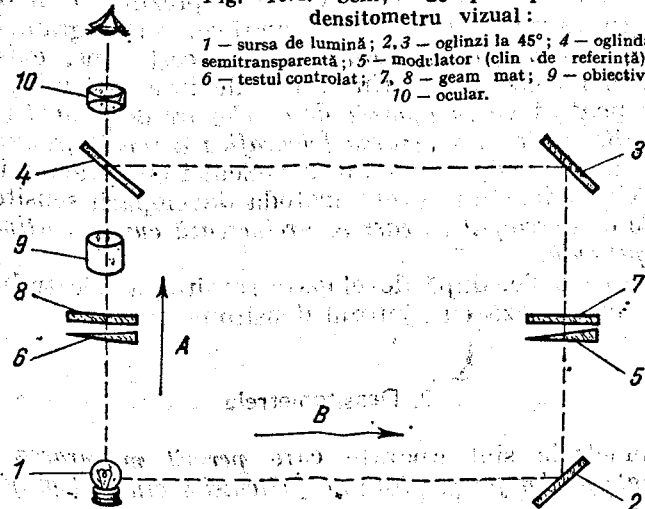
Densitometrele vizuale sînt în prezent mai puțin utilizate.

Inițial ele erau prevăzute cu două surse de lumină, ceea ce introducea erori în plus, sursele nefiind perfect identice.

Ulterior au apărut densitometrele cu o singură sursă de lumină (fig. 16.4), care în principiu sînt construite din sursa de lumină 1, două oglinzi la 45°, 2, 3, un clin optic de referință 5 și locul de încărcare a materialului ce se măsoară 6. Ambele tipuri sînt prevăzute cu un geam mat, 7, 8, o oglindă semitransparentă 4, obiectivul 9 și ocularul 10.

Fig. 16.4. Schița de principiu a unui densitometru vizual:

1 — sursa de lumină; 2, 3 — oglinzi la 45°; 4 — oglinda semitransparentă; 5 — modulator (clin de referință); 6 — testul controlat; 7, 8 — geam mat; 9 — obiectiv; 10 — ocular.



Clinul de referință este mobil și are densitățile bine determinate din fabricație. Operatorul care măsoară vede prin ocularul aparatului două cîmpuri concentrice sau semicirculare, iluminate diferit (fig. 16.5). Un cîmp corespunde fascicului venit pe direcția A, prin testul măsurat, și altul fascicului venit pe direcția B, prin clinul de referință.

Prin mișcarea clinului de referință, se aduc în dreptul fascicului B diferite plaje, pînă cînd una dintre ele este egală ca densitate cu plaja materialului măsurat. În acest moment, cele două cîmpuri au aceeași iluminare, iar operatorul citește pe dispozitivul aparatului densitatea clinului de referință în punctul respectiv, care este egală cu densitatea plajei măsurate.

După cum se vede, valorile obținute în acest caz depind și de vederea operatorului, ceea ce îi implică o anumită subiectivitate a măsurării. De aceea, acest tip de aparat a fost înlocuit în prezent de densitometrul fotoelectric.



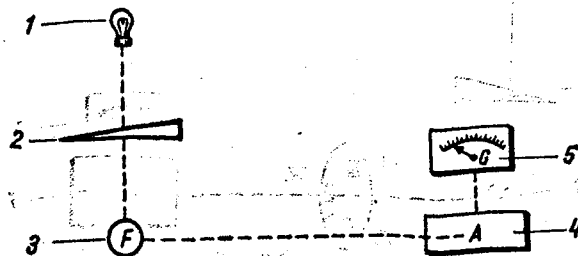
Fig. 16.5. Aspectul cîmpurilor vizibile prin ocularul unui densitometru vizual.

b. Densitometre fotoelectrice

Densitometrul fotoelectric se bazează pe principiul fotocelulei, care transformă energia luminoasă în curent electric. În

Fig. 16.6. Schița de principiu a unui densitometru fotoelectric:

1 — sursa de lumină; 2 — test controlat; 3 — fotocelulă F; 4 — amplificator; 5 — galvanometru.



tensitatea curentului este proporțională cu intensitatea fluxului de lumină incidentă.

Un astfel de densitometru (fig. 16.6) este constituit dintr-o sursă de lumină 1, locul de încărcare a materialului de măsurat 2, fotocelulă 3, un amplificator 4, care să amplifice curentul electric produs de fotocelulă și un galvanometru 5 care măsoară valoarea curentului ce iese din amplificator și care este în general etalonat direct în unități de densitate. În acest caz, măsurările nu mai sînt legate de imperfecțiunile ochiului. Materialul se încarcă în densitometrul pus în stare de funcționare și se citește direct pe scala galvanometrului valoarea densității optice.

Notă. Aparatele descrise sînt densitometre de transmisie și servesc la măsurarea densității optice a materialelor transparente.

c. Densitometre de reflexie

În cazul materialelor opace, cum ar fi hîrtia fotografică, măsurările se fac cu densitometrul de reflexie. În acest caz (fig. 16.7), fluxul incident I provenit de la sursa S cade pe materialul fotografic F sub un unghi de 45°, deci și fluxul reflectat I_R , care merge la aparatul de măsurat pleacă tot la 45°.

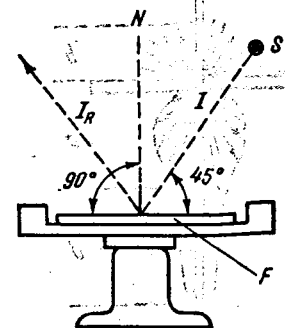


Fig. 16.7. Principiul densitometrului de reflexie: S — sursă de lumină; F — testul controlat; I — raza incidentă; I_R — raza reflectată ce merge spre fotocelulă.

Pentru măsurarea exclusiv a materialelor alb-negru, există densitometre care

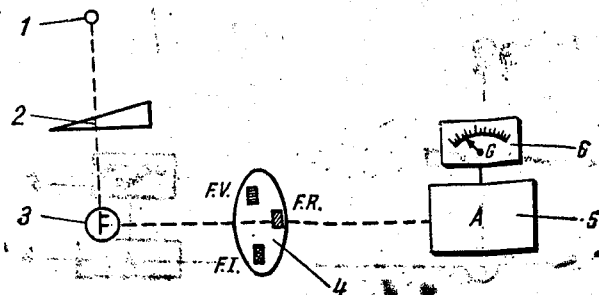


Fig. 16.8. Schița de principiu a densitometrului fotoelectric color.

1 — sursa de lumină; 2 — testul controlat; 3 — fototelula; 4 — discul cu filtre (roșu — FR, verde — FV, indigo — FI); 5 — amplificator; 6 — galvanometru.

determină numai densitatea argentică dată de depozitul de argint metalic format în stratul de emulsie.

e. Densitometre color

În cazul peliculelor color cu trei straturi, se utilizează densitometre color, care sînt dotate din construcție cu filtre monocromatice roșu, verde și indigo. Ele pot măsura selectiv densitățile color determinate de depozitele de coloranți formați în cele trei straturi de emulsie ale peliculei.

În figura 16.8 este dată schița de principiu a unui densitometru color, compus din sursa 1, locul de încărcare a materialului de măsurat 2, fototelula 3, filtre color roșu, verde și indigo (intersanjabile), un amplificator 5, instrumentul de măsurat 6.

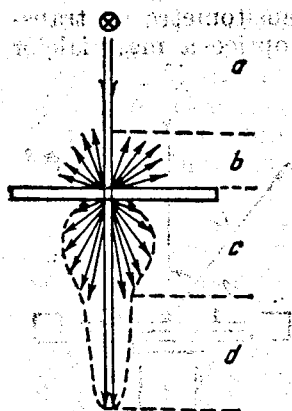


Fig. 16.9. Distribuția spațială a unui fascicul de lumină transmis printr-o suprafață transparentă:

a — raze incidente; b — raze reflectate; c — raze difuze; d — raze colimate.

Densitatea optică, măsurată cu densitometrul, poate fi diferită ca valoare pentru același material, în funcție de modul în care se efectuează măsurătoarea. Aceasta depinde în general de construcția aparatului.

Se știe că dacă se trimite un fascicul de lumină pe un material transparent, fasciculul emergent are o anumită distribuție spațială (fig. 16.9). De asemenea, fasciculul incident poate fi format din lumină difuză sau din lumină colimată (flux de raze paralele). În funcție de felul fluxului incident și de locul de captare a fluxului emergent (de exemplu, cu o fototelulă pusă în zona difuză — fig. 16.10, d) sau în zona colimată — fig. 16.10, c) se pot obține trei valori diferite de densități, pentru un același material fotografic transparent, conținând o imagine determinată:

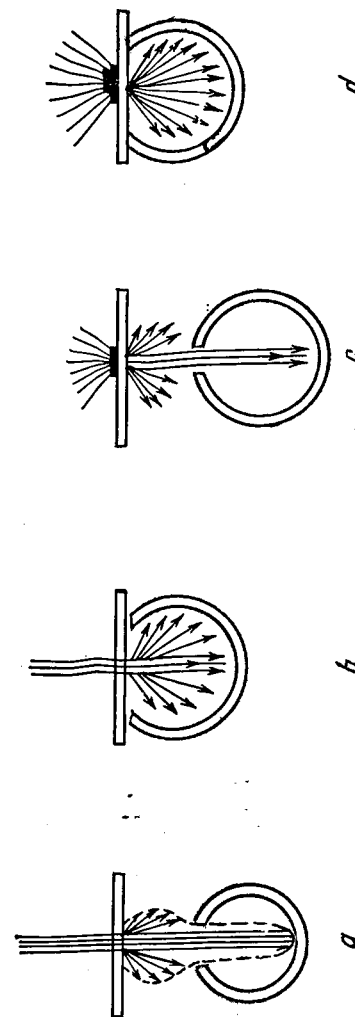


Fig. 16.10. Posibilități de măsurare a densităților optice:

a — măsurarea densității în lumină colimată; b, c — măsurarea densității optice de difuzie; d — măsurarea densității optice de difuzie dublă.

— densitate optică în lumină colimată, numită și densitate regulată sau normală, atunci când fluxul incident este colimat, iar din fluxul emergent se preia numai partea colimată a fasciculului (fig. 16.10, a);

— densitate optică de difuzie, în care fluxul incident este colimat, dar se preia întregul flux emergent (fig. 16.10, b). Aceeași valoare se obține dacă fluxul incident este difuz însă din fluxul emergent se preia numai partea colimată a fluxului (fig. 16.10, c);

— densitate optică de difuzie dublă care se obține atunci când fluxul incident este difuz, iar fluxul emergent se preia în întregime (fig. 16.10, d).

Valoarea cea mai mare se obține pentru densitatea optică în lumina colimată și cea mai mică — pentru densitatea optică de difuzie.

Prin cercetările făcute, Callier a arătat că raportul dintre densitatea în lumină colimată ($D_{||}$) și densitatea de difuzie ($D_{\perp}$) este constant și a fost numit coeficientul lui Callier (Q)

$$Q = \frac{D_{||}}{D_{\perp}}$$

Ulterior s-a constatat că acest coeficient variază totuși într-o anumită măsură în raport cu densitatea și cu contrastul materialului.

Coeficientul lui Callier se poate utiliza în anumite calcule pentru determinarea obiectivă a granulației unui material dezvoltat.

D. PROPRIETĂȚILE SENSITOMETRICE ALE MATERIALELOR FOTOSENSIBILE ȘI DETERMINAREA LOR

1. Curba caracteristică

După expunere, dezvoltare și citire la densitometru, se obține un șir de valori numerice, reprezentând densitățile optice ale plajelor sensitogramei.

Cu ajutorul acestor valori transpuse într-un sistem de axe rectangulare, se trasează o curbă caracteristică a materialului fotosensibil respectiv (fig. 16.11).

Curba caracteristică prezintă câteva regiuni:

— zona I, în care densitățile cresc puțin în raport cu creșterile corespunzătoare ale expunerilor, se numește *porțiunea de subexpunere*;

— zona a II-a, în care creșterile densităților sînt proporționale cu creșterile expunerilor, se numește *porțiune rectilinie* sau *zona de proporționalitate*;

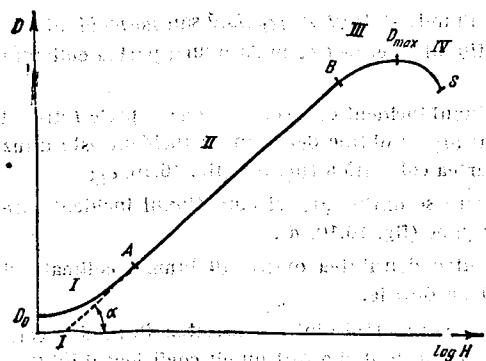


Fig. 16.11. Curba caracteristică:

I — zona subexpunerilor; II — zona de proporționalitate (porțiunea rectilinie); III — zona expunerilor; IV — zona de solarizare; D_0 — densitatea de voal; I — punctul de inerție; A — densitatea minimă a porțiunii rectilinii; B — densitatea maximă a porțiunii rectilinii; D_{max} — densitatea maximă a curbei caracteristice.

Punctul I în care prelungirea porțiunii rectilinii intersectează axa absciselor se numește *punct de inerție*.

Punctele A și B reprezintă valorile densității minime și maxime ale curbei caracteristice.

Curba caracteristică se trasează de obicei pe formulare speciale și în practica curentă este utilă pentru determinarea cantitativă a caracteristicilor fotografice ca sensibilitate, factor de contrast, latitudine fotografică etc.

2. Sensibilitatea fotografică

Se știe că scopul inițial al sensitometriei a fost determinarea sensibilității.

După cum s-a mai arătat sensibilitatea poate fi generală și spectrală.

a. Sensibilitatea generală

Am văzut în capitolele precedente care este definiția sensibilității generale precum și raportul prin care se poate exprima:

$$S = \frac{K}{H}$$

zona a III-a, în care valorile densităților cresc puțin în raport cu creșterile expunerilor, se numește *porțiunea supraexpunerilor*;

zona a IV-a, în care la creșterea expunerilor, densitățile încep să scadă, se numește *porțiune de solarizare*.

Punctul D_{max} al curbei indică *densitatea maximă* și reprezintă înnegrirea cea mai mare ce se poate obține pe materialul respectiv. În zona inferioară, curba nu intersectează abscisa, ci ordonata, într-un punct notat cu D_0 care indică *densitatea de voal*.

Evaluarea sensibilității cu ajutorul curbei caracteristice necesită stabilirea unor criterii pentru determinarea ei.

● Astfel criteriul adoptat în sistemul DIN presupune alegerea expunerii H din relația de principiu, care corespunde unei densități a cărei valoare este mai mare cu 0,1 decît densitatea voalului:

$$S_{DIN} = \frac{1}{H_{D_0} + 0,1}$$

● În sistemul GOST, se ia în calculul sensibilității valoarea lui H corespunzătoare unei densități mai mari cu 0,2 decît densitatea voalului:

$$S_{GOST} = \frac{1}{H_{D_0} + 0,2}$$

● În sistemul ASA a fost adoptat actualmente un nou criteriu de calcul al sensibilității, după relația

$$S = \frac{0,8}{H_0}$$

în care H_0 este valoarea expunerii ce determină o densitate dată.

Deoarece sensibilitatea se calculează pe criterii principal diferite, transformarea valorii lor nu se face în mod uzual prin formule matematice, ci cu ajutorul tabelelor de conversiune.

Valoarea sensibilității generale variază de la un sortiment la altul. Ea depinde atît de condițiile de fabricație, cît și de cele de prelucrare fotochimică. Dacă mai multe eșantioane din același sortiment de material fotosensibil se expun identic și vor fi dezvoltate la timpi diferiți de revelare, se obține o curbă reprezentînd variația sensibilității în funcție de timpul de dezvoltare $S, S = f(t)$ — (fig. 16.12). Din această curbă se constată că odată cu creșterea timpului de dezvoltare, sensibilitatea generală crește mai întîi puternic, apoi mai lent, iar peste un anumit timp de revelare începe să scadă.

Sensibilitatea generală este indicată de fabrica de peliculă pe orice material negativ și are o mare importanță în stabilirea condițiilor de filmare.

b. Sensibilitatea spectrală

Diferitele obiecte colorate din natură pot fi reproduse cu ajutorul materialelor fotosensibile, prin imagini color sau gri.

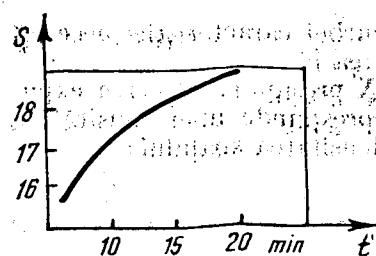


Fig. 16.12. Curba variației sensibilității în funcție de timpul de dezvoltare $[S = f(t)]$.

În acest scop este însă necesară cunoașterea sensibilității la radiațiile spectrului vizibil, a materialului folosit la fotografiere, filmare sau copiere.

Această caracteristică, numită *sensibilitate spectrală* sau *cromatică*, se poate determina cu ajutorul unor aparate speciale, care permit stabilirea variației densităților obținute pe materialul cercetat, în funcție de lungimea de undă a radiațiilor folosite la expunere. Se obține astfel o curbă $D = f(\lambda)$, numită *spectrogramă*, caracteristică fiecărui sortiment.

În figurile 16.13, *a* — *d*, sînt redată spectrogramele citorva tipuri de materiale sensibilizate și nesensibilizate.

3. Factorul de contrast, gama (γ)

O altă caracteristică importantă a materialelor fotosensibile este **contrastul**. El arată în ce măsură astfel de materiale pot reda, prin densități diferite, variațiile de străluciri ale unui obiect filmat sau fotografiat.

Contrastul se exprimă prin factorul de contrast γ , care se poate calcula cu ajutorul curbei caracteristice a materialului respectiv.

Dacă se prelungește porțiunea rectilinie a curbei (fig. 16.11) ea intersectează abscisa, cu care face un unghi α . Tangenta trigonometrică a acestui unghi dă valoarea factorului de contrast γ :

$$\operatorname{tg} \alpha = \gamma$$

Factorul de contrast este un parametru determinat în special pentru materialele fotosensibile pozitive și este indicat de către fabricile producătoare de peliculă pentru fiecare turnare (osie) în parte.

Dacă se expun mai multe sensitograme dintr-un lot și se dezvoltă la timpi diferiți de relevare, după trasarea curbelor caracteristice se poate determina factorul γ pentru fiecare sensitogramă. Cu valorile obținute, se poate stabili variația contrastului în funcție de dezvoltare trasînd curba $\gamma = f(t)$ (fig. 16.14). Din aceasta rezultă că factorul de contrast al materialului crește proporțional cu timpul de revelare, pînă la o anumită limită peste care dacă timpul de revelare continuă să crească, contrastul începe să scadă. În practica de

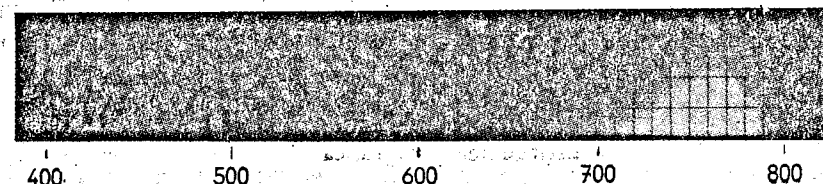
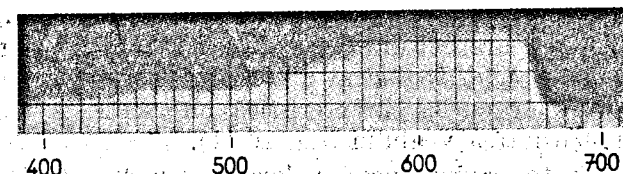
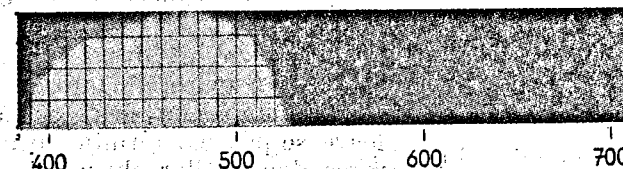
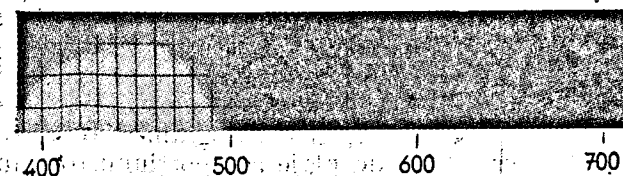


Fig. 16.13. Spectrogramele unor tipuri de peliculă: *a* — nesensibilizată; *b* — sensibilizată slab ortocromatic; *c* — sensibilizată pancromatic; *d* — sensibilizată infracromatic.

laborator, factorul de contrast se poate determina din curba caracteristică, fie prin metode grafice, fie prin calcul, conform relației:

$$\gamma = \frac{D_{max} - D_{min}}{K_n}$$

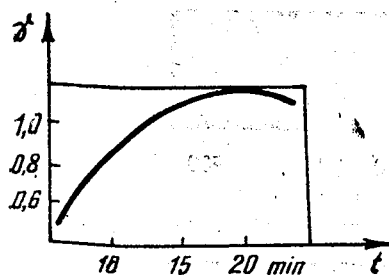


Fig. 16.14. Curba variației factorului de contrast în funcție de timpul de dezvoltare [$\gamma = f(t)$].

în care D_{max} este densitatea maximă a porțiunii rectilinii, D_{min} — densitatea minimă a porțiunii rectilinii, K — constanta clinului optic cu care s-a expus sensitograma, iar n — numărul de plaje ale porțiunii rectilinii.

4. Densitatea voalului (pragul de voal)

Am văzut că după expunere la lumină un material fotosensibil capătă anumite înnegriți a căror valoare se poate determina prin măsurarea densităților obținute.

Se constată însă că și în zonele neexpuse apare o anumită opacitate. Ea se datorește granulelor de halogenură neimpresionate de lumină, dar care s-au redus spontan în procesul de revelare, la care se adaugă într-o oarecare măsură și opacitatea stratului de gelatină. Aceasta constituie *pragul de voal* al materialului și este reprezentat prin punctul D_0 unde curba caracteristică intersectează axa ordonatelor, numit densitatea voalului (fig. 16.11).

Această densitate are în general valori între 0,02 — 0,05 și poate crește în cazul unei supraexpuneri sau când condițiile de păstrare ale materialului neexpus au fost necorespunzătoare.

D_0 crește odată cu creșterea timpului de dezvoltare conform figurii 16.15, putând ajunge la valori care să afecteze calitatea imaginii fotografice.

5. Latitudinea fotografică

O altă caracteristică a materialelor fotosensibile este *latitudinea fotografică*. Ea este reprezentată prin *întinderea porțiunii rectilinii a curbei caracteristice* și poate fi exprimată matematic prin relația:

$$L = \log H_2 - \log H_1$$

sau

$$L = \log \frac{H_2}{H_1},$$

în care H_1 este expunerea corespunzătoare punctului de densitate minimă al curbei caracteristice și H_2 este expunerea corespunzătoare punctului de densitate maximă al curbei caracteristice.

Importanța latitudinii fotografice constă în faptul că dacă un negativ s-a realizat prin expuneri ce se încadrează în latitudinea fotografică a materialului respectiv, se poate obține un pozitiv care să redea fidel strălucirile obiectului fotografiat. În caz contrar, pot apărea zone de subexpunere sau de supraexpunere, iar pozitivul astfel obținut nu mai conține imaginea identică a realității.

6. Densitatea maximală

Ea se poate obține tot din curba caracteristică (punctul D_{max} din fig. 16.11) și reprezintă valoarea maximă a densității ce se poate obține prin creșterea expunerilor date unui material fotosensibil.

Densitatea maximală depinde atât de condițiile de fabricație ale materialului respectiv cât și de modul de prelucrare a acestuia.

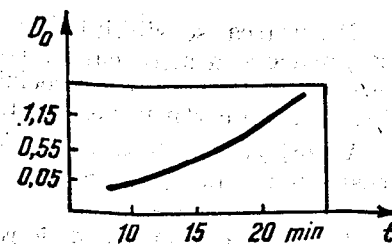


Fig. 16.15. Curba variației densității voalului în funcție de timpul de dezvoltare [$D_0 = f(t)$].

E. IMPORTANȚA PRACTICĂ A SENSITOMETRIEI

Datorită importanței ce se acordă determinărilor sensitometrice, în prezent nu se poate concepe un proces de fabricație sau de prelucrare la scară industrială a materialelor fotosensibile, care să nu includă și această tehnică.

Sensitometria permite pe de o parte stabilirea proprietăților fotografice care deosebesc calitativ marea diversitate de materiale negative, pozitive, duplicate etc., iar pe de altă parte, dă posibilitatea urmăririi variației proceselor fotochimice din etapele de prelucrare a peliculelor.

În timpul fabricației, pentru fiecare sortiment în parte se determină cu precizie proprietățile fotografice pe care vor trebui să le prezinte viitoarele materiale fotosensibile.

Măsurarea sensibilității, a factorului de contrast, a latitudinii fotografice și a altor caracteristici se face în acest caz cu aparatură sensitometrică de mare precizie, care să prezinte reproductibilitate și să asigure certitudinea rezultatelor.

Valorile obținute sînt menționate în documentele cu care se livrează aceste materiale beneficiarilor, precum și în broșurile de specialitate și în prospecte.

Aceste date trebuie să fie reale și cit mai precise, deoarece fiecare beneficiar care cumpără cantități mai mari dintr-un material fotosensibil (peliculă, hîrtie foto etc.) efectuează recepționarea calitativă tot prin metode sensitometrice, verificînd astfel caracteristicile recomandate de furnizor.

În cadrul laboratoarelor de prelucrare industrială a materialelor fotosensibile, sensitometria are rol important și în urmărirea proceselor.

Aceasta se efectuează prin teste speciale (sensitograme cu scale).

Scalele sînt mici eșantioane care cuprind cîteva densități diferite amplasate fie sub forma unor dungi longitudinale, fie cu o succesiune de fotograme, fiecare cuprinzînd cîte o bulină cu diametrul de 10 — 15 mm. Unele scale mai conțin în afară de cîteva cîmpuri cu densități diferite, și imaginea fotografică a unui cap de bărbat sau de femeie care permite și un control vizual.

Sensitogramele se introduc zilnic în mașinile de dezvoltare și după citirea lor se pot trage concluzii asupra stabilității procesului fotochimic și a măsurilor necesare menținerii acestuia în limitele toleranțelor admise.

Pentru urmărirea curentă a procesului de prelucrare se utilizează controlul prin scale, care se introduc la perioade scurte (1 — 2 ore), citindu-se permanent anumite densități de control.

Scalele se expun în mașina de copiere, iar pentru controlul proceselor negative, expunerea se face prin filmare.

În toate unitățile de prelucrare a peliculei există și laboratoare de chimie, care asigură atît prepararea soluțiilor necesare, cît și controlul permanent al concentrației substanțelor de dezvoltare.

Aceste determinări permit stabilirea influenței factorilor chimici, dar nu dau indicații și asupra factorilor fizici ce pot afecta imaginea fotografică.

Întregul complex al parametrilor fizico-chimici de influență, ce trebuie să ducă în final la obținerea unor imagini fotografice de bună calitate, poate fi urmărit numai printr-un control chimic și sensitometric efectuat paralel și ale cărui rezultate trebuie permanent corelate.

Verificarea cunoștințelor

1. Prin ce relații matematice se pot exprima mărimile optice folosite în sensitometrie?
2. Ce posibilități avem de expunere constantă a unei sensitograme?
3. Cum se pot măsura valorile densităților optice ale unei sensitograme?
4. Prin ce proprietăți fotografice se deosebește un contratip de un negativ?
5. Ce exprimă contrastul unei pelicule cinematografice?
6. Mai cunoașteți și alte proprietăți fotografice ale peliculelor în afară de sensibilitate și contrast?
7. Care considerați că este rolul corelării permanente dintre controlul chimic și cel sensitometric?