

Ing. LEO NOVAK

OSNOVI FOTOGRAFSKE TEHNIKE

SA 200 CRTEŽA I + PRILOGA U BOJI

Prevela sa slovenačkog:
Dr. ANA HOROVIĆ:

Crteži: K. EGER
Naslovna strana: J. KRAJSEK
Korektor: N. PRUSINA

TEHNIČKA KNJIGA
IZDAVAČKO PREDUZEĆE NARODNE TEHNIKE
BEOGRAD 1949

PREDGOVOR

Od kako je čoveka, postojala je i postoji u njemu želja da stvara, da uobliči svoje utiske i doživljaje, da ih na trajan način pretstavi, na trajan način »zabeležiti«.

U toku razvitka od najprimitivnijih do najsavršenijih tehnika crtanja i registrovanja, fotografija je postala najsavršenija, jer verno i nepristrasno registruje događaje, okolnosti i najrazličitije prirodne pojave.

Ona nije samo zanat ili rasonoda — ona je mnogo više, na mnogim područjima čovekove delatnosti ona je danas isključivo radno oruđe, a za skoro sva područja važno pomoćno sredstvo.

Reportaža, dokumentarna fotografija, rentgenska fotografija, reprodukciona tehnika, fotografija u službi narodne odbrane, primena fotografije u naučne svrhe, umetnička fotografija, kinematografija i dr. predstavljaju danas bitan sastavni deo naše materijalne kulture tako, da naš život u svima njegovim manifestacijama ne bismo više mogli da zamislamo bez fotografije.

U tehnici i nauci kao i svakodnevnom životu slika je često mnogo rečitija, mnogo više daje nego li cele strane teksta, — a ima i slučajeva gde nam jedino fotografski snimak omogućuje praćenje ili objašnjenje neke pojave.

Međutim sama fotografska kamera kao oruđe, ma kako tehnički savršena bila, nekorisna je ako njome ne rukuje čovek koji potpuno vlada tehnikom snimanja i temeljito ne poznaje teoriju fotografskog procesa, pomoćnih sredstava i sve osobine materijala.

Ueć više od jednog veka fotografija je predmet naučnog ispitivanja. Poznavanje mehaničke, optičke i hemijske prirode fotografskog procesa silno se produbilo. Ko temeljno hoće da savlada osnove fotografije, ne može da izbegne pravila, formule i dijagrame.

Amaterska fotografija, nekad samo sredstvo za razonodu malog, privilegisanog društvenog sloja, danas treba da prodre u najšire mase, treba da postane pristupačna svima.

U zamahu opšteg stručnog osposobljavanja treba stvoriti i kadrove dobrih fotografskih stručnjaka koji će, osposobljeni za bilo koju granu fotografske tehnike, pomoći izgradnji naše zemlje i ostvarenju Petogodišnjeg plana.

Savezni odbor Saveza foto- i kino-amatera smatra da će knjiga ing. L. Novaka uspešno poslužiti svima foto- i kino-amaterima za podizanje njihove stručnosti, a naročito instruktorima i predavačima na tečajevima u organizacijama Saveza foto- i kino-amatera.

U Beogradu marta, 1949 god.

SAVEZNI ODBOR
SAVEZA FOTO I KINO AMATERA
JUGOSLAVIJE

UVOD I ISTORISKI RAZVOJ

Fotografija je optičko hemiski proces kojim na nekoj površini osetljivoj na svetlost pomoću hemiskog uticaja svetlosti stvaramo sliku ma kakvog neobojenog ili šarenog, ravnog ili prostornog objekta, koji je nepokretan ili u pokretu. U principu počiva fotografija na kombinovanoj upotrebi dva tehnička otkrića, naime otkrića fizičko optičke slike u »kameri opskuri« i otkrića hemiskog uticaja svetlosti na supstance osetljive na svetlost.

Slike u jednoj ravni i jednoj boji su cilj obične (crno bele) fotografije, slike u boji su cilj fotografije u bojama ili autohromske fotografije (fotohromije), a slike koje daju utisak prostornosti su cilj stereoskopske fotografije (stereofotografije), najzad slike u pokretu su cilj kinematografske fotografije.

*

Već oko 1500. Leonardo da Vinci je prvi put opisao jednostavnu »kameru opskuru« (mračnu komoru) sa rupicom, a 1558. je Joh. Baptista Porta mesto rupice stavio sabirno sočivo, dok je 1812. Wollaston upotrebio sasvim empirički izrađen meniskus. U doba renesanse je kamera opskura bila važno pomoćno sredstvo za savlađivanje težih problema perspektive.

Temelji fotohemije položeni su u XVIII. veku. Kao prvi je 1727. otkrio uticaj svetlosnih zrakova na srebrove soli lekar Johann Heinrich Schulze u Halle na Saali; kopirao je naime jednostavne natpise na boce upotrebivši šablone iz hartije. Boce su bile napunjene testom iz gašenog kreča pomešanim srebro-nitratom osetljivim na svetlost. 1802. je Wedgewood za kopiranje pisama, silueta i slika na staklu pomoću kamere opskure, iskoristio osetljivost na svetlost hartije preparirane srebrovim solima. Ali na ovaj način dobijene slike bile su negativne i nepostojane na svetlosti — jer tek oko 1840. otkrio je Herschel natrijum-tiosulfat (fiksirnatron) kao sredstvo za fiksiranje. Ali svi ti postupci tada su pružali samo mogućnost izrade kopija pljosnatih predmeta (autograma, crteža, tkanina, lišća i t. d.) pomoću takozvane heliografije.

*

Na početku XIX. veka postojali su dakle već svi uslovi za pronalazak fotografije. Međutim nije je pronašao hemičar, kome bi to bilo najbliže i najlakše, nego su morali da dođu laici Nicephore Niepce i Louis Daguerre.

Interesantan je život oba ova pronalazača. Niepce (1765.—1833.) je u svojoj mladosti bio određen za sveštenečki poziv, francuska revolucija ga je međutim primorala da se posveti vojničkom pozivu koji je, zbog bolesti, morao pre vremena da napusti. Tako je u svojoj 48. god. počeo da se bavi pronalascima: dobijanjem organskih boja iz šećera, nekom vrstom motora i najzad izradom kamenih ploča za litografiju. Pošto nije umeo da crta, poslužio se kamerom opskurom, što ga je uzgred dovelo do fotografije. Prvi put je uspeo da nešto postigne, što uopšte nije nameravao. 1824. je naime dobio prvu trajnu sliku na ploči od kalaja prevučenoj asfaltnim lakom. Stoga ga istorija smatra za pronalazača postupka mehaničke reprodukcije.

Tu je međutim Niepce i zastao, njegova životna energija je uglavnom već bila iscrpena, tako da ga je nasledio mladi, daroviti i preduzimljivi Daguerre (1787.—1851.) čija je glava takođe bila prepuna sličnih problema. Uskoro pošto su se Niepce i Daguerre upoznali, potpisali su ugovor da će zajednički da rade na usavršavanju Niepce-ovog pronalaska. Dok je Niepce bio istrajan radnik, Daguerre je bio boem i više čovek srećne ruke koji bez Niepce-a verovatno nikad ne bi pronašao fotografiju.

Kao mladi pozorišni slikar, koji je bio slavljeno i priznat u Parizu, mnogo je zarađivao sa svojim slikama, ali je sav taj novac trošio za hemikalije i bezuspešne ogleda. Tek kada ga je Niepce uveo u svoju tajnu, kada je počeo da radi tamo gde je Niepce zastao, otvorio mu se put do pronalaska.

Pošto je Daguerre 1838. pronašao prvi praktično upotrebljivi način izrade fotografskih slika živih i mrtvih prostornih objekata, istorija ga opšte smatra kao pronalazača fotografije. Slikar Daguerre međutim nije pomislio da bi njegov epohalni pronalazak mogao da škodi njegovom staležu i da će stotinama slikara, crtača i bakrorezaca da oduzme hleb. Čak i fizičar Arago, koji je avgusta 1839., na svečanoj sednici Francuske akademije nauka, predao Daguerre-ov pronalazak javnosti, video je samo ogromne koristi koje će od toga pronalaska imati nauka i čovečanstvo — jer ni samom Daguerre-u nije ovaj pronalazak tek tako pao s neba, nego je put do njega bio jako dug i tegoban.

Daguerre je za svoj postupak upotrebljavao posebne bakarne ploče koje je u naročitom sanduku u potpunoj tami izlagao pari zagrejanog joda, čime se na srebru stvarao tanak sloj srebro-jodida žučkasto bele boje. Ovu na svetlost osetljivu ploču Daguerre je na punoj sunčanoj svetlosti eksponirao više minuta u kameri opskuri. Time se obrazovala nevidljiva ili takozvana latentna slika koju je u mračnoj komori izazvao. U tu svrhu je osvetljenu ploču u drugom sanduku izlagao pari jako zagrejane žive. Ova para ima naročitu osobinu, da se hvata baš na

osvetljenim mestima sloja srebro-jodida. Tako se stvarala slika sa koje je fiksiranjem (u početku u rastvoru kuhinjske soli, docnije u rastvoru fiksirnatrona) odvojeni neosvetljeni srebro-jodid, čime je slika postala otporna prema uticaju svetlosti.

1835. je ovaj postupak — docnije nazvan »dagerotipija« — dovršen i razrađen, ali Daguerre ga je zadržao za sebe još tri godine, jer je hteo njime da zarađuje, da se obogati a istovremeno i da postane slavan — u čemu je i uspeo. Kada je 1839. pronalazak objavljen, francuska vlada mu je u znak priznanja odredila godišnju rentu od 6.000 franaka, a Niepce-ovom sinu Isidoru rentu od 4.000 franaka. Odjedanput je Daguerre postao slavan, razni strani vladari odlikovali su ga, a akademije nauka su ga naimenovale za počasnog člana. Daguerre je jedan od retkih pronalazača kome je pronalazak doneo počasti i materijalnu korist. Dagerotipija se održala oko 10 godina, a smrću pronalazača počeo je da nestaje i njegov fotografski postupak, potisnut od boljih i jednostavnijih postupaka.

Za slike izrađene dagerotipijom karakteristična je prijatna nežnost i izvanredna finesa crteža. Čim se međutim stižalo prvo oduševljenje za novi pronalazak, utvrdili su i razne nedostatke Daguerre-ovog postupka. Ti nedostaci su bili:

1. Svaki snimak davao je uvek samo jednu sliku, umnožavanje ili kopiranje — kao što je to danas opšte poznato u fotografskoj tehnici — bilo je potpuno isključeno.

2. Na slici su bile strane obrnute. Tako je na pr. na slici vojnik imao sablju na desnoj strani, natpisi su bili obrnuti i t. d.

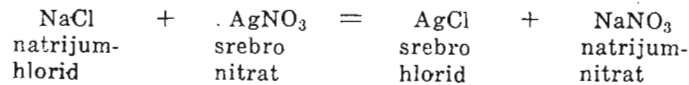
3. Slike su imale sjaj kao metalno ogledalo i mogle su jasno da se razaznaju samo u potpuno određenom pravcu posmatranja, odnosno u određenom položaju.

Uskoro posle pronalaska Daguerre-a objavio je Englez William Fox Talbot 1839. i 1840. fotografski postupak koji nije imao navedene nedostatke. Talbot je za snimanje preparirao hartiju (umesto ploča) u rastvoru kalijum-jodida, osušio je i stavio da pliva na rastvoru srebro-nitrata. U smislu jednačine



stvorio se na hartiji srebro-jodid koji je takođe osetljiv na svetlost. Tako načinjenu hartiju Talbot je izložio optičkoj slici kamere opskure, čime se opet obrazovala latentna fotografska slika. Tu latentnu sliku je izazvao pirogalolom koji ima osobinu da osvetljeni srebro-jodid redukuje u metalno srebro, dok neosvetljeni srebro-jodid ostaje nepromenjen. Na taj način stvarao se takozvani negativ, t. j. slika na kojoj

su svetlosne vrednosti, u odnosu na prirodne, obrnute (beo zid je dakle na negativu crn, crna lokomotiva se međutim ocrtava belo). U svrhu preokretanja ove obrnute, svetlošću stvorene slike Talbot je od negativa napravio kopiju, t. j. pozitiv. Da bi to postigao stavio je pod negativ hartiju, koju je potopio u rastvor kuhinjske soli, osušio i zatim stavio da pliva na rastvoru srebro-nitrata. Po hemiskoj formuli



stvara se srebro-hlorid koji je osetljiv na svetlost. Ako stavimo tako prepariranu hartiju pod negativ, pa je u kontaktu s njim izložimo sunčanoj svetlosti, osvetljena mesta dobiju mrku boju, dok neosvetljena ostaju bela. Ovako dobijeni pozitiv pretstavlja svetlosne vrednosti prirode u pravilnom odnosu.

Slike dobijene po ovom Talbot-ovom postupku — takozvane talbotipije — nisu tehnički bile tako potpune i savršene kao dagerotipije, ali su ipak mnogo bolje odgovarale praktičnim potrebama, jer je jedan snimak kopiranjem omogućavao dobijanje bezbrojno mnogo kopija. Na talbotipijama i strane više nisu bile obrnute, a imale su i karakter slika na hartiji, koje su mogle da se posmatraju pod svakim uglom, a prema potrebi i da se zalepe na bilo kakvu podlogu.

U pogledu nežnosti crteža i izobilja detalja talbotipije nisu međutim mogle da se uporede sa dagerotipijama. Uzrok tome su bili kakvoća i zrnasta struktura hartije, koja je služila kao podloga za negativ. Stoga su tražili nove podloge i najbliži put je vodio ka staklu. Anali istorije fotografije zabeležili su, da je Niepce de St. Victor (sinovac Niepce-a) 1847. usavršio talbotipiju upotrebivši staklene ploče kao podlogu za negativsku emulziju. Pošto se međutim supstanca osetljiva na svetlost, t. j. srebro-jodid, nije mogla tako jednostavno prostreti po staklenoj ploči, upotrebio je još i sloj albumina (belančevine) kojom je vezao srebro-jodid za staklo. Istorija fotografske tehnike naziva ovaj postupak nijepsotipijom.

Kada mi Jugosloveni govorimo o pronalascima istoriskog značaja i pronalascima fotografije, nipošto ne smemo i ne možemo da previdimo našeg zemljaka, Daguerre-ovog savremenika, Slovenca Janeza Puhara, ma da ga međunarodna istorija fotografske tehnike, iz neznanja ili namerno, ne spominje.

Veliki talenat — kako je to njegov docniji život pokazao — Janez Avgust Puhar rodio se 26. avgusta 1814. u Kranju kao sin uglednog kranjskog građanina. Posle osnovne škole svršio je gimnaziju i bogosloviju u Ljubljani i bio posvećen za sveštenika 31. marta 1838. Kao sveštenik, u Leskovcu, Svibnju, Metliki, Ljubnom, Radovljici, na Bledu, u Cerkljama, Smedniku, Kamniku i Dovju, našao je uvek dovoljno

vremena da se bavi pre svega prirodnim naukama i fizikom, a i učenjem jezika, sviranjem na raznim instrumentima i slikarstvom. Istoričar umetnosti V. Steska stavlja ga, u svojoj knjizi »Slovenačka umetnost, I. deo«, među slikare Langusvog doba i tvrdi, da je bio dobar crtač, da su njegovi crteži i akvareli precizno izvedena dela i da pokazuju smisao za lepo, obdarenost i umetnost. Puhar je kao kapelan umro od sušice u Kranju 7. avgusta 1864.

Kao prirodnjaku i fizičaru samouku, Puharu su sigurno bili poznati detaljni opisi eksperimenata njegovih savremenika, da je usrećio svoj interes i svoje studije na to da uprosti, pojedini i popravi dagerotipiju, naročito u pogledu mogućnosti da se sa jedne ploče dobije više kopija. Posle dugih eksperimenata Puhar je i uspeo, jer ni tri godine pošto je Daguerre objavio svoj pronalazak Janez Puhar je pronašao slikanje na staklenim pločama pomoću sumpora, joda, broma, žive i alkohola. Detaljni opis hemiskog postupka nažalost nije sačuvan. Za ono vreme Puharov pronalazak je zaista bio originalan i bez sumnje bi se u svetu uveo, da ga nije suviše dugo krio. Prvu vest o tom važnom pronalasku donele su 26. novembra 1849. Blajvajsove »Novice« pod naslovom: »Čast, kome čast pripada«. Anonimni dopisnik Vitezlav Radonjevič (verovatno Andrej Žvegel) javlja: »Naš zemljak, presvetli gospodin kapelan Janez Puhar, oštrouman prirodnjak, pronašao je kako se na vrlo lak način, pomoću sunčanih zraka, mogu crtati lica ne na skupim metalnim, nego na staklenim pločama i već je više takvih slika napravio, između kojih na primer slika crkve i parohije na Bledu očigledno dokazuje da je pronalazak gospodina Puhara sjajan pronalazak. On te slike naziva »svitlopisi« (Hyalotypie, transparente Glasbilder) i još uvek se trudi da podigne taj pronalazak na što viši stupanj savršenstva. Gospodin Ferdinand Schmidt je na 15. skupu prirodnjaka u Ljubljani 14. januara o. g. ove pronalazke umetnika kranjca živom reči spomenuo i rekao da je gospodin Puhar spreman da napravi mnoge takve slike po porudžbini, ako mu se navedu predmet ili kraj koje ko želi da mu se slikaju. Gospodin Albin Jenko u Ljubljani (Schustergasse Nr. 170) prima takve porudžbine i daje najpodrobnija obaveštenja. Mi međutim treba da zapamtimo taj pronalazak da bi našem zemljaku pripalo prvenstvo toga pronalazka i da ga ne bi docnije naši potomci, ako im ga iz drugih zemalja saopšte, slavili kao tuđ pronalazak, nego da bi znali da je svetlopiše na staklenoj ploči pronašao naš zemljak gospodin Puhar, da bi mu tako ostala čast pronalazača.« Ove zaključne reči napisao je hroničar Blajvajsovih Novica na kraju svog izveštaja kao opomenu potomcima. Sigurno tada nije slutio, da će ime prvog pronalazača fotografske ploče biti u doba izvanrednog napretka fotografije skoro sasvim zaboravljeno, ne samo u tuđini, nego čak i među najužim zemljacima.

1851. učestvovao je Puhar sa svojim pronalaskom i na Londonskoj industriskoj izložbi i bio odlikovan bronzanom medaljom. O njegovom učešću opet javljaju Novice 1851. pod naslovom »Domaća veština«.

»Hoću ukratko da spomenem svetlotiske gospodina Puhara, koji su išli i na veličanstvenu izložbu u London. Čime se odlikuje njegova nadmoćnost nad Daguerre-ovim svetlotiskom? Glavno preimućstvo je u tome da Puharove slike stoje u prirodnom položaju, što kod drugih dosadašnjih nije postignuto. Šta je uzrok tome? Uzrok je, da je podloga slike providna i da zbog toga slika suprotnog položaja okretanjem stakla na drugu stranu dolazi u prirodni položaj...« Pariska Academie nationale, agricole, manufacturière et commerciale naimenovala ga je 1852. za člana i dala mu diplomu, u kojoj ga naziva pronalazačem fotografije na staklu. Ti uspesi i objavljivanje njegovog pronalaska, u naučnom zborniku Bečke akademije nauka, bili su jedina priznanja koja mu je svet izrekao. Danas je međutim Janez Puhar u obimnoj svetskoj fotografskoj književnosti potpuno zaboravljen, a ovde u domovini ga ne cene dovoljno.

1851. upotrebio je Scott Archer kolodijum kao podlogu za negativsku sliku, čime je bio stvoren takozvani postupak sa kolodijumom ili fotografija sa kolodijumom. Pošto moraju ploče za snimanje da budu sveže spravljene i u kameri da budu osvetljene u mokrom stanju, naziva se ova vrsta ploča »moke ploče«. Postupak sa kolodijumom pretpostavljao je u svoje vreme ogroman napredak fotografske tehnike. Ali okolnost, da je trebalo mokru ploču spraviti neposredno pre upotrebe i neposredno po osvetljavanju izazvati, je razlog da se postupak sa kolodijumom danas više ne upotrebljava u običnoj fotografiji, ali još danas mokra ploča skoro isključivo vlada u reprodukcionalnoj tehnici, jer kolodijumov sloj daje čiste i oštro izrađene negative.

Upotreba postupka sa kolodijumom izvan ateljea bila je povezana sa mnogo neugodnosti. Obiman prtljag otežavao je fotografu prenos fotografske opreme i ograničavao snimke više ili manje na neposrednu blizinu kuće. Na dalji put polazio je fotograf sa ogromnim prtljagom, koji je sadržavao sve neophodne potrebe za snimanje: hemikalije, šator za mračnu komoru, fotografski aparat, stativ i posude. Nije dakle čudno, da su neumorno težili da pronađu takozvani suvi postupak. Mnogobrojni su bili eksperimenti u tom pravcu, dok nije najzad engleski lekar Dr. Leach Maddox (1806.—1902.) 1871. uspeo da dobije prve praktično upotrebljive rezultate, pronalaskom želatinske emulzije sa srebro-bromidom, čime je bila omogućena izrada takozvanih suvih ploča. Preimućstvo emulzije sa srebro-bromidom nad pločom sa kolodijumom sastoji se u tome što je mnogo postojanija i mnogo osetljivija na svetlost — a tek ta osobina je omogućila razvoj trenutne fotografije.

Upotreba ovih suvih ploča uskoro je pokazala nedostatak, da je žuti srebro-bromid, sastavni deo emulzije, uglavnom osetljiv samo za plavu boju, a relativno neosetljiv za žutu i crvenu boju koje se stoga oertavaju na pozitivu u suviše tamnom tonu. Obična fotografska ploča sa srebro-bromidom je takoreći slepa za boje.

Kao prvi je H. W. Vogel 1875. utvrdio uzrok ove pojave a našao i rešenje, napravivši fotografsku emulziju, koja je dodatkom izvesnih boja postala osetljiva i za ostale boje sunčevog spektra. Tek ovo otkriće stvorilo je osnovne uslove za dalji razvoj autohromske fotografije.

Dugo vremena je kao podloga emulzije osetljive na svetlost služilo isključivo samo staklo koje je teško i lomljivo — a to su dva osetna nedostatka za snimanje na putovanju. Da bi se otklonili ovi nedostaci, napravljeni su oko 1890. pokušaji sa različitim gipkim materijalom, na pr. sa liskunom, celuloidom, štavljenom želatinom, hartijom i t. d. kao podlogama za osetljivi sloj. Od svih tih zamena upotrebljiv je bio samo celuloid. U toku poslednjih decenija proizvodnja filma je tako usavršena da po količini skoro premašuje staklene ploče, a današnja obimna fotografska tehnika potpuno bi bila nemogućna bez filma. Pojavom filma u fotografskoj tehnici tek je omogućen postanak kinematografije.

Ne manje dug razvoj bio je potreban i za pozitivski fotografski postupak. Njegov pronalazak obično se pripisuje švedskom hemičaru Scheele-u, koji je 1777. opazio kako je srebro-hlorid, razmazan po hartiji, pocrneo pod uticajem svetlosti. Ali prve fotografske slike je izradio tek Wedgewood 1802. koji međutim nije upotrebio halogenide srebra, nego prosto samo rastvorom srebro-nitrata natopljenju hartiju.

Pronalazak pozitivskog postupka međutim svakako pripada Fox Talbot-u koji je kao prvi 1840., sa negativa na hartiji, izradio kopije na hartiji prepariranoj srebro-hloridom. Glavnu hemisku osnovu za izradu papira za kopiranje dao je međutim 1864. Wharton Simpson. Prvi počeci papira na izazivanje potiču iz 1875., kada je Mewdsly dve godine po pronalasku Dr. Maddox-a prvi put stavio želatinsku emulziju srebro-bromida na hartiju. 1881. su Dr. Eder i Pizzighelli objavili postupak za izradu papira na izazivanje sa želatinskom emulzijom srebro-hlorida, a Dr. Eder je takođe dao i pobudu za upotrebu smese srebro-hlorida i srebro-bromida za izradu papira na izazivanje.

Još pre pronalaska fotografije bio je objektiv kamere opskure predmet istraživanja, kojima bi se usavršile njegove optičke osobine. Već 1812. je Englez Wollaston objavio oblik meniskusa sa srazmerno dobrom korekcijom astigmatizma. Na pobudu Daguerre-a je 1837., još pre njegovog pronalaska fotografije, francuski optičar Chevalier izradio ahromatičnu kombinaciju sabirnog i rasipnog sočiva u obliku takozvanog pokrajinskog sočiva.

Odmah po pronalasku fotografije pojačale su se težnje za dobijanjem objektivna veće svetlosne jačine, jer su dotadašnje svetlosne jačine, 1:14 do 1:11, bile dovoljne samo za snimanje nepokretnih objekata, nikako međutim za snimanje objekata u pokretu. Zato je raspisala Société d'Encouragement u Francuskoj nagradni konkurs u kome je učestvovao i Petzval, profesor matematike i fizike na bečkom univerzitetu, koji je 1840. konstruisao potpuno novu vrstu objektivna sa izvanrednom svetlosnom jačinom 1:3,7. Ma da su tu konstrukciju docnije usavršili Voigtländer, Dallmeyer, Hermagis i t. d., još se i danas ova vrsta objektivna naziva Petzval-ov objektiv. Prema svom sastavu je to u principu nesimetričan dvojni objektiv, čija je i prednja i zadnja polovina sastavljena iz sabirnog i rasipnog sočiva, gde je prednja polovina slepljena, a zadnja neslepljena. Petzval-ov objektiv je značio tako ogroman napredak, da dugo godina niko nije pomišljao na dalje usavršavanje fotografske optike.

Tek sve većom upotrebom fotografije (naročito za snimanje arhitektonskih objekata) pojavio se zahtev za većim zahvatnim uglom i za objektivom bez distorzije. Taj problem rešio je 1865. optičar Steinheil u Minhenu sa takozvanim periskopom — simetričnim dvojnim objektivom svetlosne jačine 1:15 i zahvatnim uglom od 80°, čija se svaka polovina sastojala samo iz jednog nekorigovanog konkavno konveksnog sočiva, zbog čega periskop pokazuje hromatičnu aberaciju.

Ovaj nedostatak uspeo je da odstrani 1866. takođe Steinheil na taj način što je za svaku polovinu slepio po jedno sabirno i rasipno sočivo. Ovaj tip objektivna, izračunat po novim od Seidel-a postavljenim formulama koje su prvi put omogućile trigonometrijsko izračunavanje sočiva i za zrake kose prema optičkoj osi, Steinheil je nazvao aplanat.

Pošto kod aplanata nije moguća korekcija izbočenosti polja slike i astigmatizma, toj vrsti objektivna nedostaje dovoljna oštrina na ivicama slike. U tom smislu opet je prednjačio Steinheil, koji je oko 1875. svojim »Antiplanetom« dao potpuno novu konstrukcionu ideju. Ovaj je bio nesimetrično sastavljen, sa slepljenom prednjom i neslepljenom zadnjom polovinom. Dok su kod aplanata obe polovine bile svaka zasebno korigovane, Steinheil je ovde pošao od zamisli, da sastavi objektiv čije bi obe polovine imale jednake mane, ali suprotnog smisla, koje bi nestale pri kombinovanju obeju polovina. S obzirom na to imala je prednja polovina antiplaneta sabirno, a zadnja polovina rasipno dejstvo.

Sa objektivom tog tipa nameravao je Steinheil da koriguje izbočenost polja slike i astigmatizam. U tome je samo delom uspeo stoga, što tada još nisu bile poznate za tu svrhu potrebne vrste optičkog stakla, jer je tek 1888. uspeo Schott u Jeni da — na pobudu profesora Abbe-a — izradi ceo niz novih vrsta stakla, koja su imala dotada nedostignute eksponente prelamanja, odnosno Abbe-ove brojeve disperzije boja. Upotrebom ovih jenskih stakla uspeo je 1890. Paul Rudolph, naučni saradnik firme Zeiss, da sastavi prvi pravi anastigmat pod imenom »Protar«.

kod kojega su, pored svih drugih mana, bile istovremeno odstranjene mane izbočenosti polja slike i astigmatizma. Ovaj nesimetrični anastigmat dublet, čija se prednja polovina sastojala iz dva, a zadnja iz tri slepljena sočiva, imao je svetlosnu jačinu 1:7,2 i zahvatni ugao od 70°.

Nezavisno od Rudolph-a konstruisali su 1892. i 1893. simetrične anastigmatske dublete v. Hoegh kod firme Goerz (»Dagor«), Kämpfer kod firme Voigtländer (»Kollinear«) i Steinheil (»Orthostigmat«).

Od tada su konstruktori fotografskih objektivna težili samo za što jačim povećanjem svetlosne jačine. U tu svrhu je već 1893. Englez Harold Taylor napustio dvočlanski sastav anastigmata i prešao na tročlanski. Ali tek 1898. objavio je Englez Cooke konstrukciju tročlanskog anastigmata, takozvanog anastigmatskog tripleta. Ovaj tip anastigmata docnije je bio popravljen na taj način, što su za prednji ili za zadnji član ili pak za oba člana upotrebili slepljene ili neslepljene kombinacije. Na tom konstrukcionom principu građeni su današnji moderni tripleti: Agfa »Solinar«, Leitz-ov »Elmar« i »Hektor«, Meyer-ov »Trioplan«, Plaibel-ov »Anticomar«, Schneider-ov »Xenar«, Voigtländer-ov »Heliar« i »Skopar«, Zeiss-ov »Tessar« i »Sonnar« i t. d. Svetlosna jačina tih objektivna iznosi kod normalne žižne daljine najmanje 1:4,5, koja je kod kino objektivna »Tachon« firme Astro sa odnosom 1:0,95 dostigla vrhunac današnje fotografske optike.

PRVO POGLAVLJE

FOTOGRAFSKI APARAT I NJEGOVI SASTAVNI DELOVI

I. FOTOGRAFSKA KAMERA

1. FORMATI

Svaka fotografska kamera ima svoj format slike. Ti formati su kod kamera za ploče normalizovani za dimenzije:

4,5 × 6 cm	18 × 24 cm
6,5 × 9 cm	24 × 30 cm
9 × 12 cm	30 × 40 cm
10 × 15 cm	40 × 50 cm
13 × 18 cm	50 × 60 cm

A formati kamera za namotane filmove su:

24 × 24 mm	4,5 × 6 cm	7,5 × 10,5 cm*
24 × 36 mm	5 × 7,5 cm*	8 × 10,5 cm*
3 × 4 cm	6 × 6 cm	8 × 14 cm*
4 × 4 cm	6 × 9 cm	* izuzetno upotrebljavani formati.
4 × 6,5 cm	6,5 × 11 cm*	

2. NAJVAŽNIJE VRSTE FOTOGRAFSKIH KAMERA

Na osnovu normalizovanih formata razlikujemo, prema negativskom materijalu za koji je namenjena fotografska kamera, sledeće tipove:

a) fotografske kamere za ploče i

b) fotografske kamere za namotane filmove.

Na pitanje, kojoj vrsti ovih kamera pripada preimućstvo, odgovor nije tako prost a zasada još nije dat. Obe vrste kamera imaju svoja

preimućstva koja međutim iz konstruktivnih razloga nažalost ne mogu potpuno da se kombinuju.

Kamera za ploče omogućuje doterivanje slike na mutnom staklu, što nam daje mogućnost tačnog pregleda polja slike, kontrole oštine postavljene slike, posmatranja dejstva diafragme i — pošto je obično objektiv nešto pokretljiv — takođe i ocenjivanja promene polja slike pri eventualnom pomeranju objektiva. Svaka bolja kamera za ploče ima pored toga obično još i takozvano dvojno izvlačenje, što omogućuje snimanje iz blizine ili upotrebu objektiva veće žižne daljine. Usled kontrole slike na mutnom staklu neograničena je i upotreba dopunskih sočiva u svrhu produžavanja ili skraćivanja normalne žižne daljine objektiva, montiranog na kameri. Najzad je moguće i individualno izazivanje svakog snimka, odnosno svake ploče, čime delom mogu da se isprave eventualne greške u ekspoziciji. Međutim je svakako nedostatak kamere za ploče velika težina negativskog materijala, što ograničava broj snimaka izvan kuće.

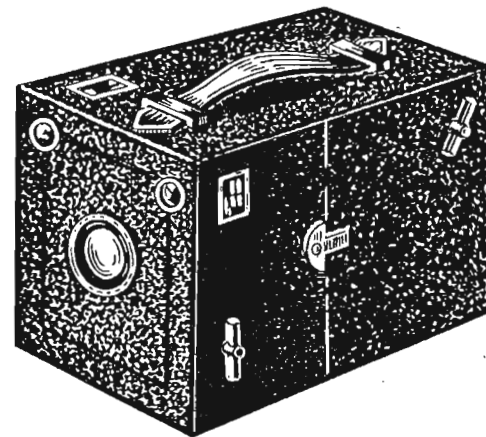
Navedena preimućstva najbolje se iskorišćuju, ako se kamera pričvrsti za stativ. To međutim ima taj nedostatak da je aparat nepokretljiv, glomazan i nepripravljen za brzo snimanje, kao što je to poželjno kod nekih vrsta snimaka. Upotreba fotografske kamere za ploče umesna je dakle kod takvih snimaka, koji mogu da se naprave u potpunom miru, koji moraju da su naročito brižljivo postavljeni ili kod kojih izrezak slike mora da je dobro promišljen — uopšte u svima onim slučajevima u kojima treba da je efekat slike već unapred određen i proveren. Ako je još za snimanje potrebno čak i dvojno izvlačenje ili upotreba dopunskog sočiva, doterivanje na mutnom staklu je neizbežno, ali je i fotografska kamera za ploče u takvim slučajevima potpuno pouzdana i nezamenljiva.

Preimućstva kamere za namotane filmove su u tome, što je ona takoreći uvek spremna da opali i stoga najbolje odgovara za sve takve snimke, za koje je potrebna brza spremnost (iznenadni snimak — Snapshot). Pošto su kamere za namotane filmove obično baš sa manjim formatom slike, mogućna je kod njih upotreba objektiva kraće žižne daljine, a objektiv kraće žižne daljine opet ima preimućstvo veće oštine u dubinu. A ako je dubinska oština velika, onda nije potrebno doterivanje oštine tačno na decimetre, kao što je to slučaj kod svetlosno jakih objektiva i objektiva sa duge žižne daljine. Skroman i pogodan obim daju toj vrsti kamera veću gipkost, zbog čega su naročito pogodna za momentne snimke iz slobodne ruke. Takođe i težina materijala za snimanje (namotani film) vrlo je mala, usled čega je čak i kod daljih izleta broj snimaka, odnosno broj rezervnih namotanih filmova, takoreći neograničen, a pored toga je — što je takođe vrlo važno — vađenje osvetljenog filma i stavljanje svežeg filma moguće kod pune dnevne svetlosti. Pošto se međutim na filmskoj traci nižu snimci jedan za drugim nije, pri izazivanju cele filmske trake u dozni, mogućan individualni uticaj na izazivanje ovog ili onog pojedinog snimka.

Po spoljašnjem obliku, opremi i načinu konstrukcije razlikujemo fotografske kamere sledećih glavnih tipova:

A. Boks kamere ili sandučare

Boks kamera ili sandučara bila je prvi oblik ručnih fotografskih kamera. Prvobitno je istina bila snabdevena magacinom za menjanje ploča (jer filmovi tada još nisu bili poznati) i stoga je bila vrlo glomazna i teška. Danas su boks kamere izrađene iz lakog materijala i za upotrebu namotanog filma (sl. 1). Format boks kamera je 3×4 do 6×9 cm. Snabdevene su skoro uvek pokrajinskim sočivom male svetlosne jačine 1:9 do 1:11 i prostim rotacionim zaporom za vremenske i trenutne snimke (obično samo sa $1/25$ sekunde). Zbog sraz-

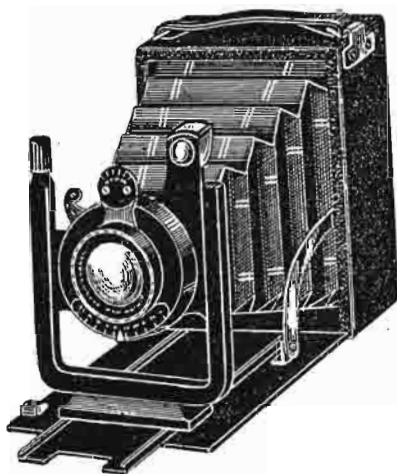


Sl. 1.

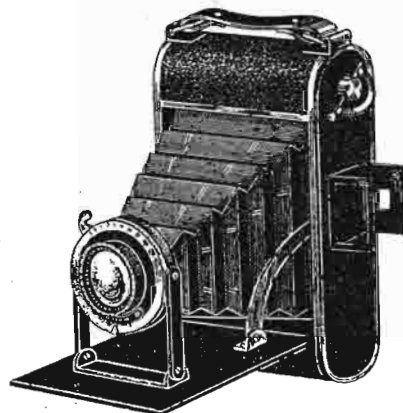
merno male svetlosne jačine objektiva prilična je dubinska oština (prosečno od 4 m do ∞), tako da nije potrebno doterivanje razdaljine. Stoga je objektiv obično montiran sa fiksnom žižom i samo kod nekih kamera moguće je doterivanje oštine još za jedan snimak ili dva snimka iz veće blizine (portret i grupa). Zbog svoje primitivne opreme je boks kamera najjeftinija, ali nikako ne može da zadovolji veće zahteve. U vrstu boks kamera spadaju na pr.: Balda »Roll-Box« i »Poka«, Kodak »Baby Brownie« i »Box 620«, Zeiss-Ikon »Baby Box« i »Box-Tengor« i t. d.

B. Kamere za sklapanje

Kamere za sklapanje, predviđene ili za ploče, odnosno za složene filmove (sl. 2a) ili za namotane filmove (sl. 2b), najrasprostranjeniji su oblik fotografskih kamera formata $6,5 \times 9$ cm do 13×18 cm za ploče i formata 3×4 cm do 6×9 cm, odnosno do 8×14 cm za namotane filmove. Za upotrebu se otvori kapak i izvuče meh (kod kamera za ploče) ili meh iskoči automatski (kod kamera za namotane filmove). Na prednjem delu meha montiran je objektiv, koji je preko nosača u obliku U, takozvane standarte, spojen sa kapkom. Standarta je ili nepomična (kod kamera za filmove) ili pak pomična za pogon na zupčanik (kod kamera za ploče). Kamere su opremljene najrazličitijim objektivima od pokrajinskog sočiva do anastigmata, sa svetlosnim jačinama od 1:11 do 1:2,8. U tubusu objektiva smeštena je iris diafragma i centralni zapor od jednostavnih konstrukcija (Vario, Pronto, Derval i t. d.) do najboljih (Compur, Compur-Rapid), koji



Sl. 2a



Sl. 2b

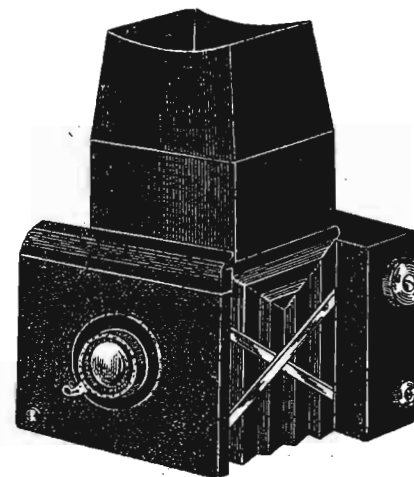
omogućuju vremenske i momentne snimke (od 1 sekunde do 1/400 sekunde). Doterivanje razdaljine omogućeno je pokretljivom standartom, a kod nepokretljive standarte se doterivanje vrši pomoću prednjeg sočiva (t. j. prednje polovine anastigmatskog tripleta). Za postavljanje izreska slike služi ili briljantno ili okvirno ili Newton-ovo tražilo. Najbolje konstrukcije kamera za sklapanje za namotane filmove opremljene su čak i spojenim daljinarom (za doterivanje oštine).

Među kamere za sklapanje za ploče spadaju: Agfa »Isolar« i »Standart«, Plaubel »Makina«, Rodenstock »Rodar«, Voigtländer »Avus«, »Bergheil« i »Vag«, Zeiss-Ikon »Ideal«, »Maximar«, »Taxo«, »Trona« i »Volta« i t. d.

Među kamere za sklapanje za namotane filmove spadaju: Agfa »Billy«, Kodak »Vollenda 620«, »Junior 620« i »Regent 620«, Kochmann »Korelle«, Voigtländer »Bessa«, Welta »Trio«, Zeiss-Ikon »Ikonta« i »Icurette« i t. d. Sa objektivom spojeni daljinar imaju Voigtländer »Bessa Modell 1936«, Zeiss-Ikon »Super-Ikonta«, Welta »Weltur« i t. d.

C. Refleksne kamere sa jednim objektivom

Ova vrsta kamera bila je prvobitno konstruisana samo za ploče (ili za složene filmove) formata $6,5 \times 9$ cm do 10×15 cm, novije konstrukcije su međutim već predviđene za upotrebu namotanih filмова i to samo u kvadratnom formatu 6×6 cm ili 4×4 cm. Kamere sa jednim objektivom (sl. 3) su tipične sportske i reporterske kamere, kod kojih je prvi put bio rešen problem vidljivosti optičke slike na mutnom



Sl. 3.

staklu do trenutka snimanja. U tu svrhu je u kućici kamere, odnosno u mehu, koso smešteno ogledalo pod uglom od 45° , koje baca od objektiva obrazovanu sliku na vodoravno postavljeno mutno staklo. Tu sliku koja je uspravna, ali sa obrnutim stranama, vidimo u njenom punom opsegu, odozgo do dole, kroz naročiti štitić. Pred samom pločom postavljen je zapor na razrez koji od svih konstrukcija zapora omogućuje najkraće momentne ekspozicije, čak i do 1/2000 sekunde.

Ocenjivanje slike pomoću običnih tražila je nekiput vrlo varljivo (naročito u pogledu efekta slike); pri doterivanju slike na mutnom staklu postoji opet opasnost, da se za vreme dok namestimo kasetu položaj objekta snimanja već bitno izmeni. Kod refleksne kamere međutim možemo da posmatramo optičku sliku objekta i njegovu oštrinu do samog snimanja (čak i kod otvorene kasete). Čim naime, u željenom trenutku, pritisnemo na dugme okidača, ogledalo skoči nagore zatvarajući gore kameru potpuno prema prodiranju svetlosti, a istovremeno se okine i zapor. U vezi sa krajnje kratkim momentnim ekspozicijama, koje omogućuje zapor na razrez, refleksne kamere su dosledno opremljene objektivima velike svetlosne jačine od 1:2 do 1:4,5 u kojima je smeštena iris diafragma.

Usled opisane konstrukcije ogledala, refleksne kamere za ploče obično ne omogućuju uspravne i poprečne snimke (izuzev kamera čiji je obim kvadratan) i obično su konstruisane samo za poprečni format. Refleksne kamere za namotane filmove međutim su uvek konstruisane za kvadratni format.

Jedini nedostatak refleksnih kamera sastoji se u tome, što moraju radi doterivanja slike da se drže dosta nisko, t. j. ispod visine prsa; usled čega slika dobija nešto suviše prednjeg plana — ako ne postoji mogućnost snimanja iz nekog višeg položaja.

Postojeći modeli refleksnih kamera sa jednim objektivom srazmerno su malobrojni. Najvažnije od tih kamera za ploče su: Zeiss-Ikon »Ernoflex« i »Miroflex«, a za filmove: Beier »Flex« (6 × 6), Ihage »Exakta« (4 × 6,5). Kochmann »Reflex-Korelle« (6 × 6).

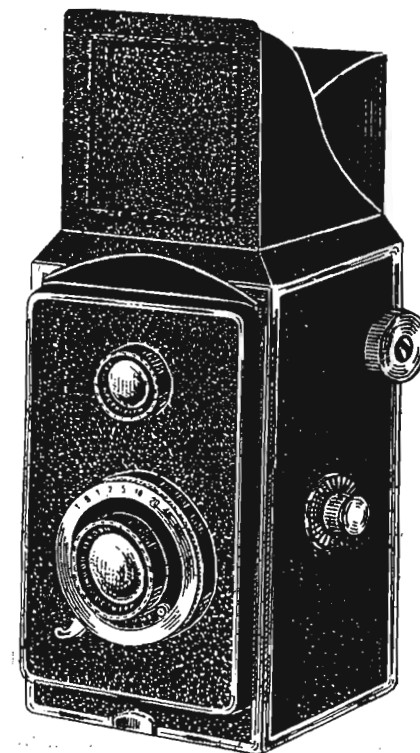
D. Refleksne kamere sa dva objektivna

Prva konstrukcija ovih kamera, iskorišćujući sva preimućstva refleksne kamere sa jednim objektivom, pojavila se tek u novije doba 1928. Mogućnost posmatranja i doterivanja optičke slike upotrebom kosog ogledala do trenutka snimanja, koju pružaju refleksne kamere sa jednim objektivom, ostala je osnovna konstrukciona ideja i kod ove vrste refleksnih kamera. Da bi međutim optička slika na mutnom staklu ostala vidljiva još i za vreme samoga snimanja, tako da bi postao izlišan mehanizam za podizanje kosog ogledala u trenutku snimanja, koso ogledalo je izdvojeno iz same fotografske kamere i postavljeno iznad nje. Usled toga je trebalo uz koso ogledalo postaviti drugi objektiv, naravno sa istim optičkim osobinama kao i objektiv same fotografske kamere. Tako je stvoren sasvim naročiti oblik fotografske kamere sa dva objektivna (sl. 4), od kojih donji stvara pravu sliku na filmu, dok gornji preko kosog ogledala daje vidljivu sliku, na vodoravnom mutnom staklu, koju posmatramo kroz štitić. Zbog ova dva objektivna, karakteristična za ovu vrstu refleksnih kamera, ove se u fotografskoj tehnici nazivaju kratko i dvostrukim fotografskim kamerama.

Sve dvooke refleksne kamere građene su za upotrebu namotanog filma i uvek samo za kvadratni format 6 × 6 cm ili 4 × 4 cm. Kućica kamere ima oblik kutije, a prednja strana, na kojoj su montirana oba objektivna, pokretljiva je preko bočnog zavrtnja za doterivanje oštine. Objektivni ovih kamera imaju svetlosnu jačinu 1:2,8 do 1:6,3 i uvek ugrađen centralni zapor (od prostog dvolamelnog do Compur-Rapid zapora sa 1/300 sekunde). U zaporu je još jedna bitna razlika između dvookih i jednookih refleksnih kamera, koje su uvek opremljene zaporom na razrez. Iza zapora je smeštena obična iris diafragma.

Pošto oština slike na mutnom staklu mora istovremeno da odgovara oštini slike na filmu, mora objektiv za posmatranje na mutnom staklu da ima žižnu daljinu i isti zahvatni ugao kao objektiv za snimanje. Obično je međutim objektiv za posmatranje još malo svetlosno jači od objektivna za snimanje, tako da je optička slika na mutnom staklu svetlija i time doterivanje oštine slike sigurnije. U svrhu što tačnijeg ocenjivanja slike na mutnom staklu, kod nekih modela može iznad mutnog stakla da se ubaci još i lupa.

Kao jednooke refleksne kamere imaju i dvooke kamere, zbog potrebnog nižeg držanja pri snimanju, nedostak obilnijeg prednjeg plana slike. Zbog dvo-spratnog sastava, odnosno zbog dvojakog zahvatnog ugla (t. j. zahvatnog ugla objektivna za snimanje i zahvatnog ugla objektivna za posmatranje) imamo kod snimanja iz veće blizine još i pojavu da slika na mutnom staklu odnosno svoje gornje i donje granice ne odgovara potpuno slici na filmu. Ovu neprijatnu pojavu nazivamo »paralaksom slike«. Ovaj nedostatak međutim neke konstrukcije dvookih refleksnih kamera odstranjuju na taj način, što se objektiv za posmatranje kod snimanja iz veće blizine automatski nagne u vertikalnoj ravni, čime se postizava poklapanje optičkih osa oba objektivna, a time i izjednačenje zahvatnih uglova. Kod snimaka iz veće daljine postoji

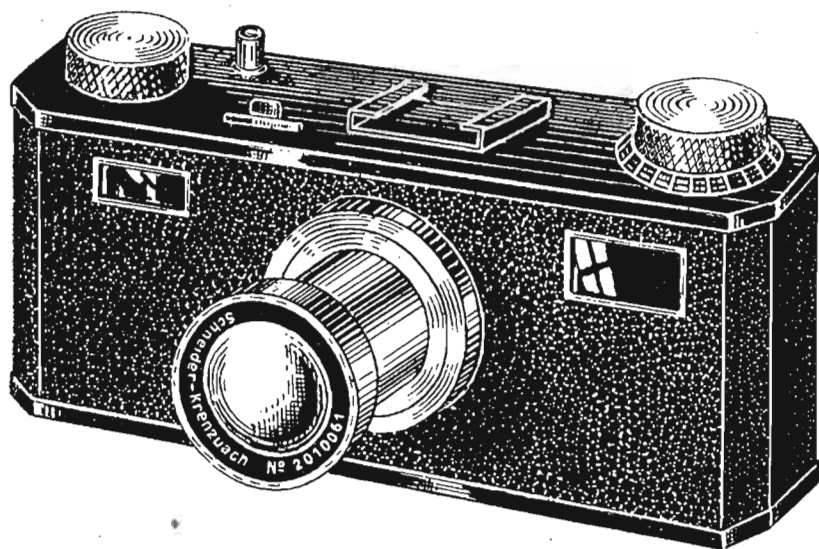


Sl. 4.

naravno također paralaksa slike koja je međutim zbog minimalne razlike praktično potpuno beznačajna. Među dvooke refleksne kamere, koje su pretežno većinom građene za format 6×6 cm, spadaju: Franke & Heidecke »Rolleiflex« (takođe i za format 4×4 cm) i »Rolleicord«, Voigtländer »Superb« i »Brillant«, Welta »Perfekta«, Zeiss-Ikon »Contaflex« i »IkoFlex« i t. d.

E. Kamere malog formata slike

Ove kamere su najnovija tvorevina fotografske industrije u konstruktivnom razvoju fotografskih kamera za namotane filmove i predstavljaju danas vrhunac precizne mehanike na polju proizvodnje



Sl. 5.

fotografskih aparata. Po poreklu prvi, najvažniji, do krajnje fotografske prefinjenosti izrađeni i najrazličnijim dodacima opremljeni, glavni pretstavnici i takmaci ovih kamera malog formata slike su Leitz-ova »Leica« (prvi model je 1925. konstruisao Oskar Barnack) i Zeiss-Ikon-ova »Contax« (prvi model 1932.).

Glavna karakteristika svih kamera malog formata slike (sl. 5) je upotreba perforisanog normalnog kino filma kao materijala za snimanje,

usled čega je bilo potrebno uvođenje novog »malog formata« 24×36 mm ili izuzetno čak i formata 24×24 mm.

Kućica ovih kamera je livena iz lakog metala. U toj kućici su smešteni kalemovi, odnosno kasete za namotani kino film. Na prednjoj strani kućice je u naročitoj tubusu smešten objektiv sa ugrađenom iris diafragmom. Prema potrebi može objektiv da se zameni objektivom duge ili kratke žižne daljine. U tu svrhu je objektiv pritrvrđen u tubusu lozicom ili bajonetskom vezom. Objektivi koji spadaju ka kamerama malog formata slike imaju svetlosnu jačinu od $1:1,5$ do $1:6,3$. U kućici je pred samim filmom smešten zapor na razrez koji omogućuje vremenske i trenutne ekspozicije od 1 sekunde do $1/500$, odnosno do $1/1000$ ili čak $1/1250$ sekunde. Razrez zapora se kreće ili duž kraće ili duž duže strane slike, a okida se pritiskom na dugme, koje je spojeno sa transportom filma tako, da zapor ne okine ako nije film pomeren za novi snimak. Time su isključeni dvojni snimci na istom mestu filma, a istovremeno se pri pomeranju filma navije i zapor na razrez. Film pomeraju zupčanici koji svojim zubima zahvataju u perforaciju na ivici filma. Po izvršenom pomeranju filma, gibljiva metalna ploča pritisne perforisanu ivicu na poliranu poluzicu, čime je isključeno svako izvijanje filmske trake. Naročiti brojač pokazuje broj napravljenih snimaka.

Usled relativno malog formata slike, neophodno je odgovarajuće povećavanje pozitivna. Za svako jače povećavanje je međutim bitan uslov što veća oština negativa. Stoga kod kamera malog formata slike nije dovoljno doterivanje objektiva, odnosno oštine slike samo na osnovu ocenjivanja udaljenosti objekta, nego je skoro neophodan daljinar koji je kod kamera malog formata slike montiran neposredno na kućici i automatski spojen sa objektivom. Konstruktivno tačno izvođenje veze između daljinara i objektiva zahteva najprecizniju mehaničku izradu. Ovaj konstrukcioni problem bio je kod svake od navedenih kamera rešen na svoj način, ali kod obeju sa potrebnom preciznošću. Pored daljinara odvojeno je smešteno tražilo, a kod novijeg modela »Contax II« je tražilo već i neposredno kombinovano sa daljinarom, tako da se kroz isti otvor posmatra izrezak slike i poklapanje dvojnih kontura u svrhu tačnog doterivanja razdaljine. Time što model »Contax III« ima na kućici kamere montirano još i foto električno merilo jačine svetlosti, postignut je vrhunac mehaničke preciznosti i najluksuznija konstrukcija savremene kamere malog formata slike.

Svaka od ovih dveju kamera ima, za razne fotografske potrebe i za specijalne svrhe naučne fotografije, ceo sistem dopunskih delova i pomoćnih sretstava. Na pr. niz objektiva, dodatak sa mutnim staklom, dodatak za ploče (mogući pojedinačni snimci na pločama mesto na filmskoj traci), opremu za snimanje iz blizine, opremu za reprodukcije, opremu za mikrofotografiju i t. d. Upotrebom ovih dopunskih delova razvila se fotografija ovim dvema kamerama malog formata slike u

potpuno specijalizovani fotografski sistem svoje vrste koji se u najvećoj meri iskorišćuje kako u običnoj fotografskoj praksi, tako i u raznim granama nauke i tehnike. Uvođenjem malog formata slike koji naknadno često zahteva povećavanje, stavljena je i fotohemiska industrija pred nove zadatke, jer upotreba slika malog formata zahteva negativske emulzije izvanredno sitnog zrna.

Fotografske kamere »Leica« i »Contax« su plod potpuno samostalnog razvoja i postigle su svaka svojim putem svoju današnju konstrukciju i svoj sadašnji oblik. Stoga u suštini pretstavljaju svoju vrstu između kamera malog formata slike. Pored ovih dveju kamera postoji još druga grupa kamera formata 24×36 mm, odnosno 24×24 mm koje delom podražavaju oblike »Leica« i »Contax« (ukoliko je to, s obzirom na patentna prava, uopšte bilo moguće), a delom su umanjene kopije konstrukcionih tipova većeg formata, vodeći računa o naročitim zahtevima negativa malog formata slike. U tu grupu kamera malog formata slike spadaju ruska »FED« koja je potpuno iste konstrukcije kao »Leica« i Berning-ova »Robot« za 50 snimaka formata 24×24 mm, opremljena mehanizmom za navijanje na oprugu, dovoljnim za oko 24 snimaka (ako nisu upotrebljavane veoma kratke ekspozicije). Osvetljavanje vrši naročita konstrukcija rotacionog zavora na sektor koji može da se reguliše od 1 do $1/500$ sekunde. Oblik kamere, koja nema telemetre, inače podražava oblik »Leica«-e. Drugi model je Zeiss-Ikon-ova kamera »Tenax« formata 24×24 mm, koja se od »Contax« razlikuje osim konstrukcijom sa objektivom spojenog daljinara još i po tome, što mesto zavora na razrez ima naročitu konstrukciju Compur-Rapid zavora, koji međutim nije ugrađen u objektiv, nego u kućicu kamere, što omogućava menjanje objektiva. Druge konstrukcije kamera malog formata slike 24×36 mm, izrađene po ugledu na kamere na sklapanje za namotane filmove i velikom većinom snabdevene centralnim zavorom, su: Agfa »Karat« (bez daljinara), Balda »Baldina« (bez daljinara), Certo »Super Dollina« (sa daljinarom), Kodak »Retina« (sa daljinarom ili bez njega) i »Retinette« (bez daljinara), Welta »Weltix« (bez daljinara) i »Weltini« (sa daljinarom), Zeiss-Ikon »Super Nettel« (sa daljinarom i zavorom na razrez). Na osnovu konstrukcionog principa jednooke refleksne kamere sa kosim ogledalom i zavorom na razrez izrađena je kao kamera malog formata slike 24×36 mm i Ihage »Kine-Exakta«.

II. FOTOGRAFSKI OBJEKTIV I DIAFRAGMA

Najvažniji, za stvaranje fotografske slike neophodni sastavni deo fotografske kamere je objektiv. Fotografske kamere mogu danas da budu opremljene najrazličnijim objektivima, koji u pogledu svojih optičkih osobina mogu da budu prilično različni.

Sa čisto optičkog gledišta su svi fotografski objektivni sabirna sočiva koja daju stvarne optičke likove. Ovi likovi mogu da se uhvate na zaklonu od hartije i da se na njemu posmatraju u prirodnim bojama. Kada taj optički lik deštuje na sloj osetljiv na svetlost, pokaže se, posle odgovarajuće hemiske obrade, jednobojna, negativna slika. U pogledu ovog čisto fizičkog optičkog efekta obrazovanja fotografske slike, ne postoji nikakva razlika između običnog sabirnog sočiva i fotografskog objektiva.

Međutim pri bližem posmatranju slike, obrazovane običnim sočivom, možemo na njoj da utvrdimo više ili manje neoštru i delom izopačenu reprodukciju snimljenog objekta. Kakvoća slike nas ne zadovoljava, jer se običnim sabirnim sočivom obrazovani optički lik, zbog svojih optičkih mana, razlikuje od geometriske slike. Ove razlike od pravila centralne projekcije, koje stvaraju neoštine i nakaznosti, nazivamo manama sočiva. Ove mane sočiva (o tome u docnijem poglavlju) otstranjuju se manje ili više na taj način, što se fotografski objektiv sastavi iz odgovarajućih kombinacija sočiva. Fotografski objektiv koji bi bio savršen, bez ijedne i najmanje mane, ustvari je nemogućan. Ukoliko su pak više mane fotografskog objektiva korigovane, utoliko je bolja kakvoća fotografske slike.

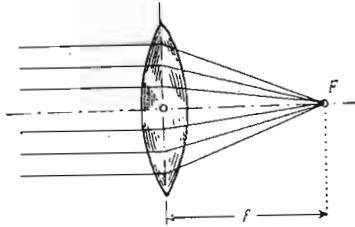
1. FOTOTEHNIČKE OSOBINE OBJEKTIVA

Dok je manje ili više temeljna korektura mana sočiva fotografskog objektiva od presudnog značaja za kakvoću slike, za obrazovanje fotografske slike merodavne su međutim sledeće fototehničke osobine objektiva:

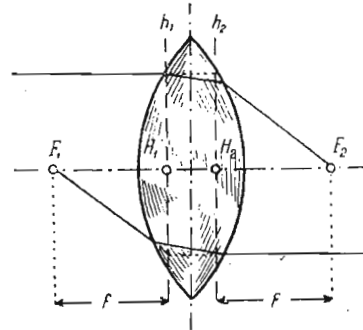
- a) žiža ili žižna daljina,
- b) zahvatni ugao i
- c) svetlosna jačina, odnosno relativni otvor objektiva.

A. Žiža ili žižna daljina

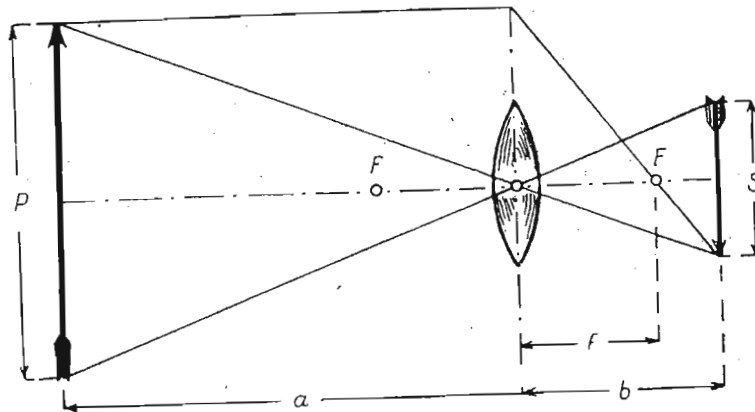
Žiža, čija je vrednost koja je skoro uvek urezana na obodu svakog fotografskog objektiv, je opšte rečeno razdaljina preseka svih upadnih svetlosnih zrakova, paralelnih optičkoj osi, od sredine objektiv, (sl. 6).



Sl. 6.



Sl. 7.



Sl. 8.

P — objekat; S — lik

Sa gledišta teoriske optike je međutim žižna daljina rastojanje žiže od poslednje glavne ravni (sl. 7). Glavnim ravnima nazivamo ravni koje stoje upravo na optičkoj osi, u kojoj se seku ulazni i izlazni pravci zrakova. Svako sočivo i svaki objektiv ima prednju i zadnju glavnu ravan, koje se kod tankih sočiva prilično poklapaju.

Kao što je iz teoriske optike poznato, zavisi žižna daljina f od eksponenta prelamanja n i od poluprečnika krivine r_1 i r_2 graničnih površina sočiva u smislu odnosa

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

Jako ispupčena, t. j. debela sočiva, imaju kratku žižnu daljinu, blago ispupčena, t. j. tanka sočiva, imaju međutim dugu žižnu daljinu.

Od žižne daljine zavisi međutim veličina lika objekta. Odnos između žižne daljine f , rastojanja objekta a i rastojanja lika b (sl. 8) je naime određen poznatom jednačinom sočiva ili takozvanom recipročnom formulom

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Iz te jednačine proizlazi već poznata činjenica, da je za vrlo udaljene objekte ($a = \infty$) rastojanje lika $b = f$. Iz recipročne formule proizlazi dalje

$$a = \frac{bf}{b-f} \quad \text{i} \quad b = \frac{af}{a-f}$$

A između veličine predmeta P i lika S postoji odnos

$$P : S = a : b$$

Razmera, t. j. odnos umanjanja optičkog lika proizlazi iz

$$m = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

Ako stavimo tu razmeru m u gornje dve jednačine, dobićemo

$$a = f + \frac{f}{m} \quad \text{i} \quad b = f + f \cdot m$$

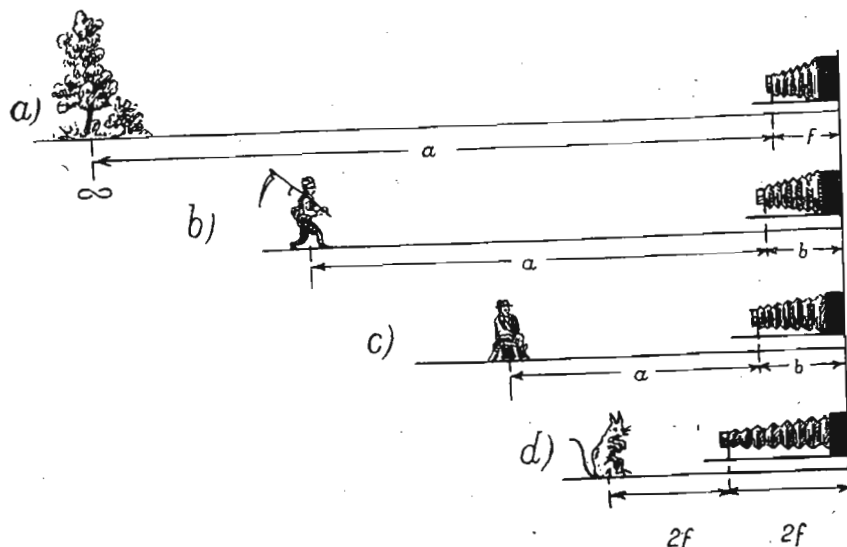
Iz tih dveju jednačina dobijemo za razne razmere likova

$m = 1$ (prirodna veličina)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	0
$a = 2f$	$3f$	$6f$	$11f$	∞
$b = 2f$	$f + \frac{f}{2}$	$f + \frac{f}{5}$	$f + \frac{f}{10}$	f

Iz ovih rezultata proizlazi, da se oštri optički lik približuje objektivu kad se objekat udaljuje. Lik vrlo udaljenih predmeta ($a = \infty$) obrazuje se tačno u daljini f , t. j. u žižnoj daljini objektiv.

Kao svaki dogled, možemo i fotografski objektiv da doteramo oštro samo na određeno rastojanje. Stoga je pravilno doterivanje kamere osnovno pravilo fotografske tehnike koje je na osnovu gornjih rezultata izraženo sledećim činjenicama:

Ako je objektiv fotografske kamere doteran na svoju žižnu daljinu (na beskonačno), onda je kod tog položaja oštro ocrtana samo daljina (sl. 9a), pri čemu počinje oštrina od neke određene tačke (t. j. takozvane tačke beskonačnosti) i proteže se u dubinu do krajnje pozadine. Čim doteramo objektiv na manje udaljeni objekat (sl. 9b), dakle na pr. na ulične prizore i t. d., onda pretstavlja rastojanje objektiva od mutnog



Sl. 9.

a — daljina objekta; b — daljina slike; f — žižna daljina

stakla (ploče ili filma) rastojanje lika, pri čemu se povećava i razmera slike. Pri doterivanju na još bliže objekte (sl. 9c), kao na pr. kod portreta i t. d., još se više povećava rastojanje lika i sa njom i razmera ocrtavanja. A čim postane rastojanje lika jednako dvostrukoj žižnoj daljini (sl. 9d), objekat se ocrtava u prirodnoj veličini, pri čemu mora i rastojanje objekta da bude jednako dvostrukoj žižnoj daljini.

Ti odnosi važe za svaki objektiv i za svaku žižnu daljinu. Svaki objektiv ima istina samo jednu žižnu daljinu, međutim prema najrazličnijim rastojanjima objekta — beskonačno mnogo rastojanja likova.

Iz jednačine

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{i} \quad \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

dobijamo za veličinu optičkog lika matematički izraz

$$S = P \frac{f}{a - f}$$

A iz ovih rezultata proizlazi, da je optički lik utoliko veći, što je god duža žižna daljina i da ocrtavaju objektivni jednakih žižnih daljina predmete uvek u istoj veličini, bez obzira da li se upotrebljuju u kameri malog ili velikog formata. Ako kamera malog formata treba da ocrtava isti opseg objekta kao kamera velikog formata, mora razmera ocrtavanja kod kamere malog formata slike da bude manja nego kod kamere

Tabela 1:

Format i žižna daljina

Format	Žižna daljina cm
24 × 24 mm	3,5 — 4
24 × 36 mm	5
3 × 4 cm	
4 × 4 cm	5,5
4 × 6,5 cm	7,5 — 8
4,5 × 6 cm	
6 × 6 cm	10,5 — 12
6 × 9 cm	
6,5 × 9 cm	13,5 — 15
9 × 12 cm	
10 × 15 cm	16,5 — 18
13 × 18 cm	20 — 22
18 × 24 cm	28 — 30

velikog formata. Stoga mora žižna daljina kamere malog formata slike da bude manja od žižne daljine fotografskih kamere većih formata. Ukratko: žižna daljina objektiva mora uopšte da bude srazmerna formatu slike fotografske kamere.

B. Polje slike i zahtvatni ugao

U fotografskoj praksi postoje međutim i izuzeci od ovog pravila. Čim se naime, na datom formatu, želi ocrtavanje objekta u što većoj razmeri, onda mora — kao što proizlazi iz gornje formule — žižna daljina objektiva da bude što veća. Takve objektivne sa nenormalno

dugom žižnom daljinom nazivamo tele objektivima koji su namenjeni za snimanje vrlo udaljenih objekata. Povećanjem žižne daljine mora naravno da se produži i izvlačenje fotografske kamere — ali su svakako ovoj dužini izvlačenja, iz konstruktivnih razloga, stavljene granice. Obratno je međutim u slučajevima, kada se želi ocrtavanje što je moguće većeg opsega objekta na datom formatu slike (pri čemu mora da se smanji i razmera ocrtavanja); onda je potrebna upotreba objektivna kratke žižne daljine koje suprotno normalnim objektivima nazivamo širokougaonim objektivima.

U fotografskoj praksi se uopšte — ukoliko to dopuštaju prostorni uslovi — pretpostavljaju veće žižne daljine, jer je njihova razmera ocrtavanja (t. j. veličina slike) veća. Kod jednake veličine slike je kod veće žižne daljine potrebna i veća udaljenost predmeta, usled čega dobijamo i bolju perspektivu slike. Obrnuto se, kao što ćemo iz sledećih redova videti, pogoršaju druge dve isto tako važne osobine, t. j. zahvatni ugao i svetlosna jačina.

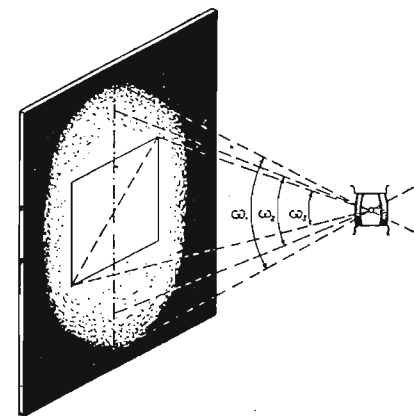
Na osnovu praktičnog iskustva i kompromisa između fototehničkih osobina objektivna, važi kao opšte pravilo, da za univerzalne svrhe žižna daljina treba da bude približno jednaka diagonali formata kamere. Tabela I donosi žižne daljine normalnih objektivna za razne formate.

Kod specijalnih snimaka potrebni su međutim izuzeci od ovog pravila. Za snimanje portreta, snimanje malih životinja i t. d., pretpostavljaju se, u svrhu povoljnijeg dejstva slike, veće žižne daljine, dvostrukog iznosa duže strane formata slike ili čak i više. Obrnuto smo s druge strane, kod snimanja arhitektonskih objekata, mašina i unutrašnjih prostorija, prinuđeni da u svrhu što većeg opsega (dakle što većeg zahvatnog ugla) upotrebimo, izuzetno od gornjeg pravila, kraće žižne daljine, približno dužine kraće strane formata slike.

Ako stavimo objektiv na kameru bitno većeg formata, nego što bi mu normalno odgovaralo, onda se obrazuje na mutnom staklu slika kruga, određenog krajnjim zracima koji upadaju na samoj ivici objektivna (sl. 10). To je takozvano celokupno polje slike objektivna. Veličinu ovog polja slike mogli bismo da izrazimo veličinom njegovog prečnika — ali ovaj način nije tačan, jer se prečnik polja slike menja sa rastojanjem slike. Stoga se veličina polja slike obično izražava ugaonom merom. Ako naime spojimo krajeve prečnika celokupnog polja slike s optičkim središtem objektivna (koje se nalazi približno u sredini objektivna), tada grade te spojne linije ugao ω_1 , a to je celokupni ugao polja slike ili kratko nazvan zahvatni ugao.

Od celokupnog polja slike može međutim da se iskoristi samo unutrašnji deo koji je za fotografske svrhe dovoljno oštar. Taj deo nazivamo upotrebljivo polje slike, a veličina tog polja je utvrđena takozvanim korisnim zahvatnim uglom ω_2 . Ako diafragmom smanjimo slobodni otvor objektivna, onda kod svakog objektivna poraste oštrina

slike prema ivicama polja slike, čime se poveća i korisni ugao slike, a istovremeno se smanji svetlina optičke slike. Stoga moramo kod svakog objektivna da razlikujemo između zahvatnog ugla kod celog otvora i zahvatnog ugla kod veće ili manje diafragme. Kada se u fotografskoj praksi navodi zahvatni ugao, ovaj se podatak uvek odnosi na celi otvor



Sl. 10.

Zahvatni ugao i iskorišćeno polje slike

objektivna. Ako je međutim za zahvatni ugao navedeno na pr. $70^\circ - 90^\circ$, onda to znači da objektiv sa celim otvorom ocrtava potpuno oštro zahvatni ugao 70° , koji međutim smanjenjem diafragme može da se poveća na 90° .

Pored celokupnog i korisnog polja slike, imamo još i takozvano iskorišćeno polje slike. U području korisnog polja slike mora da leži format negativna, proizvoljnog odnosa njegovih dveju strana, pri čemu ostaje prečnik iskorišćenog polja slike uvek isti. Veličina iskorišćenog polja slike data je iskorišćenim zahvatnim uglom ω_3 , koji je određen odnosom između diagonale formata i žižne daljine:

$$\operatorname{tg} \frac{\omega_3}{2} = \frac{1/2 \text{ diagonale formata}}{\text{žižna daljina}}$$

Iz ovog odnosa se vidi, da je iskorišćeni ugao slike obrnuto srazmeran žižnoj daljini. Što je god kraća žižna daljina, utoliko je manja veličina optičke slike — što proizlazi iz predašnjeg stava. Ne može dakle istovremeno da se zadovolji zahtev za što većom veličinom slike i za što većim zahvatnim uglom.

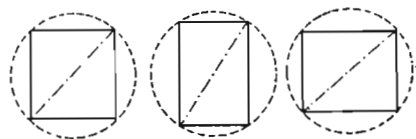
Na osnovu gornjeg izraza za iskorišćeni ugao slike možemo, pomoću tabele II, za svaki format iz odnosne žižne daljine da utvrdimo veličinu polja slike.

Tabela II:

Dijagonala, žižna daljina i zahvatni ugao

Dijagonala	Zahvatni ugao	Dijagonala	Zahvatni ugao
žižna daljina	o	žižna daljina	o
0,0	0,0	1,0	53,1
0,1	5,7	1,1	57,6
0,2	11,4	1,2	61,9
0,3	17,1	1,3	66,0
0,4	22,6	1,4	70,0
0,5	28,1	1,5	73,7
0,6	33,4	1,6	77,3
0,7	38,6	1,7	80,7
0,8	43,6	1,8	84,0
0,9	48,5	1,9	87,1
1,0	53,1	2,0	90,0

S obzirom na to, da se ugao slike meri prema jednoj od strana formata, bi iskorišćeni ugao slike mogao da se meri prema dužoj ili kraćoj strani formata slike. Ipak je međutim, s optičko tehničkog gledišta, merodavan jedino zahvatni ugao meren prema diagonalni. Jer s jedne strane je u odnosu na diagonalu zahvatni ugao nezavisan od



Sl. 11.

Iskorišćeno polje slike

formata (sl. 11) — a s druge strane je samo tada optička slika do uglova oštro ocrтана, ako je korisni zahvatni ugao objektiva najmanje jednak iskorišćenom zahvatnom uglu, merenom prema diagonalni. Međutim je još bolje, ako je korisni zahvatni ugao veći od iskorišćenog, jer onda, u slučaju potrebe, može objektiv da se pomera u standardi na gore ili na dole, a da od toga ne trpi oštrina slike u uglovima.

Veličine iskorišćenog zahvatnog ugla, za glavne normalizovane formate i za razne žižne daljine, navedene su u tabeli III.

Tabela III:

Zahvatni ugao i format

Format cm	2 ¹ / _{3,6}	3/4	4/4	4,5/8	6/8	6,5/9	9/12	10/16	13/18	18/24
Dijagonala cm	4,8	5,0	5,6	7,5	8,5	11	15	18	22	30
Žižna daljina cm	Iskorišćeni zahvatni ugao u stepenima °									
3,0	70	80	85	106						
4,0	55	65	70	86	94					
5,0	46	53	58	74	80					
5,5	43	49	54	68	75	90				
6,5	36	42	47	60	65	80				
7,5	32	37	41	53	59	72	90			
8,0	30	35	39	50	56	69	86	97		
9,0	27	31	34	45	50	63	80	90	105	
10,5	23	27	30	40	44	55	71	82	95	
12	20	24	26	34	39	50	64	74	85	104
13,5	18	21	24	31	35	44	58	68	78	96
15	16	19	21	28	32	40	53	62	72	90
18	14	16	18	24	27	34	45	53	63	80
21	12	14	15	20	23	29	40	46	55	71
24		12	14	18	20	26	34	41	50	64
30				14	16	21	28	34	40	53
40					12	16	21	25	31	41
50						13	17	20	25	34
60							14	17	21	28

Iz formata i odnosnih žižnih daljina proizlazi da iznosi najpovoljniji iskorišćeni zahvatni ugao kako normalnih tako i univerzalnih objektiva prosečno 45°—55°. Zahvatni ugao tele objektiva iznosi približno 35°—20° ili još manje. Kod tipičnih širokougaonih objektiva iznosi međutim zahvatni ugao najmanje 60°.

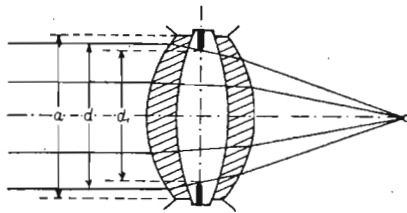
C. Svetlosna jačina i relativni otvor objektiva

Da se u emulziji osetljivoj na svetlost pokrene fotohemiski proces, potrebna je izvesna minimalna količina svetlosti. Tu svetlost, koja potiče od slikanog objekta, objektiv optički uobliči i upravi na sloj osetljiv na svetlost. Količina svetlosti koja u jedinici vremena uđe kroz objektiv zavisi od otvora objektiva, odnosno od njegovog prečnika.

Kod svakog objektiva razlikujemo međutim tri različna otvora i to:

1. apsolutni otvor,
2. stvarni otvor i
3. relativni otvor.

Apsolutni otvor je celokupna slobodna staklena površina sa prečnikom a koja se nalazi u metalnom okviru objektiva (sl. 12). Prečnik te



Sl. 12.

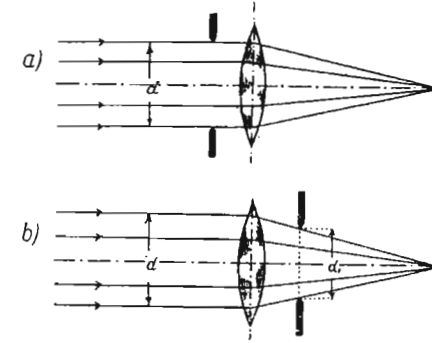
a — apsolutni otvor; d — stvarni otvor; d_1 — relativni otvor

površine je nekada važio kao mera za veličinu objektiva, tako da se u smislu starog sistema mera za dužinu govorilo o dvopalačnom, petnaestocrtinom objektivu i t. d.

Stvarni otvor je međutim prečnik d one kružne površine, kroz koju prolazi snop optičkoj osi paralelnih zrakova, a prečnik d stvarnog otvora zavisi od prečnika d_1 diafragme. Stvarni otvor vidimo kao svetlu kružnu površinu, ako pogledamo kroz objektiv iz nešto veće daljine (i to najbolje samo jednim okom). Ovaj stvarni otvor postaje utoliko manji, što god je manji otvor diafragme i uopšte nije identičan sa otvorom diafragme, jer snop zrakova po prolazu kroz objektiv ima oblik konusa, čija je osnovica obrnuta prema upadnim zracima. Razlika između stvarnog otvora i otvora diafragme zavisi od konstrukcije objektiva, odnosno od položaja diafragme. Kod objektiva sa prednjom diafragmom (diafragma ispred sočiva objektiva) je stvarni otvor identičan s otvorom diafragme (sl. 13a), jer se u tom slučaju konus zrakova još ne stvara između diafragme i prednje površine objektiva. Kod objektiva sa srednjom (sl. 12) ili unutrašnjom diafragmom (sl. 13b) je međutim stvarni otvor veći od prečnika d_1 diafragme.

Svetlosni zraci koji prodiru kroz objektiv osvetljavaju sloj emulzije. Ukoliko je ravan sloja emulzije udaljenija, utoliko je veća osvetljena površina i time je manja količina upadne svetlosti na jedinicu površine.

Pri istom otvoru prima bliža ravan više, a udaljenija manje svetlosti. Kod iste razdaljine sloja emulzije od objektiva, na njega će pasti utoliko više svetlosti, ukoliko je veći stvarni otvor objektiva (na isti način na pr. u sobi svetlina ma na kome mestu zavisi ne samo od veličine prozora, nego i od udaljenosti tog mesta od prozora). Svetlina optičke slike koja



Sl. 13a i 13b

Položaj diafragme ispred i iza sočiva

se obrazuje na sloju emulzije zavisi dakle ne samo od stvarnog otvora, nego i od udaljenosti ravni slike od objektiva, dakle od daljine lika, odnosno od žižne daljine. Na osnovu ovih činjenica imamo dakle sledeći odnos

$$\frac{\text{stvarni prečnik}}{\text{žižna daljina}} = \frac{d}{f}$$

koji je merilo za svetlinu optičke slike i nazivamo ga relativni otvor, a i svetlosna jačina objektiva. Taj odnos

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{n}$$

kod kojega je n neimenovan pozitivni broj, pretstavljamo u fotografskoj tehnici u obliku

$$1 : n \quad \text{ili} \quad F : n \quad \text{ili} \quad F/n.$$

Štoga god je veći količnik d/f , odnosno što god je manji broj n , utoliko je veći relativni otvor, odnosno utoliko je veća svetlosna jačina objektiva i utoliko je veća i svetlina optičkog lika koji se obrazuje na sloju osetljivoj na svetlost. Najveća dosada, u fotografskoj tehnici postignuta svetlosna jačina iznosi 1:1,5 (Zeiss-Ikon »Sonnar« za Contax), odnosno 1:0,9 (Astro »Tachon« za kino kamere).

Ako poznamo prečnik stvarnog otvora i žižnu daljinu, možemo da odredimo relativni otvor; obrnuto možemo da izračunamo stvarni otvor

objektiva, ako poznamo njegovu svetlosnu jačinu i njegovu žižnu daljinu. Time dobijemo priličan pojam o veličini objektiva, jer je ustvari razlika između stvarnog i apsolutnog otvora obično srazmerno mala. Za objektiv koji na pr. ima na okviru navedenu svetlosnu jačinu 1:4,5 i žižnu daljinu $f = 10$ cm, iznosi na osnovu jednačine

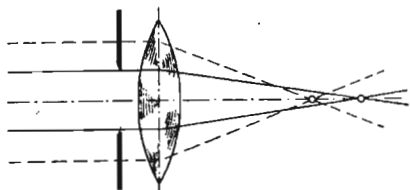
$$\frac{d}{f} = \frac{1}{n}$$

stvarni otvor

$$d = \frac{f}{n} = \frac{10}{4,5} = 2,2 \text{ cm.}$$

Stvarni otvor objektiva možemo još i eksperimentalno da utvrdimo. U tu svrhu postavimo u sobi kameru s otvorenom zadnjom stranom obrnutom prema prozoru. Onda naslonimo na spoljni prsten objektiva mutno staklo; na tom staklu obrazovani svetli krug, čiji prečnik možemo tačnim merilom da izmerimo tačno na milimetar, je stvarni otvor objektiva.

U zavisnosti od diafragme i promenljive daljine optičkog lika može objektiv da dobije najrazličnije relativne otvore. Ipak, kada u fotografskoj praksi govorimo o relativnom otvoru objektiva, uvek mislimo na



Sl. 14.

Uticaj diafragme na žižnu daljinu

relativni otvor kod najveće diafragme i doterivanju objektiva na beskonačno udaljeni predmet, t. j. kad je daljina optičkog lika jednaka žižnoj daljini (sl. 14.).

Pošto je objektiv utoliko svetlosno jači, ukoliko je manji imenitelj razlomka $1 : n$, odnosno $F : n$, postavlja se pitanje, za koliko je svetlosno jači objektiv $F : 4,0$ prema objektivu $F : 5,6$. Za odnos između svetlosnih jačina dvaju objektiva merodavne su svetline obrazovanih optičkih likova. A svetlina optičkog lika je u smislu osnovnog zakona fotometrije pravo srazmerna količini svetlosnih zrakova koji prolaze kroz objektiv, dakle površini stvarnog otvora $(f/n)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$ i obrnuto srazmerna kvadratu rastojanja između optičkog lika i objektiva, dakle kvadratu žižne daljine f^2 . Ako označimo nepoznatu žižnu daljinu prvog objektiva sa f_1 i drugog

objektiva sa f_2 postoji za svetlinu obeju slika, dakle i za odnos svetlosnih jačina oba objektiva, odnos

$$S_1 : S_2 = \frac{\left(\frac{f_1}{4,0}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{f_1^2} : \frac{\left(\frac{f_2}{5,6}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}}{f_2^2}$$

$$S_1 : S_2 = \left(\frac{1}{4,0}\right)^2 : \left(\frac{1}{5,6}\right)^2$$

Svetlosne jačine dva objektiva su dakle srazmerne kvadratu njihovih relativnih otvora. Ako brojno izračunamo gornji odnos, dobijemo

$$S_1 : S_2 = 5,6^2 : 4,0^2 = 31,36 : 16,00,$$

dakle okruglo

$$S_1 : S_2 = 2 : 1$$

A pošto je ekspozicija, t. j. trajanje uticaja fotohemiskog efekta optičkog lika na sloj emulzije u fotografskoj kameri, obrnuto srazmerna svetlosnoj jačini objektiva, mora dakle ekspozicija istog snimka sa objektivom 1 : 5,6 biti dva puta duža od ekspozicije sa objektivom 1 : 4,0.

Dva objektiva istog relativnog otvora imaju dakle uvek istu svetlosnu jačinu, ma da inače — s obzirom na žižnu daljinu, zahvatni ugao i t. d. — mogu da imaju sasvim različite optičke osobine.

2. DIAFRAGMA I NJEN RELATIVNI OTVOR

Celi stvarni otvor objektiva često bi, kod vrlo jakog osvetljenja, propustio preobilnu količinu svetlosti do sloja emulzije. Tu količinu svetlosti možemo da odmerimo, odnosno da smanjimo ili skraćivanjem trajanja osvetljavanja, čemu su stavljene granice samim tipom zapora, ili smanjujući količinu upadne svetlosti smanjivanjem otvora objektiva takozvanom diaframom.

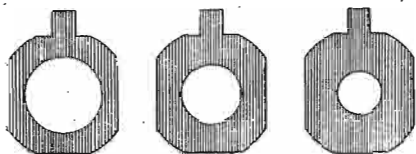
Smanjivanje otvora objektiva diafragmom pogodno je još i sa drugog gledišta. Smanjena diafragma naime sužava snop zrakova, isključujući ivične zrake nepogodne za obrazovanje optičkog lika, čime se popravi kakvoća slike. Pored toga postane i presek bitno užeg snopa zrakova još kosiji, usled čega doterivanje rastojanja sloja emulzije za dobijanje što oštrije slike nije više osetljivo.

Odnosno konstruktivnog oblika razlikujemo:

- pokretne diafragme, odnosno diafragme za umetanje,
- revolverske (rotacione) diafragme i
- diafragme iris (dužičaste diafragme).

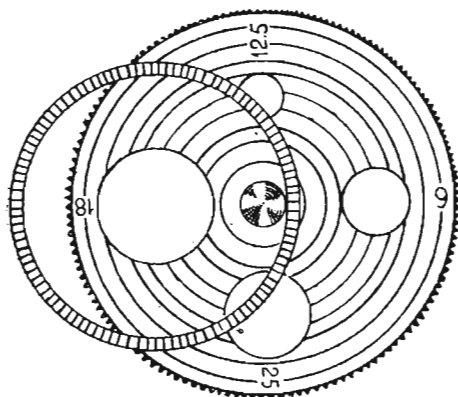
Diafragma za umetanje izrađena je od crno obojenog tankog lima, koji na sredini ima okrugli izrezak (sl. 15.), a umeće se u prerez u okviru

objektiva. Više takvih diafragma sa različnim izrescima sačinjavaju garnituru uz objektiv. Na ovu vrstu diafragme nailazimo danas samo još kod objektiva starijeg tipa. Često se međutim upotrebljava pokretna diafragma, koja ima na ravnoj limenoj traci okrugle otvore različnih prečnika (sl. 16.), kod aparata za povećavanje.



Sl. 15.

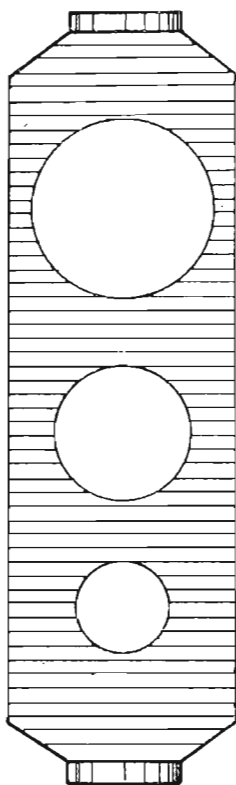
Dijafragme za umetanje



Sl. 17.

Rotaciona diafragma (revolverska)

Revolverska diafragma je okrugla metalna pločica u koju su na jednakim otstojanjima urezani okrugli otvori različitih prečnika (sl. 17.). Ova pločica je ekscentrično pritrvrđena na okviru objektiva da može tako da se obrće oko svog središta, da se izresci naizmenice postave centrično pred objektiv. Pošto je revolverska diafragma pritrvrđena za okvir objektiva ima to preimućstvo da, suprotno diafragmi za umetanje, ne može da se izgubi. Zbog svog konstrukcionog oblika praktično je

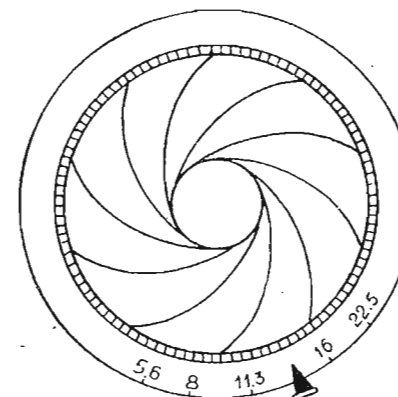


Sl. 16.

Pokretna diafragma na limenoj traci

izvodljiva i upotrebljiva samo kod objektiva sa manjim sočivima, t. j. kod objektiva boks kamera i kod starijih širokougaonih objektiva.

Obe navedene vrste je u novije doba skoro sasvim potisnula takozvana diafragma iris (sl. 18), sastavljena iz većeg broja tankih čeličnih pločica srpastog oblika. Njeno glavno preimućstvo sastoji se u tome, što omogućuje pored najvećeg i najmanjeg otvora još i ma koji prelazni otvor. Pošto je diafragma iris ugrađena neposredno u okvir objektiva,



Sl. 18.

Iris diafragma

sprečeno je prodiranje prašine u unutrašnjost objektiva. Veličina otvora diafragme iris doteruje se poluzicom koja istovremeno na skali pokazuje veličinu relativnog otvora diafragme.

Brojevi skale koji označuju veličinu otvora diafragme obično su izabrani tako, da svaki sledeći manji otvor diafragme zahteva dva puta dužu ekspoziciju od prethodnog. Samo kod svetlosno vrlo jakih objektiva obično razlika između celog relativnog otvora i prvog smanjenja otvora diafragme zahteva samo jedan i po puta dužu ekspoziciju nego kod celog otvora objektiva. Svaka diafragma mora, u svrhu pokazivanja veličine otvora, da bude na pogodan način obeležena brojevima. Po načinu obeležavanja diafragmi razlikujemo razne sisteme i to:

1. Prirodni sistem. Izuzev najjevtinije objektivne, kod kojih su veličine diafragme označene prosto tekućim brojevima 1, 2, 3, 4, označujemo veličinu odnosnog prečnika diafragme neposredno odnosom prema žižnoj daljini objektiva — relativnim otvorom — kao kod objektiva

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{n}$$

pa i relativni otvor diafragme izražavamo u obliku

$$1 : n \text{ ili } F : n \text{ ili } F/n$$

Ovaj način označavanja diafragmi nazivamo »prirodni sistem«. Kao početna tačka tog označavanja važi, po međunarodnom sistemu, (u smislu Pariskog međunarodnog kongresa 1900.), relativni otvor $F : 1$, iz koje proizlazi međunarodni red diafragmi

$F: 1 - 1,4 - 2 - 2,8 - 4 - 5,6 - 8 - 11,2 - 16 - 22,5 - 32 - 45$

Kao početna tačka upotrebljava se i diafragma sa relativnim otvorom po sistemu Dallmeyer-Stolze

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1}{3,2},$$

iz koje proizlazi takozvani nemački red diafragmi

$F: 1,2 - 1,6 - 2,3 - 3,2 - 4,5 - 6,3 - 9 - 12,5 - 18 - 25 - 36 - 50$

Smanjivanjem otvora diafragme smanjuje se i svetlina optičkog lika obrazovanog na sloju emulzije, a što god je manja svetlina lika utoliko duže mora da traje ekspozicija snimka. Pošto je međutim svetlina lika srazmerna površini stvarnog otvora diafragme, biće i svetlina likova dveju diafragmi različitog relativnog otvora

$$\frac{d_1}{f} = \frac{1}{n_1} \quad \text{i} \quad \frac{d_2}{f} = \frac{1}{n_2}$$

pod inače jednakim uslovima u odnosu

$$S_1 : S_2 = \left(\frac{f}{n_1}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} : \left(\frac{f}{n_2}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = \left(\frac{1}{n_1}\right)^2 : \left(\frac{1}{n_2}\right)^2$$

Svetline dveju različitih diafragmi su dakle pravo srazmerne kvadratima relativnih otvora. Na pr. kod diafragmi $F : 5,6$ i $F : 16$ svetline likova su dakle u odnosu

$$S_1 : S_2 = \left(\frac{1}{5,6}\right)^2 : \left(\frac{1}{16}\right)^2 = 256 : 31,36 = 8 : 1$$

pošto zbog toga ekspozicija kod manjeg otvora diafragme mora da bude osam puta duža nego kod većeg, važi pravilo da su relativne ekspozicije (faktori ekspozicije) pod istim uslovima obrnuto srazmerne kvadratima relativnih otvora diafragmi, dakle

$$t_1 : t_2 = \left(\frac{1}{n_2}\right)^2 : \left(\frac{1}{n_1}\right)^2$$

Iz toga proizlazi, da je kod dvostruke razlike u ekspoziciji između dveju uzastopnih diafragmi stvarni prečnik svake sledeće diafragme (dakle i relativni otvor $F : n$) za $\sqrt{2}$ puta, dakle za 1,4 puta manji od prečnika (odnosno od relativnog otvora) prethodne diafragme.

Nasuprot prirodnom sistemu mogu diafragme da se obeleže i po sredno relativnim brojevima na osnovu početnog prečnika diafragme

koji je kao jedinica određen za sve objektivne. U tome slučaju se, radi izbegavanja računanja pri upotrebi diafragme, navode brojevi ekspozicije (faktori ekspozicije) ili relativne svetline likova koji odgovaraju svakoj diafragmi. Prema izboru početnog prečnika su sledeći sistemi diafragmi u upotrebi:

Tabela IV:
Sistemi diafragma

Prirodni sistem	Dallmeyer Stolze	Zeiss-Rudolph	Stari francuski sistem	Novi francuski sistem	Engleski sistem
1,0				1	
1,4	0,2			2	
2,0	0,4	640	$\frac{1}{24}$	4	$\frac{1}{4}$
2,8			$\frac{1}{12}$	8	
3,2	1	256	$\frac{1}{10}$		
4,0			$\frac{1}{8}$	16	1
4,5	2	128	$\frac{1}{5}$		
5,0			$\frac{1}{4}$		
5,6	3			32	2
6,0			$\frac{1}{3}$		
6,3	4	64			
7,0			$\frac{1}{2}$		
7,7	6				
8,0			$\frac{2}{3}$	64	4
9,0	8	32			
10			1		
11	13				
11,3				128	8
12			$1\frac{1}{2}$		
12,5	16	16			
14			2		
15,5	24				
16				256	16
17,5			3		
18	32	8			
20			4		
21,9	48				
22,5			5		32
23				512	
25	64	4			
28			8		
31	96				
32			10	1024	64
36	128	2			
40			16		
43,8	192				
45				2048	128
50	256	1	25		

2. Sistem Dallmeyer-Stolze ima početni faktor ekspozicije »1« izabran za objektiv sa relativnim otvorom

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{\sqrt{10}} = 3,2$$

3. Zeiss-Rudolph-ov sistem ima određenu jedinstvenu diafragmu sa relativnim otvorom

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{50}$$

koju je Rudolph smatrao kao najmanju još upotrebljivu diafragmu. Diafragme je obeležio po relativnim svetlosnim jačinama, tako da je najmanja diafragma obeležena sa 1, a obeležavanje po ovom sistemu vrši se u suprotnom smislu nego kod drugih sistema.

4. Stari francuski sistem ima, na osnovu odluke Pariskog kongresa od 1889., početak obeležavanja kod relativnog otvora diafragme

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{10}$$

usled čega su veći otvori diafragmi označeni razlomcima.

5. Novi francuski (međunarodni) sistem. Kod ovog sistema važi, na osnovu odluke Pariskog međunarodnog kongresa od 1900., kao jedinica za svetlosnu jačinu objektivna relativni otvor

$$\frac{d}{f} = 1,$$

odnosno ekspozicija »1« koja pripada tome otvoru kao početnoj tački.

6. Engleski sistem (po normama Photographic Society of Great Britain). Početna diafragma tog sistema je

$$\frac{d}{f} = \frac{1}{4}$$

za koju važi jedinica ekspozicije. Manje diafragme su razvrstane po geometrijskoj progresiji faktora ekspozicije.

Odnosi između obeležavanja diafragmi po raznim sistemima navedeni su u tabeli IV.

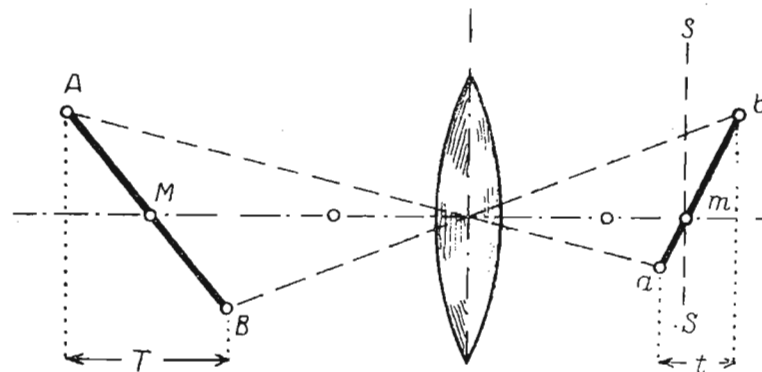
3. DIAFRAGME I DUBINA PROSTIRANJA OBJEKTA

A. Pojam dubine slike i neoštine slike

Dosada smo razmatrali uticaj diafragme samo na svetlinu slike, odnosno na ekspoziciju snimka, bez obzira na stvaranje optičkog lika. Za optičko obrazovanje likova u jednoj ravni je veličina relativnog

otvora objektivna bez bitnog značaja, jer se kod iole dobrog objektivna svetlosni zraci, koji potiču od pojedinih tačaka dvodimenzionalnog objekta, sa dovoljnom tačnošću seku u ravni lika.

Ako međutim imamo prostorni objekat, tako da ne može da se zanemari njegovo prostiranje u dubinu, onda tačke optičkog lika ne leže više u jednoj i istoj ravni (sl. 19.). U smislu recipročne formule



Sl. 19.

S — S — ravan slike

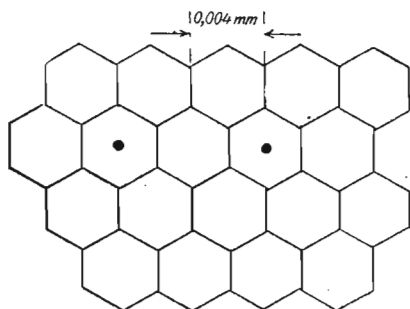
sočiva pripadaju udaljenijim tačkama objekta tačke lika bliže objektivu i obratno. Dubini T objekta pripada takođe odgovarajuća dubina t optičkog lika.

Ako bi optički lik obrazovalo potpuno besprekorno, dovoljno veliko sočivo bez mana, tako da bi se svetlosni zraci sekli u matematičkim tačkama, na mutnom staklu, odnosno na emulziji oštro bi se ocrtavala uvek samo jedna tačka objekta. Pod takvim okolnostima uopšte ne bi mogla da se dobije upotrebljiva fotografska slika prostornog objekta.

Pošto je međutim kod fotografskih objektivna nedostižno matematički tačno korigovanje svih mana sočiva, moraju odnosno oštine optičkog ocrtavanja da se prave koncesije. Ova u izvesnim granicama prihvaćena neoština smeta utoliko manje, što je i oština našeg oćnog vida ogranićena. Ćim se naime smanji razdaljina dveju bliskih taćaka pod izvestan minimum, onda i naše oko ne može više da razlikuje da li su na slici predstavljene dve taćke ili vrlo mali krug, takozvani disperzioni krug. Ako dakle, usled prostiranja objekta u daljinu, na slici ostane neoština ispod izvesne prihvaćene granice, naše oko neće da oseti tu neoštinu i smatraće disperzione krugove još uvek za taćke.

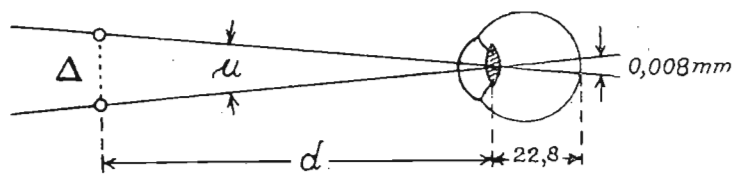
B. Odnos između diafragme i dubinske oštine

Prihvatljiva ili dopuštena neoština slike je jako relativan pojam, jer bi ono što na slici većeg formata (od 9×12 naviše) još može da se smatra kao potpuno oštro, za negativ malog formata slike bilo, s obzirom na docnije jako povećavanje, još potpuno neoštro; a i kod istog formata mogu zahtevi odnosno oštine slike da budu različiti (na pr. kod umetničkog portreta ili kod tehničkog snimka).



Sl. 20.

Sa gledišta teoriske optike je za minimalni iznos prihvatljive neoštine merodavna takozvana oština vida, uslovljena fiziološkom strukturom očne mrežnjače ili retine koja se u području žute mrlje oka, kao najosetljivijeg dela mrežnjače, sastoji iz pravilno raspoređenih resica šestougonaog oblika u veličini od oko 0,004 mm (sl. 20.). Stoga



Sl. 21.

Oština vida

naše oko samo onda razlikuje dve tačke kao odvojene, kad su njihovi na mrežnjači obrazovani likovi odvojeni najmanje jednom šestougonaom resicom. Vidni ugao pod kojim naše oko ove dve tačke još opaža kao odvojene, naziva se oština vida (sl. 21.), a taj iznosi po Helmholtz-u za normalno oko u najpovoljnijem slučaju $\mu = 1'$ ili $\mu = 1/3438$, što se približno slaže i sa računskim rezultatima na osnovu dvostrukog rastojanja resica 0,008 i prosečne žižne daljine očnog sočiva 22,8 mm, t. j.

$$\hat{\mu} = \frac{0,008}{22,8} = \frac{1}{2850}$$

Kod dvostrukog gledanja paralelnih crta povećava se ova oština vida čak na $15''$, dok kod smanjenja naprezanja oka može da padne na $\mu = 2'$ do $3,5'$ ili $\hat{\mu} = 1/1719$ do $1/980$.

Slika 21. dalje pokazuje da minimalno rastojanje dveju tačaka koje naše oko baš još opaža kao odvojene tačke, zavisi od daljine posmatranja, a određeno je kao linearna oština vida izrazom

$$\Delta = d \cdot \mu$$

Na osnovu gornjeg odnosa izračunate linearne oštine vida, koje su istovremeno i mera za dopuštenu neoštinu slike, navedene su u tabeli V različite daljine posmatranja koje praktično dolaze u obzir — samo od najpovoljnije daljine posmatranja, od 25 cm dalje.

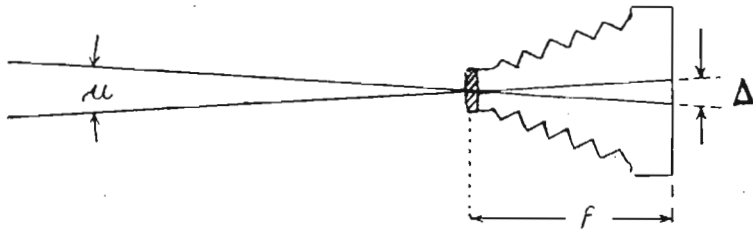
Tabela V:

Linearna oština vida u mm

Oština vida	u lučnoj meri	Daljina posmatranja u cm						
		5	12,5	20	25	50	100	150
1	$\frac{1}{3438}$	0,015	0,036	0,058	0,073	0,145	0,291	0,436
$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2292}$	0,022	0,055	0,087	0,109	0,218	0,436	0,654
2	$\frac{1}{1719}$	0,029	0,073	0,116	0,145	0,291	0,582	0,873
$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1476}$	0,036	0,091	0,145	0,182	0,364	0,727	1,091
3	$\frac{1}{1146}$	0,044	0,109	0,175	0,218	0,436	0,873	1,309
$3\frac{1}{2}$	$\frac{1}{982}$	0,051	0,127	0,204	0,255	0,509	1,018	1,527

Na osnovu ove linearne oštine vida su prvi put odredili prihvatljivu neoštinu slike, odnosno prečnik Δ dopuštenog disperzionog kruga sa određenom veličinom, na pr. 0,1 mm za obične snimke i 0,2 do 0,4 mm za portrete (po Dr. Eder-u). Pojavom malog formata slike su međutim dopuštenu neoštinu slike još snizili na $1/20$, odnosno $1/30$ mm.

Međutim dopuštena neoštrina slike niukoliko nije konstantna veličina, nego zavisi od daljine slike, odnosno od žižne daljine f fotografskog objektivu (sl. 22), gde je



Sl. 22.
Dopuštena neoštrina slike

$$\Delta = f \cdot \bar{\mu}$$

U običnoj fotografskoj praksi, a radi uprošćavanja računanja, uzima se za ugao μ okrugao broj i to danas skoro uvek

$$\bar{\mu} = \frac{1}{1000} (\mu = 1'26,9'') \text{ ili } \bar{\mu} = \frac{1}{1500} (\mu = 2'17,5'')$$

Na taj način iznosi za ocenjivanje oštine slike merodavni dopušteni prečnik disperzionog kruga

$$\Delta = \frac{f}{1000} \text{ ili } \Delta = \frac{f}{1500},$$

gde je malo f žižna daljina objektivu kojom je kod dopuštene neoštine slike posredno uzet u obzir i format slike. Na ovaj način izračunate vrednosti dopuštene neoštine slike za uobičajene žižne daljine navedene su u tabeli VI.

Tabela VI:

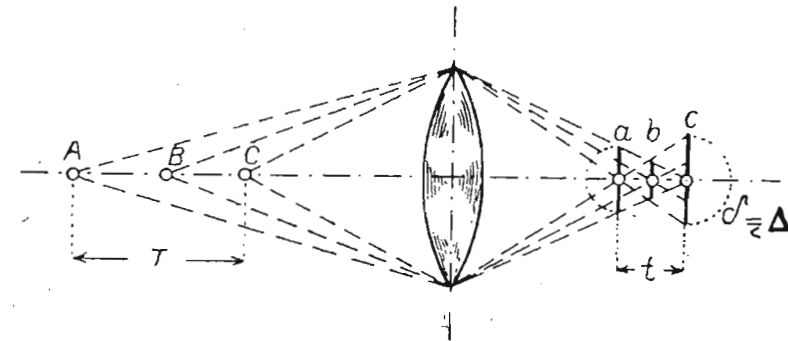
Dozvoljena neoštrina slike u mm.

Prečnik disperzionog kruga	Žižna daljina objektivu u cm							
	5	7,5	10,5	12	13,5	15	18	20
$\Delta = f/1000$	0,050	0,075	0,105	0,120	0,135	0,150	0,180	0,200
$\Delta = f/1500$	0,033	0,050	0,070	0,080	0,090	0,100	0,120	0,133

Dopuštena neoštrina fotogrametrijskih snimaka određena je, s obzirom na njihovu svrhu, nezavisno od žižne daljine, na osnovu moći

razlaganja negativske emulzije (o čemu će biti govora u dotičnom poglavlju), koja iznosi za zemaljske emulzije oko 0,02 mm, a za avionske oko 0,03 mm.

U smislu gornjih razmatranja je dakle odnosna dubina slike promenljiva veličina koja zavisi od prihvatljive neoštine, t. j. od dopuštenog prečnika disperzionog kruga (sl. 23). Tri tačke A, B i C nekog



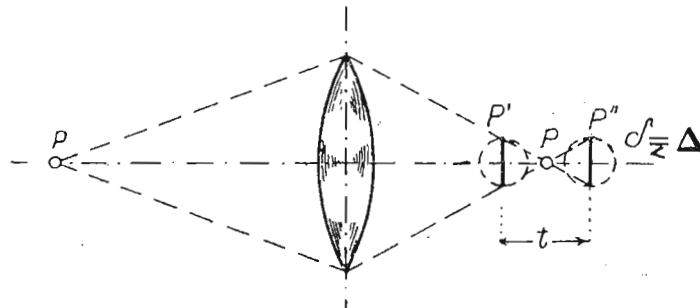
Sl. 23.

T — dubina objekta; t — dubina slike

objekta obuhvataju u prostoru dubinu T, na slici međutim njihovi optički likovi a, b i c imaju dubinu t. Potpuna oštrina može da se postigne samo za jednu tačku, dok svetlosni konusi drugih dveju tačaka obrazuju na ravni slike disperzione krugove ili nerazložene pege. Da bi se i druge dve tačke još »dovoljno oštro« ocrtale, prečnik δ najvećeg disperzionog kruga ne sme da bude veći od dopuštene neoštine slike, odnosno od prečnika Δ dopuštenog disperzionog kruga.

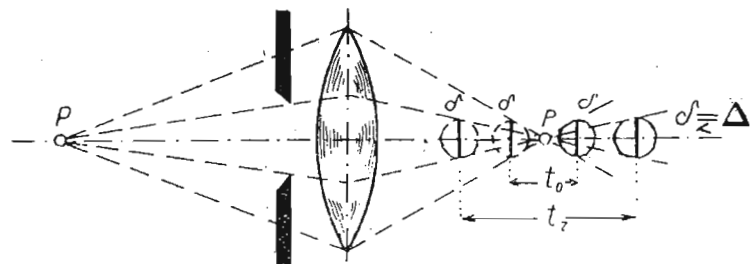
Ako je dakle pri obrazovanju optičkog lika ispunjen navedeni uslov $\delta \approx \Delta$, onda će na mutnom staklu, odnosno na emulziji, da se ocrtavaju likovi svih triju tačaka A, B i C, uprkos njihovom položaju u prostoru, sasvim oštro za naše oko. U tom smislu dopuštenu dubinu t na slici nazivamo dubinskom oštrinom koju u praksi navodimo neposredno sa odnosnom prostornom dubinom T u metrima. Tako navodimo da nekom relativnom otvoru objektivu, pri doterivanju na određenu razdaljinu, pripada dubina T od 6 do 10,5 m, to znači da se dovoljnom oštrinom na slici ocrtavaju svi predmeti koji se nalaze u tom delu prostora. Istovremeno vidimo iz gornjih razmatranja da u opsegu tog dela prostora leži još i ravan najveće oštine. Ako se naime za neki predmet traži optimalna oštrina, onda mora doterivanje oštine svakako da se izvrši neposredno na njegovo otstojanje. Iskorišćavanje pojave oštine u dubinu neophodno je u svima onim slučajevima u kojima fotografska slika mora da obuhvati veći prostorni objekat ili veću dubinu prostora.

Ali i kod pojedine tačke imamo pojavu dubinske oštine (sl. 24.). I za pojedinu tačku postoje ravan najoštrijeg ocrtavanja i prednja i zadnja granica neoštine, dakle neka dubina u slici u čijem opsegu se tačka ocrtava dovoljnom oštrinom. To područje dubinske oštine olakšava nam doterivanje, ako udaljenost nije dovoljno tačno poznata ili ako se objekat kreće.



Sl. 24.
Disperzioni krugovi

Ako diafragmom smanjimo otvor objektiva, suzi se i snop svetlosnih zraka (sl. 25.), usled toga se smanji i prečnik disperzionih krugova, smanji se dakle i neoština. Ravni u kojima prečnik disperzionih krugova postigne dopuštenu granicu, odmaknu se još dalje od ravni maksimalne oštine, tako da se to kod celog otvora poveća na dubinsku oštrinu t kod upotrebe diafragme. Ova dubinska oštrina t utoliko će se međutim više povećati, što god se više otvor diafragme suzi. Upotreba



Sl. 25.
Utica j diafragme na dubinu slike

diafragme povećava dakle dubinsku oštrinu i omogućuje optičko oštro uobličavanje bitno dubljeg prostora. Baš u ovom pogledu je diafragma još većeg i odlučnijeg značaja, nego li samo za regulisanje trajanja ekspozicije; jer produženje ekspozicije, zbog smanjenja diafragme, u

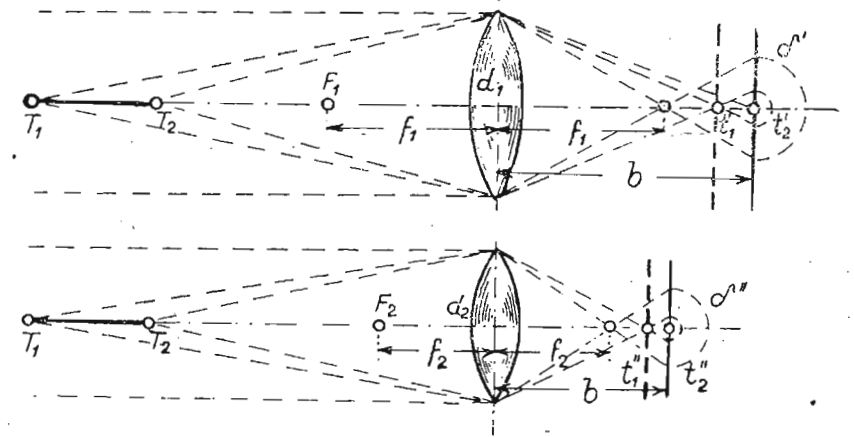
svrhu postizavanja željene dubinske oštine, smatramo u fotografskoj praksi više kao neizbežno zlo, nego li kao potrebu.

C. Odnos između žižne daljine i dubinske oštine

Na opseg dubinske oštine utiče međutim i žižna daljina objektiva. Da bismo utvrdili taj uticaj posmatrajmo dva objektiva sa stvarnim prečnicima d_1 i d_2 i žižnim daljinama f_1 i f_2 , čiji relativni otvori

$$\frac{d_1}{f_1} \text{ i } \frac{d_2}{f_2}$$

su jednaki (sl. 26.). Objekat ima u oba slučaja istu dubinu $T_1 T_2$ kojoj pripada na slici dubina $t_1' t_2'$, odnosno $t_1'' t_2''$.



Sl. 26.
Utica j žižne daljine na prečnik disperzionog kruga

Disperzioni krug za ivične svetlosne zrake, paralelne sa optičkom osom, ima u ravni slike tačke t_2' prečnik δ' i na osnovu sličnih troglova dobijamo odnos

$$d_1 : f_1 = \delta' : b - f_1$$

Pošto je po recipročnoj formuli razdaljina lika

$$b = \frac{af_1}{a - f_1},$$

imamo

$$b - f_1 = \frac{af_1}{a - f_1} - f_1 = \frac{af_1 - af_1 - f_1^2}{a - f_1} = \frac{f_1^2}{a - f_1}$$

dakle

$$d_1 : f_1 = \delta' : \frac{f_1^2}{a - f_1},$$

odnosno

$$\delta' = \frac{d_1 f_1^2}{f_1 (a - f_1)} = \frac{d_1 f_1}{a - f_1}$$

Pošto je obično razdaljina a objekta vrlo velika u odnosu na žižnu daljinu f_1 iznosiće prečnik disperzionog kruga

$$\delta' = \frac{d_1 f_1}{a} = \frac{d_1 f_1^2}{f_1 a}$$

Pošto je $\frac{d_1}{f_1} = \frac{1}{n_1}$, t. j. relativnom otvoru objektiva, biće najzad-

$$\delta' = \frac{f_1^2}{n_1 \cdot a}$$

Prečnik disperzionog kruga je dakle utoliko manji, odnosno dubinska oštrina utoliko veća, što god je kraća žižna daljina, što god je manji relativni otvor i što god je veća razdaljina objekta. Bez obzira na razdaljinu objekta dubinska oštrina zavisi dakle samo od svetlosne jačine i žižne daljine objektiva, dok druge optičke osobine uopšte ne utiču na dubinsku oštrinu objektiva. Svi objektivi istog relativnog otvora i iste žižne daljine imaju dakle istu dubinsku oštrinu. Često izraženo tvrđenje da ima ova ili ona optika izvanredno veliku dubinsku oštrinu, sasvim je neopravdano i pogrešno.

Analogno tome iznosi prečnik disperzionog kruga δ'' za drugi objektiv relativnog otvora $1 : n_2$

$$\delta'' = \frac{f_2^2}{n_2 \cdot a}$$

Pod uslovom da je razdaljina objekta ista i da je isti relativni otvor oba objektiva ($n_1 = n_2$) imamo dakle odnos

$$\delta' : \delta'' = f_1^2 : f_2^2$$

Prečnici disperzionih krugova, odnosno neoštrina, su dakle pravo srazmerni kvadratu žižne daljine objektiva.

U tome se sastoji veliko preimućstvo objektiva kratke žižne daljine, koji se upotrebljuju kod kamera malog formata slike. Po gornjoj formuli imaju — u poređenju sa objektivima duge žižne daljine — mnogo veću dubinsku oštrinu i manje su osetljivi odnosno doterivanja oštrine. Pri istoj svetlosnoj jačini obuhvataju dakle objektivi kratke žižne daljine veću dubinu prostora nego li objektivi duge žižne daljine.

Iz gornje formule za prečnik disperzionog kruga vidimo, da se poboljša dubinska oštrina za udaljene predmete. Ako se naime objekat pomeri u ∞ , onda postane $\delta = 0$. U tom slučaju oštra slika dođe u žižu objektiva i dubina predmeta postane beznačajna za oštrinu slike.

Postoje međutim objektivi koji prividno imaju bolju dubinsku oštrinu. Ta činjenica se osniva na slabijoj celokupnoj korekciji objektiva. Ako je naime disperzioni krug veći, neoštrina usled dubine objekta ne opaža se u tolikoj meri kao kod kvalitativno najboljeg objektiva (sa što potpunijom korekcijom manja sočiva). Stoga se kod jeftinih fotografskih kamera odričemo mogućnosti doterivanja razdaljine i upotrebljavamo takozvanu optiku sa fiksnom žižom; u tom slučaju otpada ma kakvo doterivanje oštrine, jer celokupna i opšta neoštrina pokriva neoštrinu dubine. — Iz istog razloga imaju i sve fotogrametrijske kamere, s obzirom na veliku udaljenost objekta (bez obzira na to, da je potrebna i stalna unutrašnja orijentacija zrakova koji obrazuju sliku) uvek fiksnu žižu.

Opseg dubinske oštrine može i brojno da se izračuna za svaki objektiv, za svaki relativni otvor i za svaku postavljenu razdaljinu (o tome u poglavlju o fotografskom snimku).

III. ZAPORI

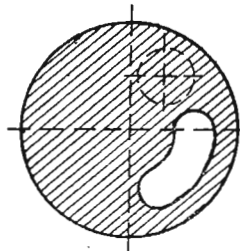
Drugi važan sastavni deo fotografskog aparata je zapor koji služi za odmeravanje svetlosti koja pada na emulziju osetljivu na svetlost. Po svrsi i načinu konstrukcije razlikujemo razne vrste zapora.

1. ZAPOR — POKLOPAC

Zapor — poklopac, iz tvrde crne kože, je najprostija vrsta zapora i u svrhu eksponiranja rukom se skine i natakne na okvir objektiva. Pošto se ovim zaporom pri eksponiranju rukuje sasvim slobodnom rukom, moguće su kao najkraće ekspozicije samo 1 sekunda do najviše $\frac{1}{2}$ sekunde. Za vremenske ekspozicije to je najjevtiniji i najpouzdaniji zapor.

2. ROTACIONI ZAPOR

Rotacioni zapor je pred objektivom ugrađena, oko središta pokretljiva okrugla pločica iz crnog lima, sa izreskom nešto većim od apsolutnog otvora objektiva (sl. 27.). Za tu pločicu vezana je opruga koja



Sl. 27.

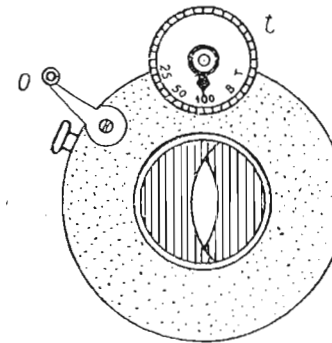
Rotacioni zapor

se nategne pomoću polužice za okidanje. Pri okidanju opruga potera pločicu sa izreskom mimo objektiva (momentni snimak). Pritiskom na opružicu u suprotnom pravcu pomeri se izrezak u suprotnom pravcu kazaljke na satu i dotle stoji pred objektivom, dokle traje pritisak na opružicu (vremenski snimak). Rotacioni zapori se dakle natežu i

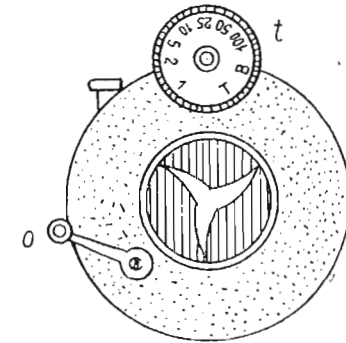
okidaju jednim samim pokretom, t. j. pritiskom na opružicu. Ovakvi zapori upotrebljuju se uvek kod boks kamera, a omogućuju samo proizvoljne vremenske i momentne ekspozicije od približno $\frac{1}{25}$ sekunde; ma kakvo regulisanje momentne ekspozicije je kod običnih rotacionih zapora sasvim isključeno.

3. CENTRALNI ZAPORI

Centralni zapori — nazvani tako, jer se otvaraju od sredine objektiva — sastoje se iz dveju (sl. 28a) ili iz triju limenih lamela (sl. 28b) i obično su ugrađeni između sastavnih sočiva objektiva. Kod ovih zapora moguće je postavljanje ili na proizvoljne vremenske



Sl. 28a



Sl. 28b

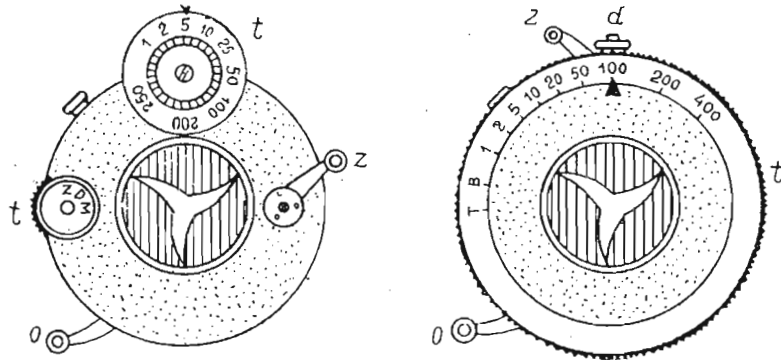
Automatski zapori: O — okidač; t — vremenski točkić

ekspozicije ili na momentne ekspozicije, koje mogu da se regulišu od 1 sekunde do $\frac{1}{100}$ ili do $\frac{1}{250}$ sekunde, izuzetno čak i do $\frac{1}{400}$ sekunde. Pri okidanju zapora otvore se lamele od sredine prema ivici objektiva i kad prođe postavljeno vreme ekspozicije opet se zatvore sa ivica prema sredini objektiva. Usled centralnog otkrivanja objektiva omogućeno je — suprotno rotacionom zaporu — naročito kod trolamelnih zapora, što brže otkrivanje celog otvora objektiva i vrlo brzo učestvovanje ivičnih zona u eksponiranju. Na taj način omogućeno je mnogo ravnomernije eksponiranje preko celog sloja emulzije i postignuta je veća efikasnost zapora.

Odnosno načina konstrukcije razlikujemo, bez obzira na broj lamela, takozvane automatske i kompurske zapore. Automatski zapori (sl. 28a i b) se istovremeno nategnu i okidaju, usled čega imaju samo opružicu za okidanje rukom, odnosno otvor za stavljanje opružastog okidača. Postavljanje vremenske odnosno regulisanje momentne ekspozicije vrši se na vremenskom točkiću. Pošto kod automatskih zapora ručnom polužicom za okidanje, koja nategne oprugu duž svog kratkog

puta pred samo okidanje, ne može da se savlada veće zatezanje opruge, automatski centralni zapori omogućuju samo momentne ekspozicije do 1/100 sekunde. U vrstu automatskih zapora spadaju: »Vario«, »Embezet«, »Pronto«, »Derval«, »Telma« i t. d. (s momentnim ekspozicijama 1/25 i 1/100 sekunde), dalje »Ibsor«, »Klio« i t. d. (s momentnim ekspozicijama 1, 1/2, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50 i 1/100 sekunde).

Kod kompurskih zapora vrše se vremenske ekspozicije, kao kod automatskih zapora, neposredno pritiskom na polužicu za okidanje. Za momentne ekspozicije posebna opruga, koja pre svake ekspozicije mora da se nategne naročito polugom, pokrene lamele. Stoga imaju kompurski zapori uvek dve polužice, jednu za natezanje i jednu za okidanje (sl. 29a i b). Trajanje momentne ekspozicije se reguliše — slično kao kod automatskih zapora — gornjim vremenskim točkićem (sl. 29a), pošto se prvo bočni točkić postavi na indeks M (na indeks D ili B se postavlja za vremenske ekspozicije, a kod indeksa T ili Z ostane zapor po pritisku na polužicu za okidanje otvoren do ponovnog pritiskivanja



Sl. 29a i 29b

Kompurski zapori (automatski)

O — okidač; t — vremenski točkić; z — zapinjač; d — dugme automatskog okidača

na nju, kada se opet zatvori). Novije konstrukcije kompurskih zapora međutim nemaju dva vremenska točkića, nego se momentne i vremenske ekspozicije postavljaju pomoću vremenskog obruča (sl. 29b) koji se kreće oko okvira zapora.

Pri upotrebi kompurskih zapora važno je, da se trajanje momentne ekspozicije postavi pre natezanja zapora (osobito kod ekspozicija ispod 1/100 sekunde). Pomoću vremenskog obruča mogu da se postave i proizvoljne prelazne ekspozicije (na pr. 1/75 sekunde između 1/50 i 1/100 sekunde), što je međutim moguće samo za ekspozicije do 1/100 sekunde; preko 1/100 sekunde nije moguće postavljanje prelaznih ekspozicija.

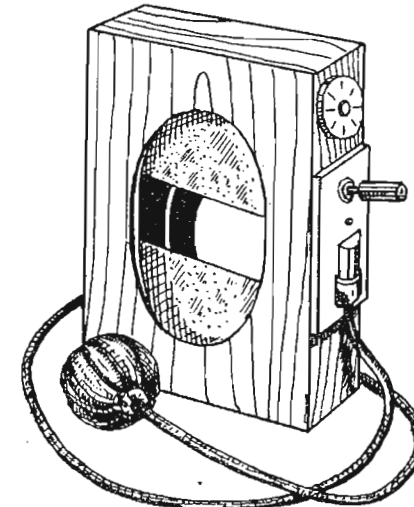
Neke konstrukcije kompurskih zapora opremljene su i takozvanim automatskim okidačem (sl. 29b) koji mehanizmu po okidanju daje još

hod na prazno od približno 15 sekundi, pa se tek onda, za ekspoziciju, zapor otvori, odnosno okine. Automatski okidač se uključi na taj način što se zapor — kao obično — nategne polužicom za natezanje do dugmeta automatskog okidača, onda se to dugme potisne ustranu, tako da se polužica za natezanje pomakne dalje, čime se nategne i automatski okidač. Samo se po sebi razume da je automatski okidač upotrebljiv samo kod momentnih ekspozicija i to samo kod ekspozicija do 1/100 sekunde.

Najvažniji i najčešći pretstavnik te vrste zapora je »Compur« firme Friedrich Deckel (München) koji se izrađuje u više vrsta: »Compur Nr. II« s momentnim ekspozicijama do 1/300 sekunde, »Compur Nr. OO, O i I« (sl. 29a) sa ekspozicijama do 1/250 sekunde, »Compur-S Nr. O i I« sa automatskim okidačem i »Compur-Rapid« (sl. 29b) s momentnim ekspozicijama do 1/400 sekunde, kod kamera malog formata slike čak i do 1/500 sekunde.

4. ZAVESNI ZAPOR

Zavesni zapor se sastoji iz drvenog okvira s okruglim otvorom u sredini obeju strana, u kome se u svrhu osvetljavanja (ekspozicije) kreće zavesa (dvodelna iz guste crne svile) sa vodoravnim prorezom



Sl. 30.

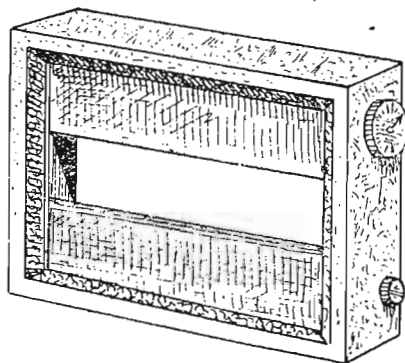
Zapor sa zavesom

nepromenljive širine (sl. 30.). Ovaj odvojeni zavesni zapor, koji je bio prva upotrebljiva konstrukcija zapora za postizavanje kratkih ekspozicija, natakne se na prednju stranu okvira objektiva. Pri ekspoziciji

zavesu kreće opruga, čija nategnutost može da se postavi na vremenske ili na momente ekspozicije sa maksimalnom brzinom od 1/50 sekunde. Ova opruga zato mora pre svake ekspozicije da se navije bočnim dugmetom za natezanje. Zapor se okida ili pneumatičnim ili opružastim okidačem. Zavesni zapor se upotrebljava samo kod kamera većeg formata sa izmenljivim objektivima; za koje je zbog mogućnosti premeštanja dovoljan samo jedan zapor.

5. ZAPORI NA RAZREZ

Zapor na razrez se razvio iz zavesnog, a razlikuje se od njega po tome što je tkaninasta zavesa (kod kamere »Leica« preparirana kaučukom) ili čak i metalna zavesa (kod kamere »Contax« sastavljena iz uskih limenih lamela) premeštena pred sam sloj emulzije; pored toga može, za menjanje dužine ekspozicije, još i širina razreza da se menja. Stoga je zavesa sa razrezom ugrađena u zadnjoj strani kućice fotografske

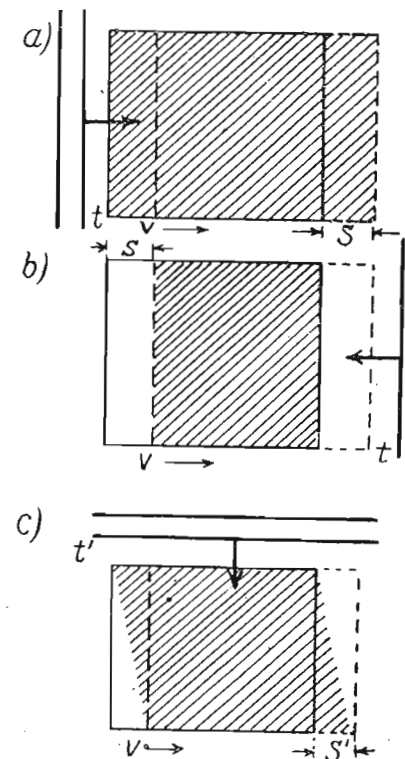


Sl. 31.
Zapor na razrez

kamere (sl. 31.), tako da razrez pri okidanju velikom brzinom, u vertikalnom ili u horizontalnom pravcu, ošine mimo emulzije. Zapor na razrez dakle osvetli sloj emulzije u pojasevima, duž njene visine ili duž njene širine. Pojedini delovi sloja emulzije bivaju dakle osvetljeni postepeno, po pojasevima, dok se kod drugih zapora osvetli ceo sloj odjednom. Pošto dejstvuje od početka osvetljavanja puni otvor objektiva, potpuno je iskorišćena sva svetlost koja ulazi kroz objektiv; a kod svih drugih zapora deluje u trenutku otvaranja, odnosno zatvaranja objektiva, samo deo njegovog otvora.

Trajanje ekspozicije, koje može da se podesi kako za vremenske tako i za momentne ekspozicije, zavisi od natezanja opruge. Od najduže momentne ekspozicije 1/3 sekunde moguće su, sužavanjem

razreza (do 2 mm širine) i iskorišćivanjem najveće zategnutosti opruge, momentne ekspozicije do 1/1000 sekunde — kod najboljih konstrukcija čak i do 1/2000 sekunde. Stoga zapor na razrez između svih vrsta zapora omogućuje najkraće momente ekspozicije. Zbog te osobine uvek se ovaj zapor upotrebljuje kod takvih fotografskih kamera, koje su namenjene za sportsku i reportažnu fotografiju (t. j. kod refleksnih kamera sa jednim objektivom i kod najboljih kamera malog formata slike).



Sl. 32.
Preformacija slike kod zapora na razrez

Pri snimanju objekata u vrlo brzom pokretu dolazi kod zapora na razrez, zbog postepene i vremenski uzastopne ekspozicije po pojasevima, do unakaženog ocrtavanja objekta. Način i prirodu pogrešnog ocrtavanja objasnio nam sledeće razmatranje: za vreme t za koje pređe razrez zapora stranu formata, pomeri se objekat na slici za dužinu s . Ako se pomeranje razreza vrši paralelno kretanju, slika objekta će biti duža za dužinu s (sl. 32a); a ako se razrez kreće u pravcu

suprotnom kretanju objekta, slika će biti kraća za dužinu s (sl. 32b). Ako se razrez kreće popreko na pravac kretanja objekta, onda se gornja ivica slike pomeri prema donjoj s' (sl. 32c), pri tome je s' prema s kraće u odnosu strana formata, imajući u vidu činjenicu da je vreme kretanja razreza duž kraće strane kraće prema kretanju duž duže strane.

I u jednom i u drugom slučaju slika je izopačena; u prva dva slučaja ostaju na slici očuvani pravi uglovi i vertikale, a u trećem slučaju su pravi uglovi iskrivljeni i vertikale kose. Ako bi se pri slikanju kao objekat snimanja kretala kvadratna ploča, ona bi se u prvom slučaju na slici ocrtala kao izdužen pravougaonik, u drugom slučaju kao uspravan pravougaonik, a u trećem slučaju kao romb. Analogno izopačavanje nastupilo bi i pri snimanju kružne površine u pokretu (uzdužna, uspravna, odnosno kosa elipsa).

U običnoj sportskoj fotografiji ovo izopačavanje dosta je beznačajno i često se i ne opaža. Kod snimaka koji služe za premeravanje (t. j. kod takozvanih fotograma), treba međutim svakako imati u vidu ovu pojavu izopačavanja. Stoga je upotreba zavora na razrez kod fotoografskih snimaka u geodetske svrhe potpuno nemogućna, a jedino je umerena upotreba centralnog zavora, ma da ovim dosada nisu mogle da se postignu tako kratke momentne ekspozicije kao zavorom na razrez.

DRUGO POGLAVLJE

NEGATIVSKI MATERIJAL

I. OBLICI I FORMATI NEGATIVSKOG MATERIJALA

Sloj osetljiv na svetlost, ili emulzija, prostrt je po staklenoj ili celuloidnoj podlozi. Prema toj podlozi, kao nosiocu sloja emulzije, razlikujemo negativski materijal u obliku ploča ili filmova.

1. PLOČE

Odnosno sastava i načina izrade emulzije imamo mokre i suve ploče. Mokre ploče moraju da se izrade od slučaja do slučaja, jer su upotrebljive samo u svežem (mokrom) stanju. Suve ploče se međutim izrađuju u industriskom obimu i zbog svoje postojanosti su dugo vremena upotrebljive. Prodaju se u kartonskim kutijama po 6 ili po 12 komada u formatima navedenim u tabeli VII (austriške i nemačke norme). Dimenzije ploča su kod manjih formata obično sečene za 1 mm kraće, a kod velikih formata za 2 mm kraće od navedenog formata, da bi ploča lakše mogla da se stavi u kasetu. Debljina stakla iznosi kod manjih formata 0,8 do 1,2 mm, a kod velikih formata 1,3 do 2 mm. Debljina sloja emulzije iznosi kod mokrih ploča 0,027 mm (0,011 u osušenom stanju), kod suvih ploča prosečno 0,018 do 0,022 mm, a kod fotomehaničkih ili diapozitivnih ploča 0,014 do 0,016 mm.

2. FILMOVI

Kao nosilac sloja upotrebljavani celuloidni ili nitrofilm je prema svom hemiskom sastavu uglavnom tetranitro-celuloza (celuloza-tetranitrat); obično su celuloidnoj masi dodati još kamfor ili druga slična zamena i supstance za povećavanje gipkosti (glicerina, ricinusovo ulje i t. d.).

Upotrebljivi rastvarači ili lepkovi za nitro-celulozu su smesa alkohola i etra, amil-acetat, aceton i t. d.

Celuloid služi kao podloga isključivo samo za suhu emulziju srebro-bromida. Prema pločama ima veliko preimućstvo, da je primetno lakši (kod istog formata iznosi njegova težina samo oko $\frac{1}{4}$ težine ploča), da je nelomljiv i da zauzima manju zapreminu. Nedostatak mu je međutim u tome, što se film posle negativskog procesa nešto skupi, zbog čega treba kod fotograma da se ima u vidu ovo skupljanje (regularno skupljanje 1 do 3% pored neznatnog iregularnog skupljanja).

Prema formatu i svrsi upotrebe filmova razlikujemo tri oblika filmskog negativskog materijala:

Tabela VII:

Formati ploča

Razred formata	Dimenzije cm	Primedbe
Prvenstveni formati	4,5 × 6	
	6 × 9	
	6,5 × 9	
	9 × 12	
Veliki formati	10 × 15	Vizit format
	13 × 18	Format razglednice
	18 × 24	Veliki kabinet format
	24 × 30	
	30 × 40	
	40 × 50	
Naročiti formati	50 × 60	Engleski format $\left\{ \begin{array}{l} 2\frac{1}{2}'' \times 3\frac{1}{2}'' \\ 3\frac{1}{4}'' \times 4\frac{1}{4}'' \end{array} \right.$ Diapozitivi
	6,3 × 8,9	
	8,3 × 10,8	
	8,5 × 8,5	
	8,9 × 10	
	12 × 16,5	Kabinet format

1. Ravni (plan) filmovi služe kao zamena za ploče i izrađuju se u istim normiranim formatima kao i ploče. Takođe se i prodaju u kutijama po 6 ili po 12 komada i za snimanje se stavljaju na isti način u kasete kao i ploče. Upotrebljuju se međutim mnogo manje nego ploče.

Debljina filma iznosi 0,2 do 0,3 mm, a debljina sloja emulzije je oko 0,02 mm.

Tabela VIII:

Formati namotanih filmova

Označavanje	Format cm	Broj snimaka	Primedbe
Normalni kino-film	2,4 × 2,4	50	Kao patrona uložak ili seceni film
	2,4 × 3,6	36	
A	3 × 4	16	
	4 × 4	12	
	4 × 6,5	8	
N	5 × 7,5	6	
Bl	6 × 6	6	
BII	4,5 × 6	16	
	6 × 6	12	
	6 × 9	8	
620	6 × 9	8	Metalni kalem
D	6,5 × 11	8	
M	7,25 × 12,5	6	
Op	7,5 × 10,5	6	
E	8 × 10,5	6	Razlika u kalemu
F	8 × 10,5	6	
G	8 × 14	6	
H	9 × 9	6	Razlika u kalemu
I	10 × 12,5	6	
K	10 × 12,5	6	
L	12,5 × 10	6	

2. Složeni filmovi. Složeni film se sastoji iz kartonskog zavoja nepropustljivog za svetlost, u kome je na naročiti način složeno 12 listova filma. Složeni film je takođe zamena za ploče i dobija se u svima uobičajenim formatima od 4,5 × 6 cm do 13 × 18 cm. Debljina filma iznosi 0,08 do 0,13 mm, a debljina sloja emulzije oko 0,015 do 0,02 mm.

Suprotno ravnom filmu, može složeni film da se upotrebi samo u naročitoj kaseti, u kojoj se svaki list filma po ekspoziciji povuče ka poleđini kasete. Radi toga je kartonski zavoj složenog filma pregrađen na dva dela. U prednjem je složeno 12 listova filma, svaki spojen sa crnom hartijom iste širine, koja štiti sledeći list filma od svetlosti. Jedan kraj te hartije proviruje u obliku jezička na gornjem kraju druge pregrade. Kad povučemo taj jezičak, sklizne osvetljeni film preko tankog vretena u donjem delu u zadnju pregradu, istovremeno se otkrije sledeći list filma, a izvučeni deo crne hartije se otkine. Zavoj složenog filma je tako podešen, da može na dnevnoj svetlosti da se stavi u kasetu i izvadi iz nje, dok se ploče ili ravni filmovi stavljaju odnosno vade samo u mračnoj komori. Kod složenog filma postoji još i mogućnost da se osvetljeni filmovi, radi izazivanja, mogu u mračnoj komori izvadi iz kasete, dok neosvetljeni ostaju za dalju upotrebu u kaseti.

Nedostatak ovih složenih filmova je u tome, da su prosečno za 50% skuplji od ploča i da nije uvek sigurno da u kaseti leže sasvim ravno, što naravno može da bude na štetu oštine fotografske slike.

3. **Namotani filmovi.** Namotani film je na kalemu namotana celuloidna traka, duga 40 do 160 cm, prevučena emulzijom srebro-bromida, a dužina je odmerena za 6 do 36, najviše za 50 snimaka. Namotani film za kamere malog formata slike (t. j. formata 24×36 mm ili 24×24 mm) ima oblik normalnog kino filma; perforisan je na ivici i nikad nije pod njega podmetnuta hartija. Njegova celokupna širina normirana je na 35 mm, a razmak rupica perforacije na 4,75 mm. Kao materijal za snimanje kod kamera malog formata slike, prodaje se u komadima od 1,60 m dužine, koji u mračnoj komori mogu da se stave u naročitu okruglu kasetu, ili se prodaje u obliku patrona, koje se stavljaju u kasete na dnevnoj svetlosti, ili se prodaje već stavljen u kartonske kasete. Ove kasete napunjene filmom mogu na dnevnoj svetlosti da se stave u kameru ili izvade iz nje.

Za kamere od formata 3×4 cm naviše prodaje se film namotan na naročiti kalem. Duž celog filma podmetnuta je traka od hartije, koja je na spoljašnjoj strani crvena, a na unutrašnjoj crna. Ta traka seže još za priličnu dužinu preko oba kraja filma, tako da je film pre prvog i posle poslednjeg snimka zaštićen od uticaja svetlosti i može na dnevnoj svetlosti da se stavi u kameru i vadi iz nje.

Na evropskom kontinentu uobičajeni formati namotanih filmova i njihovo trgovačko označavanje navedeni su u tabeli VIII.

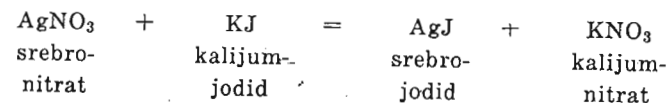
Celuloid namotanih filmova ima debljinu 0,08 mm, a sloj emulzije 0,015 do 0,02 mm.

II. SUPSTANCE OSETLJIVE NA SVETLOST

Priroda nam pruža srazmerno mali broj supstancu, koje imaju osobinu da se pod uticajem svetlosti menjaju i razgrađuju. Pored toga osetljivost na svetlost mora da bude srazmerno velika, da bi te supstance bile praktično upotrebljive za fotografske svrhe. Ovu osobinu pokazuju razne srebrove soli, od kojih su za fotografsku tehniku najvažnije srebro-jodid, srebro-bromid i srebro-hlorid. Ove tri soli nazvane su zajedničkim imenom »halogenidi srebra«, jer elementi jod, brom i hlor spadaju u grupu takozvanih halogena.

1. SREBRO-JODID

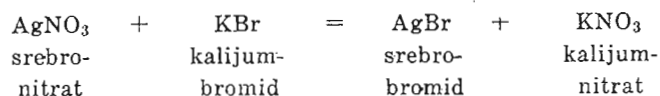
Srebro-jodid se stvara kada se rastvor srebro-nitrata pomeša sa rastvorom nekog jodida (na pr. kalijum-jodida) u obliku žućkasto belog taloga, nerastvorljivog u vodi, alkoholu i etru — u smislu hemiske jednačine:



Srebro-jodid je na svetlost osetljivi sastojak emulzije za mokre ploče. Izložen svetlosti potamni samo neznatno, ima međutim vrlo veliku latentnu osetljivost koja dolazi do izražaja naročito kod fizičkog izazivanja. Osetljivost na svetlost srebro-jodida još se bitno povećava u prisustvu nekog hemiskog senzibilizatora (na pr. srebro-nitrata). Srebro-jodid su, kao supstancu osetljivu na svetlost, upotrebljavali u fotografiji već kod dagerotipija. Docnije je bio osnova kolodijumovog postupka i još danas je nezamenljiv kod mokrih ploča reprodukcione tehnike. Pošto se srebro-jodid vrlo lako rastvara u rastvoru natrijum-tiosulfata (fiksirnatrona) ili kalijum-cijanida, upotrebljuju se te dve supstance, kod kolodijumovog postupka (mokre ploče), kao sredstvo za fiksiranje.

2. SREBRO-BROMID

Ako dodamo rastvoru srebro-nitrata rastvor nekog bromida (na pr. kalijum-bromida), onda se stvara u smislu jednačine:

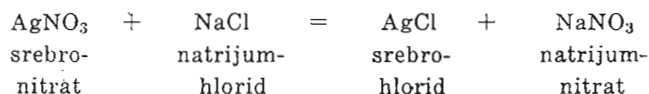


srebro-bromid kao žućkasto beli pahuljast talog, nerastvorljiv u vodi, alkoholu i etru; ali vrlo lako rastvorljiv u rastvoru natrijum-tiosulfata.

Srebro-bromid potamni samo na vrlo jakoj svetlosti, ima međutim vrlo veliku latentnu osetljivost; naročito kod naknadnog hemiskog izazivanja. Srebro-bromid je danas glavna supstanca osetljiva na svetlost takozvanih suvih ploča koje se uglavnom upotrebljuju kao negativski materijal u amaterskoj, profesionalnoj i naučnoj fotografiji. Za tu svrhu ga naročito osposobljava osobina, da je emulzija srebro-bromida mnogo postojanija i 20 do 30 puta osetljivija na svetlost nego srebro-jodid mokrih ploča.

3. SREBRO-HLORID

Pri mešanju rastvora srebro-nitrata i rastvora nekog hlorida (na pr. natrijum-hlorida) izdvaja se beličast srebro-hlorid po hemiskoj jednačini:



Srebro-hlorid se u vodi, alkoholu i u etru ne rastvara, ali se rastvara u rastvoru kalijum-cijanida ili natrijum-tiosulfata, a i u amonijaku (dok se srebro-jodid i srebro-bromid ne rastvaraju u amonijaku).

Pod uticajem svetlosti srebro-hlorid brzo i vidljivo potamni, naročito u prisustvu srebro-nitrata u višku ili neke organske supstance (na pr. papira, želatine i t. d.); ove supstance tu dejstvuju kao hemiski senzibilizatori. Intenzivno tamnjenje srebro-hlorida na svetlosti i njegova manja osetljivost na svetlost u poređenju sa srebro-jodidom i srebro-bromidom, osposobljavaju ga prvenstveno za pozitivski postupak kopiranja.

III. EMULZIJE OSETLJIVE NA SVETLOST

U toku navedenih prostih hemiskih reakcija izdvajaju se kako srebro-jodid i srebro-bromid, tako i srebro-hlorid u obliku grudvica kojima ne može neposredno da se premaže staklena ploča ili celuloid. Stoga treba proces stvaranja na svetlost osetljive supstance da se odigra u nekoj providnoj i lepljivoj masi, u takozvanoj podlozi u kojoj se halogenid srebra ne izdvaja u obliku grudvica, nego u obliku mikroskopski finih zrna. Tu žitku masu, u kojoj lebde zrna na svetlost osetljive supstance, nazivamo u fotografskoj tehnici emulzijom.

1. KOLODIJUMOVA EMULZIJA I MOKRA PLOČA

Kolodijum je rastvor praskavog pamuka u smesi alkohola i etra; u jednoj samoj od ovih dveju tečnosti praskavi pamuk se naime ne rastvara. Ovaj rastvor je bezbojan i ostavlja — razliven na staklo — kada rastvarač ispari, potpuno providnu opnicu, t. j. kolodijumov sloj.

Da bi se, pomoću ovog sloja, srebro-jodidom premazala staklena ploča, ne dodaje se srebro-jodid neposredno kolodijumu; nego se izazove stvaranje srebro-jodida u sloju tek prilikom spravljanja ploče. U tu svrhu doda se rastvoru kolodijuma (t. j. takozvanom sirovom kolodijumu)* u alkoholu rastvorljiv jodid, na pr. kalijum-jodid — čime se stvara jodirani kolodijum (koji se prodaje kao poluproizvod) crvenkasto žute boje koja potiče od oslobođenog joda iz dodatog jodida. Vrlo star jodirani kolodijum dobija tamnu crvenkasto mrku boju i daje ploče slabe osetljivosti koje rade veoma tvrdo.

Jodirani kolodijum razlije se u tankom sloju po dobro očišćenoj staklenoj ploči i ostavi se da sloj otvrdne (ne suši se). Zatim se stavi ploča, s kolodijumovim slojem nagore, u činiju sa rastvorom srebro-nitrata i to, zbog osetljivosti na svetlost, u mračnoj komori kod crvenog osvetljenja. Pri tome se stvara na svetlost osetljivi srebro-jodid i kalijum-nitrat. Odigravanje ovog hemiskog procesa može da se pozna po tome, što prvobitno providni sloj postane mlečno mutan, usled stvaranja narandžastog, u vodi nerastvorljivog srebro-jodida.

Neposredno po senzibilizaciji — pošto se ostavi da višak rastvora srebro-nitrata otkaplje — osvetlimo još mokru ploču u fotografskom aparatu. Stoga nazivamo danas takvu ploču i »mokra ploča«. Ako se naime takva ploča pre ili za vreme eksponiranja osuši, ona postaje neupotrebljiva, jer je rastvor srebro-nitrata koji se drži na površini sloja od odlučnog značaja kako pri eksponiranju, tako i pri docnijem izazivanju, što počiva na sledećoj činjenici:

Pretežna većina na svetlost osetljivih supstancija (u ovom slučaju srebro-jodid) se pri ekspoziciji redukuje, t. j. pretvori u niže hemisko jedinjenje, dakle srebro-jodid (Ag_2J_2) u srebro-jodir (Ag_2J). Pri toj promeni se dakle odvoji od srebro-jodida jod. Ako je sada, za vreme ekspozicije, prisutan rastvoren srebro-nitrat, ovaj privuče slobodni jod i veže ga. Pošto u ovom slučaju srebro-nitrat povećava osetljivost sloja na svetlost, nazivamo ga senzibilizatorom, a pošto utiče hemiskim putem, nazivamo ga hemiskim senzibilizatorom — nasuprot takozvanim optičkim senzibilizatorima koji povećavaju osetljivost emulzije za boje.

Ali ne samo u toku ekspozicije, nego i u toku izazivanja igra srebro-nitrat vrlo važnu ulogu. Pri izazivanju mokre ploče (obično gvožđe-sulfatom — zelenom galicom) redukuje izazivač srebro-nitrat na površini sloja (međutim nikoliko srebro-jodid) u metalno srebro koje se na svojstven način taloži samo na onim mestima koje je svetlost već manje ili više pogodila.

Da se taj proces zaista vrši na opisani način, dokazuje sledeći eksperiment: Ako se mokra ploča neposredno posle ekspozicije opere, čime se odvoji u vodi rastvorljivi srebro-nitrat, dok u vodi nerastvorljivi srebro-jodid ostane nepromenjen u kolodijumovom sloju; svako izazivanje ploče ostaje bezuspešno. Izazivanje je međutim odmah opet moguće, ako eksponiranu i opranu ploču pre izazivanja ponovo stavimo u rastvor srebro-nitrata. Time dobija izazivač za obrazovanje slike potrebni srebro-nitrat i može opet da izdvaja metalno srebro koje obrazuje negativ.

Slika na mokroj ploči obrazuje se dakle na kolodijumovom sloju, što vidimo i po tome da možemo prstom da je otrećemo. Stoga mora negativ na mokroj ploči posle fiksiranja, radi povećanja otpornosti, da se lakira (obično razblaženim rastvorom gumarabike).

Čim je slika izazvana, fiksira se da bi se odvojilo kako osvetljeni tako i neosvetljeni srebro-jodid. Za fiksiranje se upotrebljava natrijum-tiosulfat (fiksiratron) ili još bolje kalijum-cijanid (cijankali) koji brže rastvori srebro-jodid, a i lakše se ispere nego natrijum-tiosulfat. Na svaki način je kod upotrebe kalijum-cijanida potrebna opreznost, jer je izvanredno otrovan.

Pošto slika kod mokre ploče leži na samom kolodijumovom sloju, dobijamo sa tom pločom, naročito kod crtanih slika (Strichzeichnung), vrlo oštre negative. Ta osobina i niska cena su dve činjenice, zbog kojih se mokra ploča još do danas održala u reprodukcionalnoj tehnici, usprkos

konkurenciji mnogo osetljivije suve ploče. Kod dalje modifikacije kolodijumovog postupka dodaje se kolodijumu mesto srebro-jodida srebro-bromid čime se dobija kolodijum sa srebro-bromidom koji takođe — razliven na staklenu ploču — daje sloj osetljiv na svetlost. Kod ove vrste ploča prisustvo rastvora srebro-nitrata nije neophodno, stoga ove ploče mogu da se upotrebe u mokrom i u suvom stanju. Nasuprot takozvanom fizičkom izazivanju kod mokre ploče, vršimo kod kolodijumove ploče sa srebro-bromidom takozvano hemisko izazivanje. Kod ovog načina se osvetljeni srebro-bromid redukuje neposredno u metalno srebro, dok se međutim kod mokre ploče redukuje srebro-nitrat koji se nalazi na površini sloja, a ne osvetljeni srebro-jodid u samom kolodijumovom sloju. Stoga leži izazvana slika kod kolodijuma sa srebro-bromidom u sloju, a ne kao kod mokre ploče — na sloju.

Emulzija kolodijuma sa srebro-bromidom ne spravlja se tako prostim postupkom, nego se kupuje kao poluproizvod od specijalnih proizvođača. Stoga je i nešto skuplja od jodiranog kolodijuma, ima međutim to preimućstvo da može da se senzibilizuje i za boje, dok srebro-jodid vrlo teško prima optičke senzibilizatore. Stoga se srebro-bromidska kolodijumova ploča upotrebljava u reprodukcionalnoj tehnici prvenstveno za polutonske autotipije i za trobojne autotipije.

2. ŽELATINSKA EMULZIJA I SUVA PLOČA

Usled toga što mokra ploča mora da se spravlja neposredno pred upotrebu i odmah posle eksponiranja mora da se izazove, slikanje izvan kuće po kolodijumovom postupku bilo je veoma tegobno. Stoga su neumorno težili da pronađu takozvani suvi postupak, kod kojeg kao nosilac za supstancu osetljivu na svetlost ne služi kolodijum nego želatina.

U načelu se želatinska emulzija izrađuje tako, da se u toplom rastvoru želatine rastvori neki bromid (na pr. kalijum-bromid), pa se tom rastvoru polako dodaje rastvor srebro-nitrata. Pri tome se odigrava hemiska reakcija — stvaranje srebro-bromida koji se — ma da je nerastvorljiv u vodi — ne slegne na dno, nego ostaje da lebdi u rastvoru želatine. Pri spravljanju te emulzije stvara se kao sporedan proizvod još i kalijum-nitrat. Pokazalo se da na kakvoću negativskog materijala povoljno utiče, ako se pre razlivanja emulzije iz nje odvoji ovaj sporedni proizvod. Radi toga se ohlađena i stvrdnuta emulzija protera kroz grubo sito, čime se stvaraju dugi rezanci, koji se zatim temeljno operu i time odvoji u vodi rastvorljivi kalijum-nitrat, dok nerastvorljivi srebro-bromid ostane u želatini.

Ovako spravljenom emulzijom izrađene ploče nisu naročito osetljive na svetlost. Radi povećavanja osetljivosti mora želatinska emulzija da se podvrgne takozvanom sazrevanju, čime se zrna srebro-bromida osetno povećaju i time postanu i osetljivija. Za sazrevanje emulzije

služe dva postupka, i to kuvanje ili digeriranje, grejanjem emulzije na 100° C u toku nekoliko sati, ili amonijačni postupak, dodavanjem određene količine amonijaka emulziji. Povećanje osetljivosti pri sazrevanju u vezi je sa molekularnim promenama. U toku sazrevanja skupljaju se izvanredno fine čestice srebro-bromida u mikroskopski sitne skupine i grudvice manjeg ili većeg obima, čime se veličina zrna srebro-bromida povećava.

Navedena promena zrna srebro-bromida ispoljava se u sledećim osobinama:

	E m u l z i j a	
	nesazrela	sazrela
Boja emulzija Površina emulzije Zrno emulzije Osetljivost Upotreba emulzije za	žučkasto bela sjajna fino niska diapozitivski i fotomehanički materijal	zelenkasto žuta mutna grubo visoka materijal za momentne, pokrajinske i portretske snimke

Iz ovog pregleda se vidi da se povećanjem osetljivosti povećava i veličina zrna; a zadatak i težnja fotografske industrije je u tome, da emulzija pored što veće osetljivosti ima što sitnije zrno. Dodavanjem naročitih hemikalija i bojenih materija postizava se još i odgovarajuća osetljivost za boje i povećanje postojanosti. Najzad se ponovo istopljena emulzija naročitim strojevima izlije na pogodno pripremljenu providnu podlogu.

Emulzije savremenog negativskog materijala ne sadrže međutim samo srebro-bromid, nego se dodaje još i nešto srebro-jodida, čime se postizavaju briljantniji negativi, a istovremeno se povećava i opseg pravilne ekspozicije negativskog materijala.

Proizvodnja emulzije u suštini je potpuno ista kako za ploče tako i za filmove, razlika je samo u mašinskom postrojenju za izlivanje emulzije na staklene ploče, odnosno na filmove od celuloida.

IV. OSOBINE NEGATIVSKOG MATERIJALA

Za praktičnu upotrebu i za snimanje najrazličitijih objekata neophodno je poznavanje glavnih osobina različitog negativskog materijala, t. j. njegovih emulzija. Te glavne osobine koje su karakteristične za kakvoću i upotrebljivost raznih fabričkih proizvoda su:

1. opšta osetljivost,
2. gradacija,
3. osetljivost za boje,
4. izolarnost, ugušivanje pojave iradijacije (svetlosnog kruga) i
5. veličina zrna i moć razlaganja.

1. OPŠTA OSETLJIVOST

U fotografskoj praksi govorimo o slabo, srednje i jako osetljivim pločama i filmovima; pa nam se i nehotice nameće pojam osetljivosti.

Svaka na svetlost osetljiva emulzija reaguje na dovoljno jako dejstvo svetlosti tako, što pri izazivanju pocrni; i to pocrni utoliko više ukoliko je jače dejstvo svetlosti — dok na vrlo slabo dejstvo svetlosti emulzija uopšte ne reaguje. Stoga je ono minimalno dejstvo svetlosti, na koje emulzija reaguje najmanjim vidljivim ili određenim stupnjem zacrnenja, mera za osetljivost negativskog materijala. Ukoliko je dakle emulzija osetljivija, utoliko je slabije dejstvo svetlosti potrebno za postizavanje određenog zacrnenja, odnosno utoliko će veće biti zacrnenje kod istog dejstva svetlosti. Pogodna ekspozicija, za postizavanje pravilnog negativa zavisi, pod datim optičkim uslovima, od osetljivosti emulzije.

Stoga je razumljiva težnja za dobijanjem upotrebljivih podataka o osetljivosti emulzije. Upotrebljeni su najrazličitiji postupci za dobijanje apsolutnih i jednoznačnih brojnih vrednosti osetljivosti emulzija. Za merenje osetljivosti služe naročite sprave, takozvani senzimetri, a za označavanje osetljivosti odgovarajući stepeni. U praksi su se dosada upotrebljavali, odnosno još se upotrebljuju Warnerke-ov, Scheiner-ov, Eder-Hecht-ov, Goldberg-ov DIN i Hurter & Driffield-ov sistem.

Warnerke-ov senzimetar, jedna od najstarijih sprava te vrste, se sastoji iz okvira za kopiranje i negativa, podeljenog na 30 kvadrata; svaki sledeći kvadrat je nešto gušći od prethodnog, tako da je pod

tim negativom osvetljena emulzija izložena različitim dejstvima svetlosti; brojem, na osvetljenoj emulziji, vidljivo zacrtnjenog kvadrata bio je određen stepen osetljivosti po Warnerke-ovom sistemu.

Vrlo raširen je bio Scheiner-ov senzimetar, kod kojeg se upotrebljuje normalna benzinska lampa i vrtljiva okrugla ploča sa stepenasto izrezanim isečkom. Ploča se vrti 60 sekundi pred emulzijom, a normalna lampa, usled stepenastog isečka ploče, osvetli emulziju različitom jačinom. Prvi vidljivi stupanj zacrtnjenja bio je osnova za određivanje osetljivosti izražene po Scheiner-ovom sistemu.

Bitni sastavni deo Eder-Hecht-ovog senzimetra je takozvani sivi klin čija gustoća raste u 120 intervala po određenoj progresiji. Pod ovim klinom se osvetli emulzija normalnom Hefner-ovom lampom (1 minut sa razdaljine od 1 metra). I kod ovog sistema je najmanje vidljivo zacrtnjenje mera za osetljivost.

U novije doba upotrebljava se u nemačkoj fotografskoj industriji Goldberg-ov DIN senzimetar sa stepenima DIN, kod kojega se, električnom sijalicom potpuno određenog spektralnog sastava svetlosti, osvetli emulzija 1/20 sekunde pod sivim klinom koji ima 30 stupnjeva gustoće. Zacrtnjenje iznad najmanjeg zacrtnjenja, određuje osetljivost po DIN sistemu.

U Francuskoj, Engleskoj i Americi se upotrebljava sistem po Hurter & Driffield-u sa takozvanim aktinografom, za merenje osetljivosti.

Merenja ovim spravama izražavaju se u stepenima dotičnog senzimetra, tako da govorimo o negativskom materijalu osetljivosti 28° Warnerke, 17° Scheiner, 86° Eder-Hecht, 7/10° DIN ili 300° Hurter & Driffield.

Pošto se senzimetarske sprave međusobom razlikuju, a i spektralni sastav upotrebljene svetlosti prilično je različan, nemoguće je potpuno tačno međusobno upoređivanje ovih raznih sistema — što još naročito važi za novi sistem DIN. Približan odnos raznih sistema prema Scheiner-ovom sistemu izražen je sledećim jednačinama:

$$\begin{aligned} W^{\circ} &= 0,867 \text{ Sch}^{\circ} + 12,665 \text{ (samo približno)} \\ \text{EH}^{\circ} &= 2,655 \text{ Sch}^{\circ} + 39,345 \\ \text{DIN}^{\circ} &= \frac{\text{Sch}^{\circ} - 10}{10} \text{ (samo približno)} \\ \text{HD}^{\circ} &= 6,00 - 1,274 (\text{Sch}^{\circ} - 1) \end{aligned}$$

Pomoću ovih jednačina izračunati stepeni osetljivosti i njihov odnos prema relativnoj osetljivosti navedeni su u tabeli IX.

Iz relativne osetljivosti navedene u toj tabeli vidi se da odgovara 1° Warnerke-ovog, Scheiner-ovog i DIN sistema povećanje osetljivosti za 27%, odnosno da se pri povećanju za 3° W ili 3° Sch ili 3/10° DIN osetljivost emulzije udvostruči. Kod Eder-Hecht-ovog sistema odgovara

Tabela IX:

Osetljivost po raznim senzimetrima

Relativna osetljivost	Scheiner	Warnerke oko	Eder-Hecht	DIN oko	Hurter & Driffield
1,00	1	13,5	42		6
1,27	2	14,5	45		8
1,62	3	15	48		10
2,07	4	16	50		13
2,64	5	17	53		17
3,36	6	18	56		22
4,28	7	18,5	58		27
5,46	8	19,5	61		35
6,95	9	20,5	64		44
8,86	10	21	66		56
11,29	11	22	69	1/10	72
14,38	12	23	71	2/10	91
18,33	13	24	74	3/10	117
23,36	14	25	77	4/10	150
29,76	15	25,5	79	5/10	190
37,93	16	26,5	83	6/10	240
48,33	17	27,5	85	7/10	308
61,58	18	28	88	8/10	390
78,48	19	29	90	9/10	500
100	20	30	93	10/10	636
127,4	21		96	11/10	800
162,4	22		98	12/10	1050
206,9	23		101	13/10	1300
263,7	24		104	14/10	1700
336	25		106	15/10	2100
428	26		108	16/10	2700
546	27		111	17/10	3500
695	28		113	18/10	4400
886	29		116	19/10	5600
1129	30		119	20/10	7200

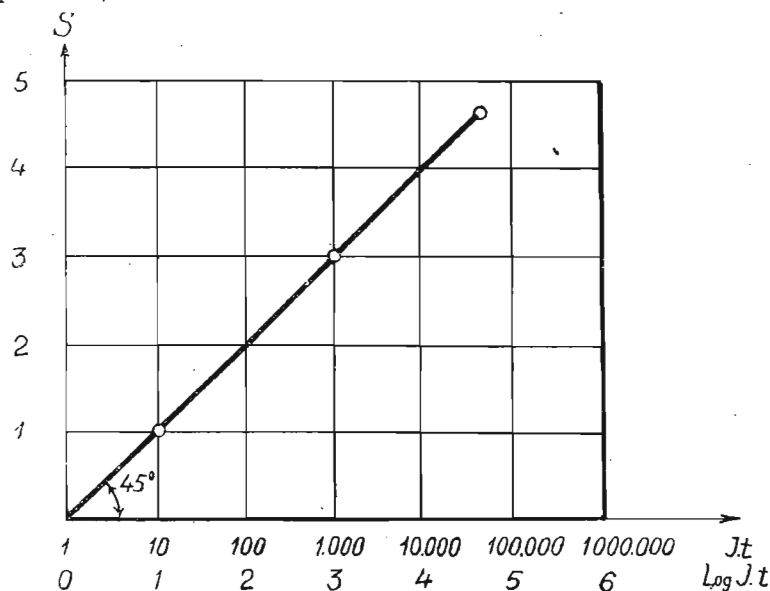
1° EH povećanje osetljivosti za približno 9%, odnosno osetljivost se udvostruči pri porastu za oko 8° EH. Kod Hurter & Driffield-ovog sistema je povećanje osetljivosti izraženo neposredno odnosom datih osetljivosti (na pr. emulzija sa 2700° HD je prema emulziji 1300° HD osetljivija $2700 : 1300 = 2,08$ puta).

Pri praktičnoj upotrebi podataka o osetljivosti umerena je obazrivost i umerenost, jer dopuštaju norme, s obzirom na neizbežne razlike pri izradi emulzija, u pogledu opšte osetljivosti tolerancu $\pm 3/10^0$ DIN.

Potpuno pogrešno bi međutim bilo mišljenje, da je najosetljiviji negativski materijal takođe i najbolji; jer su za ocenjivanje njegove kakvoće i upotrebljivosti merodavne još i druge osobine koje ćemo odmah da navedemo.

2. GRADACIJA

Ako imamo od ma kakvog osenčenog predmeta izrađen crtež olovkom, i crtež izrađen tušem, utisak će, kada ta dva crteža međusobom uporedimo, biti veoma različit. Na crtežu olovkom imamo prelaz tonova



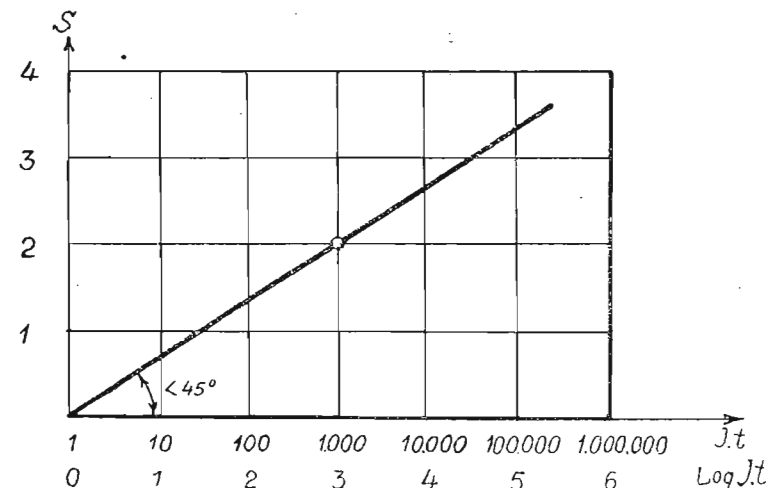
Sl. 33.

S — zacrnljenje; I · t — osvetljenje

ili gradaciju od beline do sive crnine; na crtežu tušem nema međutim vidljivih prelaza od beline do duboke crnine. Stoga kažemo da je crtež olovkom »mek«, a crtež tušem »tvrđ«.

I fotografska slika je optičko hemiskim putem izrađen crtež sa prelazom tonova od beline do crnine. Zato i u fotografskoj tehnici govorimo o emulzijama koje rade »tvrđe« i koje rade »mekše«. Izrazi »tvrđ«, »normalan« i »mek« negativski materijal su popularna označavanja za individualnu »gradaciju« fotografske emulzije.]

[Gradacijom nazivamo stupnjevanje zacrnljenja emulzije pod uticajem sve većeg i većeg intenziteta svetlosti.] Na očigledan način ovo stupnjevanje, t. j. odnos između ekspozicije i zacrnljenja, predstavljamo grafički. [Zamislimo zasad da u tu svrhu osvetlimo ploču ili film sa 1, 10, 100, 1000, 10.000 i t. d. svetlosnih jedinica (u luks sekundama), tako da je onda svaki sledeći stupanj n puta (u ovom slučaju 10 puta)



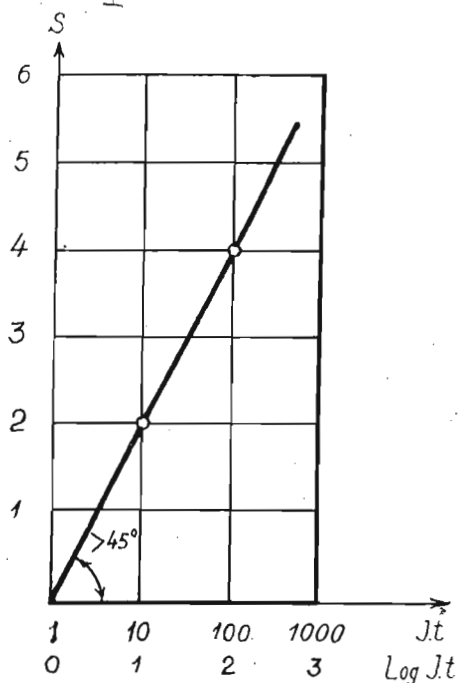
Sl. 34.

S — zacrnljenje; I · t — osvetljenje

jače osvetljen od prethodnog. Te svetlosne jedinice, odnosno njihove logaritme, prenesemo na apscisnu osu (sl. 33). [Od jačine, odnosno od trajanja osvetljavanja (ekspozicije), zavisi gustoća redukovanog srebra u emulziji. Ovu gustoću, zbog crne boje metalnog srebra, nazivamo zacrnljenjem ili ekstinkcijom.] Ova zacrnljenja prenesemo na ordinatnu osu i to takođe kao logaritme jedinica ekspozicije. [Pod uslovom da je zacrnljenje apsolutno proporcionalno i da odgovara dejstvu osvetljavanja, moralo bi pri svakom stupnju da bude jednako broju jedinica ekspozicije, odnosno njihovom logaritmu (sl. 33). Pod tim uslovom leže sve tačke na pravoj, koja prolazi kroz početnu tačku koordinatnog sistema i gradi sa apscisnom osom ugao od 45°. Pri stupnjevanju pod uglom od 45° bi dakle svi različni kontrasti svetline, koji dolaze od objekta i dejstvuju na emulziju, bili pretvoreni u podjednaka, pravilna

i prirodi verna zacrnenja. Emulziju sa takvom gradacijom nazivamo »normalnom« i za nju je karakteristična »gradaciona kriva« koja sa apscisnom osom gradi ugao od 45° . Takve emulzije okarakterisane su time, da su ekspozicija i zacrnenje u ravnoteži, da se zacrnenje povećava srazmerno ekspoziciji i da je povećanje zacrnenja ravno povećanju ekspozicije.

Suprotno tome, emulzija sa »mekom« gradacijom ublažava kontraste, to znači da se zacrnenja povećavaju sporije nego ekspozicije, usled čega određenom intervalu ekspozicije pripada manji interval zacrnenja (sl. 34). Gradaciona kriva »meke« emulzije gradi sa apscisnom osom ugao manji od 45° , jer je povećanje zacrnenja manje od povećanja ekspozicije.



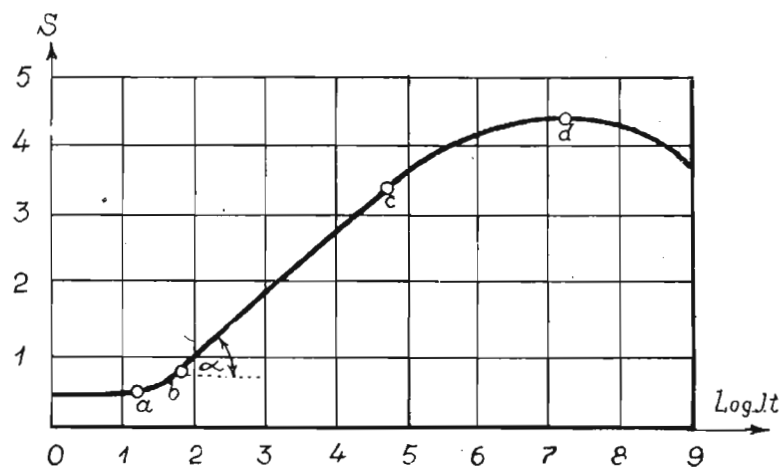
Sl. 35.

S — zacrnenje; I · t — osvetljenje

Emulzija sa »tvrdom« gradacijom međutim povećava kontraste objekta snimanja koji dejstvuju na nju kao intenzitet ekspozicije; usled toga se zacrnenja povećavaju brže nego što se poveća ekspozicija (sl. 35). Pošto je povećanje zacrnenja veće od povećanja ekspozicije, ugao koji gradi gradaciona kriva »tvrde« emulzije sa apscisnom osom veći je dakle od 45° .

Ustvari je kod fotografskih emulzija odnos između ekspozicije i zacrnenja nešto komplikovaniji, jer nijedna emulzija ne pokazuje pravolinisno stupnjevanje, nego je oblik gradacione krive za svaku emulziju manje ili više nepravilan i za dotičnu emulziju karakterističan.

Da bismo utvrdili oblik gradacione krive, osvetlimo (po Hurter & Driffield-u) komad ploče ili filma određenim količinama svetlosti koje rastu geometrijskom progresijom. Količine svetlosti odmeravamo ili povećanim trajanjem ekspozicije pri konstantnoj jačini svetlosti, ili povećanom jačinom svetlosti pri konstantnom trajanju ekspozicije. Danas se najviše upotrebljava drugi način pomoću optičkog klina za merenje, neutralno sive boje i tačno poznate, ravnomerno ili stupnjevito povećane gustoće. U optičkoj tehnici nazivamo te optičke klinove za merenje kratko sivim klinovima. Pri osvetljavanju emulzije pod takvim sivim klinom je dakle količina svetlosnog dejstva tačno



Sl. 36.

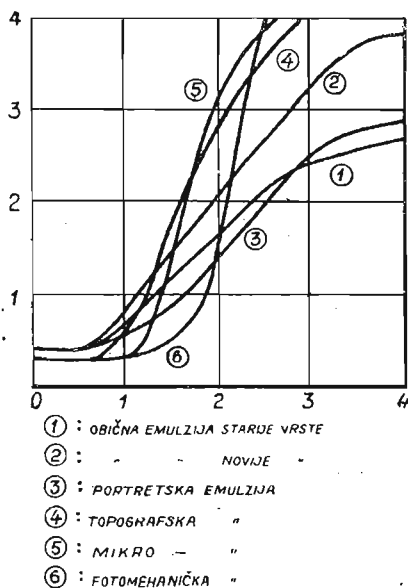
a — prag; a—b podekspozicija; b—c — normalna ekspozicija; c—d — nadekspozicija

određena za svako mesto emulzije. Dejstvom ove svetlosti izazvano zacrnenje zatim se izmeri takozvanim denzitometrom ili denzografom i nacrtava kao ordinata odnosno količine svetlosti. Na taj način dobijemo za svaku emulziju karakteristični oblik gradacione krive ili krive zacrnenja (sl. 36).

Oblik gradacione krive omogućuje nam dalekosežne zaključke odnosno osobina emulzije. Svaka takva gradaciona kriva ima naime 3 bitna dela: donji blago zakrivljeni deo, više ili manje pravi i koso nagore upravljani deo i gornji jako zakrivljeni deo. Kod zakrivljenih delova nema srazmere između ekspozicije i zacrnenja, usled čega intervali svetline objekta ne mogu na negativu da budu ocrtani verno prirodi. Ove srazmere ima samo u pravom delu gradacione krive. Taj

pravi deo najvažniji je za fotografsku tehniku i od njegove dužine i nagiba zavise kakvoća i upotrebljivost emulzije.

Ispod izvesne količine svetlosti, ne pojača se zacrnenje, čak ni kod najdužeg izazivanja, nego emulzija pokazuje samo »osnovni veo« (teoriski bi uopšte na tome mestu emulzija morala da bude potpuno providna). Količina svetlosti koja deluje na tom mestu je dakle suviše mala, da bi pod njenim dejstvom zrna srebro-bromida postala sposobna za izazivanje. Tek kod tačke a krive (sl. 36) počinje zacrnenje. Tu tačku, t. j. odnosnu minimalnu količinu svetlosti, nazivamo »prag« emulzije. Od tačke a se zacrnenje vrlo polako povećava do tačke b. Kratki zakrivljeni deo a—b nazivamo »rep« gradacione krive, u kome se nalaze najnežniji detalji senki koji međutim na negativu nemaju dovoljne kontraste, da bi bili sasvim upotrebljivi kod pozitivnog postupka. Ovaj rep označuje područje »podekspozicije« emulzije.



Sl. 37.

Između tačaka b i c leži više ili manje pravi deo gradacione krive koji je za fotografiju upotrebljiv i koji određuje opseg normalne ekspozicije. Nagib tog pravog dela prema apscisnoj osi, t. j. $\text{tg } \alpha$, je mera za stepen kontrasta emulzije i stoga se naziva faktor kontrasta ili kratko »gama« emulzije, dakle $\gamma = \text{tg } \alpha$. Emulzije sa $\gamma = 1$ ili $= 0,8$ do $1,2$ nazivamo normalnim emulzijama; emulzije čiji je γ ispod $0,8$ imaju meku gradaciju, a emulzije sa γ iznad $1,2$ imaju tvrdu ili kon-

trastnu gradaciju. Na gama međutim utiče u velikoj meri i trajanje izazivanja, a delom i sastav izazivača (o tome u poglavlju o negativskom procesu).

Ravni deo gradacione krive nije međutim važan samo za pravilno ocrtavanje svetlinskih razlika, nego njegova dužina određuje svojom projekcijom na osu log It i takozvanu latitudu pravilne ekspozicije, merodavnu za tolerancu ekspozicije kod snimanja (o tome u poglavlju o snimanju).

Gornja krivina gradacione krive od tačke c dalje predstavlja područje »nadekspozicije« u kojem pojačanje svetlosti ne prouzrokuje jače zacrnenje, jer je broj zrna srebro-bromida u emulziji ograničen, te usled toga zacrnenje ne može više da se poveća preko neke određene maksimalne granice. Pri daljem osvetljavanju zrno čak i izgubi sposobnost izazivanja, tako da nastupa smanjenje zacrnenja. Ovu pojavu nazivamo »solarizacijom«. U tom nagnutom delu se dakle negativ pretvori u pozitiv. Ova pojava je iskorišćena za specijalne emulzije, namenjene za izradu duplikata bez prelaznog negativa ili pozitiv. Takve emulzije rade na području solarizacije, tako da postaju neosvetljene partije crne a osvetljene manje ili više svetle (film za duplikate).

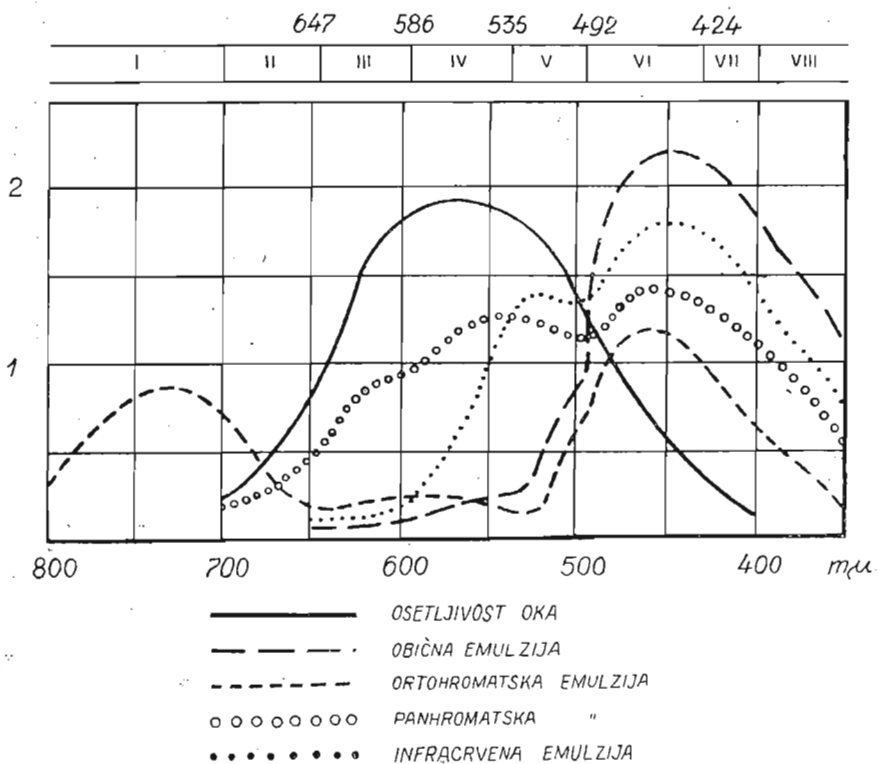
U svrhu međusobnog upoređivanja su na sl. 37 predstavljene gradacione krive nekih tipičnih negativskih emulzija.]

3. OSETLJIVOST ZA BOJE

[Fotografski snimak objekta u živim bojama običnom emulzijom sa srebro-bromidom koja se danas upotrebljava samo još u reprodukcionalnoj tehnici, pokazuje na pozitivu, da ocrtavanje boja belo crnim tonovima fotografske slike nikako ne odgovara svetlinskom utisku koji naše oko prima od takvog objekta. Relativna osetljivost našeg oka za boje svetlosnog spektra, posmatrane u monohromatskim tonovima, predstavljena je krivom na sl. 38. S ovom fiziološkom osetljivošću našeg oka za boje moralo bi da se podudara zacrnenje emulzije prouzrokovano raznim talasnim dužinama spektralnih boja. Međutim obična emulzija sa srebro-bromidom, za boje je takoreći slepa; njena osetljivost reaguje prvenstveno na plave i ljubičaste svetlosne zrake, usled čega se na fotografskoj slici ocrtavaju plave i ljubičaste boje snimljenog objekta u suviše svetlim tonovima, dok su narandžaste, žute i zelene boje na slici preterano tamne. Zacrnenja koja se stvaraju na običnoj emulziji, pod uticajem boja sunčanog spektra, daju krivu (sl. 38) koja se jako razlikuje od krive osetljivosti našeg oka za boje.

Osetljivost za boje obične emulzije, koja je zbog svoje žučkaste boje prvenstveno osetljiva za plavu boju, znatno se popravi ako se srebro-bromid oboji komplementarnim bojama. Te bojene supstance, kojima emulzija, osim za plavu boju, postaje osetljiva i za druge boje, nazivamo optičkim senzibilizatorima; a postupak koji daje emulziji osetljivost za boje, naziva se senzibilizovanje ili senzitiviranje. Da bi

bojena supstanca senzibilizovala emulziju, mora fizički da se veže za srebro-bromid; stoga nije svaka bojena supstanca upotrebljiva za senzibilizovanje. Za senzibilizovanje su pre svega pogodne anilinske boje iz grupe ftaleina i cijanina. Pošto obojena tela uvek apsorbuju svetlosne zrake komplementarne boje, mora dakle emulzija, da bi postala osetljiva za neku određenu boju, da se senzibilizuje takvom bojenom supstancom koja je oboji komplementarnom bojom (ljubičaste za narandžastu boju, zelene za crvenu boju i t. d.).



Sl. 38.

I — infracrvena; II — crvena; III — narandžasta; IV — žuta; V — zelena;
VI — plava; VII — ljubičasta; VIII — ultraljubičasta

S obzirom na spektralne zone, za koje je emulzija senzibilizovana, razlikujemo:

1. **Ortohromatske emulzije** koje pokazuju osim osetljivosti za plavu boju, još i osetljivost za zelenu i žutu, a delom i za narandžastu boju

(sl. 38). Pošto ortohromatske emulzije još nisu osetljive za crvenu boju, mogu da se izazivaju kod tamno rubinasto crvene svetlosti.

Kao senzibilizatori najčešće služe: eozin (izrazita senzibilizacija u zelenoj zoni), eritrozin (snažna senzibilizacija u žuto zelenoj zoni između 548 i 570 m μ , prema narandžastoj jenja do približno 600 m μ) i pinaverdol (senzibilizacija se vrši skoro neprekidno od plave — sa minimumom u plavo zelenoj — preko zelene, žute do narandžaste i premašuje eritrozin, jer se osetljivost za boje do crveno narandžaste, tako da iznosi celokupni opseg senzibilizacije od 500 do 625 m μ).

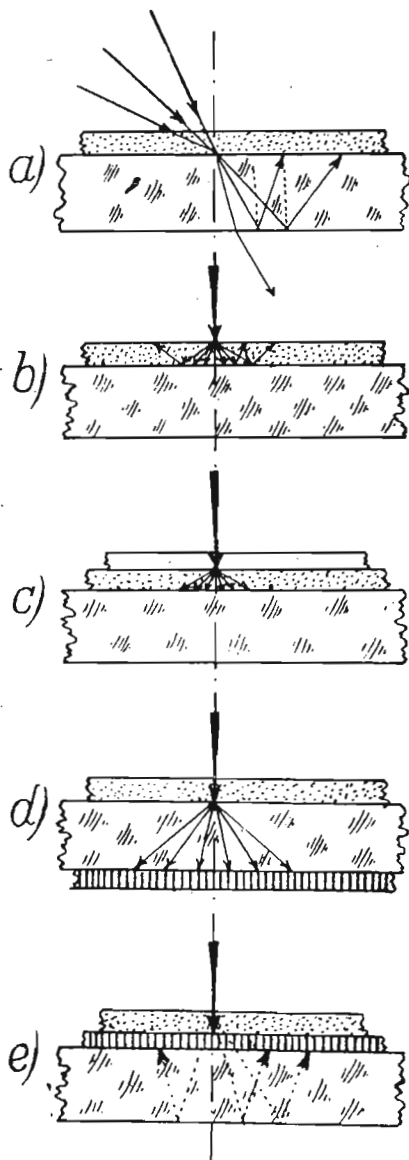
2. **Panhromatske emulzije** moraju biti više ili manje osetljive za sve boje vidljivog spektra i pokazuju senzibilizaciju za narandžastu i crvenu, dalje za žutu i zelenu, pored sopstvene osetljivosti srebro-bromida za plavu i ljubičastu zonu (sl. 38). U svojoj senzibilizaciji imaju samo potpuno uzan zev u modro zelenoj zoni, koji se iskorišćuje za izazivanje panhromatskih emulzija kod tamno zelene svetlosti.

Za panhromatsku senzibilizaciju se upotrebljuju: pinahrom (od 510 do 645 m μ), etil-crveni (od 500 do 615 m μ), ortohrom, perokol i t. d. koji daju skoro neprekidnu senzibilizaciju za boje od narandžasto crvene preko žute i zelene do osetljivosti za plavu boju emulzije sa srebro-bromidom; izrazitu senzibilizaciju u crvenoj zoni omogućuju pinacijanol (od 520 do 710 m μ , a pošto ne senzibilizuje za zelenu zonu, kombinuje se sa ortohromom, pinaverdolom ili sa hinolin-crvenim) ili pinahrom-ljubičasto (do 685 m μ).

Kod veštačkog osvetljenja imaju panhromatske emulzije još i to naročito preimućstvo da potpuno iskorišćuju pretežno crvene i žute zrake veštačkih svetlosnih izvora; stoga pokazuje po neka panhromatska emulzija veću osetljivost kod veštačkog osvetljenja, nego kod dnevne svetlosti.

3. **Emulzije sa senzibilizacijom za infra crvenu spektralnu zonu.** U fizičkoj optici smatra se da je kraj vidljivog spektra kod 800 m μ . Međutim je osetljivost čovečjeg oka za najtamnije zrake iznad 700 m μ tako mala, da ih naše oko više ne vidi kao boju, nego ih oseti samo još kao toplotu; stoga se u fotografiji smatra kao vidljivi spektar samo područje od 400 do 700 m μ . Fotografiska industrija je međutim pronašla i bojene supstance koje senzibilizuju emulziju čak i za krajnju crvenu zonu vidljivog spektra, pa još i dalje za područje infra crvenih zrakova (sl. 38), t. j. od 700 do 900 m μ .

Za senzibilizaciju u infra crvenoj zoni spektra služe dicijanin (Höchstler Farbwerke), a naročito kripto-cijanin (Eastman Kodak Co.) i rubro-cijanin (Agfa), koji senzibilizuju približno od 640 do 790 m μ sa maksimumom senzibilizacije kod 735 m μ ; još dublje u crvenu i u izrazito infra-crvenu zonu senzibilizuju neocijanin (Eastman Kodak Co.) i alocijanin (Agfa) i to od 690 do 910 m μ sa maksimalnom senzibilizacijom kod 835 m μ — sasvim u infra crvenoj zoni.



Sl. 39.
Obstret i zaštita protiv njega

Emulzije sa senzibilizacijom za infra crvenu zonu spektra upotrebljuju se specijalno za snimanje daljine i za snimanje u magli; ove emulzije imaju naime osobinu da njima napravljeni snimci prodiru atmosfersku sumaglicu i ocrtavaju — istina tonski neprirodno — daljinu, koja je za naše oko skoro sasvim nevidljiva. U kinematografiji se ove emulzije upotrebljuju u cilju trika za »noćne snimke« kod dnevne svetlosti. Pošto međutim obični fotografski objektivni nisu korigovani za infra crvene zrake (čija je žiža iza žiže plavo žuto crvenih zrakova), mora posle postavljanja oštine da se poveća razdaljina lika ili izvlačenje meha približno za 1/200 iznosa žižne daljine.

Između ovih karakterističnih vrsta senzibilizacije postoje kod negativskog materijala najrazličitiji stupnjevi senzibilizacije, koje utvrđujemo pomoću senzimetra probnim snimcima optičkog spektra ili snimanjem na pogodan način sastavljenih kombinacija boja (Lagorio, Agfa i t. d.). Zajednička osobina svih emulzija svakako je međutim prekomerna osetljivost za plavo ljubičaste zrake i izvanredna osetljivost za zonu nevidljivih ultra ljubičastih zrakova.

Radi dobijanja tonski što pravilnijeg ocrtavanja boja na fotografskoj slici, moramo da odstranimo višak plavih zrakova. Da bismo to postigli, služimo se pri snimanju, za odstranjivanje suvišnog, odnosno previše aktivnog dela boja, filtrima u komplementarnoj boji; za plave zrake pogodni su dakle prvenstveno žuti filtri (o tome u poglavlju o svetlosti i bojama).

4. IZOLARNOST, UGUŠIVANJE POJAVE IRADIJACIJE (SVETLOSNOG KRUGA)

Lako običnim negativskim materijalom snimamo enterijer sa prozorom (dakle protiv upadne svetlosti), pojaviće se na pozitivu oko prozora svetli oreol, u kome se skoro potpuno gube konture prozora. Ovakav oreol nazivamo svetlosni krug, koji se u manjoj ili većoj meri pojavljuje kod svih kontrastno osvetljenih objekata (na pr. kod enterijera, mašina i kod staklarije sa jakim otsevima, kod pejzaža sa velikim kontrastima i t. d.).

Uzrok ovoj pojavi je činjenica, da svetlosni zraci koji upadaju koso, prodiru kroz sloj emulzije i njenu providnu podlogu (staklo ili celuloid), pa na zadnjoj strani delom izađu, a delom se odbiju (sl. 39a). Ovi odbijeni zraci stvaraju na emulziji svetlosni krug, koji po načinu na koji se stvara nazivamo refleksioni svetlosni krug. Samo se po sebi razume da širina, odnosno jačina svetlosnog kruga zavisi od debljine podloge emulzije, stoga se svetlosni krug kod filmova pojavljuje u mnogo manjoj meri nego kod ploča.

Pored ovog refleksionog svetlosnog kruga pojavljuje se i drugi oblik svetlosnog kruga, koji se stvara rasipanjem (disperzijom) svetlosnih zrakova u emulziji. Želatina sa srebro-bromidom je mutna optička sredina koja ne propušta svetlosne zrake bez prelamanja, nego ih u svojoj unutrašnjosti rasipa. Pod uticajem upadnog zračenja emulzija se presjava i ponovo zrači rasute svetlosne zrake na sve strane (sl. 39b). Ti zraci se na graničnoj površini između emulzije i podloge odbiju i prouzrokuju takozvani difuzioni svetlosni krug. Razumljivo je da opseg difuzionog svetlosnog kruga zavisi prvenstveno od debljine sloja emulzije; stoga se difuzioni svetlosni krug kod jako prozirnih i sitnozrnastih emulzija pojavljuje u mnogo manjoj meri, nego kod grubozrnastih i debelih emulzija.

Svakako je vrlo nepoželjna pojava ma kakvog svetlosnog kruga koji onemogućuje oštre konture na granici između jako svetlih i jako tamnih partija slike. Stoga je razumljiva težnja da se nađu sredstva koja odstranjuju ili bar ublažuju svetlosni krug.

U tom pogledu pomaže već i takozvana dvoslojna negativska emulzija. Da bi se naime povećala toleranca ekspozicije, izlije se na podlogu prvo slabo osetljiv, a preko ovoga jako osetljiv sloj. Pri velikom intenzitetu svetlosti reaguje prvo gornji jako osetljiv sloj, a ostatak potroši donji slabo osetljiv sloj (sl. 39c). Pri malom intenzitetu obrazuje se slika samo u gornjem sloju. Čim je svetlosni zrak prouzrokovao svetlucanje u gornjem sloju, ova rasuta svetlost nije više dovoljna da temeljno zacrni donji manje osetljiv sloj, koji sada suvišnu svetlost obilno apsorbuje, ali je minimalno proširenje kontura ipak skoro neizbežno.

Dalje i sasvim svojstveno sredstvo protiv pojave svetlosnog kruga je poledinski sloj kojim se prevuče poledina podloge emulzije. Ovaj sloj treba da ima isti koeficijent prelamanja kao i podloga, tako da

svetlosni zraci bez smetnje mogu da prodru u taj sloj koji ih potpuno apsorbuje (sl. 39d). Ovaj poledinski sloj je crvene, mrke ili crne boje koja zavisi od upotrebljene supstance za izolaciju (antizol, solarin, krocein-purpur, čađ i t. d.).

Još bolji je izolarni negativski materijal sa neaktinичnim međuslojem koji se stavlja između emulzije i njene podloge (sl. 39a) i koji apsorbuje svetlosne zrake još pre nego što dopru do podloge. A ukoliko već oslabljeni svetlosni zraci još prodru u podlogu, odbiju se na njenoj poledini, a po odbijanju ih onda apsorbuje neaktinичni međusloj.

Poledinski sloj se rastvara u fiksiru, a međusloj, koji je kod filmova za kamere malog formata slike obično sive boje, izgubi svoju boju već u izazivaču.

Sva navedena sredstva dejstvuju ustvari samo protiv refleksionog svetlosnog kruga. Protiv difuzionog svetlosnog kruga dejstvuje međutim samo natapanje emulzije žutim ili crvenim bojama (na pr. tartrazin, pinatipi-crveno i t. d.).

Najzad treba spomenuti, da se pojava svetlosnog kruga delom može sprečiti i načinom izazivanja. Kada se normalno vreme trajanja izazivanja skrati, obrazuje se samo površinska slika; a pošto svetlosni krug leži prvenstveno u dubini emulzije, njegova pojava može na ovaj način da se izbegne. Ovakvo izazivanje ima naravno za posledicu osetno smanjenje kontrasta negativa.

5. ZRNATOST I MOĆ RAZLAGANJA

Kod izlaganja sastava želatinske emulzije bilo je rečeno, da srebro-bromid, na svetlost osetljivi sastavni deo emulzije, nije u njoj rastvoren, nego je u obliku mikroskopski sitnih zrna pomešan sa želatinom. Prema tome struktura emulzije nije homogena, već liči na mozaik sastavljen od zrna srebro-bromida. Ova zrna mogu biti veća ili manja i posejana u emulziji gusto ili retko (sl. 40.). Štoga su veća zrna, utoliko je veća osetljivost emulzije i utoliko je jače iskidana kontura na emulziji ocrtane linije (posmatrana naravno pod mikroskopom); ukoliko su međutim u emulziji ređe posejana zrna, utoliko je manja osetljivost emulzije i utoliko manju mogućnost imaju zrna da se skupe u grudvice ili skupine koje bi imale iste osobine kao grubo zrno. Stoga je za kakvoću emulzije podjednako važna i njena zrnatost, t. j. veličina i gustina zrna (broj zrna na jedinicu površine).

Veličina u emulziji suspendovanog zrna zavisi prvenstveno od stupnja sazrevanja i iznosi prosečno kod



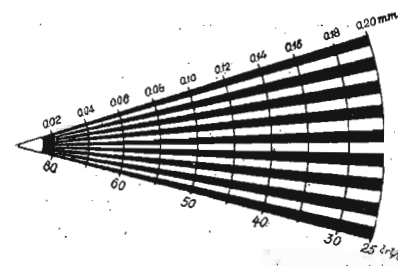
Sl. 40.
Zrnatost
emulzije

nesazrele emulzije	0,0002 mm
emulzija za diapozitive	0,0010—0,0020 mm
emulzija za fotomehaničke svrhe	0,0013—0,0026 mm
emulzija srednje osetljivosti	0,0016—0,0032 mm
emulzija visoke osetljivosti	0,0020—0,0040 mm

A gustina zrna, izražena težinom srebro-bromida na 100 cm² sloja emulzije, iznosi približno kod

ploča za diapozitive i za fotomehaničke svrhe	0,09 g/100 cm ²
filmova	0,12—0,16 g/100 cm ²
ploča	0,16—0,20 g/100 cm ²

Sa zrnatošću emulzije je međutim u neposrednoj vezi takozvana moć razlaganja ili kratko rezolvenca (resolving power), koja je karakteristična za strukturu emulzije. Moć razlaganja nazivamo naime sposobnost emulzije kojom je u stanju da ocrta ili odvoji u svojoj strukturi više ili manje fine detalje bilo koga objekta; čim emulzija na negativu više n. ocrta detalje određene veličine, njena je moć



Sl. 41.
Probni objekat za rezolenciju

razlaganja iscrpna. Ova moć razlaganja utvrđuje se ogledom, snimajući testni objekat koji se sastoji iz crta, čija gustina na cm dužine stalno raste (sl. 41.); ukoliko god su gušće i sitnije crte još vidljive na negativu više ne ocrta detalje određene veličine, njena je moć laganja te emulzije i utoliko je sitnije njeno zrno.

Rezolvenca emulzije se izražava brojem još jasno ocrtanah linija na cm (odnosno u Engleskoj i Americi na jedan inch = 2,54 cm) dužine ili njihovom debljinom u mm (to uvek u Nemačkoj). Na osnovu izvršenih oglada iznosi moć razlaganja pod povoljnim okolnostima kod

emulzija za diapozitive i za fotomehaničke svrhe	0,005—0,02 mm
emulzije niže osetljivosti (10° do 17° Sch)	0,02 —0,03 mm
emulzije visoke osetljivosti (preko 17° Sch)	0,03 —0,05 mm

Što veća moć razlaganja zahteva se od emulzija za fotogrametrijske svrhe, da bi se što jasnije ocrtili detalji i da bi bilo moguće što tačnije premeravanje pojedinih fotogramskih tačaka; prosečno iznosi moć razlaganja emulzija za snimke na zemlji 0,02 mm, dok kod emulzija za snimke iz aviona iznosi 0,03 mm.

Veličina zrna, odnosno rezolvenca emulzije, niukoliko međutim nije nepromjenljiva veličina. Veličina zrna u gotovom negativu ne zavisi samo od prvobitne veličine zrna emulzije, nego na nju odlučno utiče izazivanje, t. j. trajanje izazivanja i sastav izazivača, a delom i ekspozicija. Preobilna ekspozicija, a naročito predugo izazivanje osetno povećavaju zrno redukovanog metalnog srebra i smanjuju moć razlaganja emulzije. Koncentrovani izazivači (eventualno još i sa dodatkom kalijum-bromida) i izazivači običnog sastava nepovoljno utiču na zrnatost, tako da se prvobitno sitno zrno emulzije poveća. Rastenje zrna zadržavaju samo specijalno sastavljeni izazivači, takozvani izazivači za sitno zrno, koji omogućuju potpuno iskorišćenje emulzija sa sitnim zrnom.

Ranije se na zrnatost nije obraćala tolika pažnja kao danas; jer snimci velikog formata nisu zahtevali veće povećavanje. Uvođenjem malog formata slike je međutim problem sitnog zrna dobio odlučan značaj, zbog neophodne potrebe jakih povećavanja; pošto se kod jakih povećavanja na povećanoj slici već pokaže zrno negativa koje utoliko više kviri utisak slike, ukoliko je veće zrno i veće povećanje. Stoga kod kamera malog formata slike od finog zrna emulzije u najvećoj meri zavisi kakvoća gotove slike. I

V. VRSTE FOTOGRAFSKIH EMULZIJA

Mnogostruka upotreba fotografije u svakodnevnom životu, u nauci i u tehnici i prilagođavanje navedenih osobina odnosnim potrebama, potstaklo je industriju na proizvodnju celog niza emulzija, t. j. negativskog materijala za najrazličnija područja praktične fotografije. Glavne osobine i karakteristike raznih vrsta najvažnijeg negativskog materijala sadrži sledeći, ni približno potpuni pregled:

A) Emulzije za opštu fotografiju:

I. skupina

oko 10/10° DIN: slabo osetljive emulzije tvrde gradacije; pri pravilnom izazivanju daju vanredno sitno zrno i omogućuju skoro neograničeno povećavanje (Agfa Isopan FF, Perutz Pergrano i t. d.).

II. skupina

15/10°—18/10° DIN: emulzije veće osetljivosti, koje rade još briljantno (sa normalnom gradacijom) i imaju veliku tolerancu ekspozicije; pri pravilno odmerenoj ekspoziciji i upotrebi izazivača za sitno zrno, zadržavaju još vrlo sitno zrno koje omogućuje jako povećavanje (Agfa Isochrom i Isopan F, Kodak Panatomic, Perutz Persenso i t. d.).

III. skupina

20/10°—22/10° DIN: emulzije visoke osetljivosti i mekše gradacije za snimanje kod dnevne i veštačke svetlosti; upotrebom rapidnih izazivača moguće je potpuno iskorišćenje osetljivosti kod snimaka pri slabom osvetljenju (Agfa Isopan ISS, Kodak SS, Perutz Peromnia i t. d.).

IV. skupina

23/10° DIN: emulzije izvanredno visoke osetljivosti i mekše gradacije za momentne snimke kod slabog osvetljenja; upotrebom izazivača za sitno zrno, dobija se snošljivo zrno (Agfa Isopan-Ultra).

B) Emulzije za specijalne svrhe:

I. skupina

— Emulzije za diapozitive: slabo osjetljive emulzije tvrde ili normalne gradacije bez ortohromazije; za izradu diapozitiva i crno belih crteža (Agfa Diapositiv, Perutz Diapositiv i t. d.).

II. skupina

— Emulzije za reprodukcije: ortohromatske ili panhromatske emulzije u tri gradacije sa niskom osjetljivošću i izvanrednom moći razlaganja; za reprodukcije crtanih i polutonskih slika (Agfa Dokumentenplatte, Agfa Repro-Material u tri gradacije).

III. skupina

— Emulzije za mikroskopske snimke: emulzije tvrde gradacije izvanredno sitnog zrna, obično sa pojačanom senzibilizacijom za zelenu boju (Agfa Mikroplatte).

IV. skupina

— Emulzije za snimanje iz aviona: prilično tvrde gradacije, visoke osjetljivosti, najbolje moći razlaganja i veće osjetljivosti za boje; za snimke iz aviona i fotogrametriju (Agfa Aerochrom i Aeropan, Perutz Fliegerplatte, Zeiss-Ikon Aerofilm i t. d.).

V. skupina

— Emulzije osjetljive za infra crvene zrake: visoke osjetljivosti, tvrde gradacije i naročito senzibilizovane za pojedine zone crvenog dela spektra; za snimke iz aviona i za naučnu fotografiju (Agfa Infrarot 800 ili 850 ili 700 ili 750).

VI. skupina

— Emulzije za duplikate: specijalne emulzije koje pri izazivanju pocrne na neosvetljenim partijama, a na osvetljenim ostanu više ili manje providne; od negativa daju dakle negativ, od pozitiva pozitiv; za izradu duplikata filmova bez prelazne kopije (Agfa Direkt-Duplikat-Film).

VI. DRŽANJE NEGATIVSKOG MATERIJALA

Negativski materijal mora da se drži u suvim i hladnim prostorijama. Ploče i filmovi mogu da se drže i u radnim prostorijama, ako se izbegava blizina peći i takva mesta na koje neposredno sja sunce; potpuno nepogodne su vlažne i slabo provetrene prostorije (kupaćilo, podrum i t. d.).

Za držanje je važno, da li je materijal još u prvobitnom zavoju ili je zavoj već načet; jer pri netaknutom zavoju je, zbog stručno izvedenog zavijanja, otežan pristup vazduha emulziji; dok su pri najmanjoj promeni prvobitnog načina zavijanja mogući manje ili više škodljivi uticaji. Postojanost materijala u originalnom netaknutom zavoju je dakle mnogo veća, nego kod već otvaranih i ponovo zatvaranih zavoja.

Vrlo škodljivo je takođe dugo držanje materijala u kaseti, jer je u ovoj naročito izložen vazduhu, pod čijim uticajem emulzije vrlo brzo počnu da dobijaju sivi veo.

Postojanost negativskog materijala može pri pravilnom stručnom držanju biti oko 2 godine. Tek posle tog vremena stvara se ivični veo koji naravno još sasvim ne isključuje upotrebljivost materijala. Obično proizvođač na svakom omotu navodi krajnji datum do kojega jamči za besprekornost materijala.

Za važne snimke koje ne možemo da ponovimo, treba oglednim snimcima da proverimo kakvoću negativskog materijala i pravilno delovanje fotografske aparature. Potpuno nepravilan i bez osećanja odgovornosti je fotografski rad bez potrebne veštine u rukovanju aparatom i bez temeljnog poznavanja osobina upotrebljene emulzije.

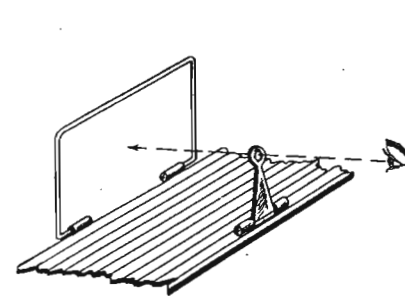
TREĆE POGLAVLJE

SNIMANJE

I. OPSEG SLIKE I OŠTRINA SLIKE

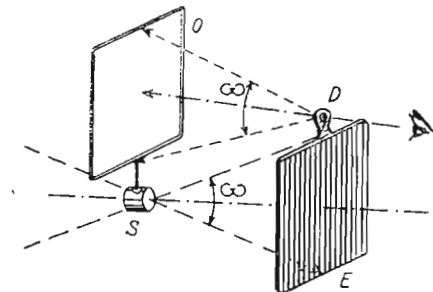
1. MUTNO STAKLO, TRAZILO I POSTAVLJANJE OSTRINE

Prostiranje objekta i veličina njegovog ocrtavanja na fotografskoj slici odlučuju o rastojanju između fotografske kamere i objekta. Veličina ocrtavanja i opseg slike mogu neposredno i najtačnije da se ocene kod aparata sa mutnim staklom. Kod drugih aparata (boks kamere, kamere na sklapanje za film i kamere malog formata slike) služi za ocenjivanje veličine i opsega slike takozvano tražilo koje pruža ugodnost, da možemo da posmatramo objekat snimanja i za vreme ekspozicije. Po obliku tražila razlikujemo:



Sl. 42.

Okvirno tražilo

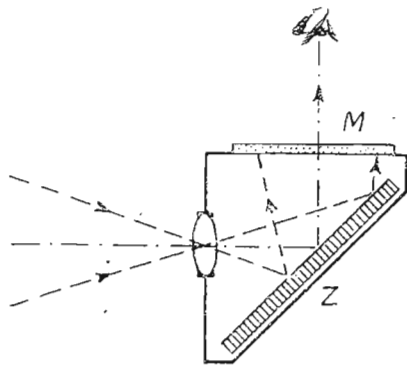


Sl. 43.

S — objektiv; O — okvir; D — diopter; E — sloj emulzije.

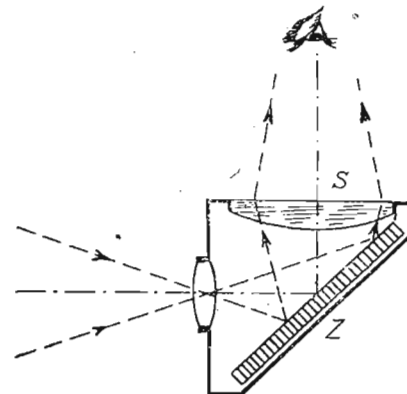
1. Okvirno tražilo ili ikonometar (sl. 42.) se, u najprostijem obliku, sastoji iz baze na kojoj je na jednoj strani pritrvrđen pokretljiv okvir čije dimenzije su srazmerne formatu kamere, dok je na drugoj strani pritrvrđena gajka ili diopter. Pri viziranju kroz diopter određuje

okvir, sa većom ili manjom tačnošću, opseg slike koja se ocrta u kameri; jer je za veličinu posmatranog opsega slike merodavna razdaljina oka od dioptera, bez obzira na činjenicu da se pri pomeranju objektiva, t. j. pri doterivanju oštine na bliske objekte zbog smanjenja zahvatnog ugla objektiva opseg slike u tražilu utoliko manje podudara sa optičkom slikom u kameri, ukoliko je veće pomeranje objektiva. U svrhu otstranjivanja te greške, napušta se, kod tačnijih ikonometara, fiksna baza i namešti se okvir na standarti, a diopter u ravan optičke slike objektiva (sl. 43.). Pošto se sada okvir ikonometra pomera istovremeno s objektivom, biće zahvatni ugao tražilom viziranog opsega slike uvek istovetan sa zahvatnim uglom optičke slike objektiva na mutnom staklu, t. j. na sloju emulzije.



Sl. 44.

Watsonovo tražilo; Z — ogledalo;
M — mutno staklo



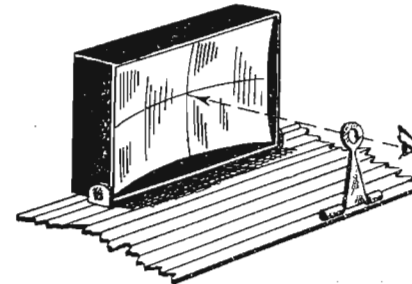
Sl. 45.

Kristalno tražilo; Z — gledalo;
S — sočivo

2. Tražilo po Watson-u (sl. 44.) se sastoji, slično refleksnoj kameri, iz malog objektiva, kosog ogledala i vodoravnog mutnog stakla i daje istina uspravne slike, ali sa obrnutim stranama. Najveći nedostatak ovoga tražila je u tome, što slika nije mnogo svetla, jer mutno staklo jako rasipa već i inače skromne, kroz sočivo prodrle, količine zrakova, a pored toga još i svetlost sa strane osvetljava optičku sliku. Taj nedostatak izbegava

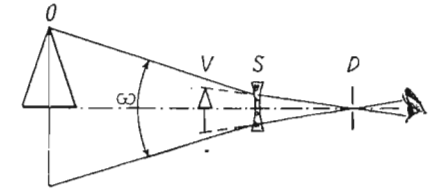
3. Brilljantno ili kristalno tražilo (sl. 45.), koje ima istina oblik tražila po Watson-u, ali je kod njega mesto mutnog stakla ugrađeno plankonvexno sočivo. Ovo obrazuje objektiv tražila u oku posmatrača, usled čega daje to tražilo do ivica svetlu, oštru i briljantnu sliku koja ima jedino taj nedostatak, da su strane slike još uvek obrnute i da je zbog mana sočiva slika na ivicama malo izopačena (distorzija).

4. Tražilo po Newtonu se, u najprostijem obliku, sastoji iz konkavnog sočiva u četverougrom okviru, čije su dimenzije srazmerne formatu kamere, i prema njemu nameštene gajke ili dioptera (sl. 46.). Konkavno sočivo obrazuje od viziranog objekta virtuelnu, uspravnu i jako umanjenju sliku na maloj razdaljini posmatranja (sl. 47.); žiža sočiva, odnosno razdaljina između sočiva i dioptera, izabrani su tako da se veličina vidnog polja podudara sa zahvatnim uglom objektiva kamere. Kod vrlo male dimenzije ovog tražila, postaje međutim razdaljina između virtuelne slike i oka mnogo manja od najugodnije razdaljine posmatranja, te oko zbog nemogućnosti akomodacije na tako malu razdaljinu više ne vidi jasno virtuelnu sliku. Stoga mesto dioptera može da se stavi konvexno sočivo koje poveća sliku u tražilu, a isto-



Sl. 46.

Newtonovo tražilo



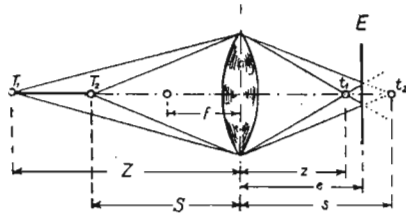
Sl. 47.

D — diopter; ω — zahvatni ugao; O —
objekat; V — virtuelna slika; S —
rasipno sočivo

vremeno i njenu razdaljinu od oka. Pošto ovako sastavljeno tražilo deluje kao obrnuti holandski dogled, zove se ovaj oblik tražila po Newton-u i optičko ili Galilejevo tražilo.

Čim je na mutnom staklu ili u tražilu izabran opseg slike, treba radi dobijanja oštre slike postaviti objektiv prema udaljenosti objekta tako, da odgovara razdaljina objektiva od sloja emulzije teoriskom rastojanju optičkog lika; s objektivom mora dakle da se izvrši takozvano postavljanje oštine. Kod fotografskih aparata sa mutnim staklom može ovo postavljanje oštine da se izvrši neposredno na osnovu subjektivnog ocenjivanja oštine slike na mutnom staklu; u cilju postizavanja što veće oštine može slika pri postavljanju oštine da se posmatra i lupom. Kod aparata bez mutnog stakla mora međutim objektiv da se dotera pomoću takozvane skale otstojanja, na osnovu razdaljine između objekta snimanja i kamere, koja se obično oceni od oka. Nesigurnost ocenjivanja otstojanja objekta izbegavamo time, što taj razmak izmerimo ili neposredno trakastim metrom (što je međutim zametno) ili optičkim putem pogodnim daljinarom (na pr. Balda-Distanzer). Kod kamera sa daljinarom, spojenim s objektivom vrši se postavljanje oštine automatski.

Problem postavljanja oštine je prost i jasan, dok se pred kamerom nalazi objekat koji se ne prostire u dubinu ili samo vrlo malo. Čim se međutim objekat snimanja više ili manje prostire u dubinu, nemoguće je potpuno oštro optičko ocrtavanje objekta duž cele dubine od prednjeg plana do pozadine. Sa gledišta fotografske prakse je u slučaju snimanja objekta koji se prostire u dubinu, određenu rastojanjem između prednjeg plana i pozadine, važan odgovor na pitanja:



Sl. 48.

E — sloj emulzije

1. Kako treba postaviti oštrinu, kada se objekat prostire u dubinu, da bi se postigla podjednaka neoštrina prednjeg plana i pozadine?

2. Koja diafragma je potrebna kod ovako postavljene razdaljine da bi se praktično dovoljno oštro ocrtali prednji plan i pozadina, odnosno kolika je dubinska oštrina kod određene diafragme?

2. POSTAVLJANJE RAZDALJINE KOD SNIMANJA PROSTORNOG OBJEKTA

Od objekta koji se prostire u dubinu, od prednjeg plana S do pozadine Z, treba oštro ocrtati prednji plan sa razdaljinom optičkog lika s i pozadinu sa razdaljinom optičkog lika z (sl. 48.). Pošto je nemoguće da je u trenutku snimanja sloj emulzije postavljen na obe razdaljine, onda se u svrhu srednje oštine, odnosno podjednake neoštine prednjeg plana i pozadine, sloj emulzije ne postavi niti na razdaljinu z optičkog lika pozadine, niti na razdaljinu s optičkog lika prednjeg plana, nego na sredinu oboje. Razdaljina između objektiva i emulzije biće dakle

$$e = \frac{s+z}{2}$$

Na osnovu recipročne formule objektiva imamo za prednji plan, odnosno za pozadinu odnos

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \quad \text{i} \quad \frac{1}{Z} + \frac{1}{z} = \frac{1}{f}$$

Iz ovih dveju jednačina dobijamo razdaljine optičkih likova

$$s = \frac{Sf}{S-f} \quad \text{i} \quad z = \frac{Zf}{Z-f}$$

Ako stavimo ta dva izraza u jednačinu za e, dobijamo

$$e = \frac{s+z}{2} = \frac{Sf}{2(S-f)} + \frac{Zf}{2(Z-f)} = \frac{2SZf - Sf^2 - Zf^2}{2(S-f)(Z-f)}$$

Na osetljivom sloju, postavljenom na razdaljinu e, ocrtaće se međutim oštro određena partija prostornog objekta koja se nalazi na otstojanju E od aparata. Za ovo otstojanje opet važi jednačina sočiva

$$\frac{1}{E} + \frac{1}{e} = \frac{1}{f}$$

iz koje dobijamo

$$E = \frac{ef}{e-f}$$

Ako u ovu jednačinu stavimo gornji izraz za e, dobićemo

$$E = \frac{\frac{2SZf - Sf^2 - Zf^2}{2(S-f)(Z-f)} \cdot f}{\frac{2SZf - Sf^2 - Zf^2}{2(S-f)(Z-f)} - f} = \frac{2SZf - Sf^2 - Zf^2}{2SZ - Sf - Zf - 2SZ - 2Sf + 2Zf - 2f^2}$$

$$E = \frac{2SZ - Sf - Zf}{S + Z - 2f}$$

Ova jednačina potpuno tačno određuje razdaljinu E, kod koje je na optičkom liku postignuta prosečna oštrina, odnosno podjednaka neoštrina prednjeg plana i pozadine.

Gornja jednačina je međutim za praktičnu upotrebu još suviše komplikovana. Stoga, s obzirom na činjenicu da su normalne žižne daljine f (50 do 180 mm) fotografskih objektiva vrlo male prema otstojanjima S prednjeg plana i Z pozadine, zanemarujemo članove Sf, Zf i 2f i dobijamo jednostavni izraz

$$E = \frac{2SZ}{S+Z}$$

Na osnovu ovog odnosa možemo onda u konkretnom slučaju, za date udaljenosti S i Z, odmah da izračunamo postavljanje otstojanja E, kod kojeg postizavamo najpovoljniju prosečnu oštrinu, odnosno neoštrinu.

Ovaj izraz važi naravno i u slučaju, da se pozadina prostire do beskonačnosti, dakle Z = ∞. Da bismo u tom slučaju mogli da izračunamo postavljanje razdaljine objektiva, transformiramo gornju jednačinu u

$$E = \frac{2SZ}{S+Z} = \frac{2S}{\frac{S}{Z} + 1}$$

Ako sada stavimo $Z = \infty$, dobićemo

$$E = \frac{2S}{\frac{S}{\infty} + 1} = \frac{2S}{0 + 1} = 2S$$

Da bismo postigli najbolju prosečnu oštrinu od prednjeg plana do beskonačnosti, treba da postavimo objektiv na dvostruko otstojanje prednjeg plana.

Pošto pri snimanju obično nema mnogo vremena za izračunavanje postavljanje razdaljine, možemo da upotrebimo tabelu X. — Za razdaljine prednjeg plana i pozadine kojih nema u tabeli izračunaćemo — ukoliko je to uopšte potrebno — prelazne vrednosti interpolacijom.

Tabela X:

Postavljena razdaljina za prosečnu oštrinu

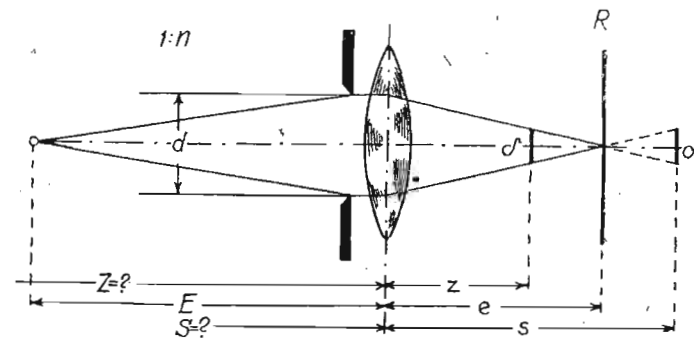
Otstojanje prednjeg plana u m	Otstojanje pozadine u metrima											
	2	3	4	5	6	8	10	15	20	50	100	∞
1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0
1,5	1,7	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0
2	2,0	2,4	2,7	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0
3		3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,6	5,0	5,2	5,7	5,8	6,0
4			4,0	4,4	4,8	5,3	5,7	6,3	6,7	7,4	7,7	8,0
5				5,0	5,5	6,1	6,7	7,5	8,0	9,1	9,5	10,0
6					6,0	6,9	7,5	8,6	9,2	10,7	11,3	12,0
8						8,0	8,9	10,4	11,1	13,8	14,8	16,0
10							10,0	12,0	13,4	16,7	18,2	20,0
15								15,0	17,1	23,1	26,1	30,0
20									20,0	28,6	32,3	40,0

Ako kod prostornog objekta postavimo razdaljinu objektivna na otstojanje E dobijeno pomoću gornje formule, onda su i prednji plan i pozadina podjednako neoštri. Tačke prednjeg plana i pozadine se onda ne ocrtavaju kao tačke, nego kao disperzioni krugovi istog prečnika. Za kakvoću slike je od odlučnog značaja veličina tih disperzionih krugova. Ako je prečnik tih disperzionih krugova manji od dopuštene neoštrine Δ , onda je pitanje postavljanja razdaljine rešeno; ako je međutim ovaj prečnik veći, dakle dopuštena neoštrina slike prekora-

čena, onda imamo — kao što je poznato — u diafragmi sredstvo da smanjimo neoštrinu slike, odnosno prečnik disperzionog kruga. Sada se samo postavlja pitanje: na koji otvor treba da se smanji diafragma, da bismo, po postavljanju objektivna na potrebnu razdaljinu, dobili maksimalnu dopuštenu neoštrinu prednjeg plana i pozadine, odnosno maksimalni dopušteni prečnik disperzionog kruga?

3. DUBINSKA OŠTRINA I DIAFRAGMA

Pošto kod prostornog objekta možemo diafragmom po svojoj volji da povećamo ili da smanjimo dubinsku oštrinu, skoro se samo po sebi razume da ćemo diafragmom oštrinu doterati toliko, koliko je to s obzirom na dubinu prostiranja objekta neophodno; jer bismo daljim smanjivanjem otvora diafragme samo nepotrebno produžili ekspoziciju.



Sl. 49.

1 : n — otvor diafragme; R — ravan slike

Da bismo utvrdili odnos između relativnog otvora diaframe i granica dubinske oštrine, posmatrajmo diafragmu sa otvorom 1 : n, dakle s prečnikom d, i partiju objekta na otstojanju E (sl. 49.) koja se ocrtava potpuno oštro na sloju emulzije postavljenom na razdaljinu e od objektivna. Ispred i iza te razdaljine e već se pojavljuju disperzioni krugovi; na sl. 49 su nacrtana dva simetrična disperziona kruga, istog prečnika δ . Pošto se sloj emulzije, u smislu gornjih izlaganja, nalazi na sredini između oštih optičkih likova prednjeg plana i pozadine, odgovara desni disperzioni krug na razdaljini s neoštrini prednjeg plana, a levi na razdaljini z neoštrini pozadine. Dužina s pripada, u smislu jednačine sočiva, nekom određenom otstojanju S prednjeg plana, a dužina z nekom određenom otstojanju Z pozadine. Ako se otstojanje S prednjeg plana smanji, odnosno otstojanje Z pozadine poveća, onda se dužina s poveća, odnosno dužina z smanji, usled čega se u oba slučaja prečnik δ disperzionih krugova poveća i obratno. Pošto, s ob-

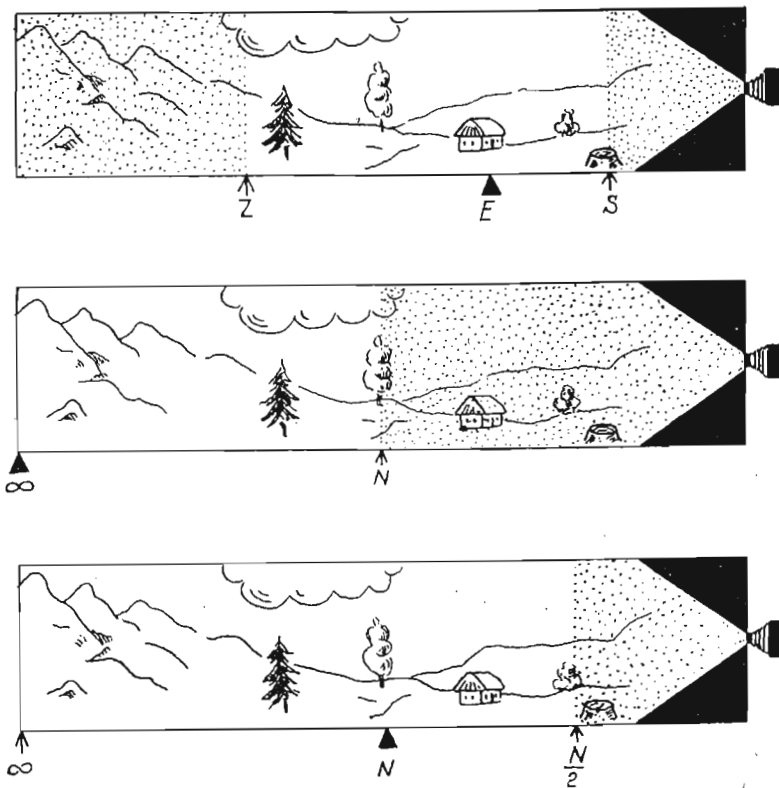
Ako međutim izvršimo postavljanje objektivna na rastojanje $E = N$, dobijemo iz gornjih dveju jednačina

$$S = \frac{EN}{N+E} = \frac{N \cdot N}{N+N} = \frac{N}{2}$$

$$Z = \frac{EN}{N-E} = \frac{N \cdot N}{N-N} = \frac{N^2}{0}$$

$$Z = \infty$$

Pri postavljanju objektivna na razdaljinu beskonačnosti n , prostire se oštrina prednjeg plana do polovine rastojanja N i oštrina pozadine



Sl. 50, 51 i 52.

Δ — postavljena razdaljina

do beskonačnosti (sl. 52). Ovo postavljanje objektivna koje daje kod najveće diafragme najveću dubinsku oštrinu, nazivamo »blizinsko postavljanje na beskonačno«.

Pošto je u smislu poslednjih dveju jednačina otstojanje pozadine kod blizinskog postavljanja na beskonačno uvek ∞ i razdaljina prednjeg plana uvek polovina razdaljine beskonačnosti, onda je ta razdaljina beskonačnosti N neka mera za dubinsku oštrinu; jer što god je manja vrednost N , utoliko više će se prostirati oštrina prema prednjem planu i obratno. Za vrednost N su međutim u smislu izraza

$$N = \frac{f^2}{n \Delta}$$

jedino merodavni žižna daljina f , relativni otvor $1:n$ diafragme i dopuštena neoštrina Δ . Razdaljina beskonačnosti N je dakle utoliko manja, odnosno dubinska oštrina utoliko veća, što god je kraća žižna daljina f , što god je manji otvor $1:n$ diafragme i što god je veća

Tabela XI:

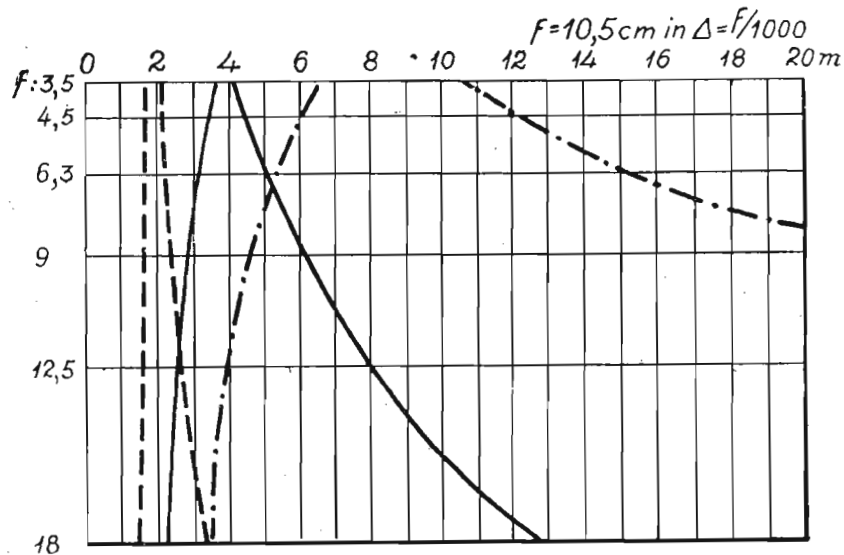
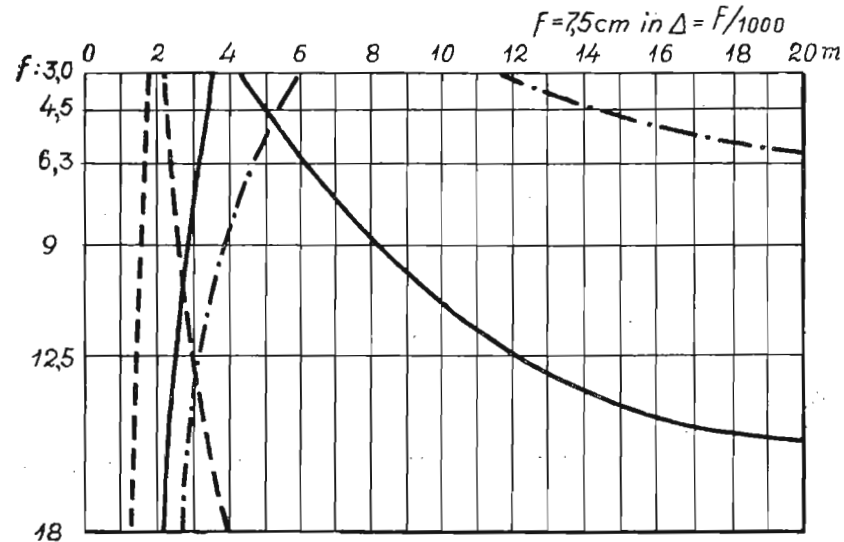
Dubinska oštrina
za $f = 5 \text{ cm}$ i $\Delta = f/1500$

Postavljena razdaljina m	Relativni otvor diafragme			
	$f : 4$	$f : 5,6$	$f : 8$	$f : 11$
1	0,95 — 1,05	0,93 — 1,07	0,91 — 1,12	0,88 — 1,18
2	1,81 — 2,23	1,74 — 2,35	1,65 — 2,54	1,55 — 2,83
4	3,30 — 5,08	3,08 — 5,70	2,81 — 6,97	2,52 — 9,67
6	4,55 — 8,83	4,14 — 10,87	3,66 — 16,66	3,20 — 50,0
8	5,41 — 13,9	5,01 — 19,86	4,32 — 54,5	3,68 — ∞
10	6,52 — 21,4	5,73 — 39,5	4,84 — ∞	4,06 — ∞
20	9,69 — ∞	5,02 — ∞	6,39 — ∞	5,09 — ∞
∞	18,75 — ∞	13,39 — ∞	9,38 — ∞	6,82 — ∞

dopuštena neoštrina Δ . Pošto međutim dopuštenu neoštrinu Δ možemo, u izvesnim granicama, po sopstvenom nađenju proizvoljno da izaberemo, onda dubinska oštrina nije nikakva apsolutno određena vrednost.

Pomoću izvedenih formula za N , S i E možemo dakle kod datih podataka f , $1:n$ i Δ za svaku postavljenu razdaljinu da izračunamo dotičnu dubinsku oštrinu. Rezultati tih izračunavanja uvek se, radi preglednosti, navode u obliku tabela na pr. za objektiv sa žižnom daljinom $f = 5 \text{ cm}$ i prihvatljivu neoštrinu $\Delta = f/1000$ važi za dubinsku oštrinu tabela XI. Takva tabela dubinske oštrine često je već pričvršćena na nekim fotografskim aparatima novijeg modela, ali skoro nikad nije navedena i vrednost prihvatljive neoštrine.

Promenu dubinske oštine u zavisnosti od relativnog otvora i postavljene razdaljine najbolje nam pokazuje grafikon koji možemo da nacrtamo na osnovu odnosne tabele dubinske oštine (sl. 53a i 53b).



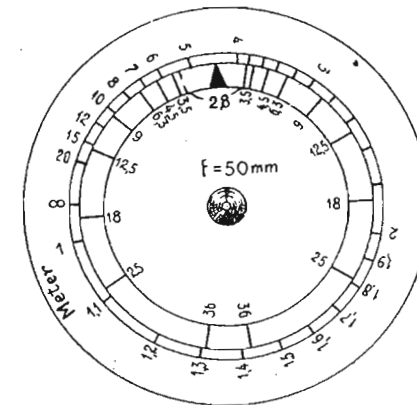
Sl. 53a i 53b

Dijagram dubinske oštine

Kao primer, a i radi međusobnog upoređivanja neka nam posluže grafikoni dubinske oštine za $f = 7,5 \text{ cm}$, odnosno $f = 10,5 \text{ cm}$ i $\Delta = f/1000$ na sl. 53a i b.

Iz ova dva grafikona se jasno vidi, kako smanjenjem diafragme raste dubinska oština i to utoliko više, ukoliko je veća postavljena razdaljina (kod iste diafragme je naime dubinska oština kod postavljanja na 8 m mnogo veća nego kod postavljanja na 2 m). Upoređujući međusobno grafikone za $f = 7,5 \text{ cm}$ i $f = 10,5 \text{ cm}$ vidimo dalje, koliko su ugodniji uslovi za dubinsku oštinu kod kraće žižne daljine, nego kod duže.

Upotreba numeričkih tabela ili grafikona je međutim za brzi rad kod snimanja prilično nepraktična. Mnogo pogodnija je računaljka za dubinsku oštinu (sl. 54) koja je sračunata za datu žižnu daljinu f



Sl. 54.

Računaljka za dubinsku oštinu

i određenu prihvatljivu neoštinu Δ . Na spoljnjem delu su od podele označene sa ∞ navedena pojedinim postavljenim razdaljinama odgovarajuća pomeranja optički oštre ravni slike od žiže na osnovu izraza

$\frac{f^2}{E-f}$, pri čemu su podele označene po odstojanjima u prirodi; a na unutrašnjem delu su od značke nalevo i nadesno navedene dužine $n \cdot \Delta$ koje određuju razdaljinu ravni slike sa prihvatljivom neoštinom od teoriske ravni slike sa potpunom oštinom i to nalevo za pozadinu, a nadesno za prednji plan. Čim postavimo značku unutrašnjeg okretljivog kruga na podelu neke postavljene razdaljine, dobijemo kod leve i desne podele skale diafragmi početak i kraj dubinske oštine.

Bolje fotografske kamere su često već opremljene takvom računaljkom dubinske oštine, tako da je na zavrtnju za postavljanje razdaljine (na pr. kod »Rolleiflex« i »Rolleicord«) ili na objektivu

(na pr. kod »Contax« i »Leica«) urezana podela rastojanja koju okružuje nepokretan prsten sa podelom diafragmi. Kao na računaljki pročitamo i na tom prstenu, po izvršenom postavljanju oštine, dva podatka o opsegu dubinske oštine za proizvoljan otvor diafragme.

Opisani oblik tabela, odnosno grafikona protezanja dubinske oštine ima kod praktične upotrebe veliki nedostatak, da su postavljeno rastojanje E i relativni otvor n argumenti koji određuju odnosi opseg dubinske oštine. U praksi nam je međutim opseg objekta, dakle zahtevana dubinska oština, neposredno dat, dok je relativni otvor diafragme nepoznata; stoga moramo u tabeli prvo da potražimo opsegu objekta najbliže brojeve dubinske oštine, a onda tek nalazimo u vertikalnom stupcu potrebni otvor n diafragme. Bez obzira na to, da to traženje oduzima mnogo vremena, često uopšte u tabeli ne nađemo brojeve koji bi makar i približno odgovarali datom opsegu dubine objekta.

Da bismo kod snimanja objekta sa datim opsegom dubine, t. j. sa datim otstojanjem S prednjeg plana i Z pozadine, utvrdili potrebni relativni otvor n diafragme, izračunamo pomoću jednačina

$$S = \frac{EN}{N+E} \quad Z = \frac{EN}{N-E}$$

eliminacijom obe nepoznate E i N. Tako dobijemo

$$S(N+E) = EN \quad Z(N-E) = EN$$

$$N = \frac{ES}{E-S} \quad N = \frac{EZ}{Z-E}$$

$$E = \frac{NS}{N-S} \quad E = \frac{NZ}{N+Z}$$

Ako izjednačimo izraze za N, imaćemo

$$N = \frac{ES}{E-S} = \frac{EZ}{Z-E}$$

$$ES(Z-E) = EZ(E-S)$$

$$E = \frac{2SZ}{S+Z}$$

dakle rezultat koji je već poznat. Izjednačavanjem izraza za E dobićemo

$$E = \frac{NS}{N-S} = \frac{NZ}{N+Z}$$

$$NS(N+Z) = NZ(N-S)$$

$$N = \frac{2SZ}{Z-S}$$

Pošto je međutim razdaljina beskonačnosti kao funkcija diafragme

$$N = \frac{f^2}{n \Delta}$$

imamo takođe

$$N = \frac{f^2}{n \Delta} = \frac{2SZ}{Z-S}$$

Iz toga odnosa dobijamo najzad relativni otvor

$$n = \frac{f^2(Z-S)}{2SZ \Delta}$$

kao funkciju rastojanja prednjeg plana i pozadine, prihvatljive neoštine i žižne daljine. U slučaju da je $Z = \infty$, dobijamo po transformisanju

$$n = \frac{f^2(Z-S)}{2SZ \Delta} = \frac{f^2 \left(1 - \frac{S}{Z}\right)}{2S \Delta} = \frac{f^2 \left(1 - \frac{S}{\infty}\right)}{2S \Delta} = \frac{f^2}{2S \Delta}$$

Kao za postavljeno rastojanje E, tako možemo na osnovu podataka S i Z da sastavimo i za maksimalni otvor n diafragme tabelu XII koja važi za $f = 5 \text{ cm}$ i $\Delta = f/1500$. Iz tako sastavljene tabele koja ima za

Tabela XII:

Maksimalna diafragma kod dubinskih objekata

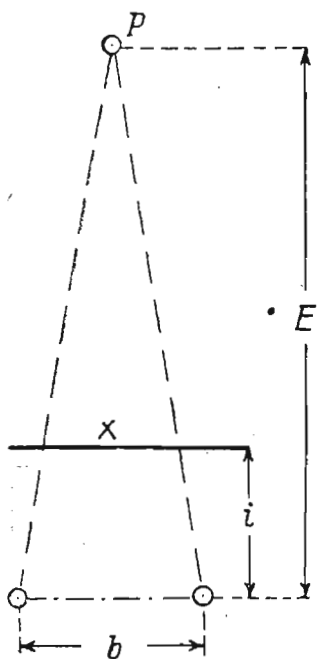
za $f = 5 \text{ cm}$ i $\Delta = f/1500$

Odstojanje prednjeg plana	Odstojanje pozadine Z u metrima											
	2	3	4	5	6	8	10	15	20	50	100	∞
1	18,8	25,0	28,1	30,0	31,2	32,8	33,8	35,0	35,6	36,8	37,1	37,5
1,5	6,3	12,5	15,7	18,0	18,8	20,3	21,3	22,5	23,1	24,3	24,5	25,0
2		6,3	9,4	11,3	12,5	14,1	15,0	16,3	16,9	18,0	18,4	18,8
3			3,1	5,0	6,3	7,9	8,8	10,0	10,6	12,5	12,2	12,5
4				1,9	3,2	4,9	5,7	6,9	7,5	8,7	9,0	9,4
5					1,3	2,9	3,8	5,0	5,7	6,8	7,2	7,5
6						1,6	2,5	3,8	4,4	5,5	5,9	6,3
8							1,0	1,9	2,9	4,0	4,4	4,7
10								1,3	1,9	3,0	3,4	3,8
15									0,7	1,8	2,0	2,5
20										1,2	1,5	1,9

svaku žižnu daljinu f i za svaku izabranu neoštrinu Δ drugačije brojne vrednosti, možemo odmah da pročitamo za dati opseg dubine objekta potrebni maksimalni otvor diafragme.

4. DALJINARI — SPRAVE ZA MERENJE OTSTOJANJA

Kao što je već u početku bilo rečeno može za postavljanje oštine pogodnim daljinom najpouzdanije da se utvrdi otstojanje objekta, odnosno otstojanje prednjeg plana i pozadine.



Sl. 55.

Paralaksa kod binokularnog gledanja

Najjednostavniji daljinar za foto-grafske svrhe možemo, na osnovu fiziološkog binokularnog gledanja, sami da napravimo, u obliku komada kartona sa odgovarajućom daljinarskom podelom. Ako naime viziramo predmet P koji se nalazi na otstojanju E (sl. 55), onda seku pogledi očiju na razdaljini i vodoravno držani karton na rastojanju x . Ako označimo sa b razmak očiju (baza očiju), onda dobijamo iz razmere

$$x : (E - i) = b : E$$

$$x = b \frac{E - i}{E} = b \left(1 - \frac{i}{E} \right)$$

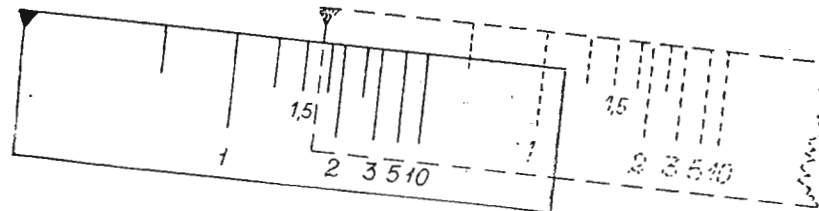
Za razna rastojanja E i za individualnu meru baze očiju b (na pr. $b = 65$ mm) i opružene ruke i (na pr. $i = 50$ cm) dobijamo razdaljine x

$E = 0,75$	$1,0$	$1,25$	$1,5$	$1,75$	$2,0$	$2,5$	3	5	10∞ m
$x = 21,6$	$32,5$	$39,0$	$43,3$	$46,4$	$48,7$	$52,0$	$54,2$	$58,5$	
									61,7 65,0 mm

Na osnovu tih razdaljina nacrtu se na tom kartonu podela, čiji podeoci se označe po odnosnim razdaljinama (sl. 56). Ako držimo tu razdaljinsku podelu opruženom rukom (najpogodnije malo koso) i viziramo istovremeno s oba oka objekat snimanja, onda vidimo razdaljinsku podelu dvogubo, nešto neoštro i delom poluprovodnu (sl. 56). Desna poluslika leve ivice kao ishodište razdaljinske podele pokazuje razdaljinu objekta. Ovaj daljinar koji mora da bude napravljen po individualnim merama posmatrača, daje kod odgovarajuće izvežbanosti dovoljno tačne podatke.

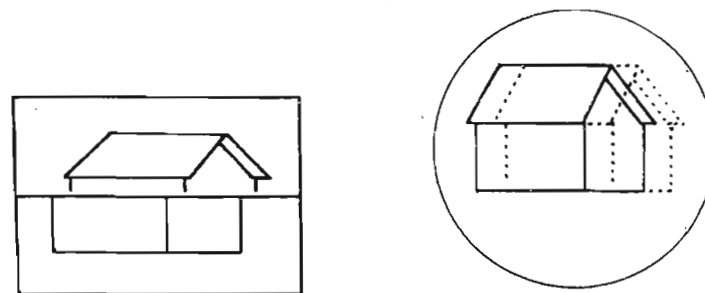
nja, onda vidimo razdaljinsku podelu dvogubo, nešto neoštro i delom poluprovodnu (sl. 56). Desna poluslika leve ivice kao ishodište razdaljinske podele pokazuje razdaljinu objekta. Ovaj daljinar koji mora da bude napravljen po individualnim merama posmatrača, daje kod odgovarajuće izvežbanosti dovoljno tačne podatke.

Specijalno za fotografsku tehniku izradeni daljinari su međutim konstruisani skoro uvek na osnovu takozvanog principa koincidence, čija suština se sastoji u tome da moraju dve sa različitih tačaka vidljive



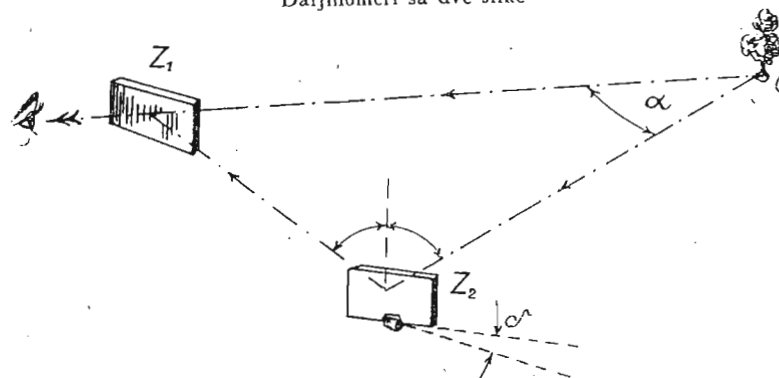
Sl. 56.

Distanciono merilo



Sl. 57a i 57b

Daljinomeri sa dve slike

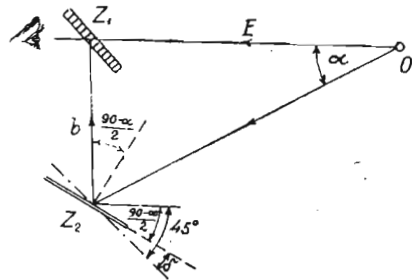


Sl. 58a

Z_1 — nepokretno poluprovodno ogledalo; Z_2 — pokretno ogledalo; O — objekat

slike objekta (poluslike na sl. 57a ili dvostruke slike na sl. 57b) da se dovedu do poklapanja (koincidence). Tačnost ovog merenja rastojanja zavisi od razdaljine tačaka posmatranja, t. j. od dužine takozvane baze

daljinara; tačnost merenog rastojanja je prema tome utoliko veća, ukoliko je duža baza. Pošto je postavljanje oštine objektiva osetljivo samo za kraća otstojanja objekata, dovoljan je opseg merenja ovih daljinara za otstojanja objekata do najviše 20—25 m. Stoga su dovoljne baze dužine od 4—10 cm. Odnosno optičkog sastava razlikujemo:



Sl. 58b

Z_1 — nepokretno poluprovodno ogledalo; Z_2 — pokretno ogledalo; O — objekat

1. Daljinar sa ogledalom koji se sastoji iz nepokretnog, pod uglom od 45° postavljenog poluprovodnog ogledala i iz okretljivog ogledala (sl. 58a). Na osnovu sl. 58b imamo za otstojanje objekta odnos

$$E = b \cdot \text{ctg } \alpha$$

Ugao paralakse α je međutim određen uglom δ , za koji moramo da zasučemo ogledalo da bi se pokrile neposredna slika preko nepokretnog ogledala ugrađene pravougule ravnokrake prizme.

$$\delta = 45^\circ - \frac{90^\circ - \alpha}{2} = \frac{\alpha}{2},$$

dobijamo

$$E = b \cdot \text{ctg } 2\delta$$

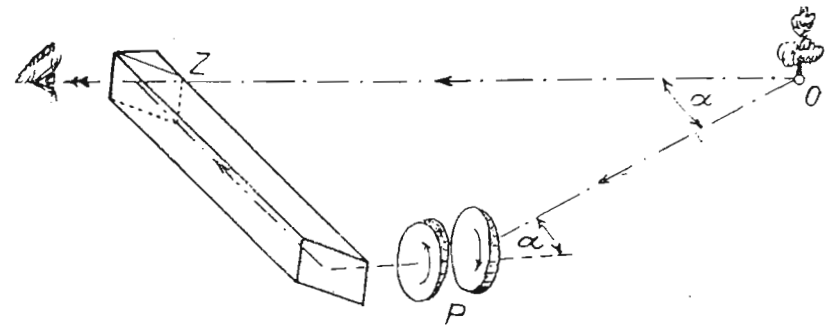
Na pr. za daljinar sa bazom $b = 10$ cm iznosi kod

$E = \infty$	50	20	10	5	1	0,75 m
$\delta = 0^\circ$	$0^\circ 3' 27''$	$0^\circ 8' 38''$	$0^\circ 17' 11''$	$0^\circ 34' 23''$	$2^\circ 51' 20''$	$3^\circ 47' 50''$

Za opseg merenja od ∞ do 0,75 m je dakle zasukavanje srazmerno vrlo malo, usled čega mora za pokretanje ogledala da se upotrebi mikrometarski zavrtanj na kome se neposredno pročitava otstojanje objekta.

Na isti način deluje i daljinar sa prizmama, kod kojeg su mesto ogledala ugrađene pravougule ravnokrake prizme.

2. Daljinar sa oblim prizmama sastoji se iz staklene prizme, u koju je na jednom kraju umetnuto koso napola providno pozlaćeno ogledalo (sl. 59), a pred drugim krajem koji je koso otsečen pod uglom od 45° , su nameštene dve oble prizme, koje se iz ukrštenog položaja zasuču istovremeno svaka u drugom smislu do 90° . Time se menja ugao prelamanja kombinacije oblih prizmi od nule (što odgovara ukrštenom



Sl. 59.

Z — pozlaćeno (poluprovodno) ogledalo; P — oble prizme; O — objekat

položaju) do najvećeg ugla (pri diagonalno paralelnom položaju obeju prizmi). Svakom uglu prelamanja odgovara određeni ugao skretanja koji je identičan s uglom paralakse α ; a ovaj određuje otstojanje objekta po formuli

$$E = b \cdot \text{ctg } \alpha$$

Na zavrtanju, kojim se preko prenosa okreću oble prizme, je podela, označena u otstojanjima koja odgovaraju odnosnom uglu paralakse.

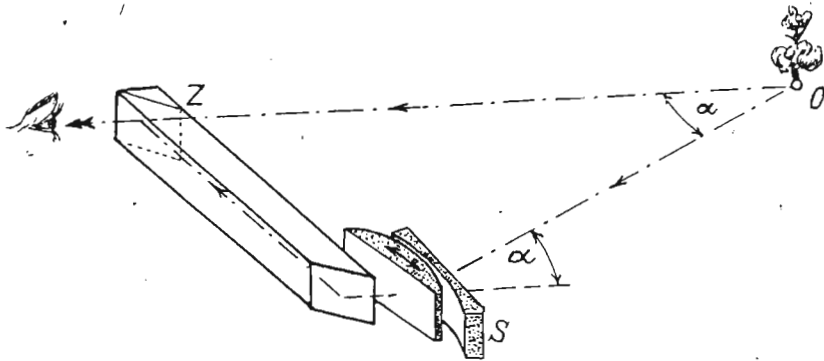
3. Daljinar sa cilindričnim sočivima se isto tako sastoji iz staklene prizme sa poluprovodnim ogledalom, dok je mesto oblih prizmi ugrađeno cilindrično plankonvexno sočivo koje je okretljivo oko osovine konvexne površine, i iz pripadajućeg nepokretnog plankonkavnog cilindričnog sočiva (sl. 60). U početnom položaju su spoljne ravne površine oba sočiva paralelne i ugao skretanja, odnosno paralakse, ravan je nuli (postavljanje na ∞). Ukoliko se više zasuču unutrašnje cilindrično sočivo, utoliko veći postaje ugao prelamanja prizme kao sistema oba cilindrična sočiva i utoliko veći postaje i ugao skretanja upadnog desnog zraka. Stoga je odnosni položaj plankonvexnog cilindričnog sočiva mera za otstojanje objekta. Daljinar sa cilindričnim sočivima ima, nad gore navedenim konstrukcijama, preimućstvo velikog vidnog polja, usled čega je omogućena neposredna kombinacija tražila i daljinara (Contax II).

Kod fotografskih kamera koje imaju daljinar ove ili one konstrukcije neposredno ugrađen u kameru, je pokretljivi sastavni deo

(gledalo, prizma, obla prizma ili cilindrično sočivo) preko odgovarajućeg mehanizma spojen s objektivom tako, da je ovaj pri poklapanju obeju slika automatski postavljen na otstojanje objekta.

5. POSTAVLJANJE NA DVE TAČKE

Za utvrđivanje otstojanja objekta pri određivanju potrebnog postavljanja razdaljine i potrebne diafragme, obično kod momentnih snimaka nema vremena. U kritičnom trenutku momentnog snimka mora fotograf da koncentriše svu svoju pažnju na objekat u pokretu i nema mogućnosti da istovremeno traži pravilno postavljanje razdaljine i odgovarajuću diafragmu. Koristeći odnos između postavljanja razdaljine, relativnog otvora i dubinske oštine, može kod fotografskih



Sl. 60.

Z — pozlaćeno (poluprovodno) ogledalo; S — cilindrična sočiva; O — objekat

aparata s objektivima žižne daljine ispod 10 cm (formati 6×6 cm, $4,5 \times 6$ cm i manje) rukovanje jako da se uprosti na taj način, što odredimo dva postavljanja razdaljine: jedno za bliže i drugo za udaljenije objekte. Iz grafikona opsega dubinske oštine (sl. 53a) za $f = 7,5$ cm vidi se, da se kod diafragme $f : 9$ i kod postavljene razdaljine na 4 m dubinska oština prostire od 2,7 do 7,7 m, a kod postavljanja na 8 m od 4,1 do ∞ . Služeći se ovom činjenicom, kamera je, kod pretežne većine svakidašnjih momentnih snimaka, odmah spremna da okine, ako je već postavljena

diafragma $f : 9$,

a s obzirom na udaljenost objekta potreban je samo još izbor između dve razdaljine, i to za

- bliže objekte: postavljanje razdaljine na 4 m,
- udaljenije objekte: postavljanje razdaljine na 8 m.

Pošto ovako naizmenice operišemo samo sa dve razdaljine, govorimo o takozvanom postavljanju na dve tačke, jer postavimo objektiv samo na jednu ili drugu tačku, dok za oštrinu slike iskorišćujemo uticaj diafragme.

Ipak ovaj sistem dveju tačaka nije upotrebljiv u svima slučajevima. Neupotrebljiv je za tipične snimke iz blizine u velikoj razmeri, t. j. kod otstojanja objekata do 3 m, dalje kod slabe svetlosti (jer propušta diafragma $f : 9$ premalu količinu svetlosnih zrakova) i kod objekata u vrlo brzom pokretu koji zahtevaju vrlo kratke ekspozicije (dakle i veliki otvor diafragme).

II. EKSPozICIJA ILI OSVETLJAVANJE

I. KOMPONENTE EKSPozICIJE

Pravilna ekspozicija je jedan od najvažnijih uslova za uspeh fotografskog snimka. Današnje negativske emulzije istina dopuštaju, opšte uzev, priličnu tolerancu, a i izazivanje pruža mogućnost delimičnog ispravljanja razlike od normalne ekspozicije; ali ipak je određivanje pravilne ekspozicije problem koji zahteva vežbu, poznavanje odlučujućih činjenica i pravilno ocenjivanje svetlosnih prilika.

Imajući u vidu razne faktore i komponente koji utiču na ekspoziciju, možemo odmah da utvrdimo da je ekspozicija funkcija osvetljenja, faktora objekta (svetline objekta), osetljivosti emulzije i relativnog otvora diafragme, dakle

$$\text{ekspozicija} = f \left(\frac{\text{faktor objekta} \times \text{otvor diafragme}}{\text{osvetljenje} \times \text{osetljivost}} \right)$$

Uticaj osetljivosti emulzije i relativnog otvora diafragme na ekspoziciju već nam je poznat; moramo još da razmotrimo uticaj osvetljenja i faktora objekta koji je u obrnutoj srazmeri prema svetlini objekta.]

A. Osvetljenje

Fotografski snimci su mogućni kod prirodnog ili kod veštačkog osvetljenja. Od prirodnih svetlosnih izvora je na prvom mestu sunce koje omogućuje fotografski proces. Međutim sunčana svetlost ni ukoliko nije konstantna, nego podleži raznim promenama.

1. **Dnevna svetlost.** Ako posmatramo sunce kao izvor svetlosti, moramo pre svega da razlikujemo između neposrednog i posrednog osvetljenja. Osvetljenje je neposredno, ako sunce direktno obasjava objekat snimanja (sunčana svetlost). Posredno osvetljenje daju međutim sekundarni svetlosni zraci koji potiču od tela osvetljenih od sunca; glavni udeo u tom posrednom osvetljenju ima nebeska svetlost, t. j. ona srazmerno velika količina svetlosti koju daje objektu oblačno ili vedro nebo, obasjano suncem.

Sunčana svetlost se međutim koleba u širokim granicama i zavisi od visine sunca nad horizontom koja se menja sa dobom dana i godine i sa geografskom širinom kraja snimanja. Te tri vrednosti: doba dana,

doba godine i geografska širina određuju jačinu neposredne sunčane svetlosti. I jačina posredne nebeske svetlosti naravno zavisi od visine sunca, ali njena promena dosta je različna od kolebanja neposredne sunčane svetlosti. Opšte uzevši je, prema sunčanoj svetlosti, nebeska svetlost srazmerno slaba. Porast svetlosti sa visinom sunca i brojni odnos između hemiske svetline neposredne svetlosti (sunčane i nebeske) i između hemiske svetline same nebeske svetlosti naveden je u tabeli XIII (po Bunsenu i Roscoe-u).

Tabela XIII:

Dnevna svetlost i visina sunca

Visina sunca nad horizontom	Hemijsko dejstvo	
	Sunčana i nebeska svetlost	Samo nebeska svetlost
0°	3,1	3,1
10°	17,1	15,1
20°	52,6	24,7
30°	91,9	31,7
40°	122,8	36,1
50°	145,5	38,1
60°	160,7	39,1
70°	170,8	39,6
80°	176,4	39,7
90°	178,1	39,7

Iz tih brojeva se vidi, da iznosi odnos između nebeske i celokupne dnevne svetlosti pri izlasku sunca 1, a pri vertikalnom položaju sunca samo 1/4. Dalje još vidimo, da se osvetljenje u toku dana menja u širokim granicama, da se menja u istom kraju u zavisnosti od doba godine (jer se menja visina sunca nad horizontom) i da se smanjuje sa geografskom širinom kraja.

Imajući u vidu te činjenice, izračunati su faktori ekspozicije za doba dana, za doba godine i za krajeve sa geografskom širinom od + 42° do + 51° (po Dr. Rheden-u) i navedeni u tabeli XIV. — Kraćak pogled na ove brojeve pokazuje nam sledeće činjenice: dok je u mesecima od aprila do avgusta podnevna svetlost prilično ravnomerna, u zimskim mesecima jako opada. Takođe je u letnjim mesecima podnevna svetlost još dva sata pre podne i po podne prilično stalna, a u zimskim mesecima već osetno opada. U letnjim mesecima su mogućni snimci od 5^h do 19^h, u zimskim mesecima međutim samo od 8^h do 16^h.

2. **Meteorološko stanje.** Svetlina dnevne svetlosti, t. j. neposredne sunčane i posredne nebeske svetlosti, u smislu navedenih brojnih po-

Tabela XIV:

Faktori ekspozicije za doba dana i godine

Doba dana h	Godišnje doba (polovine meseca)													
	VI ₂	VI ₁	V ₂	V ₁	IV ₂	IV	III ₂	III ₁	II ₂	II ₁	I ₂	I ₁	XII ₂	XII ₁
		VII ₁	VII ₂	VIII ₁	VIII ₂	IX ₁	IX ₂	X ₁	X ₂	XI ₁	XI ₂	XII ₁		
12	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,3	3,0	3,7	4,4	4,6	
11	13	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,2	4,1	4,7	5,1
10	14	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,4	3,1	4,1	5,3	6,3	6,9
9	15	1,4	1,4	1,5	1,6	1,8	2,1	2,6	3,5	4,6	6,3	8,7	11	12
8	16	1,9	1,9	2,0	2,3	2,7	3,3	4,4	6,2	9,1	14	23	32	37
7	17	3,0	3,1	3,3	3,9	4,8	6,6	9,6	17	32				
6	18	5,6	5,9	6,8	8,7	12	20	43						
5	19	14	15	20	31									

dataka menja se prilično ravnomerno. U njenoj jačini nastaju međutim velike promene i poremećaji usled meteoroloških pojava u vazduhu, od kojih oblačnost ima odlučan uticaj na osvetljenje. Dok se astronomski

Tabela XV:

Faktori ekspozicije pri oblačnom nebu

Meteorološko stanje neba - oblačnost	Faktor ekspozicije
Beli oblaci i sunce	$\frac{1}{5}$
Jasno nebo	1
Tamni oblaci i sunce	$1\frac{1}{3}$
Nebo blago pokriveno (slabo sunce)	2
Nebo pokriveno (bez sunca)	$2\frac{1}{2}$
Nebo ravnomerno zamagljeno, mračno	3
Nebo sa kišnim oblacima	4 - 6
Tamno nebo pred oluju, bez sunca	8 - 10
Vrlo tamno nebo pred oluju	15 - 25

odnosi mogu vrlo tačno obuhvatiti brojevima, meteorološke prilike, koje se sasvim nepravilno menjaju, mogu da se uzmu u obzir samo sa prosečnim podacima. Za različna meteorološka stanja neba navedeni su

odnosni faktori osvetljenja (uzevši dnevnu svetlost vedrog neba kao osnovu) u tabeli XV.

3. Jutarnja i večernja svetlost. Kod niskog stanja sunca preovlađuju žuti zraci nad plavim i ljubičastim zracima. Stoga mora ekspozicija pri izlasku i zalasku sunca kod upotrebe ortohromatskog i panhromatskog materijala da bude kraća, nego kod običnog materijala koji za snimke u to doba dana uopšte nije upotrebljiv. S obzirom na više ili manje žutu boju svetlosti pri izlasku i pri zalasku sunca, mora ekspozicija da se skрати na osnovu odnosnog faktora ekspozicije iz tabele XVI. — To skraćivanje ekspozicije dopušteno je međutim samo

Tabela XVI:

Faktori ekspozicije u zoru ili pri zalasku sunca

Boja svetlosti u zoru ili pri zalasku sunca	Faktor ekspozicije
Slabo žuta { približno 1 sat po izlasku sunca ili pred zalazak	$\frac{2}{3}$
Jasno žuta { Približno $\frac{1}{2}$ sata po izlasku sunca ili pred zalazak	$\frac{1}{2}$
Izrazito žuta ili crvenkasta { približno $\frac{1}{4}$ sata po izlasku sunca ili pred zalazak pri izlasku ili zalasku sunca	$\frac{1}{3}$

onda, kada sunce neposredno obasjava objekat snimanja; kod snimaka u senci kod kojih dejstvuje samo plava nebeska svetlost, ekspozicija ne sme da se skрати.

4. Uticaj nadmorske visine. Na većim visinama je dnevna sunčana svetlost jača usled čistijeg i ređeg vazduha. Međutim zbog tamnijeg plavetnila neba pojačavaju se i kontrasti između svetlina i senki, usled čega ekspozicija opet ne sme toliko da se skрати, koliko bi to bilo potrebno s obzirom na jaču neposrednu sunčanu svetlost. Sa većom nadmorskom visinom raste — kao što je to poznato — udeo zrakova jačeg hemiskog dejstva (ultra ljubičastih), a smanjuje se udeo optički svetlih zrakova; stoga mora kod običnih emulzija ekspozicija više da se skрати, nego kod emulzija osetljivih na boje. Prosečne faktore ekspozicije za skraćivanje ekspozicije prema nadmorskoj visini sadrži tabela XVII. Do 1500 m nadmorske visine ovaj faktor za skraćivanje

ekspozicije može da se zanemari, naročito kod upotrebe osetljivih emulzija i žutog filtra; dođe li usled toga do nešto obilnije ekspozicije, ova bez teškoća može kod izazivanja da se ispravi.

Tabela XVII:

Faktori ekspozicije za razne nadmorske visine

Nadmorska visina m	Faktor ekspozicije
1000	2/3
2000	1/2
3000	1/3
4000	1/4

B. Faktori objekta i svetlina objekta

Svi osvetljeni objekti odbijaju samo jedan deo upadne svetlosti. Prema odnosu jačine odbijene svetlosti prema upadnoj svetlosti, kažemo da je neki objekat svetao ili taman. Samo se po sebi razume da svetli objekti dopuštaju kraću ekspoziciju nego tamni; stoga je svetlina objekta, odnosno od nje zavisi faktor ekspozicije, takođe važna komponenta ekspozicije. Nije merodavan samo objekat sam, nego i način kako je osvetljen — t. j. da li neposrednom sunčanom svetlošću, ili samo rasutom nebeskom svetlošću. Faktori objekta, odnosno faktori ekspozicije za tipične objekte snimanja (po Dr. Rheden-u) navedeni su u tabeli XVIII.

Na osnovu podele objekata na dve skupine, t. j. na snimke kod neposredne sunčane i snimke kod rasute svetlosti, vidi se velika razlika u svetlini istog objekta kod neposredne, odnosno kod posredne svetlosti. Ova podela, odnosno odgovarajući faktori objekta, važi i u slučaju da objekti skupine A nisu neposredno osvetljeni sunčanom svetlošću. Strogo uzet, nije određena oštra granica između skupina A i B i u nesigurnim slučajevima odredi se faktor objekta pomoću aritmetičke sredine.

Faktori objekta skupine A rastu približno u odnosu 1:1,5 — a faktori skupine B u odnosu 1:3. Ta razlika u tačnosti uslovljena je odnosom svetlina objekta koji iznosi kod skupine A oko 1:13, a kod skupine B 1:300. Kod druge skupine treba ustvari imati u vidu, da je tačna podela pojedinih objekata prema svetlini, nemogućna, te bi svaka detaljnija podela bila beznačajna; faktori ekspozicije te skupine predstavljaju ustvari samo približne podatke, da bi se izbegle grube greške u ekspoziciji.

Tabela XVIII:

Faktori objekta		Vrsta fotografskog objekta		Faktor objekta ili ekspozicije
		A. Snimci pri neposrednoj sunčanoj svetlosti		
More	otvoreno	vrla svetle		2/5
	sa tamnom pozadinom	srednje svetle		
Jezera	sa svet. prednjim planom	prizori		1
	sa tam. prednjim planom	vrla tamni		
Stenje	svetlo	vrla svetle		5/8
	tamno	srednje svetle		
Suma	lanata svetla	vrla svetle		1
	lanata tamna četina svetla	srednje svetle		
More	otvoreno	vrla svetle		2/5
	sa svet. prednjim planom	srednje svetle		
Jezera	sa svet. prednjim planom	prizori		1
	sa tam. prednjim planom	vrla tamni		
Stenje	svetlo	vrla svetle		5/8
	tamno	srednje svetle		
Suma	lanata svetla	vrla svetle		1
	lanata tamna četina svetla	srednje svetle		
Arhitekt. objekti	svetli	vrla svetle		12/5
	tamni	srednje svetle		
Ulice	široke i svetle	vrla svetle		2/5
	uske i tamne	srednje svetle		
Portret na suncu	široke i svetle	vrla svetle		5
	uske i tamne	srednje svetle		
Predeo (pejzaž)	Predeo u snegu	vrla svetle		5/8
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Snimci iz prirode	Predeo u snegu	vrla svetle		1
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Umetnička dela	Predeo u snegu	vrla svetle		12/5
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
A vioniski snimci	Predeo u snegu	vrla svetle		2/5
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Reprodukcije	Predeo u snegu	vrla svetle		10
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Unutrašnjost crkve	Predeo u snegu	vrla svetle		30
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Entelijer	Predeo u snegu	vrla svetle		100
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Portret u sobi	Predeo u snegu	vrla svetle		300
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Portret pod otv. nebom	Predeo u snegu	vrla svetle		1000
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Klisure	Predeo u snegu	vrla svetle		3000
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		10
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		30
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		100
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		300
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		1000
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		
Suma	Predeo u snegu	vrla svetle		3000
	Predeo bez pojedinosti sa tamnom sredinom	srednje svetle		

B. Snimci pri rasutoj nebeskoj svetlosti.

2. POMOĆNA SREDSTVA ZA ODREĐIVANJE EKSPOZICIJE

Ekspoziciju snimka određuju u suštini dve vrednosti, t. j. svetlina optičkog lika i osetljivost emulzije. Ako osetljivost smatramo kao konstantnu, onda se problem ekspozicije svodi na određivanje svetline optičkog lika. Svetlinu optičkog lika možemo da posmatramo na mutnom staklu i prvih decenija fotografije, svaki fotograf je morao da stekne sposobnost, da po svetlini slike na mutnom staklu tačno oceni ekspoziciju, na osnovu stečenog iskustva. Ovakvo ocenjivanje prema optičkoj svetlini lika ustvari je moguće samo kod snimaka pod istim uslovima (na pr. u atelje-u profesionalnog fotografa), nemoguće međutim kod snimanja objekata najrazličnijih svetlina pod promenljivim okolnostima. Čim su se pojavili još i fotografski aparati bez mutnog stakla (kamere za namotane filmove), morala je fotografska tehnika da potraži nove načine koji bi omogućili određivanje ekspozicije na osnovu iskustva, naučnih rezultata i matematičkih odnosa. U tu svrhu je, na osnovu navedenih komponenata ekspozicije, stvorena tabela brojnih vrednosti, sastavljena iz faktora za pojedine komponente čiji proizvod neposredno određuje ekspoziciju. Jednu od prvih tabela za određivanje ekspozicije, izračunatu na ovom principu, predstavlja tabela XIX.

Na primer: meseca maja u 14 sati pri sunčanom vremenu za snimak pejzaša (pokrajine) sa tamnim zelenilom na emulziji 18° Sch, sa diafragmom f : 6,3 potrebna je ekspozicija

$$1,2 \times 1,5 \times 4 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{150} = \frac{1}{41,6} = \frac{1}{40} \text{ sekunde}$$

Uputstva su sadržavala primedbu, da po toj tabeli sračunata ekspozicija ne može biti apsolutno pravilna, nego da pruža samo pouzdan putokaz i da je obilata, tako da u slučaju potrebe može da se smanji na polovinu.

Svrha navedene tabele za ekspoziciju je samo da pokaže osnovu i prvi početak raznih pomoćnih sredstava za ekspoziciju. Ma da ova tabela za ekspoziciju neposredno sadrži pojedine faktore ekspozicije, ipak je njena upotreba po današnjim pojmovima nepraktična, jer treba faktore međusobno pomnožiti, što zbog decimalnih brojeva i razlomaka oduzima naročito mnogo vremena. Svakako su se iz ove tabele razvile današnje tabele za ekspoziciju.

Kod svih savremenih pomoćnih sredstava za određivanje ekspozicije, razlikujemo dve bitno različite vrste, i to tabele za ekspoziciju i fotometre.

Tabela XIX:

Tabela ekspozicija (po Goerzu)

Doba dana i godine										
Sati		Januar Decemb.	Februar Novemb.	Mart Oktobar	April Septemb	Maj Avgust	Juni Juli			
12		4	3	1,5	1,2	1	1			
11	13	5	3	1,5	1,5	1	1			
10	14	6	4	2	1,5	1,2	1			
9	15	10	5	3	2	1,5	1,2			
8	16		9	5	3	2	1,5			
7	17			10	6	3	2			
6	18				14	8	5			
5	19						14			
Osvetljenje										
Sunčano s belim oblacima		Sunčano	Umereno oblačno	Prilično oblač.			Jako oblačno			
1		1,5	2	3			4			
Objekat snimanja										
Oblaci	Pejzaž			Portret grupa		Enterijer				
	sneg ili more	sa svetlim predijim planom	sa tamnim zelenilom	pod otvorenim nebom	u atelje-u	svetao		taman		
1/6	1/3	1	4	5	50	1000		10000		
Osetljivost										
3° Sch	6° Sch	9° Sch	12° Sch	15° Sch	18° Sch					
16	8	4	2	1	1/2					
Dijafragma										
F:4,5	5	5,5	6,3	6,8	7,7	9,5	11	15,5	22	31
1/300	1/240	1/200	1/150	1/120	1/100	1/70	1/60	1/25	1/12	1/6

A. Tabele za ekspoziciju

Tabele za ekspoziciju se upotrebljuju danas u dva različna oblika i to:

1. **Adicione** tabele su, na osnovu sabiranja, sastavljene na taj način, što su pojedinačne komponente ekspozicije izražene logaritamskim članovima — čime je izbegnuto međusobno množenje pojedinih koeficijenata tabele, jer ih kao logaritme prosto napamet saberemo. Na osnovu zbira svih članova tabele nalazimo ekspoziciju u naročitoj skali. Prve tabele ove vrste sastavio je Dr. Staebler u Minhenu — a danas nam stoje na raspoloženju mnoge adicione tabele (Lumière, Schneider & Co., Zeiss-Ikon i t. d.), od kojih su najpotpunije tabele po Dr. Rheden-u, sastavljene na naučnoj osnovi.

2. **Mehaničke** tabele. Ove tabele, sastavljene kao logaritmari, uštede nam sabiranje pojedinih koeficijenata. Pomeranjem jednog ili dva jezika sa podelama na značke, koje odgovaraju okolnostima snimka, nalazimo neposredno ekspoziciju na skali. Pri tome je beznačajno, da li se jezici pomeraju pravo ili oko osovine. Poznate su tabele za ekspoziciju firmi Agfa, Hauff, Voigtländer i proizvodi pod imenima »Posometer Gera«, »Presto« i t. d. Obe ove vrste tabele za ekspoziciju imaju nedostatak, da ne mere neposredno svetline objekta, nego je daju samo po numeričnoj šabloni; stoga tabele kod neobičnog osvetljenja mogu da daju i pogrešne podatke. Treba međutim s druge strane imati u vidu činjenicu, da se podaci tabele osnivaju na fotometričkim merenjima i da su sastavljeni delom na osnovu iskustva, delom na osnovu egzaktnih teorija. Stoga se, kod upotrebe tabele, u pretežno većini slučajeva, dobija pravilan podatak; ali je svakako ipak potrebno izvesno iskustvo pri ocenjivanju fotografskog objekta i oblačnosti, međutim odgovarajuće iskustvo — odnosno drugih okolnosti — potrebno je takođe i kod upotrebe fotometara. Pri snimanju kod veštačkog osvetljenja (magnezijum) ili na mesečini su međutim tabele jedino sredstvo za određivanje ekspozicije.

B. Fotometri

Fotometrima se, fotohemiskim, optičkim ili električkim putem, neposredno meri svetlost koja u momentu snimka dejstvuje. Na osnovu izmerenog svetlosnog koeficijenta pročita se na priloženoj skali ekspozicija za datu diafragmu i za datu osetljivost emulzije. Fotometri imaju preimućstvo, da mere jačinu svetlosti pred samo snimanje, usled čega deluju u tom pogledu potpuno objektivno; ali ipak i kod fotometara postoje mogućnosti grešaka koje delom uopšte ne mogu da se izbegnu, a delom mogu da se odstrane odgovarajućim iskustvom kod duže upotrebe.

1. **Hemiski fotometri.** Ovi deluju na osnovu činjenice, da papir sa slojem srebro-bromida, izložen jakoj svetlosti, polako pocrni i bez

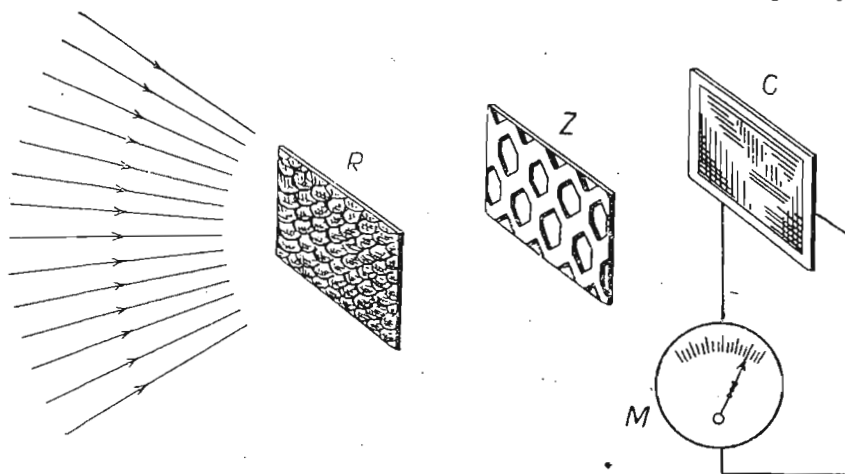
izazivanja, dobijajući pri tome mrko sivi ton. Neposredno pored osetljivog papira nameštena je na fotometru stalna boja za upoređivanje koja odgovara određenom stupnju zacrnenja fotometričkog papira. Vreme koje je potrebno da papir postigne ton stalne boje, nazivamo »aktinometarsko« vreme, a ovo u zavisnosti od diafragme i osetljivosti emulzije određuje ekspoziciju. Nepouzdanost osetljivog papira i razlika između tona papira i stalnog tona (osobito pri vlažnom vremenu) su uzroci veće ili manje netačnosti rezultata. Postoje međutim i slučajevi kada hemiski fotometar potpuno izneveri, ako naime jačina svetlosti nije dovoljna da zacrni osetljivi papir (na pr. kada usled niskog stanja sunca preovlađuju žuti zraci). Zbog navedenih nedostataka i zbog dugog trajanja merenja, danas se hemiski fotometri samo retko upotrebljavaju.

2. **Optički fotometri.** Kod optičkih fotometara merimo jačinu svetlosti okom na taj način, što između objekta i oka stavimo sivkasto ili plavkasto obojen stakleni klin, koji se dotle pomera, dok se kroz ovaj klin posmatrani objekat ne pojavi u određenoj sivini. Potrebni stupanj sivine je postignut, čim u senkama objekta počnu da se gube detalji. Ovaj položaj staklenog klina pročita se na skali, na kojoj se direktno pročita ekspozicija ili se dobije u vezi sa drugim faktorima. Da bi svetlina fiziološke slike na mrežnjači oka bila nezavisna od veličine zenice oka, mora otvor za posmatranje da bude određene veličine; stoga je vidno polje nešto suženo, naročito za posmatrača sa naočarima koji instrumenat ne može dovoljno da približi oku. Kod ove vrste optičkih fotometara, među koje spadaju Heyde-ov »Foto-Aktinometer« i Zeiss-Ikon-ov »Diaphot«, posmatra se vizirani objekat snimanja kroz providan medium merenja, tako da se vide svi detalji objekta.

Kod druge vrste optičkih fotometara rasipa se svetlost koja dolazi od objekta snimanja pomoću poluprovidnog stakla, tako da se fotometrom meri samo prosečna svetlina objekta. Takvi fotometri sa »mutnim mediumom merenja« ne omogućuju ocenjivanje izrazito svetlih ili tamnih partija objekta; stoga u izuzetnim slučajevima mogu da daju potpuno pogrešne ekspozicije. Pošto međutim kod upotrebe ove vrste fotometara ne dolazi ni do kakvog dvoumljenja i ne zahtevaju mnogo razmišljanja, njihova je upotreba vrlo raširena. U tu skupinu spadaju Dr. Mayer-ov »Justophot« i »Bewi«, kao i Dr. Schlicher-ov »Lios-Aktinometer« i »Lios-Scop«. Preimućstvo optičkih fotometara nad hemiskim je pre svega u tome, što može određivanje ekspozicije vrlo brzo da se izvrši i što bez velikog gubitka u vremenu može više puta da se ponovi; dalje su ovi fotometri upotrebljivi i tada, kada druga pomoćna sredstva zbog slabog hemiskog dejstva svetlosti otkazuju. Ne smemo međutim s druge strane da previdimo nedostatke koji potiču od činjenice, da je osetljivost našeg oka za svetlost promenljiva i da zavisi od njegove moći adaptacije. Pošto oko mora da se prilagodi

tami diopterske cevi instrumenta, merenje je otežano i delom nepouzđano, zato treba oko za kratko vreme da se zastre pred okolnom svetlošću i tek onda može da se izvrši merenje, jer inače dobijamo, s obzirom na prekratko ili predugo vreme adaptacije oka, predugu ili prekratku ekspoziciju.

3. Električni fotometri. Kod električnih fotometara su svi subjektivni uticaji isključeni i određivanje aktivne svetline objekta snimanja postavljeno je na potpuno novu osnovu (po pronalasku Dr. Lange-a). Svetlost koja dolazi od objekta snimanja pada na takozvanu fotoćeliju, na njoj se stvara vrlo slaba električna struja čiju jačinu pokazuje kazaljka na skali (sl. 61) koja pokazuje direktno ekspoziciju



Sl. 61.

R — sočivasti raster; Z — dijafragma u obliku saća; C — fotoćelija;
M — skala jačine svetlosti (galvanometar)

za određenu diafragmu i osetljivost emulzije. Upotrebom priloženih tabela može ekspozicija da se obračuna i na druge diafragme i osetljivosti negativskog materijala. Kod druge vrste električnih fotometara se međutim foto električna struja reguliše otporom na stalnu jačinu, a veličina toga otpora je mera za svetlinu objekta.

Oba načina konstrukcije imaju svoja preimućstva i svoje nedostatke. Neposredno čitanje vrednosti koju pokazuje kazaljka omogućuje opipavanje celog objekta snimanja i prilagođivanje ekspozicije razlici ekstremnih svetlina objekta. U ovu skupinu spadaju fotometri »Foto-Lux« i »Ombrux« firme Gossen, »Fotoscop« firme Excelsiorwerk Rudolf Kiesewetter, »Elektrophot« firme Müller und Ziegler, dalje »Eletro-Bewi«, »Sixtus«, »Excelsior« i t. d. — Međutim drugi način konstrukcije pruža veću osetljivost kod slabijeg osvetljenja, jer je najveća

osetljivost fotometra sračunata za najniže ekspozicije. S druge strane se međutim za svako odvojeno merenje objekta mora zasebno postaviti regulacioni otpor i ponovo pročitati vrednost na skali ekspozicija, usled čega merenje duže traje i manje je pregledno. Ovaj konstrukcioni princip je upotrebljen kod električnog fotometra »Helios« firme Zeiss-Ikon.

Određivanje ekspozicije kod vrlo slabog osvetljenja je kod svih električnih fotometara ograničeno krajnjom osetljivošću instrumenta. Opseg merenja može međutim, na pr. kod enterijera, da se poveća na taj način što se mesto objekta postavi tabak bele hartije, na koji se, sa razdaljinē od 1/2 metra, upravi instrumentat i pročita položaj kazaljke; petostrukom vrednošću pročitano broj je onda određena ekspozicija. Ako još i to otkáže, onda se neposredni intezitet svetlosti meri na taj način, što se instrumenat uperi neposredno na upadne svetlosne zrake koji osvetljuju objekat; ekspozicija je onda tridesetostruka vrednost pročitane. Svakako su međutim na ovaj način utvrđene ekspozicije samo približne. Tu se nalazi i krajnja granica upotrebljivosti električnih fotometara. Ispod te granice moramo onda opet da se poslužimo optičkim fotometrima koji pod ovakvim okolnostima postaju pouzdaniji, jer je oko naviknuto na tamu i usled toga otpada skoro sasvim uticaj vremena adaptacije.

3. EKSPOZICIJE I KRETANJE OBJEKTA

Da bi fotografski snimak ma koga objekta u pokretu bio oštar, ne sme ekspozicija, s obzirom na brzinu objekta, da prekorači neku maksimalnu vrednost. Pošto se objekat kreće, kreće se i njegov optički lik u fotografskoj kameri. Da bi ovaj optički lik ostao oštar na sloju emulzije, ne sme pomeranje kontura ocrtanog objekta da bude veće od prihvatljive neoštrine, t. j. od prečnika prihvatljivog disperzionog kruga; jer je apsolutno oštro ocrtavanje objekta u brzom pokretu sa teoriskog gledišta potpuno nemogućno.

Ako se objekat kreće brzinom v koso prema optičkoj osi objektiva u pravcu koji sa njom sklapa ugao α (sl. 62.) onda za vreme ekspozicije t napravi put $s = vt$. Ovaj put možemo da rastavimo na dve komponente, od kojih je za pomeranje optičkog lika bitno merodavna komponenta upravna na optičku osu: $vt \cdot \sin \alpha$. Pomeranje lika koje odgovara ovoj komponenti sme najviše da bude ravno iznosu prihvatljive neoštrine Δ . Na osnovu sličnosti trouglova na sl. 62. imamo onda srazmeru

$$vt \cdot \sin \alpha = \Delta$$

iz koje dobijamo

$$t = \frac{\Delta}{v \cdot \sin \alpha}$$

Ako izrazimo količnik između otstojanja objekta i razdaljine lika pomoću recipročne formule

$$\frac{a}{b} = \left(\frac{a}{f} - 1 \right)$$

dobijamo za maksimalnu ekspoziciju izraz

$$\tau \approx \frac{\Delta}{v \cdot \sin \alpha} \cdot \left(\frac{a}{f} - 1 \right)$$

Maksimalna ekspozicija je dakle pravo srazmerna prihvatljivoj neoštini Δ i otstojanju a objekta, a obrnuto srazmerna brzini v , žižnoj daljini f i uglu α .

Matematički izraz za najdužu dopuštenu ekspoziciju se uprosti, ako stavimo za $\Delta = f/1000$, dakle

$$\tau \approx \frac{f}{1000 v \cdot \sin \alpha} \cdot \left(\frac{a}{f} - 1 \right)$$

$$\tau \approx \frac{a - f}{1000 v \cdot \sin \alpha}$$

S obzirom na to, da je žižna daljina f objektiva mala prema razdaljini objekta a , možemo da je zanemarimo i dobijamo

$$\tau \approx \frac{a}{1000 v \cdot \sin \alpha}$$

Za konkretne pravce kretanja dobijamo rezultate

$$\alpha = 90^\circ \text{ i } \frac{1}{\sin \alpha} = 1 \quad : \tau = \frac{a}{1000 v}$$

$$\alpha = 60^\circ \text{ i } \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{0,87} = 1,15 \quad : \tau = 1,15 \frac{a}{1000 v}$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ i } \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{0,71} = 1,41 \quad : \tau = 1,41 \frac{a}{1000 v}$$

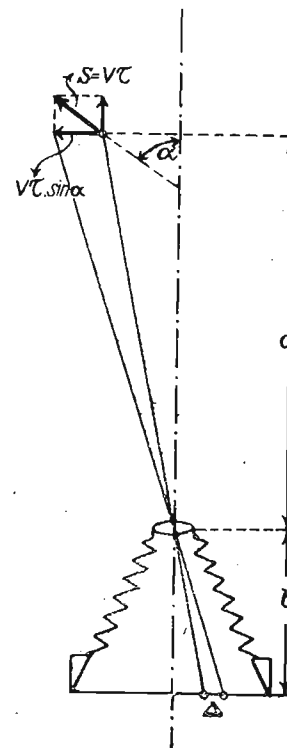
$$\alpha = 30^\circ \text{ i } \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{0,5} = 2,00 \quad : \tau = 2,00 \frac{a}{1000 v}$$

Iz ovih rezultata se vidi, da raste dopuštena maksimalna ekspozicija vrlo polako pri opadanju ugla α i da se do ugla $\alpha = 60^\circ$ bitno ne izmeni. Tek kod ugla $\alpha = 30^\circ$ dopuštena maksimalna ekspozicija postigne dvostruki iznos ekspozicije pri kretanju pod pravim uglom prema optičkoj osi.

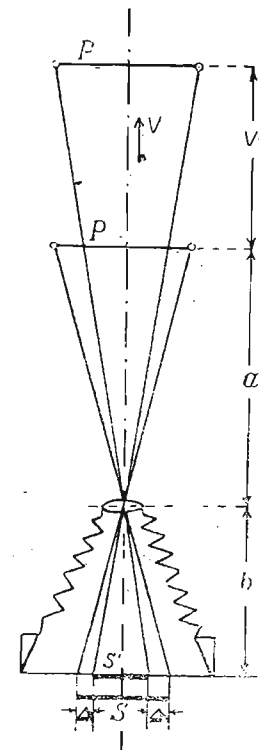
Za kretanje u pravcu optičke ose, dakle za $\alpha = 0^\circ$ ili $\frac{1}{\sin \alpha} = \infty$, bismo na osnovu gornje jednačine dobili $\tau = \infty$, dakle neograničenu

ekspoziciju. Ovaj zaključak međutim nije tačan, jer treba imati u vidu da se pri kretanju u pravcu optičke ose promenom otstojanja objekta, koje se smanjuje odnosno povećava, menja i veličina optičkog lika.

Za objekat P koji se kreće u pravcu optičke ose brzinom v i koji za vreme ekspozicije napravi put $v\tau$ (sl. 63.), smanji se veličina lika S na veličinu S' . Da bi optički likovi S i S' bili identični, odnosno za



Sl. 62.



Sl. 63.

Kretanje objekta koso prema optičkoj osi Kretanje objekta u pravcu optičke ose

naše oko dovoljno oštiri, ne sme razlika njihovih veličina da bude veća od dvostruke prihvatljive neoštine Δ , bez obzira na to da već i inače lik S' nije više potpuno oštar, jer se promenilo otstojanje objekta, dok je razdaljina lika ostala nepromenjena. Na osnovu sličnosti trouglova postoje srazmere

$$S : b = P : a \text{ i } S' : b = P : (a + v\tau)$$

Veličine optičkih likova iznose dakle

$$S = P \frac{b}{a} \quad \text{i} \quad S' = P \frac{b}{a + v\tau}$$

i njihova razlika

$$S - S' = Pb \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a + v\tau} \right) = Pb \frac{v\tau}{a(a + v\tau)},$$

koja sme da iznosi najviše iznos dvostruke prihvatljive neoštrine, dakle

$$2\Delta = P \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{v\tau}{a + v\tau}$$

Ako stavimo za izraz $P \cdot \frac{b}{a} = S$, dobijamo

$$2\Delta = S \frac{v\tau}{a + v\tau}$$

Najveća mogućna veličina slike je celokupna dužina formata slike. Pošto žižna daljina normalnih objektiv iznosi najviše jedan i po struko duže strane formata, možemo da stavimo

$$S = \frac{f}{1,5}$$

i dobijamo jednačinu

$$2\Delta = \frac{f}{1,5} \cdot \frac{v\tau}{a + v\tau}$$

iz koje proizlazi

$$\tau = \frac{3\Delta a}{v(f - 3\Delta)}$$

Pošto je prihvatljiva neoštrina Δ vrlo mala prema žižnoj daljini, možemo 3Δ da zanemarimo prema f , čime dobijamo

$$\tau = \frac{3\Delta a}{vf}$$

Kao kod kretanja u poprečnom pravcu, je i kod kretanja objekta u uzdužnom pravcu maksimalna ekspozicija pravo srazmerna prihvatljivoj neoštrini Δ i otstojanju objekta, a obrnuto srazmerna brzini v i žižnoj daljini objektiva.

Dobijeni izraz možemo još da uprostimo ako stavimo za $\Delta = f/1000$:

$$\tau = \frac{3 \cdot \frac{f}{1000} \cdot a}{vf}$$

čime najzad dobijamo kao maksimalnu ekspoziciju kod kretanja objekta u pravcu optičke ose, t. j. za

$$\alpha = 0^\circ : \tau = \frac{3a}{1000v}$$

Ako skupimo dosada utvrđene rezultate za maksimalne dopuštene ekspozicije kod raznih određenih pravaca kretanja objekta

$$\alpha = 90^\circ : \tau = \frac{a}{1000v} = \tau_{\min}$$

$$\alpha = 60^\circ : \tau = 1,15 \frac{a}{1000v} = 1,15 \tau_{\min}$$

$$\alpha = 45^\circ : \tau = 1,41 \frac{a}{1000v} = 1,41 \tau_{\min}$$

$$\alpha = 30^\circ : \tau = 1,00 \frac{a}{1000v} = 2,00 \tau_{\min}$$

$$\alpha = 0^\circ : \tau = 3,00 \frac{a}{1000v} = 3,00 \tau_{\min}$$

onda vidimo, da se kod svih ovih izraza uvek pojavljuje maksimalna ekspozicija za kretanje u pravom uglu prema osi koja je za kose pravce, odnosno za uzdužni pravac kretanja samo još pomnožena koeficijentom koji raste od 1 do najviše 3. Pošto za praktično iskorištavanje ovih računskih rezultata u trenutku momentnog snimka nema vremena, za dovoljno tačno utvrđivanje ugla α onda potpuno možemo da se zadovoljimo sa tri opšte izražena pravca, t. j. poprečnim, kosim i uzdužnim pravcem kretanja objekta. Za ove opšte pravce upotrebljujemo prosečne vrednosti koeficijenata i dobijamo za maksimalne dopuštene ekspozicije sasvim proste izraze

$$\text{za poprečno kretanje } (90^\circ - 60^\circ) : \tau = \tau_{\min} = \frac{a}{1000v}$$

$$\text{za koso kretanje } (60^\circ - 30^\circ) : \tau = 1,5 \tau_{\min}$$

$$\text{za uzdužno kretanje } (30^\circ - 0^\circ) : \tau = 3,0 \tau_{\min}$$

Pošto su maksimalne ekspozicije kod kosog odnosno kod uzdužnog kretanja objekta jedna i po struka, odnosno trostruka vrednost maksimalne ekspozicije za poprečno kretanje, onda nam je za praktičnu upotrebu dovoljno, ako jednom za svagda sastavimo izračunate rezultate

$$\tau_{\min} = \frac{a}{1000v}, \text{ odnosno } \tau_{\min} = \frac{a}{1500v}$$

za razne vrednosti veličina a (otstojanje objekta) i v (brzina objekta) u obliku tabele XX.

Tabela XX:

Brzina objekta i maksimalna ekspozicija

Udaljenost m objekta od objektiva	Brzina objekta m/sec upravno na optičku osu											
	1	1,5	2	3	4	5	8	10	20	30	50	
	Maksimalna ekspozicija u sekundama 1: pri dopuštenoj neoštirini $\Delta = f/1500$											
3	500	750	1000	1500	2000	2500						
4	375	570	750	1130	1500	1880						
5	300	450	600	900	1200	1500	2400					
6	250	375	500	750	1000	1250	2000	2500				
8	190	285	380	570	750	1000	1500	1880				
10	150	225	300	450	600	750	1200	1500				
20	75	120	150	230	300	375	600	750	1500	2250		
30	50	75	100	150	200	250	400	500	1000	1500	2500	
40	40	60	75	120	150	190	300	375	750	1150	1880	
50	30	45	60	90	120	150	240	300	600	900	1500	
100	15	25	30	45	60	75	120	150	300	450	750	
200	8	12	15	25	30	40	60	75	150	230	380	
300	5	8	10	15	20	25	40	50	100	150	250	
500	3	5	6	10	12	15	25	30	60	90	150	
1000	2	3	3	5	6	8	12	15	30	45	75	

Za stvarno utvrđivanje maksimalne ekspozicije je pored poznatog otstojanja objekta važno još i približno ocenjivanje brzine kretanja objekta. U tu svrhu služimo se za razne svakodnevne objekte snimanja podacima (po Dr. Eder-u) iz tabele XXI.

Na osnovu brzine objekta onda možemo iz tabele XX ili pomoću formule da utvrdimo dopuštenu maksimalnu ekspoziciju u slučaju poprečnog kretanja; a za koso ili uzdužno kretanje može ovako utvrđena ekspozicija još da se pomnoži faktorom 1,5 — odnosno faktorom 3. Ipak treba kod upotrebe ovih podataka o brzini raznih objekata imati u vidu, da su možda za objekte koji se istina kreću podjednakom brzinom potrebne različite maksimalne ekspozicije; jer za potpunu oštrinu slike nije merodavna samo opšta brzina kretanja, nego i kretanje pojedinih udova ili delova. Tako će na primer za slikanje trkača biti potrebna kraća ekspozicija nego za slikanje bicikliste koji se kreće većom opštom brzinom nego trkač.

Tabela XXI:

Brzina objekta

Objekat snimanja	Brzina m/sec	Objekat snimanja	Brzina m/sec
Reke	oko 1	Biciklista	6,7
Planinski potoci	3 — 6	Motocikl	8,0
Morski talasi	7 — 13	Auto	u gradu 30km/h na drumu 20 — 25
Talasi u buri	20 — 40	Voz	teretni 12 — 16 putnički 11 — 22 brzi 16 — 28 električni 58
pešak	4 km/h 1,1 6 km/h 1,7	Čamac na vesla	4,8
Trkač	na duge staze 2,6 na kratke 7,5	Jedrilica	6,0
Plivač	1,0	Motorni čamac	3 — 4
Smučar	5,0	Rečni parobrod	niz vodu 7,5 — 9,1 uz vodu 3,3
Klizač na ledu	8 — 12	Pomorski parobrod	5,0 — 11,0
Konj	hodom 1,2 u trku 3,5 na trci 4,5 — 13,2	Avion srednja brzina	48
Teretna kola	1,1	Vazдушna lađa	21
Kola s konjima u pokretu	2,1 — 3,6		

Tabela XXII:

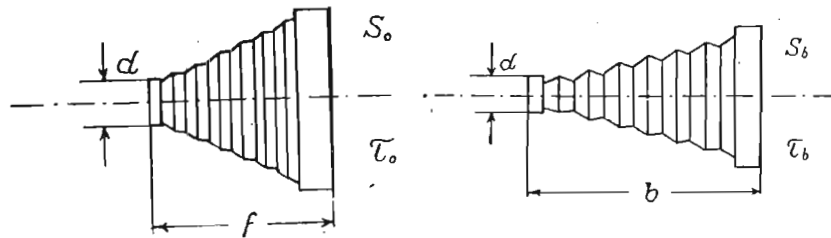
Ekspozicija za objekte u pokretu

Objekat snimanja	Udalj. objekta	Maksimalna ekspozicija pri kretanju objekata prema optičkoj osi			
		popreko	koso	duž	
Pešak (3 km/h)	8 m	1/60	1/40	1/20	
Pešak (5 km/h)		1/90	1/60	1/30	
Vozila (10 km/h)		1/180	1/120	1/60	
Ulični prizori u umerenom pokretu		1/8 do 1/10			
Sportski prizori		1/50	1/300	1/250	
Biciklisti i konj u trku		1/500	1/300	1/150	
Biciklisti i konji - trkači		1/900	1/600	1/300	
Stoka na paši		1/60	1/40	1/30	
Jedrilice (10 čvorova na sat)		16 m	1/180	1/120	1/60
Parobrod (20 čvorova na sat)			1/360	1/240	1/120
Železnički vozovi (50 km/h)	1/450		1/300	1/180	

Pošto je u običnoj fotografskoj praksi često nemoguće utvrditi najdužu ekspoziciju, možemo da upotrebimo prosečne i isprobane podatke (po »Wellcome Exposure Record and Diary«) iz tabele XXII.

4. EKSPOZICIJA PRI SNIMANJU BLISKIH OBJEKATA

Svetlina optičkog lika na emulziji zavisi — osim od svetline objekta, — od svetlosne jačine objektiva, odnosno od relativnog otvora diafragme i srazmerna je kvadratu svetlosne jačine objektiva, odnosno relativnom otvoru diafragme. Svetlosnu jačinu objektiva, odnosno relativni otvor diafragme, određuje odnos između stvarnog otvora objektiva,



Sl. 64a

Objekat u beskonačnosti
 S_0 — svetlina slike;
 τ_0 — vreme osvetljenja

Sl. 64b

Objekat u rastojanju a
 S_b — svetlina slike;
 τ_b — vreme osvetljenja

odnosno prečnika diafragme i žižne daljine, To međutim važi samo dotle, dok se optički lik pojavljuje u žiži ili u njenoj neposrednoj blizini, a to se događa samo u slučajevima, kada je objekat dovoljno udaljen od objektiva (sl. 64a). Svetlosna jačina objektiva je $1 : \frac{f}{d}$, odnosno stvarni odnos otvora iznosi $\frac{d}{f}$.

Čim se međutim objekat približi objektivu, povećava se razdaljina lika (sl. 64b). Svetlosna jačina ostaje izražena količnikom $1 : \frac{f}{d}$, ali stvarna srazmera otvora iznosi sada $\frac{d}{b}$. Pošto su tada svetline optičkih likova srazmerne kvadratu stvarnih odnosa otvora, imaćemo odnos

$$S_0 : S_b = \left(\frac{d}{f}\right)^2 : \left(\frac{d}{b}\right)^2$$

a pošto su ekspozicije obrnuto srazmerne svetlinama optičkih likova

$$\tau_0 : \tau_b = S_b : S_0 = \left(\frac{d}{b}\right)^2 : \left(\frac{d}{f}\right)^2$$

onda iznosi odnos ekspozicija, t. j. faktor ekspozicije

$$\frac{\tau_b}{\tau_0} = \frac{\left(\frac{f}{d}\right)^2}{\left(\frac{d}{b}\right)^2} = \left(\frac{b}{f}\right)^2$$

Na osnovu recipročne formule iznosi

$$\frac{b-f}{a-f} = \frac{b-f}{f}$$

Pošto određuje odnos

$$\frac{b}{a} = m$$

razmeru optičkog lika, dobićemo iz gornje jednačine

$$m = \frac{b-f}{f}$$

odnosno

$$\frac{b}{f} = m + 1$$

Dakle iznosi kod snimanja bliskih objekata

$$\text{faktor ekspozicije} = (m + 1)^2$$

Tabela XXIII :

Faktori ekspozicije za snimke iz blizine

Udaljenost objekta ... × f	Razmera optičke slike m	Faktor ekspozicije (m + 1) ²	Udaljenost objekta ... × f	Razmera optičke slike m	Faktor ekspozicije (m + 1) ²
∞	0,00	1,0	2,0	1,00	4,0
11,0	0,10	1,2	1,8	1,25	5,0
5,0	0,25	1,6	1,7	1,43	5,9
4,0	0,53	1,8	1,6	1,67	7,1
3,4	0,42	2,0	1,55	1,83	7,9
2,8	0,56	2,4	1,50	2,00	9,0
2,4	0,71	2,9	1,45	2,22	10,3
2,2	0,83	3,3	1,40	2,50	12,3

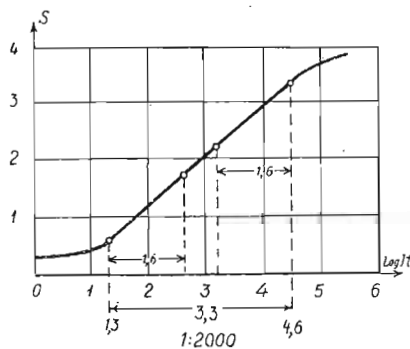
Po recipročnoj formuli je razmera optičkog lika međutim najprostije određena otstojanjem objekta izrazom

$$m = \frac{f}{a - f}$$

Na osnovu ovih rezultata imaćemo za snimanje bliskih objekata, datih razmerom lika ili otstojanjem objekta od objektiva (izraženim višestrukom vrednošću žižne daljine), za faktore ekspozicije tabelu XXIII. Do otstojanja objekta koje iznosi više od desetostruke žižne daljine, faktor ekspozicije, zbog stvarno smanjenog relativnog otvora diafragme, se može zanemariti, jer iznosi najviše 1,25. Kod otstojanja objekta ispod desetostruke žižne daljine treba međutim bezuslovno, pri određivanju ekspozicije, imati u vidu faktor ekspozicije koji smanjenjem otstojanja objekta brzo raste.

5. TOLERANCA EKSPOZICIJE

Iskustvo fotografske prakse nam pokazuje, da podnose fotografske emulzije i veće greške u ekspoziciji i to u mnogo većoj meri obilniju ekspoziciju (nadekspoziciju) nego li prekratku (podekspoziciju). Kada god smo u nedoumici odnosno tačne ekspozicije, osvetlimo snimak na osnovu ove činjenice radije obilnije nego li prekratko.



Sl. 65.

Objašnjenje, odnosno odgovor na pitanje, koliku razliku u ekspoziciji podnosi emulzija i pod kojim uslovima, pokazuje nam oblik njene gradacione krive (sl. 65.). Pravi deo gradacione krive je — kao što je poznato — merodavan za tonsko pravilno ocrtavanje razlika svetlina. Dužina projekcije pravog dela na osu log It određuje naime maksimalnu

razliku svetlina objekta snimanja, ako ovaj treba da bude ocrtan u tonsko pravilnom odnosu. Ista dužina određuje i takozvanu tolerancu ekspozicije, na kojoj mora da se nalazi i ekspozicija, ako treba tonski pravilno da se ocrtaju stupnjevi svetlina objekta. Prema tome nazivamo projekciju pravog dela gradacione krive na apscisnu osu »latitudom« (opsegom) pravilnog tonskog ocrtavanja ili »latitudom pravilne ekspozicije«. Na sl. 65. iznosi ova latituda, izražena logaritmicima

$$4,6 - 1,3 = 3,3$$

ili izražena numerusom

$$2000 (1 : 2000)$$

to znači, da ekspozicija na kraju pravog dela krive može da bude 2000 puta veća nego na početku.

Prema ovoj latitudi gradacione krive imamo »opseg svetlina objekta ili kontrasta« objekta snimanja, koji može da ima sve tonske vrednosti od beline do crnine i koji je određen odnosom svetline najsvetlije i

Tabela XXIV:

Opseg svetline objekata

Objekat snimanja	Prosečni opseg svetline	
Štampane slike	1 : 5	
Snimci iz aviona	1 : 10	
Pejzaž bez prednjeg plana	pri rasutoj svet.	1 : 10
	na suncu	1 : 40
Pejzaž sa pred. planom obažanim sauncem	1 : 60	
Prospekti	1 : 200	
Svetli enterijeri sa prozorom	1 : 500	
Mašine	1 : 1000	
Sjajne mašine	1 : 10000	
Tamni enterijeri sa prozorom	1 : 100000	

najtamnije partije, odnosno tačke objekta. Na osnovu izvršenih fotometričkih merenja utvrđeni prosečni opseg svetlina naveden je u tabeli XXIV.

Ovaj opseg svetlina mora na apscisnoj osi gradacione krive da se poklapa sa latitudom pravilnog tonskog ocrtavanja. Na opsegu svetlina objekta ne možemo ništa da izmenimo, međutim od nas zavisi ekspozicija. Ako emulzija u smislu sl. 65. ima na pr. latitudu 1 : 2000, a

objekat opseg svetlina 1:40 ($\log 40 = 1,60$), onda će uporedo sa veličinom ekspozicije ovaj interval da se pomera duž apscisne ose, i to utoliko više udesno, ukoliko je duža ekspozicija snimka. Kod najkraće moguće ekspozicije ležaće opseg svetlina datog objekta između 1,3 i 2,9 — a kod najduže moguće ekspozicije između 3,0 i 4,6. Razlika između 2,9 i 4,6 je 1,7 (jednako $\log 50$). Ekspozicija sme dakle maksimalno da iznosi pedesetostruku vrednost minimalne ekspozicije ili kratko: toleranca ekspozicije emulzije iznosi 50. Isti rezultat za tolerancu ekspozicije dobijamo i iz odnosa latituda pravilnog tonskog ocrtavanja i opsega svetlina objekta t. j. u tom slučaju

$$\frac{2000}{40} = 50$$

Iz ovoga se vidi da toleranca ekspozicije nije konstantna veličina, nego da zavisi od opsega svetlina objekta. Toleranca ekspozicije može da bude i jednaka nuli, ako je opseg svetlina objekta jednak latitudi pravilnog tonskog ocrtavanja. Jasno je takođe da uopšte ne može biti govora o nekoj toleranci ekspozicije i da je tonski potpuno pravilno ocrtavanje objekta sasvim nemoguće, ako je opseg svetlina objekta veći od latituda pravilnog tonskog ocrtavanja (u slučaju sl. 65. preko 1:2000). U takvom slučaju na negativu uopšte neće biti ocrtni detalji u senkama, a biće istovremeno verovatno smanjeni i kontrasti u najsvetlijim partijama. Ukoliko će se u ovakvom slučaju ocrtavati detalji u senkama, odnosno u najsvetlijim partijama, zavisi od ekspozicije; što god kraća bude ekspozicija, utoliko će manje biti detalja u senkama, što god bude ekspozicija duža, utoliko će manji biti kontrasti u svetlim partijama, ali će stoga bolje biti ocrtni detalji u senkama.

Ma da u smislu sl. 65. oba negativa, kod minimalne i kod maksimalne ekspozicije, tonski potpuno pravilno ocrtavaju objekat, ipak postoji između njih neka razlika koja se vidi iz gradacione krive. Negativ sa maksimalnom ekspozicijom biće naime mnogo gušći (crniji) nego negativ sa minimalnom ekspozicijom. Dok će na negativu sa minimalnom ekspozicijom senke biti potpuno providne, na negativu sa maksimalnom ekspozicijom biće već jako zacrnjene. Ali razlika između gustoća odnosno između zacrnljenja svetlosti i senki biće kod oba negativa ista. U vezi s tim je dakle takozvani kontrast negativa, t. j. razlika njegovih ekstremnih gustoća, konstantna vrednost koja je nezavisna od ekspozicije — naravno, dok ova ostaje na latitudi pravilnog tonskog ocrtavanja. Zbog podjednakih kontrasta biće naravno pozitivni od oba negativa potpuno jednaki, ali zbog velike gustoće obilno eksponiranog negativa biće za kopiranje ovoga potrebno mnogo duže vreme, nego za kopiranje negativa sa minimalnom ekspozicijom.

Na osnovu gornjih razmatranja vidimo da toleranca ekspozicije zavisi s jedne strane od emulzije, čija gradaciona kriva ima veću ili manju latitudu pravilne ekspozicije, a s druge strane od opsega svetlina

objekta snimanja. Toleranca ekspozicije svake emulzije se dakle menja s objektom snimanja i utoliko je veća, ukoliko je god manji opseg svetlina objekta. Pošto je međutim kod velike većine objekata opseg svetlina ispod 1:100, a s druge strane latituda savremenih emulzija iznosi oko 1000, onda je toleranca ekspozicije u praksi, opšte uzevši, dovoljno velika da eventualne greške ocenjivanja ekspozicije ne proizvode uvek štetne posledice. S obzirom na raspoloživu tolerancu ekspozicije, dosledno važi načelo da ekspozicija treba da se upravlja po senkama, a nikako po najjačim svetlinama objekta snimanja.

Na osnovu pojma pravilnog tonskog ocrtavanja imamo najzad kao osnovno načelo još i izbor negativskog materijala u vezi s opsegom svetlina objekta snimanja. U stavu o gradaciji negativskog materijala već je bilo spomenuto, da gradaciona kriva emulzije može da bude više ili manje »mekka«, »normalna« ili »tvrda«. Pošto je kod negativa uvek poželjan pravilan kontrast (t. j. odgovarajuća razlika između najmanje i najveće gustoće), ovaj se kod objekata malog opsega svetlina može postići samo pomoću emulzija strme, (tvrde) gradacije, a takve emulzije bi od objekata sa velikim opsegom svetlina davale negative izvanredno velikog kontrasta, koji se odmah smanji kod upotrebe emulzije sa blagom (mekom) gradacijom; jer

kontrast negativa = kontrastni faktor γ \times opseg svetlina objekta.

S obzirom na to su u svrhu konstantnog kontrasta negativa za objekte sa velikim opsegom svetlina umesne samo emulzije sa mekom gradacijom (sa malim γ), a za objekte sa malim opsegom svetlina emulzije sa tvrdom gradacijom (sa velikim γ).

NEGATIVSKI PROCES

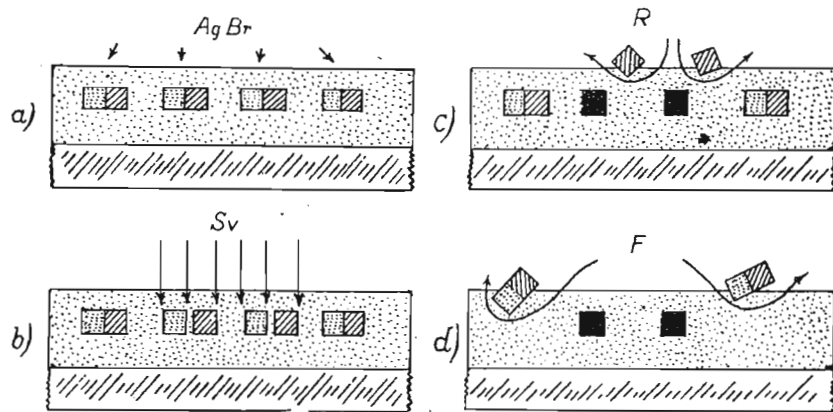
I. LATENTNA SLIKA I NEGATIV

[Na svetlost osetljivi sloj, ili emulzija, se sastoji — kao što je poznato — iz sitnih zrna ili kristala srebro-bromida koji lebde u želatini (sl. 66a). Ekspozirana emulzija se po spoljnjem izgledu ni po čemu ne razlikuje od neekspozirane. Slika, koja se obrazovala pod uticajem ekspozicije, je latentna. Međutim dolazi u zrnima srebro-bromida, na koja je uticala svetlost, do promena u njihovom sastavu. Odnosno tih promena postoji više hipoteza delom hemiske, delom fizičke prirode i do danas dejstvo svetlosti na slojeve emulzija još nije naučno potpuno objašnjeno. Jedna od ovih hipoteza, t. j. takozvana teorija srebrovih klica, predlaže pretpostavku da se pri ekspoziciji odvajaju srebro u vrlo malim količinama, koje služi kao sedimentaciono jezgro za metalno srebro koje se stvara pri docnijem procesu izazivanja. Pri izazivanju stvara se naime presičen rastvor srebra, koji se taloži na srebrovim klicama, stvorenim pri ekspoziciji, obrazujući crno srebro negativa.

Teorija srebrovih klica objašnjava činjenicu, da ekspoziranu želatinsku emulziju možemo da izazovemo i posle fiksiranja. Ako naime obilno osvetljenu želatinu sa srebrobromidom, bez izazivanja kod crvene svetlosti, neposredno fiksiramo u mračnoj komori, ona postaje potpuno providna i ne pokazuje nikakvu sliku. Ako međutim tako fiksiranu i na dnevnoj svetlosti ispranu emulziju stavimo u takozvani fizički izazivač koji polako izlučuje metalno srebro, onda ovo srebro ima osobinu, da se prema obimu ekspozicije, taloži na fiksiranoj emulziji obrazujući sliku.

Ako dakle osvetljenu emulziju podvrgnemo hemiskom procesu tako, da se njegov srebro-bromid raspadne u svoje sastavne delove brom i metalno srebro, onda se slika izazove, t. j. postaje vidljiva. U rastvoru izazivača vezuje se oslobođeni brom sa alkalijama izazivača u bromid koji ostaje rastvoren u izazivaču, dok oslobođeno metalno srebro, u obliku vrlo sitnih crnih zrna (zrnatost negativa), ostane na svom mestu

u želatini stvarajući crn talog (sl. 66c). Na mestima na kojima je delovala svetlost velikog intenziteta izlučuje se ili redukuje mnogo srebra, a manje na onim mestima na koja je delovala svetlost manjeg intenziteta. Na neosvetljenim mestima se međutim uopšte ne vrši razlaganje ili redukcija srebro-bromida. Jako osvetljeni delovi objekta su dakle na slici najviše zacrnnjeni (neprovidni), dok su senke više ili manje providne. Tako se stvara u svetlostima i senkama obrnuta slika — takozvani negativ.



Sl. 66a, 66b, 66c, 66d

AgBr — zrna srebrnog bromida; Sv — svetlost; R — izazivač; F — fiksir

Pri izazivanju negativa se međutim ne redukuje sav srebro-bromid u crno metalno srebro. Velika količina srebro-bromida ostaje naime po završenom izazivanju još neizmenjena u emulziji. Takozvanim fiksiranjem se ovaj rastvori i odvoji (sl. 66d) i u emulziji ostane samo još crno i na svetlost neosetljivo metalno srebro. Najzad ispiranjem posle fiksiranja odvađa se iz negativa hemisko jedinjenje srebra i fiksira i time zajamči postojanost negativa.]

II. SASTAV IZAZIVAČA

1. OPŠTI POJMOVI

[Kao što je već spomenuto, cilj je izazivača da pretvori nevidljivo dejstvo svetlosti na emulziju u vidljivo. U suštini razlikujemo dve načelno različite metode procesa izazivanja, fizičko i hemisko izazivanje. Značaj fizičkog izazivanja je u tome, da se na emulziji taloži supstanca koja joj se za vreme izazivanja dovodi (na pr. kod dagerotipije živa ili kod kolodijumskog postupka srebro-nitrat), ova obrazuje sliku, a pri tome se ne vrši nikakva hemiska promena na svetlost osetljive supstance koja se po završenom izazivanju fiksiranjem potpuno odvoji. Za hemisko izazivanje je međutim karakteristična hemiska promena same na svetlost osetljive supstance pod uticajem odgovarajućih hemikalija, usled čega se slika obrazuje u sloju emulzije. Fiksiranjem se iz emulzije odvoji samo onaj deo na svetlost osetljive supstance, na koji nisu delovali ni svetlost ni izazivač.

Ma da mogu suve emulzije da se izazivaju na oba načina, danas se uvek upotrebljuje samo hemisko izazivanje, jer je za fizičko izazivanje potrebna mnogo duža ekspozicija, a i zato što fizičkim putem izazvana slika nema one prijatne osobine kao hemiskim putem izazvana.

Svaki hemiski izazivač mora, kao glavni sastojak, da sadrži izazivačku supstancu koju ćemo ukratko da nazovemo izazivač, a koja ima osobinu da redukuje osvetljeni srebro-bromid u crno metalno srebro. Izazivač mora dakle po svome svojstvu da bude takozvani reduktor i hemiski postupak izazivanja je sa gledišta emulzije redukcija, a sa gledišta izazivača oksidacija. Jer osvetljenom srebro-bromidu se oduzima brom koji se dovodi izazivaču. Ako bi izazivač redukovao ne samo osvetljeni, nego i neosvetljeni srebro-bromid, posledica toga bi bila da bi sva emulzija potpuno pocrnela, bez obzira na prethodnu ekspoziciju, dakle obrazovanje ma kakve slike bi bilo nemoguće. S obzirom na to nije svaka redukciona supstanca fotografski izazivač i samo mali broj supstanci ima osobinu da redukuje osvetljeni srebro-bromid, a da na neosvetljeni ne deluje.

Vodeni rastvor u kome bi bila rastvorena samo izazivačka supstanca dao bi, opšte uzev, loš fotografski izazivač. Ako uopšte, ovaj deluje suviše polako, nedovoljno pokriva, stvara na negativu veo i ne zado-

voljava u pogledu postojanosti. Stoga izazivaču treba dodati još i druge hemikalije.

S obzirom na to mora — sa retkim izuzecima — svaki izazivač da sadrži takozvani alkali koji proces izazivanja ili uopšte tek omogućuje ili ga ubrzava. Dalje mora svaki izazivač da sadrži još neku hemikaliju za konzervisanje koja štiti izazivačku supstancu od dejstva kiseonika iz vazduha, t. j. od oksidacije. Ovim dodatkom za konzervisanje u velikoj meri se poveća postojanost izazivača. Najzad se nekim izazivačima dodaje još i supstanca koja sprečava stvaranje vela na negativu. Njeno dejstvo se sastoji u tome, što za vreme izazivanja većom ili manjom jačinom zadrži zacrnjenje neosvetljenih partija, t. j. pojavljivanje vela u senkama.]

2. IZAZIVAČKE SUPSTANCE I NJIHOVE OSOBINE

[U toku godina pronađeno je prilično mnogo supstanci sa izazivačkim osobinama, od kojih se u praksi održao samo mali broj. U današnjoj fotografskoj tehnici upotrebljavane izazivačke supstance su uvek organska jedinjenja, koja potiču od benzola i koja — mesto često vrlo komplikovanih naučnih naziva — u praksi imaju nazive: metol, hidrohion, glicin, pirogalol, pirokatehin, paramidofenol, para-fenilen-diamin i t. d.

Ma da sa svakom od ovih supstanci — ako je pravilno upotrebljena — dobijamo dobre negative, ipak su njihove osobine unekoliko različite, a o načinu njihovog dejstva odlučuje celokupni sastav rastvora izazivača.]

[1. **Metol** su sitni, beli, igličasti kristali koji se lako rastvaraju u toploj vodi. Spravljeni izazivač je čist, bezbojan i nema nikakav neprijatan miris. Kao izazivač deluje brzo i vrlo energično, ma da prilično meko; stoga je pogodan za snimke sa velikim svetlosnim kontrastima. Kao rapidni izazivač je naročito pogodan za momentne snimke koji su obično, usled svoje prirode, kratko osvetljeni, ma da, zbog brzog pojavljivanja prvih tragova slike, otežava utvrđivanje nadekspozicije. Izazivač sa metolom je prema razlikama u temperaturi, a i prema fiksiru samo neznatno osetljiv, ali na višoj temperaturi daje primetan veo. Kalijum-bromid razbistrava, ali samo slabo koči proces izazivanja. Zbog svoje izdašnosti (ponovne upotrebljivosti) i postojanosti upotrebljuje se metol u izazivačima različitih sastava, naročito u vezi sa hidrohionom.]

[2. **Hidrohion** ima oblik duguljastih i sjajnih kristalića mrko bele boje. U hladnoj vodi se teško rastvara, lakše u toploj. Pošto se hidrohionom postizavaju najsnažnija zacrnjenja, najpogodniji je za ocrtavanje snažnih kontrasta (na pr. kod »štrih« reprodukcija) i za obilno eksponirane snimke, a u manjoj meri za kratko eksponirane momentne snimke, jer u svežem i koncentrovanom obliku daje tvrde negative. Sa

dodatkom sode ili potaše daje hidrohion spor vremenski izazivač, a sa kaustičnim alkalijama daje rapidni izazivač. Izazivač sa hidrohionom je vrlo osetljiv prema razlikama u temperaturi: u toplom stanju prouzrokuje stvaranje vela, a u hladnom dejstvuje vrlo sporo i tvrdo; uostalom je njegova redukciona moć brzo iscrpena. Kalijum-bromid snažno koči; razređen vodom izaziva sporije i mekše.]

[3. **Glicin**, koji su nekada mnogo upotrebljavali, ima oblik, beličastih listića, slično liskunu. Pošto se u prisustvu karbonata lako rastvara u vodi i vrlo je postojan, omogućuje spravljanje koncentrovanog izazivača. Sa dodatkom alkalija daje vremenski izazivač sporog dejstva, a sa dodatkom kaustičnih alkalija postaje rapidni izazivač. Glicin može u širokim granicama da ispravi eventualne greške ekspozicije i daje vrlo čiste i snažne negative. Međutim je krajnje osetljiv na razlike u temperaturi i već na nekoliko stepeni ispod 18° C izaziva vrlo sporo i meko. Razblaživanje vodom ili dodatak kalijum-bromida jako koči njegovo dejstvo. Izazivač sa glicinom je jako osetljiv prema fiksiru i ako je njime zaprljan daje snažan, obojen veo; stoga je potrebna izvanredna čistoća pri radu.]

[4. **Amidol** ima oblik belih, u vodi lako rastvorljivih kristalića koji vremenom dobiju sivkastu boju, što međutim ne smanjuje njegovu redukcionu moć. Amidol spada među rapidne izazivače i ima izuzetnu osobinu, da izaziva već i sa dodatkom natrijum-sulfita brzo i snažno, stoga je upotrebljiv za slabo eksponirane momentne snimke. Međutim ne podnosi nikakav dodatak alkalija, jer se onda pojavljuje snažan veo. Stoga je umesno upotrebiti ga u slučajevima, kada bi alkalije škodile emulziji (u tropskim krajevima) ili kod suviše osetljive kože (ekcem). Kalijum-bromid tek u većim količinama koči. Pošto je postojanost izazivača s amidolom vrlo mala (u zdeli se vrlo brzo razlaže), danas se relativno malo upotrebljuje. Zbog sočno črnog taloga srebra je međutim, naročito u Engleskoj i Americi, vrlo omiljen za izazivanje papira sa srebro-bromidom.]

[5. **Pirogalol**. Vrlo fini, lak i bezbojan kristalni prah. Pirogalol spada među najstarije organske izazivače. U vodi se lako rastvara i može da se prilagodi različitim ekspozicijama. Njime mogu da se postignu meki, a i vrlo tvrdi negativni koji međutim nemaju izrazito sivkasto crn, već nešto mrk talog srebra. Na višim temperaturama prouzrokuje izazivač sa pirogalolom stvaranje jakog vela na negativu. Rastvori pirogalola su međutim vrlo malo postojani i u dodiru sa vazduhom brzo dobiju svetlo mrku boju i u tom stanju i negative oboje žućkasto ili mrko. Pri nepažljivom radu oboje se i prsti mrko, bez obzira na to da je pirogalol uopšte sam po sebi otrovan.]

[6. **Pirokatehin**. Ima oblik bezbojnih listića, daje harmonično modulisane negative i ne naginje ka stvaranju vela. Sa sodom ili potašom stvara normalan izazivač koji dejstvuje sporo i vrlo prijatno izjednačava nadekspozicije (izjednačujući izazivač) sa kaustičnom sodom

dobija karakter rapidnog izazivača. Izazivač sa pirokatehinom vrlo je postojan i neosetljiv prema razlikama temperature; kalijum-bromid ga jako koči i povećava gustoću negativa.]

[7. **Paramidofenol** ima oblik bezbojnih zrna i izaziva — ma da vrlo sporo — već i samo sa natrijum-sulfitom. Sa karbonatima alkalija daje vrlo čist, ali spor izazivač, sa jetkim alkalijama (natrijum-hidroksid i kalijum-hidroksid) ima osobine snažnog, rapidnog izazivača; ovaj podnosi priličan dodatak kalijum-bromida koji razbistrava, ma da inače nema nikakvog naročitog uticaja. Pošto je rastvor paramidofenola vrlo postojan, kako u koncentrovanom, tako i u razblaženom obliku, upotrebljuje se za dobijanje jako koncentrovanog izazivača, koji se prodaje pod imenom »Rodinal«.]

[8. **Para-fenilen-diamin** je pahuljičast, kristaliničan prašak sivkasto bele boje i upotrebljuje se kao supstanca za izazivanje tek u poslednje vreme, odkada su se pojavili mali formati slika, kod kojih se stavljaju naročito visoki zahtevi odnosno sitnog zrna negativa s obzirom na mogućnost jakog povećavanja. Ogledi su pokazali, da baš para-fenilen-diamin ima osobinu da u toku procesa izazivanja održi sitno zrno emulzija za slike malog formata. Stoga se upotrebljuje para-fenilen-diamin za takozvane »prave izazivače za sitno zrno«, ma da ima velike nedostatke, kao mala postojanost, otrovnost rastvora i stvaranje mrlja na rukama, odelu i priboru. Ovi nedostaci su delom odstranjeni specijalnim preparatima koje u svrhu spravljanja pravih izazivača za sitno zrno treba samo rastvoriti u vodi i koji se prodaju pod imenima: »Final« (Agfa), »Atomal« (Agfa), »Ultrafin SF«, »Mikrolin«, »Leicanol« (Tetenal-Werke) i t. d. Da bi svi ovi pravi izazivači za sitno zrno dali krajnje sitno zrno, ne sme trajanje izazivanja da bude suviše dugo (naročito stoga, jer sve emulzije sa sitnim zrnim imaju malo tvrđu gradaciju) zbog čega je potrebna obilnija, obično dvostruka do trostruka ekspozicija.]

U slučaju da nemamo na raspoloženju pravi izazivač za sitno zrno, možemo, za spravljanje takozvanih nepravih izazivača za sitno zrno, takođe da upotrebimo i obične izazivačke supstance, u prvom redu metol i hidrohionon. Da bi ove izazivačke supstance dale što je moguće sitnije zrno, mora njihovo dejstvo prilično da se koči. Pošto brzina izazivanja prvenstveno zavisi od alkalija, svi ovi rastvori sadrže relativno malo alkalija. Pri upotrebi ovih nepravih izazivača za sitno zrno, zrno negativa skoro je isto takvo kao i kod pravih izazivača za sitno zrno, a nepotrebno je neko izrazito produženje ekspozicije.]

3. ALKALIJE

[Kao što smo već spomenuli, svakoj je izazivačkoj supstanci potreban dodatak alkalija da bi dobila moć da redukuje srebro-bromid. Bez dodatka alkalija moć redukcije imaju samo neke izazivačke supstance i to: metol, amidol i para-fenilen-diamin.]

Kao alkalije, koje u prvom redu omekšaju želatinu i time uvedu proces izazivanja, upotrebljuju se:

1. soda (natrijum-karbonat)
2. potaša (kalijum-karbonat) karbonatne alkalije
3. kaustična soda (natrijum-hidroksid)
4. kalijum-hidroksid } kaustične alkalije

Kod običnih izazivača izuzetno, a kod izazivača za sitno zrno skoro redovno se upotrebljuju kao alkalije takođe i borati (boraks) i fosfati (natrijum-fosfat).

Za spravljanje izazivača najčešće se upotrebljuju karbonatne alkalije. Mnogo energičnije dejstvuju kaustične alkalije koje se ređe upotrebljuju — u prvom redu kod izazivača koji treba da deluju kontrastno.

Soda, natrijum-karbonat, se prodaje u dva oblika — i to kao kristalna (krist.) u obliku bezbojnih kristalnih grudvi ili kao kalcinisana (sicc.) u obliku brašnog praška koji kod podjednake težine sadrži veću količinu natrijum-karbonata. Ako recept za izazivač propisuje kalcinisanu sodu, ova može da se zameni kristalnom i obratno i to u težinskom odnosu

1 g soda sicc. = 2,7 g soda krist.

1 g soda krist. = 0,36 g soda sicc.

Potaša (kalijum-karbonat) prodaje se samo u dehidrisanom (bezvodnom) stanju u obliku belog, obično zrnastog praška koji je jako higroskopian (privlači vlagu iz vazduha), stoga mora da se drži u bocama sa staklenim zaptivačima.]

Kaustična soda (natrijum-hidroksid) i kalijum-hidroksid prodaju se u obliku belih štapića i jako su hidroskopni. Njihovo dejstvo je u poređenju sa karbonatnim alkalijama mnogo jače.]

4. SUPSTANCE ZA KONZERVISANJE

[Izazivanje, t. j. pretvaranje osvetljenog srebro-bromida u metalno srebro, je sa hemiskog gledišta redukcioni proces; a čim se neka materija hemiski redukuje, mora druga da se oksidiše. Pošto se srebro-bromid redukuje u srebro, mora izazivačka supstanca da se oksidiše — čime se troši. Ovo trošenje, kao posledica zadatka te supstance, je međutim relativno malo. Ali je izazivačka supstanca mnogo više izložena opasnosti oksidacije od strane vazduha (kiseonika). Od ove oksidacije izazivač štitimo dodavanjem supstance za konzervisanje koja se vremenom i sama oksidiše. Svaka izazivačka supstanca koja se oksidiše dobija mrku boju, stoga se jače ili slabije oboji svaki upotrebljen ili stari izazivač.]

Kao supstanca za konzervisanje se obično upotrebljuje natrijum-sulfit, ređe natrijum-bisulfit ili kalijum-metabisulfit.

Natrijum-sulfit se prodaje ili kristalizovan (krist.) ili kalcinisan (sicc.). Oba — upotrebljena u ekvivalentnoj količini — su odnosno svog dejstva podjednake vrednosti i to u odnosu

1 g natrijum-sulfit sicc. = 2 g natrijum-sulfit krist.

Ipak ima kristalizovani sulfit nedostatak, da se na vazduhu brže oksidiše, prelazeći u natrijum-sulfat koji međutim nema više nikakvu moć konzervisanja.

Natrijum-bisulfit u prašku i kalijum-metabisulfit u bezbojnim kristalima, koji u nepokvarenom stanju imaju jak miris na sumpordioksid, imaju veliku moć konzervisanja i u tom pogledu premašuju natrijum-sulfit. Međutim njihovo prisustvo u izazivaču ne utiče povoljno na alkalije, jer bisulfit veže jedan deo alkalija. Stoga mora u tom slučaju količina alkalija pri spravljanju izazivača nešto da se poveća. Kako natrijum-bisulfit, tako i kalijum-metabisulfit ne smeju da se rastvore u vrućoj vodi, jer se pri tome skupe u grudve.]

5. SUPSTANCE ZA KOČENJE

[D]osada navedeni sastavni delovi, izazivačka supstanca, alkalije i supstance za konzervisanje, daju, u pravilnim količinama, rastvorene u vodi, upotrebljiv izazivač. Ipak ovakav izazivač, kod nekih sastava, pokazuje još nedostatak da na negativu ne ostavlja potpuno netaknute neosvetljene partije senki, nego se na njima pojavi nepoželjan talog metalnog srebra. U tom slučaju kažemo da su partije senki zastrte. Da bismo odstranili ovaj nedostatak, moramo dejstvo izazivača da kočimo. U tu svrhu upotrebljuje se dodatak kalijum-bromida koji ima oblik bezbojnih, providnih kockastih kristala lako rastvorljivih u vodi. Upotrebljen u malim količinama ima osobinu da sprečava stvaranje nepoželjnog vela, a istovremeno malo koči i redukcionu proces.

Kod preosvetljenih (nadeksponiranih) negativa dodaje se kalijum-bromid još i naknadno izazivaču u većim količinama (oko 20 kapi rastvora kalijum-bromida 1 : 10 na 100 ccm izazivača). U tom slučaju dejstvuje kalijum-bromid još i u tom smislu, da jedan deo pri nadekspoziciji razgrađenog srebro-bromida ponovo pretvori u normalni srebro-bromid, a pored toga zadržava stvaranje vela u senkama. Stoga upotreba većih količina kalijum-bromida ima za posledicu tvrđi i kontrastniji negativ.]

6. VRSTE IZAZIVAČA

Odnosno upotrebljivosti, svrhe, sastava i koncentracije izazivača razlikujemo:

1. **Rapidne izazivače** (metol, hidrohionon, glicin, amidol, Rodinal i t. d.) koji su u prvom redu namenjeni za izazivanje u zdelama i daju za približno 4 do 7 minuta snažno zacrnjen negativ. Za izazivanje malih formata, opšte uzev, ne dolaze u obzir, jer deluju suviše kontrastno i stvaraju suviše grubo zrno.

2. **Tankovske (vremenske) izazivače** (metol, glicin, pirokatehin i t. d.) koji su razblaženi i upotrebljuju se za istovremeno izazivanje većeg broja negativa (ploča ili filmskih traka) u tankovima za izazivanje ili doznama. S obzirom na sastav izazivača traje izazivanje 15 do 60 minuta. Razblaženi rastvor dejstvuje manje snažno, nego rapidni izazivači (koje razblaženjem možemo takođe da pretvorimo u tankovske izazivače) a time delom takođe izjednačiti različito eksponirane snimke na istoj filmskoj traci.

3. **Izjednačujući izazivači** (pirokatehin). Njihov sastav je prvenstveno sračunat za izjednačavanje kontrasta snimaka sa velikim razlikama svetlina, a mogu da se upotrebe kao rapidni ili kao tankovski izazivači.

4. **Izazivači za sitno zrno** su specijalno namenjeni postizavanju sitnog zrna kod negativa malog formata slike. Pošto se filmovi malog formata slike uvek izazivaju u doznama, ovi se izazivači upotrebljuju kao tankovski izazivači, čime istovremeno imaju i dejstvo izjednačavanja na snimke sa različitim ekspozicijama.

7. SPRAVLJANJE RASTVORA

Za spravljanje izazivača upotrebljuje se — ukoliko nije izrično drugačije propisano — vodovodska voda koja se radi odvajanja kamena i vazduha uvek prekuva. U vodi rastvoreni kamen bi naime sa alkalijama stvarao nerastvorljive soli, koje se odvajaju stvarajući u izazivaču talog. Prekuvana voda sadrži i manje vazduha i tako zadržava oksidaciju izazivača, povećavajući njegovu postojanost.

Važan je red po kome se rastvaraju pojedine supstance. Ako recept ne sadrži naročita uputstva, prvo se rastvori sulfit, onda izazivačka supstanca, zatim alkalije, pa kalijum-bromid. Izuzetak čini metol koji se u rastvoru sulfita vrlo teško rastvara, stoga metol uvek rastvaramo pre sulfita. Da bi u tom slučaju zaštitili metol od uticaja kiseonika, rastvorimo prvo sasvim malu količinu sulfita (svrha noža na 1 litar vode). — Još je najbolje, ako rastvorimo svaku hemikaliju zasebno u odgovarajućoj količini vode i onda po propisanom redu pomešamo pojedine rastvore. Sve rastvore treba spravlјati u staklenim, izuzetno u zemljanim sudovima. Rastvori ne smeju da dođu u dodir sa gvožđem, bakrom, aluminijumom, cinkom ili mesingom; jer bismo inače pri izazivanju dobili veo na negativu.

Kalcinisanе soli, t. j. natrijum-sulfit sicc. i soda sicc., smeju se dodavati vodi samo u manjim količinama uz stalno mešanje. Ako se naime najedanput sipa voda na kalcinisanе soli, ove se zgrudvaju i vrlo teško rastvore.

Kod koncentrovanih izazivača je na kraju rastvor često mutan. U takvim slučajevima ili pričekamo da se mutljag slegne i onda čisti rastvor odlijemo, ili izazivač prosto filtriramo kroz hemiski čist papir za filtriranje.

Veći deo hemikalija ima osobinu da se u toploj vodi brže rastvara nego u hladnoj (t. j. u vodi sobne temperature oko 18° C). Ipak voda ne sme da bude vruća, jer bi se u tom slučaju pojačala oksidacija supstance za izazivanje i time smanjila postojanost izazivača; a naročito za natrijum-bisulfit i kalijum-metabisulfit voda ne sme da bude suviše vruća. Stoga je za spravljanje izazivača najpogodnija temperatura vode oko 40° C do najviše 50° C. Za odnosnu kontrolu je skoro neizbežna upotreba odgovarajućeg termometra.

8. JAČINA RASTVORA IZRAŽENA PROCENTIMA I ODNOSIMA

Količina u vodi rastvorene hemikalije obično se izražava težinskim jedinicama, a nekiput se navodi koncentracija takođe i u procentima. Tako podrazumevamo pod 5%-nim rastvorom onaj, koji sadrži u 100 kubnih centimetara (ccm) celokupne zapremine 5 grama neke hemikalije. Stoga se spravlja 5%-ni rastvor tako, što rastvorimo 5 g hemikalije u 95 ccm vode. Time međutim još nismo dobili 100 ccm rastvora, jer zauzima hemikalija manju zapreminu nego voda. Stoga se dopuni zapremina koja još nedostaje tačno na 100 ccm, tako da onda zaista otpada na 100 težinskih delova celokupne zapremine 5 težinskih delova hemikalije. Pri spravljanju rastvora s određenim procentom hemikalije smeju gramovi i kubni centimetri da se smatraju kao jednaki samo kod vode.

Koncentracija nekog rastvora može da se izrazi — mesto u procentima — takođe i odnosom 1:n, naročito kod odnosa mešanja tečnosti, na pr. koncentrovanog izazivača i vode. Ako se na pr. za razblaživanje izazivača propisuje odnos mešanja 1:4, onda mora jednom delu koncentrovanog izazivača da se doda 4 dela vode — razblaženi rastvor se onda sastoji svega iz 5 delova.

9. RECEPTI ZA IZAZIVAČE

A. Za izazivanje u zdeli

Metol-hidrohinon (Dr. Jacobsohn):

	D e l u j e		
	normalno	meko	kontrastno
Voda	1000 ccm	1000 ccm	1000 ccm
Metol	5 g	15 g	—
Hidrohinon	7 g	—	33 g
Natrijum-sulfit sicc.	50 g	75 g	130 g
Potaša	100 g	75 g	400 g
Kalijum-bromid	2,5 g	2 g	0,5 g
Razblaženje	1 : 3—4	1 : 3—4	1 : 4—6
Trajanje izazivanja	5 min.	3—5 min	5 min.

Glicin (Windisch):

Voda	1000 ccm
Natrijum-sulfit sicc.	50 g
Glicin	125 g
Potaša	250 g

Razblaženje 1 : 4 — Trajanje izazivanja 5—8 minuta

Amidol (dr. Eder):

Voda	1000 ccm
Natrijum-sulfit krist.	200 g
Amidol	20 g

Razblaženje 1 : 3—4 (za normalnu ekspoziciju)
1 : 2+2 ccm rastvora kalijum-bromida
(za nadekspoziciju)
1 : 8 (za podekspoziciju)

Pirogalol (dr. Eder):

Rastvor A:

Voda	1000 ccm
Natrijum sulfid krist.	130 g
Kalijum-metabisulfit	17 g
Pirogalol	17 g

Rastvor B:

Voda	1000 ccm
Soda krist.	200 g

Za upotrebu se pomeša:

Rastvora A	20 ccm
Rastvora B	20 ccm
Vode	20 ccm

Trajanje izazivanja 4—6 minuta

Paramidofenol (Andresen):

Voda	1000 ccm
Natrijum-sulfit krist.	80 g
Paramidofenol	4 g

Trajanje izazivanja 4—5 minuta

B. Za izazivanje u tankovima

Metol (Windisch) sa dejstvom izjednačavanja:

Voda	1000 ccm
Metol	2,5 g
Natrijum-sulfit krist.	50 g

Trajanje izazivanja 18—25 minuta

Metol-hidrohinon (dr. Jacobsohn):

Voda	1000 ccm
Metol	0,35 g
Hidrohinon	0,7 g
Natrijum-sulfit sicc.	6 g
Potaša	20 g
Kalijum-bromid	1 g

Trajanje izazivanja 20 minuta. □

Glicin (Agfa) sa dejstvom izjednačavanja:

Voda	1000 ccm
Glicin	1 g
Natrijum-sulfit sicc.	2,5 g
Potaša	7,5 g
Kalijum-bromid 10%	10 kapi

Trajanje izazivanja 40 minuta

Pirokatehin (dr. Eder):

Voda	1000 ccm
Natrijum-sulfit krist.	20 g
Pirokatehin	4 g
Soda krist.	40 g

Trajanje izazivanja 60 minuta

C. Izjednačujući izazivači

Pirokatehin (Windisch):

Rastvor A:

Voda	100 ccm
Pirokatehin	8 g
Natrijum-hidroksid	2,5 g
postojan, ako se drži u mrkoj boci	

Rastvor B:

Voda	100 ccm
Natrijum-hidroksid	10 g
postojan samo 2 meseca	

Za upotrebu se pomeša:

Voda	500 ccm
Rastvor A	12 ccm
Rastvor B	7 ccm

Trajanje izazivanja 18—20 minuta

D. Izazivači za sitno zrno

Para-fenilen-diamin (Seyewetz):

Voda	1000 ccm
Metol	5 g
Natrijum-sulfit sicc.	60 g
Para-fenilen-diamin	10 g
Natrijum-fosfat	3,4 g
Kalijum-bromid	1 g

Trajanje izazivanja 7 minuta (faktor ekspozicije = 2).

Metol-hidrohinon:

	Kodak	A g f a		Abrams
		deluje meko	deluje snažno	
Voda	1000 cc m	1000 ccm	1000 ccm	1000 ccm
Metol	2 g	4,5 g	8 g	2 g
Hidrohinon	5 g	—	—	5 g
Natrijum-sulfit sicc.	100 g	85 g	125 g	100 g
Soda sicc.	—	1 g	12 g	—
Boraks	2 g	—	—	2 g
Borna kisellna krist.	—	—	—	14 g
Kalijum-bromid	—	0,5 g	1,5 g	—
Trajanje izazivanja	8 minuta	15—20 min.	8 minuta	9—10 min.

III. TEORIJA PROCESA IZAZIVANJA

1. TEORIJA SREBROVIH KLICA

[Kao što je već u početku rečeno, objašnjava se mogućnost izazivanja latentne slike teorijom takozvanih srebrovih klica. Kada odgovarajuća količina svetlosti pogodi zrno srebro-bromida koje se sastoji iz velikog broja molekula, izvestan broj molekula se pod uticajem rezonance svetlosnog udara rasepi u brom i srebro, a ponovno sjedinjavanje atoma broma i srebra je onemogućeno, bar za neko duže vreme, zbog afiniteta slobodnog broma prema želatini. Usled ovoga razlaganja molekula omogućena je redukcija celokupnog kompleksa pod uticajem izazivača.]

U sloju emulzije leže kristalići srebro-bromida jedan iza drugoga u celoj dubini debljine sloja. Upadni svetlosni zraci pogađaju neposredno samo gornja zrna srebro-bromida, a zrna koja leže dublje u sloju pogodi samo ona svetlost, koja može da prođe kroz međuprostore zrna ili koja neposredno prodre kroz pojedina zrna.

Da bi svetlost delovala fotohemiski, mora da bude apsorbovana. Kad uđe određena količina svetlosti na gornju stranu emulzije, deo te svetlosti potroše već gornja zrna — stoga je dejstvo svetlosti utoliko slabije, ukoliko dublje u sloju leže pogodena zrna. Kod slabog dejstva svetlosti biće dakle sposobna za izazivanje samo površina sloja, a pri jačem dejstvu i njegove dublje partije, a tek kod velike količine svetlosti njeno dejstvo će prodreti do zrna srebro-bromida, koja se nalazi pri dnu sloja. Opšte uzevši će dakle kod određene količine svetlosti dejstvo svetlosti doći do izvesne dubine, međutim u dubljim partijama emulzije će osposobiti za redukciju samo osetljivija zrna, dok će manje osetljiva ostati potpuno netaknuta.]

2. ATSORPCIJA I DIFUZIJA

Za proces izazivanja je merodavan još i odnos između suvog sloja želatine i vodenog rastvora. Ako stavimo emulziju u ma kakav vodeni rastvor, nastupiće pojava takozvane atsorpcije. Voda naime prodire u želatinu koja polako nabubri. Posle izvesnog vremena je najzad želatina upila onaj maksimum vode, koji po svojoj kakvoći i okolnostima, zavisnim od temperature, uopšte može da upije. Kod male

debljine sloja emulzije je ovaj proces uglavnom brzo završen. Odnosni ogledi su pokazali da je proces atsorpcije već posle jednog minuta završen za 90%, a da se zatim odigrava sporije i tek posle 10—20 minuta prestane. Tada nastupa stanje ravnoteže, u kojem se više ne pojavljuje nikakva promena u sistemu nabubrele želatine i vode.

Malo drugačije se međutim ovaj proces odigrava, ako ne dejstvuje na sloj želatine voda, nego rastvor hemikalija koji hemiski utiče na zrna u sloju emulzije. Po završenom procesu atsorpcije naime još ne dolazi do ravnoteže, nego se odigrava druga pojava takozvana difuzija. U trenutku kada počne proces atsorpcije, počinje odmah i hemisko dejstvo izazivačke supstance na osvetljeni srebro-bromid, pri čemu se redukciona supstanca vezuje sa bromom srebro-bromida. Kada je ovaj hemiski proces napredovao do vidljivog stupnja, sastav atsorbovanog izazivača se izmenio prema sastavu ostalog izazivača, koji se nalazi iznad sloja emulzije i nije u nju prodro. Ova razlika u sastavu između izazivača koji je prodro u želatinu i onoga koji se nalazi izvan nje, izaziva fizičku pojavu difuzije (t. j. kretanje molekula rastvora sa mesta više prema mestu niže koncentracije). Ovaj difuzioni proces vrši se utoliko energičnije i utoliko brže, ukoliko je veća razlika u hemiskoj prirodi oba rastvora.

Na osnovu ovih dveju fizičkih pojava proces izazivanja nam, bar u velikim potezima, postaje lakše razumljiv.

Kad stavimo eksponiranu emulziju u rastvor izazivača, izazivač u stadijumu atsorpcije prvo prodre u sloj, ovaj nabubri i napije se rastvorom kao sunder, i tada odmah počne da dejstvuje redukciona supstanca na osvetljeni srebro-bromid. Redukciona supstanca se delom usled redukcije troši i usled vezivanja broma gubi redukcionu moć. Ako je količina redukcionne supstance, koja je sa rastvorom prilikom atsorpcije prodrla u sloj želatine, dovoljna za redukciju svega osvetljenog srebro-bromida, proces izazivanja se završi bez daljeg učešća rastvora izazivača u višku, koji se nalazi izvan sloja. U ovom slučaju učestvuje u izazivanju ustvari samo onaj deo izazivača, koji je putem atsorpcije prodro u sloj emulzije, dok ostatak izazivača uopšte ne učestvuje u hemiskom procesu.

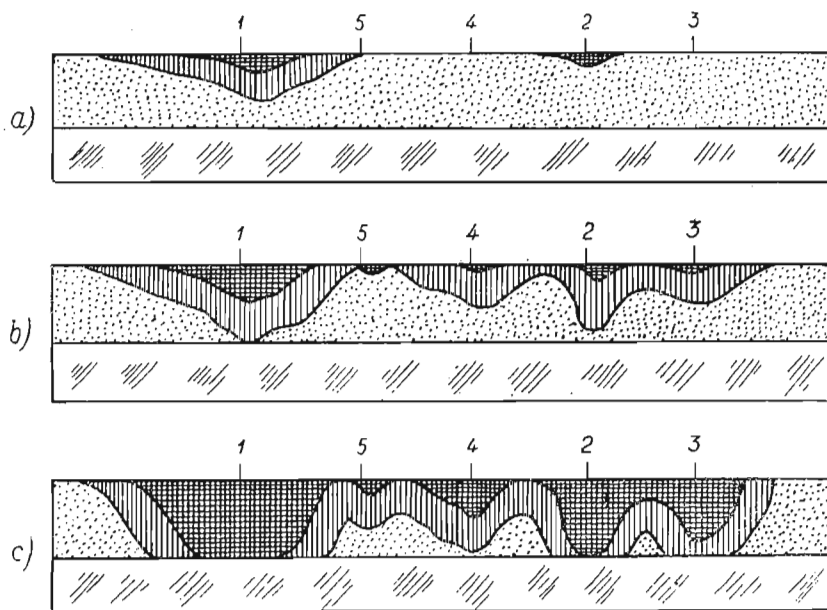
Ako količina redukcionne supstance, koja se nalazi u atsorbovanom izazivaču, nije dovoljna za potpunu redukciju osvetljenog srebro-bromida, onda počne da se odigrava difuzioni proces. Tek ovaj relativno vrlo spori proces, u toku kojega difunduju u sloj uvek nove količine redukcionne supstance iz izazivača koji se nalazi izvan sloja, potpuno završi redukciju osvetljenog srebro-bromida.

U prvom slučaju odigrava se dakle izazivanje ustvari u stadijumu atsorpcije, odnosno pomoću atsorbovanog izazivača; u drugom slučaju međutim je za potpuno izazivanje negativa potrebno još i odigravanje difuzionog procesa.

Ova razmatranja sadrže glavnu osnovu, potrebnu za posmatranje procesa izazivanja sa praktičnog gledišta. Pomoću ovih razmatranja može da se tumači dejstvo koncentrovanih ili razblaženih izazivača. Ona nam omogućuju i odgovor na pitanje, kako treba izazivati kratko ili dugo osvetljene, tvrde ili meke emulzije, kako postizavamo tvrde ili meke, tanke ili snažne negative i najzad, kako možemo da postignemo da osobine negativa budu nezavisne od prirode emulzije i od stupnja izazivanja.

3. UTICAJ IZAZIVAČA NA PROCES IZAZIVANJA

Sa teoriskog gledišta najbolje ćemo shvatiti tok procesa izazivanja, ako posmatramo emulziju za koju smo grafički pretstavili uticaj ekspozicije. Sl. 67. pokazuje tri preseka kroz sloj emulzije, koja je kod istog objekta snimanja osvetljena trima različnim ekspozicijama:



Sl. 67a, 67b, 67c
Delovanje izazivača

cijsama: presek na sl. 67a pokazuje kratku, presek na sl. 67b normalnu i presek na sl. 67c nadekspoziciju, gde kod sva tri preseka tačke 1, 2, ... 5, pripadaju uvek istim partijama objekta i to tačka 1 najsvetlijoj partiji, tačke 2, 3, 4 i 5 partijama sve slabijih svetlina. Šrafirana mesta preseka emulzije pokazuju zrna srebro-bromida pogo-

đena od svetlosti, i to tamno šrafirane partije pokazuju komplekse srebro-bromida, koji su postali potpuno sposobni za redukciju, dok obuhvataju svetlo šrafirane partije samo onaj deo, u kome je svetlost uticala jedino na najosetljivije deliće, a na manje osetljive ne. U tim partijama srebro-bromid dakle nije bio toliko osvetljen da bi izazivač mogao da redukuje sva zrna.

Ako podvrgnemo ova tri različito osvetljena preseka emulzije istovremeno istom i to razblaženom izazivaču, onda kod svih triju emulzija počne proces atsorpcije koji se i kod svih triju približno istovremeno završi. Odmah se vrši i redukcioni proces. A pošto je izazivač razblažen, vrši se pravi redukcioni proces samo na površini emulzije, dok u dubinu prodire već iscrpeni i za redukciju nesposobni izazivač. Već posle kratkog vremena pojaviće se posledica redukcije prvo u tački 1 i to u sva tri preseka. Posle nekog vremena počće i redukcija pogođenih zrna srebro-bromida kod tačke 2 svih triju preseka. Podekspozicionirana emulzija će dakle kod tačaka 1 i 2 u načelu isto tako da se izazove kao normalno ekspozicionirana i nadekspozicionirana emulzija na istim mestima. Kod pravilno osvetljene emulzije istovremeno će početi izazivanje i kod 3 i 4, dok će kod nadekspozicionirane emulzije ovaj proces istovremeno da se odigra i kod 5. Posle nekog vremena će se proces izazivanja, koji je stvarno kod podekspozicionirane emulzije već završen — jer dublje nema više za redukciju sposobnog zrna, zaustaviti i u preseku sl. 67b i sl. 67c. I kod ova dva prestaje dejstvo u dubinu, jer je atsorbovani izazivač iscrpen. Tek u drugom stadijumu izazivanja, do kojega u preseku sl. 67a uopšte ne dolazi, se zbog vrlo spore difuzije nastavlja redukcija u dubinu i kod preseka sl. 67b i c.

Ako prekinemo izazivanje, još pre nego što počne difuzioni stadijum, dobićemo očigledno sledeće rezultate: podekspozicionirana emulzija daje tanak negativ, na kome su se ocrtale samo najjače svetlosti, jer polusenke kod 3, 4 i 5 nisu ostavile nikakvog traga. Kod normalno ekspozicionirane emulzije dobijamo pravilno ocrtavanje svetlina svih tačaka od 1 do 5. Negativ će istina biti tanak, ali će sadržavati sve detalje stupnjeva svetlina. Na nadekspozicioniranoj emulziji izgubiće se skoro potpuno razlike u svetlinama tačaka 1 do 5, negativ je na površini pokriven ravnomernim talogom srebra, tako da je ocrtavanje objekta skoro nevidljivo. Pod opštim velom jedva se razlikuju najdublje senke od polusenki, dok su se najjače svetline stopile u jednu zajedničku masu. Pri kratkom izazivanju razblaženim izazivačem dobićemo, bez obzira na ekspoziciju — ukoliko se ova suviše ne razlikuje od normalne — tanak negativ, koji kod podekspozicije sadrži samo najjače svetline, kod normalne ekspozicije pokazuje opšte uzev pravilno stupnjevanje tonova, a kod nadekspozicije su sve razlike svetlina pokrivena opštim velom.

Pri daljem izazivanju istim razblaženim izazivačem, t. j. u stadijumu difuzije, na kratko osvetljenoj emulziji se skoro ništa više

neće pokazati, na pravilno osvetljenoj emulziji će slika zbog postepeno sve jačeg dejstva u dubinu biti sve snaznija, čime će se različiti tonovi međusobno sve jače diferencirati — kod nadekspsonirane emulzije će se istina pod stalno jačim površinskim velom pojačati i diferenciranje tonova, koje međutim nikada neće dostići ono karakteristično stupnjevanje gustoće kao kod normalno ekspsonirane emulzije.

Iz toga vidimo, da dejstvuje razblaženi izazivač kod normalno ekspsonirane emulzije istina sporo, ali na kraju ipak sasvim uspešno, dok iz podekspsonirane emulzije naravno nikako ne može da izvuče nešto što na njoj uopšte nikada nije postojalo; a kod nadekspsonirane emulzije daje razblaženi izazivač, pored opšteg vela, slabo graduisan negativ, kod kojega se najjače i srednje svetline uopšte ne ili samo malo razlikuju.

Potpuno drugačiji je međutim proces izazivanja kod upotrebe koncentrovanog izazivača, kod kojeg stadijum difuzije uopšte ne dolazi do izražaja ili je pak samo potpuno podređenog značaja. U tom slučaju ulazi naime već u stadijumu atSORpcije tolika količina redukcionne supstance u emulziju, da je omogućena redukcija svega osvetljenog srebro-bromida već i samo atSORbovanim izazivačem.

Ako pratimo proces izazivanja koncentrovanim izazivačem u dosadašnjim trima različito osvetljenim emulzijama, i kod ovog izazivača će proces početi prvo na površini, ali već u sledećem trenutku će se nastaviti i u dubinu sve većim intenzitetom. Skoro istovremeno dobijaju naime i gornji i donji delovi sloja izazivač jakog dejstva. Istina je u dubinu prodrli izazivač, od gornjeg dela sloja, već oslabljen u svojoj redukcionoj moći, ali utoliko manje, ukoliko je koncentrovaniji. Posledica te činjenice će biti, da je proces izazivanja u početku — naročito ako posmatramo isključivo odozgo — isti kao u predašnjem slučaju, međutim se ustvari pored procesa na površini odigrava i proces u dubini sloja. Podekspsonirana emulzija verovatno neće izgledati niukoliko drugačije, pošto svetlost nije dejstvovala u dubinu, ali sasvim drugačiji će biti uticaj na normalno i preobilno ekspsoniranu emulziju. Na pravilno ekspsoniranoj emulziji brže se izaziva ravnomerno graduisan, kontrastan negativ, a na nadekspsoniranoj se stvara — istina pod površinskim velom — snažan negativ čije stupnjevanje u najjačim svetlinama, u vezi sa stepenom nadekspozicije, ipak neće biti sasvim zadovoljavajuće. Kod kratko i normalno osvetljene emulzije daje dakle koncentrovani izazivač za kraće vreme u najmanju ruku isto tako dobar rezultat, kao razblaženi izazivač za duže vreme. Nadekspsonirana emulzija će međutim — ma kako paradoksalno to izgledalo — dati mnogo bolji negativ nego u razblaženom izazivaču.

Dobijamo dakle sledeće opšte pravilo: normalno i preobilno osvetljene emulzije treba izazivati u koncentrovanom izazivaču, a podekspsonirane emulzije daju kako u razblaženom, tako i u koncentrovanom izazivaču, istina za različito vreme, u načelu podjednak rezultat.

4. ZAKLJUČNA DISKUSIJA

Iz gornjeg razmatranja mogli bismo da zaključimo, da je upotreba razblaženog izazivača uopšte besmislena, jer dejstvuje kod normalno ekspsonirane emulzije suviše sporo, kod nadekspsonirane nesumnjivo škodljivo, a kod podekspsonirane ne dejstvuje niukoliko bolje nego koncentrovani izazivač. Ovaj zaključak bi međutim bio pogrešan, stoga proces izazivanja moramo da razmotrimo još i sa nekog drugog gledišta.

U toku procesa izazivanja vrši se naime redukcija svakog osvetljenog zrna srebro-bromida od spolja prema unutra. Stoga se jezgro zrna redukuje relativno mnogo donije nego njegova površina. Pri kratkom izazivanju osvetljeno zrno srebro-bromida pocrneće samo na površini, dok će pri dužem izazivanju da pocrni do svog jezgra.

Gustoća ma koje partije negativa međutim zavisi od količine na dotičnom mestu stvarno redukovanog srebra, jer nepromenjeni srebro-bromid nema nikakvog uticaja na gustoću izazvane emulzije, pošto se pri donijem fiksiranju odvoji. Ako je dakle izazivanje kratko, a izazivač razblažen, možda će se zaista svako zrno srebro-bromida nešto izazvati, potpuno izazvana će međutim biti samo najosetljivija zrna. Pošto se proces izazivanja vrši preko cele debljine sloja emulzije, to će izazivač, koji je dopro do svakog pojedinog zrna, bilo putem atSORpcije, bilo putem difuzije, doći i do jezgra. Gustoća ma koje partije negativa postići će svoj maksimum tek onda, kada budu i najgrublja zrna srebro-bromida potpuno redukovana do svog jezgra. Ako se kod dovoljno osvetljene emulzije ovaj proces izvede do kraja, onda će gustoća neke partije možda daleko preći željeni stupanj. Ako se osim toga ovaj proces još i tako brzo odigra, da izazivanje slabo osvetljenih partija, koje se naravno sporije izazivaju, još nije dostiglo potrebnu gustoću, onda mogu kontrasti između svetlina i senki da postanu suviše veliki — takav se negativ kopira tvrdo. Ova opasnost je utoliko veća, kada svetline pri nedovoljno ekspsoniranim senkama, kod upotrebe koncentrovanog izazivača, neželjeno brzo ojačaju, dok senke ne mogu tako brzo da ih stignu. Pod inače podjednakim okolnostima je ova opasnost utoliko veća, ukoliko je kraća bila ekspozicija i ukoliko je koncentrovaniji upotrebljeni izazivač. Ako dakle koncentrovani izazivač deluje na podekspsoniranu emulziju, svetline će već za kratko vreme biti suviše guste, još pre nego što su se, zbog kratke ekspozicije, dovoljno ocrtale senke koje se sporo izazivaju.

Iz navedenoga jasno vidimo, da je i upotreba koncentrovanog izazivača opasna, zbog čega nikako ne smemo podekspsonirane emulzije da izazovemo u koncentrovanom, nego uvek samo u razblaženom izazivaču. S obzirom na to važi u tehnici izazivanja načelno pravilo: kratko osvetljene emulzije treba razblaženim izazivačem izazivati dugo i izdašno, a normalno ekspsonirane i naročito nadekspsonirane emulzije koncentrovanim i energičnim izazivačem.

Gornje činjenice, opšteg značaja, omogućuju nam još i dalji zaključak. Pošto treba podosvetljenu emulziju, s obzirom na opasnost da bi negativ mogao da postane suviše tvrd, izazivati razblaženim izazivačem, dok upotreba koncentrovanog izazivača ne pruža nikakva preimućstva; ovo je u tehnici izazivanja najnepovoljniji slučaj. Nad-eksponirana emulzija, izazvana koncentrovanim izazivačem, dobiće istina površinski veo, ali ako se bez oklevanja nastavi izazivanje obrazovaće se ipak pod površinskim velom relativno kontrastan negativ. Ovakav negativ biće upotrebljiv za kopiranje. Možemo da ga kopiramo ili direktno, pri čemu će, zbog velike gustoće, vreme kopiranja osetno da se produži, ili možemo pre kopiranja oslabljivanjem da odstranimo površinski veo. Poznato i iskustvom uvek iznova potvrđeno pravilo jeste, da je krajnji uspeh fotografskog snimka mnogo manje ugrožen obilnom ekspozicijom — naravno u granicama gradacionog opsega — nego li prekratkom. Prekratko eksponirane emulzije ne može da spase nikakva čarolija kod izazivanja, dok nadosvetljena — ukoliko istina ekspozicija suviše ne preseže normalnu — još uvek može da se spase.

IV. TEHNIKA IZAZIVANJA

1. TEMPERATURA

Sve hemiske reakcije odigravaju se utoliko brže, ukoliko je viša temperatura. To važi i za fotografske izazivače. Ne bismo imali da stavimo nikakvu primedbu protivu povećane brzine procesa izazivanja, kada ne bi suviše topli izazivač stvarao osetni veo na negativu, bez obzira na činjenicu, da se usled suviše toplog izazivača često i sloj želatine nabere.

Prekomerno hladan izazivač međutim deluje suviše sporo i lenjo, usled čega u senkama ne izazove detalje, tako da negativ pruža utisak podekspozicije.

Tabela XXV:

Koeficijenti temperature

Izazivač	Koeficijent temperature
Metol - soda	1,5
Metol - hidrohionon - soda	1,7 — 1,9
Rodinal	2,0
Pirogalol - soda	2,2 — 2,4
Hidrohionon - soda	2,2 — 2,6
Glicin - potaša	2,5 — 2,7
Pirokatehin - potaša	2,8

S obzirom na to, temperatura izazivača treba prosečno da iznosi 16° do 20° C, normalno 18° C. Merenje ove temperature termometrom za tečnosti skoro je neizbežno. Na niskim temperaturama, t. j. ispod 12° C osetno pada redukciona moć nekih izazivača (na pr. glicina i pirokatehina), dok su rapidni izazivači manje osetljivi. Ovi međutim kod temperatura iznad 20° C prouzrokuju stvaranje osetnog vela.

Povećanje brzine reakcije pri povišenju temperature za 10° C izražava se takozvanim koeficijentom temperature. Ako neki izazivač

na 18° C izaziva dva puta brže nego na 8° C, njegov je koeficijent temperature 2. Koeficijenti temperature raznih izazivači za temperature između 6° i 20° C navedeni su u tabeli XXV (Po Dr. Eder-u). — Štoga je manji koeficijent temperature, utoliko manje izgubi izazivač od svoga dejstva pri snižavanju temperature.

2. IZAZIVANJE U ZDELAMA

U poslednje vreme je izazivanje filmova u zdelama mnogo izgubilo od svoga značaja zbog upotrebe dozni za izazivanje. Ipak se izazivanje u zdelama, koje omogućuje individualno izazivanje svakog snimka, još uvek upotrebljuje kod ploča.

Za izazivanje su najpogodnije zdele od porculana ili stakla, izuzetno od emajla, celuloida, bakelita ili prepariranog kartona. Dok je izazivanje ploča, ravnih i složenih filmova u zdeli vrlo prosto, moraju namotani filmovi da se vuku kroz izazivač na odgovarajućem držaču. Štoga se u poslednje vreme za namotane filmove skoro uvek upotrebljuju dozne za izazivanje.

Sve manipulacije sa negativskim materijalom moraju da se vrše u mračnoj komori, koja kod ortohromatskog materijala može da bude osvetljena rubinasto crvenom, kod panhromatskog međutim samo tamno zelenom svetlošću. Nikako se međutim emulzije ne smiju nepotrebno izlagati neposrednom osvetljenju mračne komore, jer je ortohromatski materijal sasvim malo osetljiv i za crvenu, a panhromatski i za zelenu svetlost; naročito dotle, dok se još nisu pojavili prvi tragovi procesa izazivanja.

Osvetljena ploča ili film stavlja se u zdelu sa izazivačem sa slojem emulzije nagore, pri čemu se zdela lako nagne na jednu stranu. U tom položaju se stavi ploča u zdelu, koja se odmah zatim spusti u vodoravni položaj, da bi izazivač odjednom i ravnomerno preplavio sloj emulzije. Vrlo je važno da se pri tome na sloju ne zadrže mehurići vazduha, koji onemogućuju lokalno izazivanje i ostavljaju na negativu oštro ograničene, okrugle i više ili manje providne kružice.

Za vreme izazivanja treba izazivač, lakim njihanjem zdele, da se održava u stalnom pokretu, da bismo izbegli eventualne neravnomernosti redukcionog procesa (pruge od izazivanja). Nasuprot tome ne sme izazivač da bude u tako jakom pokretu, da bi negativ s vremena na vreme bio nepokriven i izložen uticaju vazduha. Od toga se naime može stvoriti — naročito pri izazivaču sa hidrohionom — takozvani vazdušni veo. Štoga treba zdela da sadrži dovoljnu količinu izazivača, koja treba da iznosi kod zdele

formata	6,5 × 9 cm	najmanje	40 ccm	izazivača
„	9 × 12 cm	„	60 ccm	„
„	13 × 18 cm	„	130 ccm	„

A. Izazivanje u jednoj zdeli

Kod običnog načina izazivanja služimo se samo jednom zdelom sa izazivačem nepromenljivog sastava (izazivanje u jednoj zdeli). Za prilično pravilno eksponirane negative i kod odgovarajuće vežbe ovo je najprostiji način izazivanja, jer kod manjih grešaka u ekspoziciji omogućuje i ispravljanje na taj način, što izazivaču kod nadekspozicije dodajemo 10% -tni rastvor kalijum-bromida, a kod podekspozicije dodajemo vode. Za izazivanje u jednoj zdeli merodavna je sledeća shema:

Ekspozicija snimka	Slika se pojavljuje	Kod normalnog izazivača treba izazivanje da traje	Ili promene u sustavu izazivača
kratka	sporo	malo manje nego normalno, eventualno uz zagrevanje izazivača	razblaženje normalnog izazivača dvostrukom — trostrukom količinom vode
pravilna	normalno	normalno	—
obilna	suviše brzo	duže nego normalno do dovoljnog kontrasta	Dodatak 10% -nog rastvora kalijum-bromida

Trajanje izazivanja, za koje nije moguće dati podatke koji bi opšte važili, zavisi od mnogobrojnih faktora, t. j. od sastava izazivača, od njegove temperature, od svežine ili iscrpenosti izazivača i od vrste negativskog materijala; a prosečno traje izazivanje 4—7 minuta.

Potrebno trajanje izazivanja može da se utvrdi upotrebom Wattkins-ovog faktora izazivanja. U tu svrhu se utvrdi vreme do pojavljivanja prvih tragova slike — ovo pomnožimo faktorom. Tako dobijamo približno trajanje izazivanja za vreme kojega se izazove negativ približno srednje gustoće. Ovaj faktor je za razne izazivačke supstance različit, ali je za istu vrstu izazivača prilično konstantan. Male razlike u temperaturi i u količinama alkalija samo neznatno utiču. Pri jakom razblaživanju izazivača sa metolom, amidolom i pirokatehinom ovaj faktor međutim raste sa razblaženjem, dok je kod hidrohionona i pirogalola uticaj razblaženja dosta neznatan. Za razne izazivačke supstance i temperature 18° do 20° C navedeni su odgovarajući prosečni Wattkins-ovi faktori u tabeli XXVI. Ako se na pr. kod izazivača sa glicinom pojavi prvi trag slike posle 55 sekundi,

onda iznosi celokupno trajanje izazivanja $55 \text{ sekundi} \times 7 = 385 \text{ sekundi} \approx 6,5 \text{ minuta}$; ako se kod izazivača sa metolom pojavi prvi trag posle 12 sekundi, onda iznosi trajanje izazivanja oko 12 sekundi $\times 22 = 264 \text{ sekundi} \approx 4,5 \text{ minuta}$.

Ipak upotreba Wattkins-ovog faktora kod izazivanja ima svoje nedostatke. Potrebno je naime često posmatranje negativa u početnom stadijumu izazivanja, dakle baš u vreme kad je emulzija još vrlo osetljiva na crvenu svetlost. Bez desenzibilizacije je ova metoda za jako osetljiv i za panhromatski materijal direktno opasna, bez obzira

Tabela XXVI:

Faktori po Wattkins-u

Izazivač	Faktor po Wattkins-u
Metol	22
Hidrohinon	5
Metol - hidrohinon	13
Glicin	6—7
Amidol	20
Pirogalol	7
Pirotehin	9
Rodinal	20

na to, da se desenzibilizacijom tok izazivanja nešto izmeni; usled toga se postavlja pitanje da li su u ovom slučaju Wattkins-ovi faktori uopšte još pravilni. Dalje moramo imati u vidu još i činjenicu, da ti faktori nisu apsolutno konstantni, nego se za malenkost menjaju sa sastavom izazivača (naročito kod pirogalola). Najzad se Wattkins-ov faktor menja i sa temperaturom izazivača, usled čega navedene vrednosti važe samo za temperature od 18° — 20° C.

B. Izazivanje u trima zdelama

Pošto je za podeksponirani snimak najpogodniji razblažen izazivač, a za nadeksponirani snimak izazivač s obilnim dodatkom kalijum-bromida; možemo da izvedemo logični zaključak, da je za nesigurne ekspozicije najumesnije, ako za izazivanje spremimo tri zdele — od kojih prva sadrži normalan, druga razblažen, a treća koncentrovani izazivač sa dodatkom kalijum-bromida. Ploču stavimo u prvu zdelu; u kojoj ostane do kraja, ako se pokaže da je pravilno eksponirana. Ako međutim pokazuje znake podekspozicije, stavimo je u drugu zdelu, dok

je u slučaju da se slika suviše brzo pojavi, stavimo u treću zdelu. Na primer za koncentrovan izazivač sa glicinom (po Bouréu-u)

Voda	1000 ccm
Natrijum-sulfit sicc.	80 g
Soda sicc.	100 g
Potaša	150 g
Glicin	50 g

Pripreмимо u trima zdelama sledeće rastvore:

	1. zdelu normalna ekspozicija	2. zdelu podekspozicija	3. zdelu nadekspozicija
Voda	100 ccm	100 ccm	100 ccm
Koncentrovan izazivač sa glicinom	25 ccm	5 ccm	40 ccm
10% -ni rastvor kalijum-bromida	—	—	10—20 kapi

Ova idealna metoda sa trima zdelama ima jedini nedostatak da nam je potrebno mnogo zdelu i pre svega mnogo izazivača, naročito kada imamo samo jedan negativ ili dva negativa.

C. Izazivanje u dvema zdelama

Navedeni nedostatak izazivanja u trima zdelama izbegavamo metodom sa dvema zdelama. U prvu stavimo normalni izazivač, u drugu malo vode — toliko da baš pokrije stavlenu ploču. Ploču stavimo prvo u zdelu sa izazivačem, a čim se pokažu prvi tragovi slike, prenesemo je u zdelu sa vodom koju pokrijemo kartonom i tako ostavimo. S vremena na vreme posmatramo napredovanje procesa izazivanja. Obično se negativ potpuno izazove, ma da je često nešto tanak; u tom slučaju ga ponovo stavimo u izazivač u kojem brzo dobija željenu jačinu.

Ova metoda je pogodna za slabo osvetljene snimke i za snimke sa velikim svetlosnim kontrastima, jer izjednačuje; ali je manje pogodna za nadeksponirane snimke. U suštini je to neka vrsta tankovskog izazivanja sa vodoravnim položajem ploče i kao takvo sprečava stvaranje tvrdog negativa. Atsorbovani izazivač se naime brzo iscrpe u svetlostima koje usled toga ne mogu prekoraciiti jače zacrnjenje, dok mala količina izazivača izazove sve detalje u senkama i u polutonovima.

3. IZAZIVANJE U TANKOVIMA ILI U DOZNAMA

Sve većom upotrebom filmova i uvođenjem panhromatskih emulzija koje bez desenzibilizacije ne omogućuju praćenje toka izazivanja, izazivanje u zdelama je prilično izgubilo od svog značaja i danas se upo-

trebljuje samo još za individualno izazivanje pojedinačnih ploča, odnosno pojedinačnih snimaka na složenom filmu. Za namotane filmove ili za veći broj ploča upotrebljuje savremena tehnika izazivanja skoro uvek automatsko izazivanje u tankovima ili u doznama, koje se razvilo iz nekadašnjeg takozvanog izazivanja u uspravnom položaju (vremensko izazivanje).

Kod vremenskog izazivanja upotrebljuju se naročite kivete ili korita za izazivanje, u kojima veći broj ploča stoji u uspravnom položaju, dok su korita napunjena većom količinom jako razblaženog izazivača. Ovaj izazivač je u prvobitnom obliku vremenskog izazivanja bio tako jako razblažen, da je izazivanje trajalo i do 12 sati, što je imalo tu dobru osobinu da su ploče mogle da ostanu po čitave sate bez nadzora i da je bila isključena opasnost da negativi postanu suviše tvrdi. Ali su se pokazali i nedostaci ovakvog načina izazivanja. Glavni nedostatak je u tome, što emulzija usled dugog izazivanja nabubri i sklizne, što je jako otežavalo manipulisanje sa pločama, a u krajnjem slučaju mogla je emulzija uopšte i da se odvoji. Dalje je razblaženi izazivač zbog relativno male količine supstance za konzervisanje i zbog velike površine naročito, u toku više sati, izložen oksidaciji. Izazivač usled toga može brzo da požuti i time da obrazuje bojeni veo na negativu. Najzad je emulzija, koja je suviše dugo stajala u sterilnoj tečnosti, pri docnijem ispiranju i sušenju jače izložena delovanju bakterija, nego emulzija koja je samo kratko vreme bila namočena.

Svi ti nedostaci, a i činjenica da može podjednako dobre rezultate, kao što ih daje vremenski izazivač u toku od 6—12 sati, da da i manje razblažen izazivač za 20—60 minuta; imali su za posledicu da se ovaj način izazivanja više ne upotrebljuje. Stoga se danas upotrebljuje takozvano skraćeno vremensko izazivanje ili automatsko izazivanje u tankovima ili u doznama. Ovo automatsko izazivanje je danas moguće usled povećane tolerancije ekspozicije emulzija i usled usavršenih pomoćnih sredstava za ekspoziciju. A i toliko hvaljeno dejstvo izjednačavanja raznih izazivača treba pravilno razumeti; jer izjednačavajući izazivač nikad ne može od pogrešno eksponiranih emulzija da izazove normalne negative, nego može samo da smanji kontraste između svetlosti i senki, tako da daje izjednačene i gradaciji papira prilagođene negative. Od izrazito podeksponiranih snimaka međutim uvek dobijemo samo podeksponirane negative. Nadeksponirani snimci moraju međutim — kao što je poznato — da se izazivaju dotle, dok nije zacrnjeno sve srebro; jer preobilna ekspozicija, već odmah u početku izazivanja, prouzrokuje na površini emulzije snažno zacrnjenje koje međutim samo prividno obrazuje sliku i koči proces izazivanja u dubini emulzije. Ovakav kratko izazvan negativ bi posle fiksiranja dao protiv očekivanja tanku sliku bez kontrasta.

Međutim automatsko izazivanje u tankovima ili u doznama ne pruža mogućnost korigovanja preobilno osvetljenih snimaka. Stoga pri ovoj metodi izazivanja nije umesno pravilo što obilnije ekspozicije,

nego treba uvek težiti za što tačnijom ekspozicijom. Snimci malog formata slike zahtevaju, zbog jakih povećavanja, još i sitno zrno. Bitan uslov za postizavanje sitnog zrna jeste i ostaje relativno kratko izazivanje kod dovoljne i umereno obilne ekspozicije. Slika mora naime da se obrazuje na površini emulzije i uprkos dobrom pokrivanju ne sme da pokazuje nikakve prekomerne zrnaste grudvice; kratko osvetljen i do dovoljne gustoće izazvan snimak imaće međutim uvek grublje zrno.

Za uspešno izazivanje u tankovima i doznama je od odlučnog značaja temperatura izazivača i trajanje izazivanja. Stoga se ovaj način izazivanja naziva i izazivanje po vremenu i termometru. Već nekoliko stepeni razlike u temperaturi može bitno da izmeni karakter negativa. Otežani nadzor toka izazivanja zahteva prosto odmeravanje trajanja izazivanja u minutima, po isprobanom receptu izazivača. S obzirom na to su pri izazivanju u tankovima ili u doznama termometar za tečnosti i sat nezamenjiva pomoćna sredstva.

Za ovaj savremeni postupak izazivanja potrebni su tankovi za izazivanje, odnosno dozne za izazivanje. Tankovi za izazivanje upotrebljuju se za izazivanje velikog broja ploča ili filmova, a dozne za izazivanje za pojedinačne namotane filmove.

Tankovi za izazivanje, izrađeni od prepariranog drveta, od kamenštine ili od metala koji ne rđa, imaju zapreminu do 70 litara. U njih se, u odgovarajućim metalnim okvirima, obese filmovi ili ploče. Razume se da ovi okviri moraju da budu otporni prema kiselinama. Tankovi za manji broj ploča (do 12 komada), zapremine do 2 litra, imaju oblik kivete, a izrađeni su od kamenštine, porculana ili stakla i imaju poklopac za pokrivanje. Iznutra imaju na obema stranama vertikalne žlebove u koje se postavljaju ploče.

Dozne za izazivanje su međutim uvek izrađene od bakelita (tenacit), zapremine od 200 do 600 ccm i to ili samo za jedan format ili za više raznih formata namotanog filma. Svaka dozna ima naročiti vretenast umetak, koji nosi film i zajamčuje potrebno otstojanje između filmskih navoja. Ovaj umetak može da bude konstruisan na dva različita načina. Kod jedne vrste umetak ima na donjem i na gornjem točku spiralni žleb u koji se navije film («Optochrom», «Perkino», «Perplex», «Superplex» i t. d.), a kod druge vrste rastojanje između navoja filma zajamčeno je celuloidnom trakom sa bradavicama na obema ivicama trake, u razdaljini od približno 14 mm («Correx»); film se obično u mračnoj komori navije na umetak, samo izuzetno kod nekih dozna i na dnevnoj svetlosti (na pr. «Superplex»), a tečnost može da se sipa i odlije i kod dnevne svetlosti; jer nasuprot izazivanju u zdelama ili u tankovima, filmovi se u istoj dozni izazivaju, fiksiraju i ispiraju. Stoga treba dozna za izazivanje posle svake upotrebe temeljno da se ispere i očisti.

Pošto se na suvoj emulziji, koju stavljamo u izazivač, vrlo lako stvaraju vazdušni mehurići, koji na tom mestu zadržavaju proces iz-

zivanja, neophodno je da film — čim smo ga stavili u izazivač — jedan do dva puta dignemo iz tanka, odnosno iz dozne i da ga polako opet potopimo u izazivač. Češće dizanje za vreme izazivanja je neumesno, jer bi zbog suviše dugog dejstva osvetljenja mračne komore i zbog čestog dodira emulzije sa vazduhom mogao da se stvori sivi veo na emulziji.

4. ISPIRANJE POSLE IZAZIVANJA

Posle završenog izazivanja moraju negativi da se isperu vodom, u kojoj treba da ostanu oko 2—3 minuta. Po mogućtvu treba ispirati u tekućoj vodi ili treba vodu nekoliko puta menjati. Kod stojeće vode se preporučuje dodatak 2‰-ne sirćetne kiseline. Svrha ovog ispiranja je, da se odvoji izazivač sa površine, a u većoj meri i od emulzije atsorbovani izazivač. Izazivač i fiksir se naime vrlo rđavo slažu, jer je izazivač alkalni, a fiksir kiseo. Ako se, zbog nedovoljnog ispiranja, prenesu alkalije izazivača u fiksir, ovaj se neutralizuje ili u najgorem slučaju postane čak i alkalni, a posledica toga je stvaranje bojenog vela na emulziji. A svakako se nedovoljno isprani negativi izazivaju još i dalje u fiksiru i postaju neravnomerni. O samom postupku fiksiranja biće docnije govora!

5. DESENZIBILIZACIJA

Dosad je opšte važno načelo, da je samo tamno crvena, odnosno tamno zelena svetlost neškodljiva pri izazivanju negativskog materijala. Međutim je 1920. Lüppo-Cramer otkrio mogućnost izazivanja običnih i ortohromatskih, a sa odgovarajućom pažnjom i panhromatskih emulzija kod žute svetlosti. Ova činjenica se osniva na osobini nekih bojnih materija, pod čijim uticajem srebro-bromid eksponiranih emulzija postaje relativno neosetljiv na svetlost, dok latentna slika ostane relativno nepromenjena. Ove bojne materije desenzibilizuju emulziju. Pošto desenzibilizovane emulzije mogu da se izazivaju kod žuto-narandžaste svetlosti, olakšana je kontrola toka izazivanja. Stoga desenzibilizacija ne dolazi toliko u obzir za izazivanje filmova u tankovima i doznama, nego više za individualno izazivanje u zdelama.

Za desenzibilizaciju je prvobitno upotrebljavan crveni fenosafranin koji je imao nedostatak, da je obojio prste, odelo, a i sloj emulzije. Danas su ga potpuno potisnuli zeleni i žuti pinakriptom. Zeleni pinakriptom ima preimućstvo da za »narkotiziranje« emulzije može da se doda neposredno izazivaču, dok se žuti pinakriptom može upotrebiti samo u obliku rastvora u koji se pre izazivanja stavi negativ. U praksi se skoro u svima slučajevima upotrebljuje postupak prethodnog narkotiziranja, za koji se upotrebljuje rastvor: 1 g zelenog ili žutog pinakriptomla u 500 ccm vruće vode. Ovaj rastvor se drži u mrkoj boci u tami. Za upotrebu se pomeša jedan deo koncentrovanog rastvora sa

devet delova vode. U ovaj rastvor stavi se eksponirana emulzija u tami ili kod tamno crvene (tamno zelene) svetlosti na 2—3 minuta, posle kratkog ispiranja može onda da se izaziva kod žuto narandžaste svetlosti, a da ne nastupi opasnost stvaranja vela. Za panhromatske emulzije se međutim svakako preporučuje svetlo crvena svetlost.

Zeleni pinakriptom može da se doda i izazivaču — 5 ccm koncentrovanog rastvora (1:500) na 100 ccm izazivača.

Za izazivanje mogu, posle desenzibilizacije, da se upotrebe skoro svi izazivači, jedino pirogalol nije pogodan, a i izazivač samo sa hidrohromom nije baš najbolji, jer u njemu desenzibilizator pokazuje dejstvo jakog ubrzavanja. Kod svih drugih izazivača međutim dejstvuje desenzibilizator kao kalijum-bromid — čisti i koži, usled čega mora obično trajanje izazivanja da se produži za 20—30%.

Kod upotrebe desenzibilizatora treba imati u vidu, da desenzibilizovane emulzije mogu osetno da »nazaduju«, ako ih pre izazivanja duže vremena izložimo crvenoj svetlosti, koja sadrži nefiltrirane infra crvene zrake. Uzrok ovog »nazadovanja« je u tome, što eksponirana emulzija nesrazmerno jače reaguje nego neeksponirana i to tako, da se jedan deo latentne (još neizazvane) slike uništi. Osvetljena emulzija izgubi dakle pod uticajem crvenih zrakova detalje u senkama. Ovu pojavu nazivamo u fotografskoj tehnici Herschel-ovim efektom. Međutim emulzije koje već leže u izazivaču niti infra crvena svetlost ne oslabi — takođe ni zelena svetlost ne prouzrokuje nikakvo slabljenje.

6. GRADACIJA I FAKTOR IZAZIVANJA

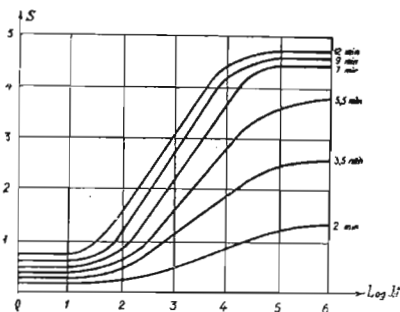
Iz teorije izazivanja je poznato, da postaju negativni pri dužem trajanju izazivanja gušći i tvrdi. To znači da se za vreme izazivanja izmeni oblik gradacione krive, odnosno njen kontrastni faktor γ . Ova činjenica se potvrđuje ispitivanjem emulzije, od koje smo, pod potpuno podjednakim svetlosnim uslovima, više otsečaka osvetlili pod sivim klinom i izazvali ih istovremeno, ali različito dugo, u istom izazivaču, na pr. 2, 3 $\frac{1}{2}$, 5 $\frac{1}{2}$, 7, 9 i 12 minuta. Premeravanjem ovih otsečaka u denzitometru dobijamo za određenu emulziju gradacione krive predstavljene na sl. 68, iz kojih se neposredno vidi:

1. Faktor kontrasta ili izazivanja gama raste kod dužeg trajanja izazivanja. U slučajevima sl. 68. postizava vrednosti 0,4—0,8—1,2—1,5 kod trajanja izazivanja 2, 3 $\frac{1}{2}$, 5 $\frac{1}{2}$, 7 minuta.

2. Faktor kontrasta gama raste međutim samo do izvesne granice, kod koje se onda svako dalje povećanje zaustavi. Ovu maksimalnu vrednost nazivamo »gama beskonačno« (γ_{∞}). Pri daljem izazivanju (na sl. 68. preko 7 minuta) samo se gradaciona kriva, uz porast osnovnog vela, pomeri ulevo, dok nagib pravog dela gradacione krive inače ostaje nepromenjen.

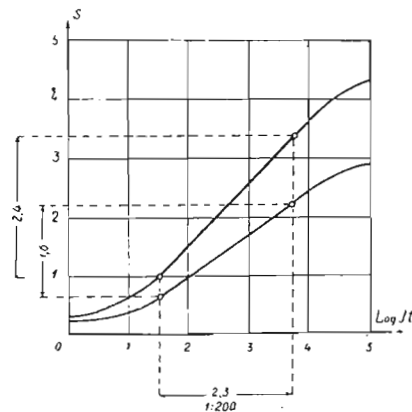
Faktor izazivanja γ_{∞} je karakteristična osobina emulzije i samo uslovno zavisi od vrste i koncentracije izazivača. Ova dva faktora

odlučna su u suštini samo za vreme, za koje se postigne γ_{∞} . Sa takozvanim izazivačima »mekog« dejstva ovo vreme je pak dosta dugo, tako da sa njima skoro ne postizavamo γ_{∞} usled čega su negativni manje kontrastni, nego izazvani izazivačima »tvrđog« dejstva. Svakako međutim ima svaka emulzija svoje γ_{∞} koje je za negativske emulzije relativno malo (oko 1), a za pozitivne emulzije mnogo veće (do 3).



Sl. 68.

Zavisnost gradacione krive od vremena izazivanja



Sl. 69.

Kontrast negativa i opseg svetline objekta (1:200)

Time naravno nije rečeno, da negativni moraju uvek da se izazovu do γ_{∞} nego se s obzirom na zahteve i potrebe pozitivskog procesa, odnosno povećavanja, izazivaju prosečno do $\bar{\gamma} = 0,8$ — jer je bolje ako su negativni malo mekši, nego ako su suviše tvrđi; pošto trajanje izazivanja ima veliki uticaj na kontrast negativa koji je izražen razlikom krajnjih gustoća (t. j. gustoće u najvećim svetlostima i gustoće u najdubljim senkama). Ako naime posmatramo gradacione krive istog negativskog materijala (sl. 69.), na kojima je napravljen snimak istog objekta sa datim opsegom svetlina i koji je jedanput izazvan kratko, a drugiput dugo; onda se zbog različitog faktora izazivanja γ promeni i kontrast negativa. Na sl. 69. se vidi, da kod istog objekta i kod istog osvetljenja kontrast negativa raste sa trajanjem izazivanja i time negativ promeni svoj karakter.

Pošto faktor kontrasta ili izazivanja zavisi od trajanja izazivanja, jasno je da u izvesnoj meri možemo po svojoj prirodi tvrđu emulziju kraćim izazivanjem da pretvorimo u normalan ili čak mek negativ. Svakako u slučajevima kada bi bila umesna meka gradacija (kod velikih kontrasta objekta) ovaj postupak nije umesan, jer kraće izazivanje škodi detaljima u svetlostima. — A suprotno možemo neku po svojoj prirodi meku emulziju dužim izazivanjem da približimo normalnoj gradaciji (u slučajevima obilne nadekspozicije ili kod motiva sa malim svetlosnim kontrastom).

V. FIKSIRANJE

1. SUPSTANCE ZA FIKSIRANJE

Izazivanjem se osvetljeni srebro-bromid redukuje u metalno srebro, dok neosvetljeni ostane nepromenjen. Kod prosečnih negativa se od srebro-bromida emulzije potroši približno samo jedna petina za obrazovanje slike. A veći deo, dakle četiri petine srebro-bromida, mora fiksiranjem da se odvoji iz negativa.

Kao supstance za fiksiranje upotrebljuju se fiksiratron (natrijum-tiosulfat) i cijankali (kalijum-cijanid). Fiksiratron vrlo brzo rastvara srebro-bromid i stoga se uvek upotrebljuje kod suvih ploča. Cijankali je međutim dobar rastvarač za srebro-jodid, stoga se upotrebljuje samo za fiksiranje mokrih ploča.

Fiksiratron, natrijum-tiosulfat ili natrijum-hiposulfit ima oblik bezbojnih providnih kristala koji se vrlo lako rastvaraju u vodi, pri čemu se rastvor jako ohladi. Teoriski je za fiksiranje dovoljan već sam 20% -ni rastvor fiksiratrona, ali ovakav fiksir postane, usled unesenog izazivača, brzo neupotrebljiv. Stoga se obično fiksiri još zakisele, čime se postizavaju sledeća preimućstva:

1. spreči se mrko obojavanje fiksira od unesenih ostataka izazivača;
2. fiksir ostane čist i kod duže upotrebe i ne oboji sloj emulzije;
3. odmah se prekine dejstvo u emulziji atsorbovanog izazivača i time onemogućiti stvaranje bojenog vela;
4. sloj želatine malo očvrstne, što je naročito pogodno pri toplom vremenu.

Za zakišeljavanje se upotrebljuju natrijum-bisulfit ili kalijum-metabisulfit ili kisela sulfitna lužina (koncentrovani rastvor natrijum-sulfita). Kalijum bisulfit ima oblik bezbojnih kristala, a natrijum-bisulfit beličastog praška; oba moraju u upotrebljivom stanju da imaju oštar miris i ne smemo da ih rastvaramo u vrućoj, nego samo u mlakoj vodi.

Pri rastvaranju srebro-bromida u fiksiru odigravaju se dva hemijska procesa. Prvo se stvara u vodi teško rastvorljivi srebro-tiosulfat koji se sa natrijum-tiosulfatom, kojega sadrži fiksir u velikom višku, pretvori u lako rastvorljivu dvogubu so. Ako je fiksir iscrpen, odigrava

se samo prvi proces, dok drugi izostane; a posledica toga jeste, da u emulziji ostane teško rastvorljivi srebro-tiosulfat, koji ni najtemeljnijim ispiranjem ne može sasvim da se odvoji iz emulzije. Zaostali srebro-tiosulfat međutim postepeno, stvaranjem srebr-sulfida, proizvodi žuto obojenje, a time i uništi negativ.

2. SASTAV FIKSIRA

Najčešće upotrebljavani sastavi fiksira za koje je neprokuvana voda dovoljna čista su:

(Windisch):	Voda	1000 ccm
	Fiksiratron	200 g
	Natrijum-bisulfit	15 g
(Dr. Eder):	Voda	1000 ccm
	Fiksiratron	200 g
	Kalijum-metabisulfit	20 g
(Agfa):	Voda	1000 ccm
	Fiksiratron	250 g
	Bisulfitna lužina	40 ccm

Sveže spravljen fiksir je vrlo hladan i u njemu bi se proces fiksiranja vršio vrlo polako i nepotpuno, stoga je i za fiksiranje najpogodnija temperatura 16°—20° C.

3. FIKSIRANJE

Posle završenog izazivanja isprani negativ, stavi se u zdelu ili u tank sa fiksikom ili se u doznu sipa fiksir. Posle nekoliko minuta počne da se gubi mlečna obloga i negativ postaje providniji. U tom trenutku se tek stvorila teško rastvorljiva so. Stoga mora trajanje fiksiranja da se produži još približno za dvostruko vreme koliko je prošlo do providnosti emulzije. Tek onda možemo biti sigurni, da će stvorena lako rastvorljiva so zaista da se ispere iz negativa. Ako je fiksir iole svež, dovoljno je za fiksiranje oko 15 minuta. Suprotno je međutim fiksiranje od nekoliko sati škodljivo, jer izjeda (oslabi) sitne detalje u senkama.

Pravilno fiksiranje je vrlo važno za postojanost negativa. Nedovoljno fiksiran negativ se, uprkos temeljnom krajnjem ispiranju, oboji mrko, odnosno se pri eventualnom docnijem pojačavanju ili oslabljivanju pojave žute pruge. Sasvim pouzdano fiksiranje se međutim postizava samo brižljivo spravljenim i ne starim, odnosno ne previše iscrpenim fiksikom.

Iscrpen ili izazivačem zaprljani fiksir oboji se žućkasto, ma da i još potpuno čist, ali već upotrebljen fiksir ne zajamčuje potpuno uspešno fiksiranje. Da li je fiksir iscrpen utvrđujemo prosto na taj način, što kapnemo nekoliko kapi fiksira na papir za filtriranje, koji zatim izložimo dnevnoj svetlosti. Ako iverice razlivene kapljice pocrne, onda je fiksir iscrpen, jer već sadrži velike količine srebr-soli. Za ispitivanje kiselosti fiksira služimo se plavim lakmusovim papirom, koji mora u dovoljno kiselom fiksiru da pocrveni (čim se osuši).

Maksimalno je 1000 ccm fiksira dovoljno za fiksiranje 50 ploča 9 × 12 cm ili 15 filmova 6 × 9 cm ili 15 kino filmova (po 1,60 m dužine) ili 200—250 kopija 9 × 12 cm.]

VI. ZAVRŠNO ISPIRANJE I SUŠENJE

Posle fiksiranja se najzad negativni isperu u vodi. Ovim ispiranjem se iz emulzije odvoje fiksirnatron i lako rastvorljive soli, a uslov za to jeste, da je negativ bio pravilno fiksiran. Od temeljnog završnog ispiranja zavisi i postojanost negativa.

Negativi se najbolje isperu u tekućoj vodi i to ploče u naročitim koritima za ispiranje, a filmovi u velikim zdelama (obešeni na štupaljkama od plute) ili neposredno u dozni. Najbolje je ako voda otiče na dnu, jer je fiksirnatron teži od vode i slegne se na dno, ili ako voda pritiče na dnu (kroz gumeno crevo). Voda treba da je u stalnom pokretu; ako nema tekuće vode na raspoloženju onda mora svakih 10—15 minuta da se promeni. Ovo završno ispiranje traje 1—2 sata, a proces ispiranja se vrši mnogo brže, ako voda pritiče polako, nego ako je snažno uzburkana. Duže ispiranje međutim nema nikakvog značaja i samo škodi sloju emulzije koja počne na ivicama da se nabira. Pored toga postoji kod dužeg ispiranja vodom, koja sadrži naročitu vrstu bakterija škodljivih želatini (t. j. obično rečna voda, ma da izgleda potpuno čista), opasnost da te bakterije stvore gnezda oko kojih se želatina rastvori — čime se na negativu stvore manje ili veće providne tačkice ili pruge. Ako je upotreba takve vode neizbežna, onda posle ispiranja moramo ove bakterije da uništimo metil-alkoholom, što međutim za filmove nije naročito pogodno, pošto alkohol može da razjede i celuloid filma.

Na nedovoljno ispranim negativima docnije iskristališu soli (koje još mogu ponovnim ispiranjem da se odvoje) ili se kad tad pojave žute pruge. Zato nije izlišno, ako ispitamo temeljnost ispiranja. U tu svrhu sipamo u epruvetu oko 20—30 ccm poslednje vode za pranje, kojoj dodamo nekoliko kapi 0,1%-nog rastvora kalijum-permanganata (hipermangana). Ako se ljubičasta boja brzo izgubi ili se voda čak i žućkasto oboji onda negativ još nije dovoljno ispran; ako se međutim ljubičasta boja održi ili se tek posle nekoliko minuta izgubi, onda je bilo postignuto potpuno odvajanje fiksirnatrona.

Pre nego što isprane negative postavimo da se suše, ostavimo da otkaplje voda i odmah zatim ih pažljivo obrišemo čistom rukom ili mokrom, mekom jelenskom kožom ili mokrim sunđerom od viskoze, da bismo pokupili kapljice vode koje su ostale na emulziji.

Prilikom sušenja negativa se pri procesu izazivanja nabrekla želatina opet skupi. Srebrov talog stoga postane nešto gušći, i to utoliko više, ukoliko se brže negativ suši. Stoga treba sušenje da se vrši koliko je god moguće ravnomernije, jer bi se inače mogle da pojave pruge.

Za sušenje postavimo ploče na naročite nogare za sušenje. Između ploča mora biti bar 4 cm razmaka, jer se inače sloj emulzije neravnomerno suši, a filmove obesimo za drvene ili metalne štupaljke. Za sušenje treba upotrebiti što je moguće zračniju prostoriju bez prašine. Vlažne ili hladne prostorije nisu pogodne za sušenje, jer sporo sušenje škodi sloju emulzije. Moramo takođe da izbegavamo i veliku toplotu (blizinu ložene peći ili neposredno sunce), jer želatina može da počne da se topi već na 30° C.

Čim sloj emulzije počne da se suši, nije dozvoljeno prenošenje negativa u drugu prostoriju, jer bi time mogla da se promeni brzina sušenja; a delovi emulzije koji se brže suše uvek su nešto gušći (pruge sušenja). S obzirom na razne okolnosti traje sušenje negativa od 2—6 sati, ali može jako da se ubrza u naročitim, električno grejanim sušnicama.

VII. VRSTE I MANE NEGATIVA

1. OCENJIVANJE NEGATIVA

[Svaki tehnički pravilan negativ mora da pokazuje harmonično stupnjevanje tonova i očigledne kontraste između svetlosti i senki. Najjače svetlosti treba da su snažno zacrnjene, najdublje senke skoro providne i svi detalji jasno ocrtani. Uslovi za dobijanje takvog negativa su, pri pravilnom izboru negativskog materijala, prvenstveno ove dve činjenice: pravilna ekspozicija i pravilno izazivanje.]

Prilikom razmatranja ekspozicije bilo je postavljeno načelo, da snimak mora uvek da se eksponira s obzirom na senke objekta; jer samo kod dovoljne ekspozicije imaju male količine svetlosti, koje sa tamnih partija objekta padaju na emulziju, dovoljno vremena da izazovu ocrtavanje detalja u senkama. Stoga moraju greške ekspozicije da se pokažu u senkama slike, t. j. na svetlim i providnim mestima negativa. Kod podekspozicije svetlosno slabe senke ne mogu u dovoljnoj meri da deluju na emulziju — stoga ova mesta posle izazivanja ostanu bela i bez detalja, a posle fiksiranja providna i prazna. Kod nadekspozicije se međutim sabiraju slaba svetlosna dejstva senki i posle izazivanja su i najdublje senke pokrivena više ili manje gustim sivim velom.

Pravilnu ekspoziciju negativa ocenjujemo dakle po senkama, na osnovu kriterijuma:

Podekspozicija:	senke su providne, prazne, bez ikakvog detalja.
Nadekspozicija:	senke su sivo zastrte.
Normalna ekspozicija:	najdublje senke su providne, a polusenke su već umereno pokrivena i blago zacrnjene.

Najjačoj svetlosti u prirodi odgovara najjače zacrnenje na negativu, odnosno najveća gustoća koja se stvara u toku izazivanja. Ako se izazivanje brzo prekine, onda svetlosti u prirodi nisu na negativu još dovoljno zacrnjene i ostaju sive i prilično providne. A pri suviše dugom izazivanju postaje negativ u svetlostima neprovidno crn. Na pravilnom negativu moraju svetlosti istina da budu snažne, ali još uvek

toliko providne da se kroz njih baš još vidi mekom olovkom na belo hartiji snažno povučena crta, na koju položimo negativ sa slojem nadole.

Za ocenjivanje izazivanja su dakle merodavne svetlosti po sledećem kriterijumu:

Suviše kratko izazivanje:	svetlosti su tanke, nežne i suviše providne.
Suviše dugo izazivanje:	svetlosti su jako zacrnjene i potpuno neprovidne.
Normalno izazivanje:	svetlosti imaju snažan sivkasto crni ton.

2. KARAKTER NEGATIVA

[Kada prema svetlosti posmatramo gustoću i ocrtavanje kontrasta, možemo negative po njihovom karakteru da podelimo na sledeće vrste:

1. **Tvrd negativ** ima velike kontraste između svetlosti i senki. Karakteristično za takav negativ je jako zacrnenje u svetlostima, nastalo svakako zbog suviše dugog izazivanja, pored providnih svetlosti koje su obično posledica nešto prekratke ekspozicije.

2. **Mek negativ** je uvek normalno eksponiran, ali su svetlosti, kao posledica suviše kratkog izazivanja, vrlo umereno pokrivena.

3. **Snažan negativ** leži u sredini između tvrdog i mekog negativa i predstavlja normalan negativ, dobijen pravilnom ekspozicijom i pravilnim izazivanjem.

4. **Gust negativ** pokazuje u svetlostima, a i u senkama suviše snažan talog srebra, usled čega je preterano crn i neprovidan, takó da se slika jedva razaznaje. Uzrok je preobilna ekspozicija i usled toga potrebno suviše dugo izazivanje.

5. **Tanak negativ** ima samo slabo ocrtanu sliku, dakle suviše slabo zacrnenje u svetlostima i nikakvih ili vrlo malo detalja u senkama; uzrok je ili izrazita podekspozicija ili suviše kratko izazivanje.

6. **Mlak negativ** pokazuje suviše malo kontrasta, dakle sivu sliku u opštoj sivini. Najjače svetlosti su sive, mesto crne, senke imaju istina detalje, ali su vrlo mutne. Uzrok je obilna nadekspozicija pri suviše kratkom izazivanju ili pak suviše topao izazivač.

7. **Pljosnat negativ** je rezultat motiva sa izvanredno malim opsegom svetlina (na pr. pejzaž pri oblačnom vremenu).

8. **Briljantan negativ** je snimak motiva pri plastičnom ili sunčanom osvetljenju sa harmonično moduliranim tonovima od senki do svetlosti.

Granica između karakterističnih tipova negativa nije uvek potpuno oštra, tako da je često teško i nesigurno razlikovanje pojmova »snažan« i »briljantan«, »mutan« i »pljosnat«, »mek« i »tanak«.

3. VELOVI

Naročitu skupinu grešaka negativa predstavljaju takozvani velovi kojima je zastrt negativ. U tom slučaju pokazuju negativi mestimice ili preko cele svoje površine sivu ili pak obojenu prevlaku, u kojoj se delom ili potpuno gubi slika. Odnosno boje razlikujemo sive i obojene velove, a odnosno uzroka:

1. **Emulzioni (latentni) veo** usled izazivanja sposobnih zrna srebro-bromida emulzije (zbog nepravilnog procesa sazrevanja, zbog starosti emulzije i t. d.).

2. **Svetlosni veo** usled uticaja neželjene svetlosti na zavoju, u fotografskoj kameri (loše kasete ili oštećen meh), pri izazivanju i t. d. Ako tuđa svetlost deluje na emulziju tek u toku izazivanja, sivi veo može da se promeni u takozvanu pseudo solarizaciju ili Sabatier-ov efekat, kada tek do početnog stadijuma izazvana emulzija, delom ili potpuno promeni svoje tonove, ako se u daljem toku izazivanja osvetli rasutom svetlošću.

3. **Vazdušni veo** se stvara kod emulzija koje su u toku izazivanja duže vremena izložene vazduhu (najčešće kod namotanih filmova, koji se izazivaju u metol-hidrohinonu na bubnju ili se preko valjka vuku kroz izazivač. Amidol, glicin i Rodinal ne prouzrokuju stvaranje vazdušnog vela.

4. **Hemiski veo**, prouzrokovan vodonik-peroksidom, terpentinovim uljem, vodonik-sulfidom, cinkovim i bakrovim solima, formaldehidom i t. d. Slični veo prouzrokuju još neki metalni i nemetalni predmeti koji »zrače« ili pravilnije rečeno ispuštaju pare, koje sa manjeg otstojanja deluju (kao tuđa svetlost) na emulziju, usled čega se pri izazivanju stvara neželjeno zacrnenje (potpuni veo ili samo na ivicama). Ovu pojavu otkrio je Russel (1899. god.) i po njemu se i zove Russel-ov efekat. Izazivaju ga cink, olovo (međutim ne gvožđe, aluminijum, zlato), smole, sveže drvo četinarara, prosta hartija, slama, neki kartoni, štamparska boja, terpentinovo ulje i neki lakovi. Pojavu ovog sivog vela objašnjavaju stvaranjem vodonik-peroksida koji se na spomenutim materijama stvara na vazduhu. U velikoj meri se pojavljuje Russel-ov efekat u prisustvu kalijum-bromida koji se često dodaje emulziji radi povećanja postojanosti.

5. **Frikcioni veo** (veo usled trenja). Ako se na neosvetljenoj emulziji piše tupim i tvrdim šiljkom, onda ta mesta u toku izazivanja pocrne, a do iste pojave dolazi pri trenju sloja emulzije kod namotavanja filma, kod premeštanja ploča i t. d.

6. **Žuti veo** se pojavljuje pri produženom izazivanju starim ili oksidanim ili suviše toplim izazivačem, odnosno usled lošeg ispiranja posle izazivanja ili kod upotrebe starog ili nezakiseljenog fiksira. Žuti veo može međutim da se pojavi i kod upotrebe izazivača zaprljanog fiksиром.

7. **Dihroitski (crveni) veo** je u odbijenoj svetlosti mrke, a u propuštenoj svetlosti crvenkaste, plavkaste, ljubičaste ili zelenkaste boje. Ako izazivač sadrži suviše velike količine rastvarača halogenida srebra (natrijum-sulfit ili amonijak) i deluje suviše sporo, izlučuje se kolidalno srebro koje prouzrokuje dihiroitski veo, a prouzrokuje ga i izazivač zaprljan fiksиром ili fiksир zaprljan izazivačem. I velike količine kalijum-bromida ili nedovoljno ispiranje negativa mogu biti uzrok dihiroitskog vela koji se mnogo lakše pojavljuje u toplo nego u hladno doba godine.

VIII. POPRAVLJANJE LOŠIH NEGATIVA

Kod približno pravilne ekspozicije i pravilno izvedenog izazivanja dobijamo uopšte negative koji se, s obzirom na postojeće gradacije papira, mogu neposredno upotrebiti za dobijanje pozitiva. U retkim i izuzetnim slučajevima ipak se može dogoditi, da negativ nema željenu jačinu i modulaciju. Negativ već mora da bude vrlo tvrd ili vrlo tanak, snažno zastrt ili neprovidno gust, pa da pokušamo da ga u interesu popravljjanja kakvoće slike korigujemo na taj način što mu promenimo gradaciju ili providnost. Za takvo korigovanje, prema karakteru negativa, upotrebimo proces pojačavanja ili oslabljivanja koji su svakako poslednji pokušaji za popravljjanje kakvoće negativa. Uopšte je glavni uslov za uspešno pojačavanje ili oslabljivanje, da je negativ u pogledu fiksiranja i završnog ispiranja besprekorno izrađen.

1. POJAČAVANJE

Pojačavanje primenjujemo kod negativa koji imaju tako skromne kontraste, da su kopije ili povećanja bez ikakve snage. Svakako je međutim moguće na negativu pojačati samo to, što negativ zaista i sadrži; smisla ima dakle samo pojačavanje tankih negativa, a nikako negativa bez ikakvih detalja u senkama. Takođe nije pravilno pojačavanje zastrtih negativa, jer bi njihov veo time postao samo još gušći, izuzev ako se prvo veo odstrani oslabljivanjem.

Najmanje rizičan je optički način pojačavanja, kod kojega prvobitni negativ ostaje potpuno netaknut, t. j. takozvanim kopiranjem negativa na emulziju tvrde gradacije (reprodukciona ili čak diapozitivna ploča). Od tako dobijenog pozitivu se zatim kopiranjem napravi nov negativ, ako se opet kopira na tvrdnu emulziju, slika se još jednom pojača. Upotrebom diapozitivnih ploča bitno se pojača prvobitna zrnatost. Preimućstvo te metode je svakako u tome, što se prvobitni negativ ne podvrgava kritičnom hemiskom procesu.

S obzirom na upotrebljenu supstancu imamo kod hemiskih metoda pojačavanja:

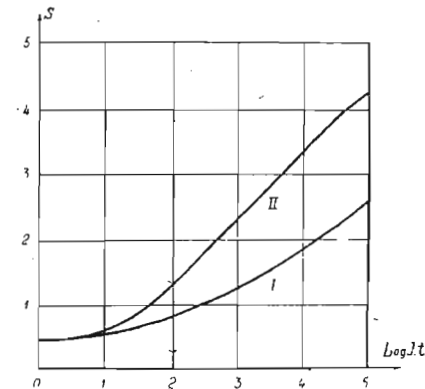
1. pojačivač sa živom (sa živa-hloridom ili živa-jodidom),
2. pojačivač sa uranom (s uranil-nitratom),
3. pojačivač sa bakrom (sa bakar-sulfatom) i
4. pojačivač sa hromom (sa kalijum-bihromatom).

Pojačavanje pojačivačem sa živom i uranom ima nedostatak da negativ dobije vrlo grubo zrno, bez obzira na činjenicu, da su ovi pojačivači više ili manje otrovni. Kod pojačivača sa bakrom imamo međutim neprijatnost, da bakrova so crvenkasto oboji metalno srebro, usled čega je pokrivanje mnogo jače nego što nam se to čini pri posmatranju negativa prema svetlosti. Najpogodniji je pojačivač sa hromom čije se delovanje osniva na ponovnom izazivanju (prvi put objavio Dr. Eder 1891., usavršili su ga Piper i Carnegie 1904., a upotrebljava se u fotografskoj praksi od 1920.). Hemiski proces pojačivača sa hromom se sastoji u tome, što se metalno srebro negativa pomoću kalijum-bihromata i sone kiseline redukuje u srebro-hlorid (izbledivanje negativa) koji se zatim ponovo izazove. Za spravljanje pojačivača sa hromom spremimo dva rastvora:

Rastvor A:	Destilovana voda	100 ccm
	Kalijum-bihromat	5 g
Rastvor B:	Destilovana voda	100 ccm
	Koncentrovana, hemiski čista sona kiselina	10 ccm

S obzirom na željeni stepen pojačavanja upotrebimo smešu:

	za snažno pojačavanje	za umereno pojačavanje	za slabo pojačavanje
Rastvor A:	20 delova	40 delova	40 delova
Rastvor B:	2 dela	10 delova	40 delova
Destilovane vode:	80 delova	50 delova	20 delova



Sl. 70.

I — gradaciona kriva pre pojačavanja; II — gradaciona kriva posle pojačavanja

U jednom od ova tri rastvora negativ se izbledi uz taloženje mrko žućkastog hromi-hromata. Ovaj proces se vrši kod oslabljene dnevne svetlosti. Izbleđeni negativ se zatim ispere, da se sa sloja emulzije

odvoji žuta prevlaka. Odvajanje ove prevlake se lakše vrši prethodnom upotrebom slabog rastvora natrijum-karbonata. Zatim se stavi negativ u izazivač sa metol-hidrohionom i prilično dugo se izloži veštačkoj (električnoj) ili dnevnoj svetlosti i ponovo se izazove do željene gustoće; najzad se negativ kao obično fiksira i temeljno ispere u vodi. Ako pojačavanje nije bilo dovoljno, proces može da se ponovi.

Uticao pojačavanja lepo je pretstavljen gradacionom krivom pre pojačavanja i posle pojačavanja (sl. 70), porast kontrasta zavisi od koncentracije pojačivača sa hromom i od dubinskog dejstva ponovnog izazivanja.]

2. OSABLJIVANJE

[Negativi, koji su u toku izazivanja postali suviše tvrdi ili suviše gusti, moraju, radi lakšeg kopiranja odnosno povećavanja, da se oslabe. Kod oslabljivanja moramo da razlikujemo dva bitno različita slučaja. Negativ je mogao da postane suviše tvrd ili usled suviše dugog izazivanja ili usled izvanredno kontrastnog objekta snimanja; u tom slučaju je umesna upotreba oslabljivača, koji prvenstveno deluje na suviše jako pokrivene svetlosti, koji dakle smanjuje kontraste negativa. Drugi slučaj se međutim pojavljuje kod negativa, koji su usled obilne nadekspozicije ili usled suviše toplog izazivača postali ravnomerno suviše gusti i stoga je pri kopiranju odnosno povećavanju potrebna suviše duga ekspozicija. Kod takvih negativa treba sloj metalnog srebra u celini stanjiti, dakle gustoću sloja emulzije skoro ravnomerno smanjiti kako u svetlostima tako i u senkama. S obzirom na to treba negativ pre oslabljivanja pravilno da se oceni i dobro da se razmisli, jer bi inače, primenom nepogodnog oslabljivača, negativ mogao da postane potpuno neupotrebljiv.

Odnosno upotrebljenih supstanci, koje su merodavne i za proces oslabljivanja, imamo:

1. oslabljivač sa amonijumom-persulfatom,
2. Farmer-ov oslabljivač (sa kalijum-fericijanidom) i
3. oslabljivač sa hipermanganom (kalijum-permanganatom).

Pošto se dejstvo ovih oslabljivača bitno razlikuje, treba pre oslabljivanja temeljno proučiti negativ odnosno njegovih kontrasta i gustoće i oceniti umesnost ovog ili onog oslabljivača, jer bi inače primenom nepogodnog oslabljivača negativ mogao da postane potpuno neupotrebljiv.]

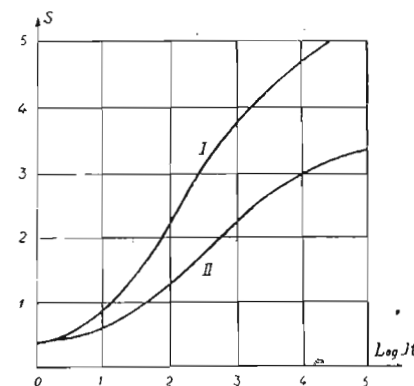
[1. Oslabljiivač s amonijum-persulfatom obično ima sledeći sastav:

Destilovana voda	100 ccm
Amonijum-persulfat	2 g
1%-tni rastvor natrijum-hlorida	2 ccm

Ovaj rastvor nije postojan i treba ga spravljati pre svake upotrebe; iscrpeni rastvor se oboji žućkasto mrko.

Čim se negativ stavi u oslabljivač, obrazuje se na sloju emulzije beličasta prevlaka usled stvaranja srebro-sulfata; stoga je potrebno stalno njihanje zdele. U početku proces napreduje jedva vidljivo, čim je međutim oslabljivač počeo da dejstvuje, onda proces dalje napreduje velikom brzinom, tako da je potrebna stalna pažnja, da se ne propusti pravi trenutak kada oslabljivanje treba prekinuti. Oslabljivanje mora svakako da se prekine nešto ranije, pre nego što su svetlosti dobile potrebnu providnost, jer oslabljivač deluje još i naknadno. Stoga se, po završenom oslabljivanju, negativ stavi u 10%-ni rastvor natrijum-sulfita koji brzo razgradi amonijum-persulfat; inače bi adsorbirani persulfat mogao potpuno da uništi negativ. Najzad se oslabljeni negativ temeljno ispere.

Dejstvo oslabljivača sa amonijum-persulfatom se vidi iz gradacionih krivih (sl. 71) koje pokazuju da oslabljivač sa amonijum-



Sl. 71.

I — gradaciona kriva pre oslabljenja; II — gradaciona kriva posle oslabljenja

persulfatom jače dejstvuje u svetlostima nego u senkama, usled čega se ni najmanje ne gube polutonovi; faktor kontrasta γ je posle oslabljivanja manji od prvobitnog. S obzirom na to treba dakle oslabljivač sa persulfatom upotrebiti isključivo samo za vrlo tvrde negative, a nikako za gube normalnog kontrasta.

Amonijum-persulfat je za ublažavanje kontrasta jedino pogodna ali vrlo ćudljiva supstanca, jer iz nepoznatih razloga — čak i kod upotrebe potpuno svežih hemikalija — često deluje vrlo neravnomerno, tako da pokrvari negativ.

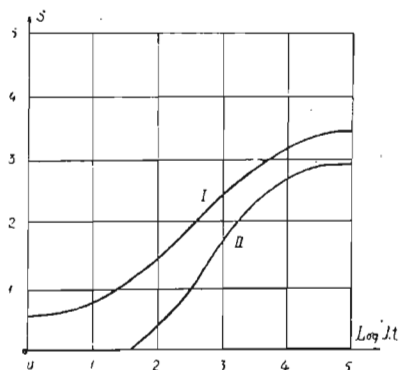
2. Farmer-ov oslabljivač se sastoji iz dva odvojena rastvora:

Rastvor A:	Voda	100 ccm
	Kalijum-fericijanid	5 g
Rastvor B:	Voda	100 ccm
	Fiksirnatron	5 g

Pred samu upotrebu se pomešaju 10—30 ccm rastvora A sa 100 ccm rastvora B. Stogod je veći udeo rastvora kalijum-fericijanida, utoliko brže deluje oslabljivač. Pomešani oslabljivač se vrlo brzo pokvari, na svetlosti čak već posle nekoliko minuta i pri tome postane zelenkast.

Sa hemiskog gledišta se oslabljivanje sa Farmer-ovim oslabljivačem osniva na činjenici, da kalijum-fericijanid pretvara metalno srebro u srebro-fericijanid koje se rastvara u fiksiratru. Pošto ovaj oslabljivač sadrži fiksiratru, nije potrebno da je negativ pre oslabljivanja temeljno ispran; međutim je to neophodno posle završenog oslabljivanja.

Dejstvo Farmer-ovog oslabljivača pokazuju gradacione krive na sl. 72. Ovaj oslabljivač ne smanjuje samo opštu gustoću negativa,



Sl. 72.

I — gradaciona kriva pre oslabljenja; II — gradaciona kriva posle oslabljenja

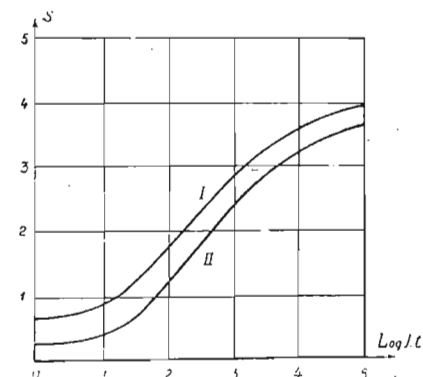
nego istovremeno povećava i faktor kontrasta γ ; pošto se povećanjem transparencije (providnosti) istovremeno povećaju i kontrasti negativa. Farmer-ov oslabljivač je umestan kod vrlo obilno eksponiranih i nedovoljno izazvanih negativa.

3. Oslablivač sa hipermanganom se upotrebljuje u različnim sastavima, od kojih je najčešći ovaj po Dr. Eder-u:

Voda	100 ccm
Kalijum-permanganat	0,1 g
Koncentrovana sumporna kiselina	0,5 ccm

Fiksirani i dobro isprani negativ se na nekoliko minuta stavi u ovaj oslabljivač; negativ postaje žućkast i slabljenje slike se samo malo pokaže. Tek kada premestimo negativ na nekoliko minuta u 1%-tni rastvor natrijum-bisulfitu, izgubi se žuta prevlaka i pokaže se dejstvo oslabljivanja — najzad se negativ temeljno ispere.

Kao što se vidi iz gradacionih krivih na sl. 73, ima oslabljivač sa hipermanganom opšte uzevši subtraktivno dejstvo i faktor kontrasta γ se bitno ne izmeni. S obzirom na tu činjenicu stoji dakle oslabljivač sa hipermanganom nekako u sredini između oslabljivača sa persulfatom i Farmer-ovog oslabljivača. Ako se mesto sumporne kiseline



Sl. 73

I — gradaciona kriva pre oslabljenja; II — gradaciona kriva posle oslabljenja

uzme slabija kiselina, na pr. sirćetna, jačina oslabljivanja se smanji i oslabljivač sa hipermanganom deluje skoro sasvim proporcionalno. Stoga je oslabljivač sa hipermanganom umestan za oslabljivanje nadeksponiranih i do kraja izazvanih negativa, koji sadrže istina sve detalje, ali su zbog potrebnog energičnog izazivanja potpuno ravnomerno i vrlo gusto zastrti.

POZITIVSKI PROCES

I. POZITIVSKI MATERIJAL

1. VRSTE POZITIVSKIH PAPIRA

Pošto negativ »obrnuto« ocrta svjetlosne vrednosti objekta snimanja, potreban je još jedan dalji proces, koji nam od negativa daje pozitiv, pravilan u pogledu tonova i strana (kopija ili otisak); obično se pozitiv izrađuje u obliku slike na papiru — kao kopija u kontaktu (u istoj veličini kao i negativ) ili kao povećanje (u većoj razmeri nego negativ), a samo u izuzetnim slučajevima (na pr. za diaskopsku projekciju) kao diapozitiv na staklu ili na filmu.

Za izradu pozitivna na papiru postoje u fotografskoj tehnici razni procesi. Za izbor ovog ili onog procesa merodavni su svrha, tehnička upotreba i estetski obziri, a delom i postojanost dotičnog pozitivna.

Najvažniji, u opšoj fotografskoj tehnici, primenjeni pozitivski postupci su procesi sa papirima za dnevnu svetlost i postupci sa papirima na izazivanje. Imamo dakle dve bitno različite vrste na svetlost osetljivih papira:

1. papiri za dnevnu svetlost (celoidinski, želatinski i albuminski papiri) koji kod dugotrajne i snažne dnevne svetlosti daju neposredno vidljivu sliku u punoj jačini i
2. papiri na izazivanje (kontaktni papiri ili papiri sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida i papiri sa srebro-bromidom), kod kojih je slika u toku kopiranja, na dnevnoj ili na veštačkoj svetlosti, latentna i tek izazivanjem postane vidljiva.

Papiri za dnevnu svetlost koji sadrže srebro-hlorid kao supstancu osetljivu na svetlost, su vrlo malo osetljivi i zahtevaju za kopiranje dugotrajnu i snažnu dnevnu svetlost; dok papiri na izazivanje, zbog svoje više ili manje velike osetljivosti, već kod obične veštačke svetlosti kopiraju u toku nekoliko minuta ili čak sekundi.

Prvobitno su za pozitivski proces upotrebljavali samo papire za dnevnu svetlost, a krajem prošlog veka počeo je sve više da prevladuje proces sa papirima na izazivanje koji su zbog svojih preimущества i tehničkog savršenstva skoro sasvim potisnuli papire za dnevnu svetlost.

Podloga za pozitivski sloj, osetljiv na svetlost, je specijalan sirovi papir koji ima izvanredno veliki značaj za kakvoću i fotografske osobine fotografskog papira. U prvom redu je potrebno da je sirovi fotografski papir izrađen samo od čistih krpa, a ne od drvovine ili sličnih sirovina i da uopšte nema gvožđa kao primesu, što pri proizvodnji u velikoj meri zavisi od kakvoće vode.

2. FORMATI PAPIRA

Za format pozitiva merodavan je format ploče, odnosno filma ili pak po svojoj sadržini karakteristični izrez negativu. Stoga su formati pozitivskih papira, koji se prodaju u zavojima po 10 ili po 100 listova, normirani u dimenzijama navedenim u tabeli XXVII.

Tabela XXVII: Formati papira

Razred formata		Dimenzije cm
Prvenstveni formati		4,5 × 6
		6,5 × 9
		9 × 12
Veliki formati		13 × 18
		18 × 24
		24 × 30
		30 × 40
		40 × 50
		50 × 60
Formati razglednica	obični	9 × 14
	obični (četvorostruki)	18 × 28
	„Welt“ (DIN - A6)	10,5 × 14,8
Naročiti formati		6,5 × 10,5
		8,3 × 10,8

Obično su papiri sečeni na dužinu koja je prosečno za 1 mm (kod tri najveća formata za 2 mm) kraća od nominalnih dimenzija.

Kod »Welt« formata se širina prema dužini odnosi kao strana kvadrata prema njegovoj diagonalni, t. j. kao 1 : $\sqrt{2}$ ili 1 : 1,4 ili 5 : 7, dok je odnos strana po zlatnom preseku kao 1 : 1,6 ili 5 : 8. Prvenstveni formati papira se dakle zasnivaju približno na »Welt« formatu, a običan format razglednice se zasniva na zlatnom preseku; dok su veliki formati još daleko ispod »Welt« formata.

II. PAPIRI ZA DNEVNU SVETLOST

1. EMULZIJE I VRSTE PAPIRA ZA DNEVNU SVETLOST

Kod papira za dnevnu svetlost je glavna supstanca osetljiva na svetlost srebro-hlorid, kome se prema sastavu papira dodaju još i druga na svetlost osetljiva srebrova jedinjenja (srebro-nitrat, srebro-citrat, srebro-tartrat) ili pak drugi hemiski senzibilizatori. Srebro-hlorid koji je u vodi skoro nerastvorljiv, obrazuje pod uticajem svetlosti, uz oslobađavanje hlora, ljubičast subhlorid nazvan i fotohlorid. Ova se reakcija odigrava vrlo neravnomerno. Veliki deo srebro-hlorida bi ostao nerazgrađen i snažne kopije ne bi mogle da se postignu, kad ne bi emulzija sadržavala i druge supstance (srebro-nitrat, citrat i t. d.) koje su u stanju da adsorbuju oslobođeni hlor i da time olakšaju razgrađivanje srebro-hlorida.

Svi papiri za dnevnu svetlost moraju dakle pored srebro-hlorida da sadrže, kao hemiske senzibilizatore, srebro-nitrat ili citrat u višku. Stoga papiri za dnevnu svetlost nisu apsolutno postojani, jer vremenom dolazi do neželjenog razgrađivanja, usled čega na svetlost osetljivi sloj sam od sebe dobije mrku boju. Zbog toga papiri za dnevnu svetlost — i ako su besprekorno držani — ne traju duže od približno pola godine.

Na svetlost osetljivi sloj, sastavljen iz navedenih supstanci, počinje dakle na svetlosti tako, da se prvo obrazuje svetliji subhlorid, a zatim se, pri razgrađivanju ovih soli, odvaja metalno srebro. Ovo metalno srebro je u vrlo sitnom obliku mrke boje. Stoga dobiju kopirane slike taj ton, ukoliko u najjače kopiranim senkama zbog gustoće metalnog srebra ne dolazi do pojave takozvanog bronziranja.

Ovakvo obrazovana slika imala bi nedostatak, da bi potonula u papir i usled toga davala tup izgled. Da bi se to izbeglo je na svetlost osetljiva supstanca emulgirana u sloju kolodijuma (celoidina) ili želatine ili albumina (biljne ili jajne belančevine); stoga razlikujemo celoidinske, želatinske ili albuminske papire.

1. Celoidinski papiri se skoro najviše upotrebljuju i izrađuju se sa različitim površinama (sjajna, polumat i mat) i u raznim bojama (bela, šamoa, slonove kosti i t. d.). Ma da je gradacija raznih celoidinskih papira nešto različita, ipak su ovi papiri uopšte pogodni samo

za normalne negative; za mlake negative bez kontrasta su upotrebljivi samo specijalni celoidinski papiri, koji sadrže hromove soli i kopiraju vrlo tvrdo, na pr. »Rembrandt«, »Hako«, »Kontrastin« i t. d. Celoidinski papiri su od svih papira za dnevnu svetlost još najmanje osetljivi na vlagu i toplotu; svakako se ipak daje prednost svežem celoidinskom papiru, jer odležan papir daje neprijatan bojeni ton. Glavni nedostatak celoidinskih papira je — zbog mekog koloidalnog sloja — njihova mala otpornost prema mehaničkim uticajima (prema trenju i grebanju).

2. **Želatinski papiri**, koji se izrađuju pod raznim imenima »Ariosto«, »Blue-Star«, »Solio« i t. d. sa svima površinama (sjajna, glatka, mat, duboko mat), kopiraju od svih papira za dnevnu svetlost još najtvrdje, tako da su i od mekih negativa moguće još zadovoljive kopije. Želatina, koja je nosilac emulzije, međutim pri izradi kopija pokazuje i izvesne nedostatke. Mokra želatina naime nabubri i u tom stanju je mnogo osetljivija prema mehaničkim povredama nego celoidin, dok je naprotiv u suvom stanju mnogo otpornija prema trenju i grebanju nego celoidinski papiri. Karakteristična za želatinske papire je dalje činjenica, da mokre kopije pokazuju drugačiji ton nego suve; a uzrok tome jeste, što su pojednačna zrna srebra u nabubreloj želatini mnogo ređe posejana nego u suvoj. S druge strane međutim osposobljava želatina ove papire za visok sjaj (na staklenoj ili emajliranoj ploči), usled čega imaju nad svima papirima za dnevnu svetlost preimućstvo za kopije snimaka naučnih i tehničkih objekata sa sitnim detaljima i za slike manjih formata; ipak je zbog osetljivosti želatine umesno, da se želatinski sloj pre izrade visokog sjaja očvrstne 20%-nim rastvorom formalina ili 5%-nim rastvorom stipse.

3. **Albuminski papiri**, pod trgovačkim imenima »Albumat«, »Albo-idin«, »Satravure« i t. d., se skoro uvek izrađuju samo sa mat površinom. Pošto su slabo osetljivi na svetlost i od svih papira za dnevnu svetlost kopiraju najmekše, njihova je upotreba ograničena isključivo samo na umetničku fotografiju portreta. Prema mehaničkim uticajima su albuminski papiri isto tako malo osetljivi kao želatinski papiri u suvom stanju.

U suštini je izrada kopija kod svih triju vrsta papira za dnevnu svetlost potpuno ista, a inače treba imati u vidu uputstva i recepte rastvora priložene pojedinim vrstama papira.]

2. KOPIRANJE

[Tehnika kopiranja je kod papira za dnevnu svetlost tako prosta, da je dovoljno samo nekoliko reči. Negativ se stavi u okvir za kopiranje sa slojem nagore, a na negativ papir sa slojem osetljivim na svetlost nadole, najzad se dvodelni kapak okvira za kopiranje pritegne oprugama. Tako podešeni okvir za kopiranje se izloži punoj dnevnoj svetlosti. Normalni negativ se najbolje kopiraju na svetloj rasutoj

svetlosti, tvrdi negativ na što jačoj svetlosti (na direktnom suncu), a negativ bez kontrasta na umerenoj svetlosti, pri čemu se okvir za kopiranje pokrije još i žutom klobučarom.

Tok kopiranja se kontroliše u zasenčanom prostoru otvaranjem jedne polovine kapka okvira za kopiranje, i umerenim uzdizanjem papira. Proces kopiranja je završen, čim su se na kopiji ocrtali najfiniji detalji u svetlostima, i čim je slika nešto jače kopirana, t. j. tamnija nego što treba da bude u gotovom stanju; jer kopije pri docnijem postupanju zlatom i fiksirom uvek nazaduju (t. j. postaju svetlije). Pravilan stepen kopiranja, koji zavisi od karaktera negativa, od vrste papira i od rastvora, utvrđuje se iskustvom. Prosečno traje kopiranje normalnog negativa kod dobre svetlosti u letnje doba godine oko 20—25 minuta.

Pri kopiranju treba paziti na približno podjednaku temperaturu okvira za kopiranje, negativa i papira; veće razlike u temperaturi mogu da se pojave u zimsko doba, ako pripremimo okvir u toploj prostoriji, a kopiramo napolju na hladnoći. U tom slučaju se između negativa i papira zgusne vlaga, usled čega slika često »potone« u papir, jer se deo srebro-nitrata u višku, koji mora da sadrži svaki papir za dnevnu svetlost, u vlazi rastvori i pređe čak i u sloj želatine negativa. Na ovakvom sloju potamne pod uticajem svetlosti stvorena organska jedinjenja srebra vremenom sve više i stvaraju pruge koje pokvare negativ.]

3. TONOVANJE I FIKSIRANJE

[Kopirana slika mora još da postane otporna prema svetlosti, jer bi osetljive srebrove soli, koje se nalaze u sloju, i dalje crnele na svetlosti čime bi kopija postala neupotrebljiva. Prosto ispiranje slobodnog srebro-nitrata iz emulzije vodom, samo bi u neznatnoj meri zadržalo crnjenje kopije, jer je srebro-hlorid u vodi nerastvorljiv. Međutim je — kao što je poznato — srebro-hlorid rastvorljiv u približno 10%-nom rastvoru natrijum-tiosulfata (fiksirnatrona), ali u ovome rastvoru bi prvobitno ljubičasto plava kopija dobila neprijatan žućkasto mrk ton.

Da bi postigli prijatniju boju slike i da se sem toga produži još i njena postojanost, primenjuje se proces takozvanog tonovanja. Tome služe prvenstveno soli plemenitih metala, t. j. zlato-hlorid (auri-hlorid) ili platina-hlorid, a ređe i jedinjenja selena koja u toku tonovanja hemiskim procesom delom zamene crvenkasto mrko srebro i prvobitnu neprijatnu boju pretvore u prijatnije mrke, mrko crvene do plavkasto crne tonove. Pošto je boja jedinjenja metala, iz kojih se sastoji slika posle tonovanja, svetlija od prvobitne boje srebrove slike, odnosno se odgovarajuća količina mrkog srebro-hlorida pri tonovanju zameni manjom količinom plemenitog metala, neposredna posledica tonovanja mora biti »nazadovanje« jačine tonova kopije.]

[Ovo tonovanje može da se izvede ili odvojeno od fiksiranja, ili može rastvoru za tonovanje da se doda već i fiksirnatron. U prvom slučaju govorimo o takozvanom odvojenom tonovanju, a u drugom slučaju o takozvanom fiksiranju sa tonovanjem. Obe metode — pravilno upotrebljene — imaju istu vrednost i daju podjednako otporne slike.

Svakako međutim nije umesno tonovanje slike neposredno posle kopiranja, jer bi u tom slučaju srebro-nitrat papira suviše iscrpeo zlato ili platinu rastvora za tonovanje. Stoga se kopije prvo isperu u vodi. Ovo pranje se zove »dehloriranje« i to zato, jer je ova operacija u vezi sa hlorovim solima, kojih eventualno ima u vodi za pranje; u ovoj se naime rastvori višak srebr-nitrata i hemijski se jedini sa hlorovim solima vode za pranje u srebro-hlorid. Pošto je ovaj u vodi nerastvorljiv i beličaste boje, voda se mlečno zamuti — ako je međutim voda za pranje čista, dehloriranje se vrši i bez zamućivanja vode.

Za dehloriranje je najpogodnija mlaka voda, jer se ovaj proces onda vrši brže i temeljnije. Obično je dovoljno 8 puta promeniti vodu u toku od 15—20 minuta. Neki put se dodaje četvrtoj vodi za pranje još i nešto kuhinjske soli, da bi tonovanje dalo topliji ton; daljim ispiranjem mora međutim opet da se odvoji i najmanji trag soli.]

A. Odvojeno tonovanje

[Dehlorirana kopija se stavi u rastvor za tonovanje, u kojem, uz neprestano njihanje, ostane dotle, dok ne dobije željeni ton koji treba da je nešto jači, pošto kopija pri docnijem fiksiranju malo nazaduje.

Sastav rastvora za tonovanje može biti vrlo različit i prilagođen vrsti papira. Prime radi navodimo sledeće recepte:

(Po Vogelu):	destilovana voda	1000 ccm
	amonijum-rodanid	6 g
	natrijum-acetat	30 g

Pre upotrebe se na 100 ccm ovoga rastvora doda 5 ccm 1%-nog rastvora auri-hlorida.

(Po Spörl-u):	destilovana voda	1000 ccm
	natrijum-acetat	10 g
	boraks	10 g

Pre upotrebe se na 100 ccm ovoga rastvora doda 3—5 ccm 1%-nog rastvora auri-hlorida.

(Po Eder-u):	destilovana voda	600 ccm
		1 g
	fosforna kiselina (s = 1,12)	15 g

Umesno je da se rastvori za tonovanje pomešaju sa rastvorom auri-hlorida bar 15—20 minuta pre upotrebe, jer bolje tonuju nego u sveže pomešanom stanju.

Dok rastvori za tonovanje sa zlatom daju mrke do ljubičaste tonove, daju rastvori sa platinom tamno mrke (sepia) do mrke crne tonove.

Temperatura rastvora za tonovanje treba da iznosi 16° do 18° C, jer se proces tonovanja na nižim temperaturama odigrava vrlo sporo; topliji rastvor za tonovanje tonuje istina brže, ali daje ružnu boju tona. Najbolje je ako se kopije tonuju kod slabe dnevne svetlosti, kod koje najlakše može da se prati tok tonovanja. Trajanje tonovanja iznosi oko 2—5 minuta.

Tonovane kopije se malo isperu, pa se zatim fiksiraju u običnom fiksiru:

Voda	1000 ccm
Fiksirnatron	50 g

U ovome rastvoru ostaju kopije oko 10—15 minuta, pri čemu se rastvori srebro-hlorid, koji nije bio potrošen za zacrnjenje.

Po završenom fiksiranju treba kopije, bar jedan sat, temeljno da se peru u tekućoj vodi.

Da bi se uštedeo proces tonovanja, izrađuju se također papiri za dnevnu svetlost (obično celoidinski papiri), koji već sadrže u emulziji dodatak soli zlata potrebne za tonovanje. Ovi takozvani »samotonujujući« papiri se neposredno posle kopiranja samo još fiksiraju, čime dobijaju prijatan ljubičasto mrk ton. Najzad se opet temeljno peru.]

B. Istovremeno tonovanje i fiksiranje

[Radi uštede u vremenu i radi uprošćavanja pozitivskog procesa mogu kopije i istovremeno da se tonuju i da se fiksiraju takozvanim procesom istovremenog tonovanja i fiksiranja; ma da opšte uzv time ne mogu da se postignu svi oni tonovi kao kod odvojenog tonovanja.

Rastvori za istovremeno tonovanje i fiksiranje sadrže uvek auri-hlorida, dok u ostalom mogu biti različitog sastava, kao na pr.

(Po Valenti):	destilovana voda	1000 ccm
	fiksirnatron	200 g
	olovo-acetat	10 g
	1%-tni rastvor auri-hlorida	50 ccm

(Po Dr. Kurz-u):	destilovana voda	1000 ccm
	fiksirnatron	250 g
	amonijum-rodanid	30 g
	olovo-acetat	15 g
	olovo-nitrat	5 g
	stipsa	10 g
	limunska kiselina	7 g
	1‰-tni rastvor auri-hlorida	25—50 ccm

Pri spravljanju treba fiksirnatron rastvoriti u mlakoj vodi. Soli olova se teško rastvaraju, zato treba zasebno da se rastvore u vrućoj vodi i postepeno da se dodaju glavnom rastvoru. Pošto se prilikom spravljanja rastvora odvaja sumpor, treba gotovi rastvor da stoji bar 24 sata, da bi se talog potpuno slegao; čisti rastvor, koji je upotrebljiv za tonovanje, se odlije. Sveže spravljeni fiksir, iz kojega se još nije potpuno odvojio sumpor, nije pogodan za tonovanje, jer bi mogao sumpor da se taloži na sloju emulzije, što bi smanjilo postojanost slike.

Kod istovremenog tonovanja i fiksiranja dehloriranje kopija nije neophodno, ali je radi postojanosti rastvora bolje da se kopije 2—3 minuta ispiraju u vodi. U još neupotrebljenom rastvoru prve kopije se tonuju sa neprijatnim tonom, stoga je bolje ako se prvo tonuje neka »škart« kopija ili otseći papira, koji su na suncu pocrneli. Obično je 1 litar ovog kombinovanog rastvora dovoljan za najviše 100 kopija 9×12 cm. Iskorišćeni rastvori za istovremeno tonovanje i fiksiranje mogu istina još i dalje dobro da tonuju, ali ipak nepotpuno fiksiraju; u takvom slučaju je umesno, da se posle ovoga procesa kopije stave još u rastvor običnog fiksira (1:20). Posle istovremnog tonovanja i fiksiranja, treba kopije opet bar jedan sat temeljno da se ispiraju.

4. NEDOSTACI PAPIRA ZA DNEVNU SVETLOST

Ma da je kopiranje papirom za dnevnu svetlost vrlo prosto, pošto tok kopiranja može neposredno da se posmatra i kontroliše, ipak ovi papiri imaju i svoje ozbiljne nedostatke:

1. Za kopiranje je potrebna prilično jaka dnevna svetlost, zbog čega je za vreme mračnih zimskih dana kopiranje skoro potpuno isključeno.

2. Proces kopiranja relativno dugo traje i stoga nije pogodan za serisku izradu kopija.

3. Za spravljanje rastvora za tonovanje potrebne su relativno skupe soli plemenitih metala (pre rata oko 20 puta skuplje od metala ili glicina i 80 puta skuplje od hidrohina).

4. Mrko ljubičasti ton kopija ne odgovara zahtevu crno bele reprodukcije tonova.

5. Emulzije papira za dnevnu svetlost ne omogućuju nikakve šire varijacije u gradaciji, koje bi se prilagođavale karakteru negativa; zbog čega je uopšte kopija mlakog negativa takođe mlaka, a kopija tvrdog negativa uvek tvrda.

6. Ma kakvo dobijanje povećanih pozitivna je, usled male osetljivosti ovih papira, potpuno isključeno.

7. Relativno mala postojanost, zbog brzog razgrađivanja emulzije usled prisustva srebro-nitrata ili citrata u višku, kao hemiskih senzibilizatora.

Zbog ovih nedostataka se za poslednje tri decenije ovi papiri sve manje upotrebljuju, a danas se za pozitivski proces skoro isključivo uzimaju papiri na izazivanje.

III. PAPIRI NA IZAZIVANJE

I. EMULZIJE I VRSTE PAPIRA NA IZAZIVANJE

Papiri na izazivanje su fotografski materijal za kopiranje, čiji se osjetljivi sloj sastoji iz želatinske emulzije u kojoj je rasut srebro-hlorid ili srebro-bromid ili smeša oba, bez srebro-nitrata kao hemiskog senzibilizatora. Stoga osjetljivi sloj papira na izazivanje ne potamni neposredno pod uticajem svetlosti, nego se na njemu obrazuje — potpuno analogno negativskom procesu — latentna slika koju treba izazvati i zatim fiksirati.

Odnosno sastava želatinske emulzije razlikujemo papire sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida i papire sa srebro-bromidom.

1. **Papiri sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida ili papiri na izazivanje, odnosno za kontakt** (neosnovano i često se nazivaju i papirima za plinsku svetlost ili veštačku svetlost) prevučeni su želatinskom emulzijom koja rede sadrži samo srebro-hlorid, a obično sadrži smešu srebro-hlorida i srebro-bromida. Udeo srebro-bromida iznosi od 20—80% celokupne količine halogenida srebra; a skoro kod svih normalnih papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida prevlađuje udeo srebro-bromida. Izuzetno sadrže neke emulzije i nekoliko procenata srebro-jodida.

Pošto je osjetljivost papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida relativno niska, mogućna je njihova prerada u mrčnoj komori kod narandžasto žute svetlosti. Njihova mala osjetljivost ih međutim osposobljava skoro isključivo samo za kopiranje u kontaktu u okviru za kopiranje. Gradacija, njihove emulzije, koja prilikom fabrikacije može da se moduliše u širokim granicama, je opšte uzev prilično tvrda. Zbog male osjetljivosti papiri sa srebro-hloridom i srebro-bromidom obično imaju vrlo sitno zrno i vrlo su osjetljivi prema dejstvu hemikalija. Ton papira na izazivanje je topao i kreće se između mrko crnog i plavkasto crnog.

Razni proizvodi ovih papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida (Agfa, »LupeX«, Byk-Guldenwerke »Telos«, Gevaert »Preston«, Hauff-Leonard »Lumarto«, Kodak »Kodura«, Langenbartels »Pfeil«, Mimosa »Orthotyp«, »Sunotyp« i »Velotyp«, Schering-Kahlbaum »Satrox«, Trapp & Münch »Tuma-Gas« i t. d.) se svakako međusobno vrlo

razlikuju prema osjetljivosti i boji tona, koji zavise od međusobnog odnosa haloida srebra i načina proizvodnje.

2. **Papiri sa srebro-bromidom**, čije emulzije sadrže samo srebro-bromid, su najosetljiviji fotografski materijal za kopiranje, jer je njihova osjetljivost 2—30 puta veća od papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida. Ova velika osjetljivost, zbog koje mogu da se prerađuju samo kod svetlo-crvene svetlosti, osposobljava ih ne samo za kopiranje u kontaktu, nego baš prvenstveno za izradu povećanja. U poređenju sa papirima sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida njihova je gradacija nešto mekša, a njihov ton hladniji i sivkasto crn.

S obzirom na sastav emulzije i svrhu upotrebe (za kopiranje u kontaktu ili za povećanja) osjetljivost raznih fabrikata (Agfa »Brovirak«, Byk-Guldenwerke »Bylei« i »Bromobyk«, Gevaert »Orthobrom«, Kodak »Royal«, Leonard »Grandamo«, Mimosa »Bromosa« i t. d.) vrlo je različita; jer u fotografskoj industriji još ne postoje nikakve norme, koje bi određivale obavezno označavanje osjetljivosti papira na izazivanje.

Od svih papira na izazivanje (sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida i sa srebro-bromidom) se ista vrsta papira obično izrađuje najmanje u tri gradacije, neke čak u šest gradacija (mek, normalan, tvrd, odnosno još ekstra mek, ekstra tvrd i ultra tvrd), što omogućuje izbor najpogodnijeg papira koji najbolje odgovara datom karakteru negativa. Nažalost i označavanja gradacija papira na izazivanje do danas još nisu jedinstvena, pa i u tom pogledu još ne postoje nikakve obavezne norme. Stoga se često događa da je na pr. tvrda gradacija nekog papira jedne fabrike jednaka normalnoj gradaciji papira neke druge fabrike. Potpuno tačan i brojno izražen kriterijum dobijamo samo na osnovu senzimetarski utvrđene gradacione krive (podrobnije o tome u delu o gradaciji papira).

Papiri na izazivanje se takođe izrađuju sa raznim površinama (svilena, polumat, mat, velvet, zrnasta i t. d.) i u raznim bojama (bela, šamoa, slonovače, pastel i t. d.).

2. KOPIRANJE

Za kopiranje se negativ i papir na izazivanje stave (sloj na sloj) u okvir za kopiranje koji se izloži uticaju veštačke svetlosti (petrolejska ili plinska lampa ili električna sijalica). Ekspozicija kopije u kontaktu iznosi za normalan negativ kod sijalice od 25 vati na otstojanju od 0,5 m za papire sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida oko 20—120 sekundi, a za papire sa srebro-bromidom oko 2—5 sekundi. Međutim je, za utvrđivanje pravilne ekspozicije ili vremena kopiranja, svakako potrebno da se naprave probne ekspozicije na otseccima papira koji se osvetle pod najkarakterističnijim delom negativa (na svaki način pod najjačom svetlinom i po mogućstvu i pod najdubljom senkom). Otsečak na kome se posle izazivanja u najvećoj svetlini svi detalji ocrtavaju sa najblažim zacrnjenjem, je pravilno osvetljen; isto-

vremeno moraju, kod upotrebe papira pogodne gradacije, i senke da budu snažno zacrnjene, ali još uvek sa harmoničnim stupnjevanjem u detaljima.

Izbor svetlosnog izvora i njegove jačine (od koje je merodavan samo udeo aktiničnih zrakova) utiče na karakter slike. Obično za ekspoziranje normalnih negativa služi mat ili opalna sijalica od 25 ili od 40 vati na otstojanju od 0,5 do 1 m. Štoga je jači svetlosni izvor, utoliko je mekša kopija; dakle se povećanje kontrasta postizava slabijom svetlošću (sijalica od 10 vati na otstojanju od 15 do 25 cm ili sijalica od 25 vati na otstojanju od 1,5 do 2 m) tako, da se okvir za kopiranje pokrije mutnim ili svetlo žutim staklom. Kod ocenjivanja odnosno kod određivanja ekspozicije treba imati u vidu, da je, u smislu fizičkog zakona o jačini osvetljenja površina, ekspozicija srazmerna kvadratu rastojanja okvira za kopiranje od svetlosnog izvora.

Ekspozicija kopija istog negativa treba da se izvrši uvek na istom otstojanju i kod istog svetlosnog izvora, upotrebljujući izazivač istoga sastava i podjednake temperature; jer inače ne mogu da se postignu zadovoljavajući i potpuno ravnomerni rezultati.

Ako je jedan deo negativa vrlo gust, na pr. nebo pejzaža, ovaj deo može još da se dokopira produženjem ekspozicije, pokrivši za to vreme tanji deo negativa pogodno isečenim kartonom.]

3. IZAZIVANJE I FIKSIRANJE

[Za izazivanje mogu uopšte da se upotrebe isti izazivači kao i za negativski materijal. Obično se još razblaže istom ili dvostrukom količinom vode, samo nisu pogodni izazivači sa pirogalolom ili hidrohino- nom, jer skoro uvek žuto oboje sloj emulzije. Nije umesno ni dodavanje većih količina kalijum-bromida, jer ovaj daje suviše tvrde kopije i neprijatnu zelenkasto crnu boju tona. Svakako je najbolje da se upotrebi izazivač po uputstvu proizvođača, koje je priloženo svakom zavoju papira.

U praksi se najčešće upotrebljuju izazivač sa metolom i hidrohino- nom ili izazivač sa amidolom u raznim sastavima, kao na pr.:

(Agfa):	Voda	1000 ccm
	Metol	1 g
	Natrijum-sulfit krist.	26 g
	Hidrohinon	3 g
	Soda krist.	70 g
	Kalijum-bromid	1 g
(Dr. Eder):	Voda	100 ccm
	Natrijum-sulfit krist.	5 g
	Amidol	0,5 g

Normalna temperatura izazivača treba da iznosi kao obično od 16° do 18° C.

Kopija mora brzo i ravnomerno da se potopi u izazivač, jer se inače stvaraju pruge izazivanja. Za veće formate je uopšte najpogodnije da se osvetljene kopije prvo namoče u čistoj vodi, što onemogućava izvijanje papira u izazivaču.

Ako je kopija bila pravilno osvetljena, mora slika već posle nekoliko sekundi da se pojavi i mora kod papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida za 1—2 minuta, a kod papira sa srebro-bromidom za 2—3 minuta — ako je bila pravilno ekspozirana — da bude potpuno izazvana; svako dalje izazivanje ne povećava kontraste, nego samo škodi tonu slike i čistoći njenih svetlosti (sivi ili žuti veo).

Tempo izazivanja kopije je kriterijum za pravilnu ili pogrešnu ekspoziciju koja je od odlučnog značaja za karakter slike. Ako je kopija bila nadekspozirana, slika se u izazivaču momentano pojavi; ako se izazivanje odmah prekine, kopija je mlaka i bez kontrasta, a ako izazivamo do kraja, kopija je crna i svetlosti potonu u dubokom sivom velu. Ako je ekspozicija bila suviše kratka, slika se pojavljuje vrlo polako; u tom slučaju i pri dužem izazivanju ne postizavamo nikakvo oertavanje u svetlostima, koje polako dobijaju žuti veo, kao ni dovoljno zacrnjenje u senkama. Pravilna ekspozicija je dakle uslov za kakvoću i modulaciju tonova slike koji međutim dolaze do izražaja samo ako kopiju do kraja izazovemo.

Čim je kopija u izazivaču postigla željenu jačinu mora izazivanje odmah da se prekine, jer svaka kopija pri sušenju obično još malo potamni. Izazvana kopija se brzo potopi u vodu i zatim se odmah stavi u fiksir.

Izazivanje se momentano prekine, ako se kopija stavi u takozvani rastvor za razbistravanje, koji međutim nije neophodan:

	Voda	100 ccm
	Sirćetna kiselina	2 ccm
ili	Voda	100 ccm
	Kalijum-metabisulfit	4 g

posle 1—2 minuta kopija se opere i stavi u fiksir.

Za fiksiranje kopija se upotrebljuje fiksir koji može biti za polovinu slabiji nego za negativski materijal, dakle

	Voda	1000 ccm
	Fiksiratron	100 g
	Natrijum-bisulfit	20 g

Kopije se fiksiraju uz češće premeštanje ili njihanje 10—15 minuta. Jedan litar fiksira je dovoljan za najviše 100 kopija formata 9 × 12 cm.

Po završenom fiksiranju peru se kopije približno 1 sat u tekućoj ili najmanje 10 puta promenjenoj vodi. Najbolje je, ako se kod dovoljno

duboke vode, kopije obese na plutene štipaljke da bi fiksirnatron mogao da se slegne na dno korita za ispiranje.

Sa opranih kopija se pokupi voda papirom za filtriranje, a zatim se za sušenje stave na čistu hartiju, sloj nagore, osim u slučaju satiranja; a nikako ne smeju kopije da se suše između dva tabaka upijače hartije. Ako se kopije za vreme sušenja izviju, izravnamo ih na taj način, što ih više puta pažljivo prevučemo preko blago zaobljene ivice ili ih potpuno suve nekoliko dana presujemo pod pogodnom presom.

4. GRADACIJA PAPIRA I OPSEG KOPIRANJA

Sa čisto tehničkog gledišta svaka bi kopija, odnosno povećanje, morala da odgovara sledećim zahtevima:

1. najveće svetlosti moraju biti čisto bele,
2. najdublje senke moraju biti snažno zacrnjene i
3. tonovi treba da su od najjačih svetlosti do najdubljih senki harmonično stupnjevani.

Nema uopšte nikakvih naročitih teškoća, da se prva dva zahteva zadovolje, međutim je teže da se istovremeno zadovolje sva tri zahteva. Ako na pr. normalan negativ na nekoj vrsti papira daje tehnički pravilan pozitiv, od tvrdog negativa ćemo na istom papiru dobiti kopiju na kojoj će ili svetlosti biti bele kao kreda ili će međutim senke biti crne kao čađ, a nedostajće istovremeno fini detalji u svetlostima, odnosno u senkama. Pod istim okolnostima bi tanak negativ dao samo sivkaste i nezasićene senke.

Zbog različitih karaktera negativa su, za postizavanje harmoničnih tonova pozitiva, neophodno potrebni papiri sa različitim emulzijama, odnosno sa različitim gradacijama. Kao svaka negativska emulzija, tako ima i svaka pozitivna emulzija svoju gradacionu krivu koja je karakteristična za način kopiranja i za upotrebljivost emulzije.

Da bismo utvrdili oblik gradacione krive date pozitivne emulzije, osvetlimo otsečak dotičnog papira količinama svetlosti, koje povećavamo u geometrijskoj progresiji (na pr. 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, ... sekundi), odnosno najprostije pod sivim klinom. Ako izazovemo tako osvetljeni otsečak papira do kraja (t. j. opšte uzev papire sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida izazivamo 2 minuta, a papire sa srebrom-bromidom 4 minuta), onda se kod ovakvog osvetljavanja zacrnjenje kod »mekih« papira povećava polako, kod »tvrdih« papira međutim brzo do najjačeg zacrnjenja; kod obe vrste papira će najjače zacrnjenje biti približno jednako. Na »mekom« papiru će se, od beline do crnine, pokazati duga skala prelaznih tonova, a na »tvrdom« papiru kratka.

Kao kod negativske emulzije, mere se i kod pozitivne emulzije, pod uticajem ravnomerno stupnjevane ekspozicije, stvoreni stepeni zacrnjenja, takozvanim denzitometrom ili denzografom. Ako prenesemo logaritme ekspozicije na apscisnu osu i izmerena zacrnjenja na ordinatnu osu, dobijemo karakterističnu gradacionu krivu emulzije (sl. 74.)

ili krivu zacrnjenja. Nasuprot negativskim emulzijama, pozitivne emulzije međutim ne pokazuju tako velike razlike u zacrnjenju; jer je kod papira za stepen zacrnjenja merodavan takozvani albedo, dok se kod negativa zacrnjenje meri u propuštenoj svetlosti. Albedo je naime osobina papira, odnosno svakog tela, da deo upadne svetlosti odbija. Albedo glatkog i potpuno belog papira iznosi 80%, albedo maksimalnog zacrnjenja (pri redukciji celokupne količine srebrovih soli) prosečno 5% (kod sjajnih papira 2%). Beline i najdublje crnine stoje dakle kod pozitivskih papira prosečno u međusobnom odnosu kao 1:16 (kod sjajnih papira 1:40); maksimalna razlika zacrnjenja papira ili takozvani opseg gustoća u obliku logaritma toga odnosa iznosi dakle 1,2 (kod sjajnih papira 1,6).

I gradaciona kriva pozitivne emulzije ima tri bitna dela, t. j. deo podekspozicije, deo normalne (proporcionalne) ekspozicije i deo nad-ekspozicije, koji je međutim zbog sve manjih kontrasta neupotrebljiv za obrazovanje fotografske slike.

Kao što smo već u početku spomenuli mora fotografska slika, koja zadovoljava u tehničkom pogledu, da sadrži i čistu belinu i maksimalnu crninu, čiji kontrast i inače nije naročito veliki (prosečno 1,2 do najviše 1,6); prva vrednost pripada partijama najveće gustoće negativa, a druga njegovoj najvećoj providnosti. Od odlučnog značaja za ocrtavanje ovoga celokupnog kontrasta je takozvani opseg kopiranja ili upotrebljivi opseg ekspozicije papira. Ovim opsegom kopiranja je međutim određen najveći interval u ekspoziciji (izražen logaritmima), na koji reaguje emulzija papira bez bitno pogrešnog ocrtanja stupnjevanja tonova. Na sl. 74. se čista belina nalazi kod tačke A i maksimalna upotrebljiva crnina kod tačke B gradacione krive. Razlikom apscisa, koje pripadaju ovim dvema tačkama kao logaritmima ekspozicije, određen je opseg kopiranja: $1,5 - 0,7 = 0,8$.

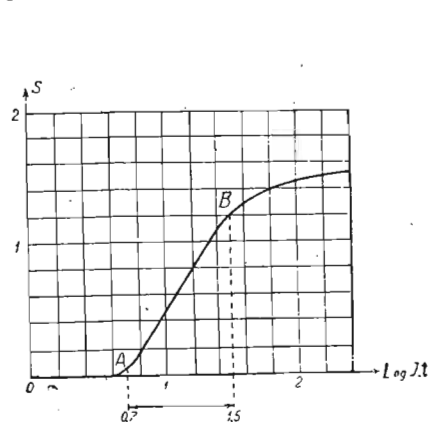
Ovaj opseg kopiranja se međutim menja s oblikom gradacione krive, koja mora, radi mogućnosti međusobnog upoređivanja, uvek da bude određena za potpuno izazvanu emulziju, dakle kod γ_{∞} . Gradaciona kriva zavisi međutim i od vrste papira. Za glavna tri stepena tvrdoće (meki, normalan i tvrd) iste vrste papira bismo dakle dobili karakteristične gradacione krive predstavljene na sl. 75., na osnovu kojih dobijamo opseg kopiranja za

meku gradaciju:	$1,5 - 0,3 = 1,2$
normalnu gradaciju:	$1,6 - 0,7 = 0,9$
tvrdu gradaciju:	$1,7 - 1,1 = 0,6$

Brojna vrednost ovog opsega kopiranja više ili manje varira kod raznih fabrikata papira; a uvek je opseg kopiranja kod papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida manji nego kod papira sa srebrom-bromidom; gradacije papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-

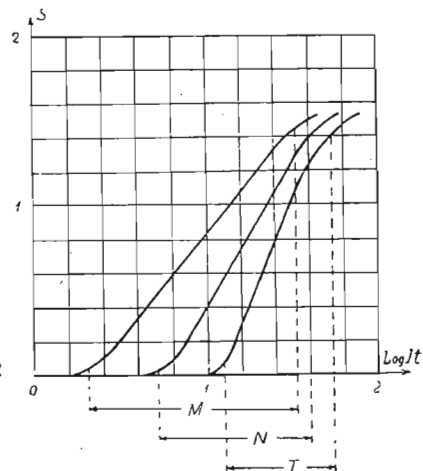
bromida pokazuju naime opsege kopiranja od 0,6 do 1,1 — a gradacije papira sa srebro-bromidom od 0,9 do 1,5.

Pri ocenjivanju ovog opsega kopiranja nikako ne sme međutim da se previdi činjenica, da je opseg kopiranja uvek nešto veći od opsega pravilnog ocrtavanja tonova kod papira na izazivanje; jer, ako kopija treba da sadrži čistu belinu, onda i nehotice mora da se iskoristi i opseg podekspozicije (sl. 74.); isto tako i najveće zacrnjenje može da se po-



Sl. 74.

Kopirni opseg papira



Sl. 75.

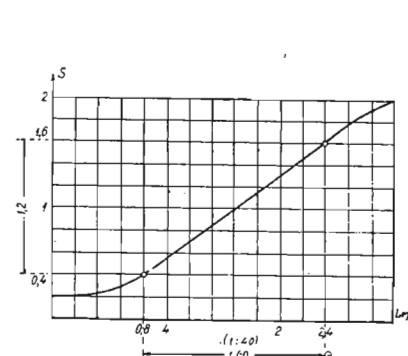
Gradacije papira

stigne tek u gornjem kolenu krive, t. j. već u opsegu nadekspozicije. Iz toga proizlazi, da je kod potpunog iskorišćavanja opsega kopiranja nemogućna kopija sa potpuno pravilnim ocrtavanjem svetlina, jer se zbog delimičnog iskorišćavanja opsega podekspozicije i nadekspozicije izgube kontrasti u svetlinama, odnosno u senkama. Za potpuno pravilno ocrtavanje tonova na papiru bio bi upotrebljiv samo pravi deo gradacione krive, ali u tom slučaju kopija ne bi mogla da sadrži nikakve čiste beline niti krajnje crnine.

5. KARAKTER NEGATIVA I OPSEG KOPIRANJA

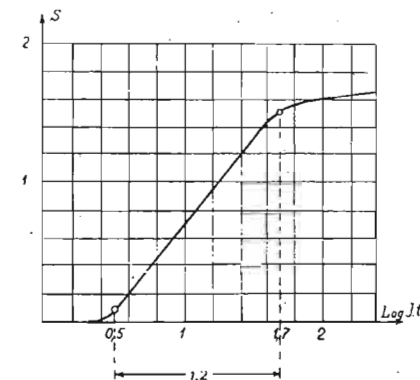
Kao što je poznato, može karakter negativa da bude vrlo različit; dakle ili tvrd ili normalan ili mek ili mlak; a karakter negativa zavisi od celog niza komponenata — od gradacije negativskog materijala, od ekspozicije, od opsega svetlina objekta snimanja i od izazivanja. Kao proizvod svih ovih komponenata dobijamo u konkretnom slučaju negativ čiji je maksimalni kontrast, t. j. razlika zacrnjenja senki i svetlosti, potpuno određena veličina koja zavisi od opsega svetlina objekta i od

oblika gradacione krive dobijene izazivanjem negativa, odnosno od faktora kontrasta ili faktora izazivanja γ (sl. 76a). Na osnovu konkretne gradacione krive na sl. 76a za opseg svetlina objekta 1 : 40 (kao logaritam 1,6) iznosi kontrast negativa 1,6 — 0,4 = 1,2. Ovaj kontrast zadržava konstantnu vrednost, dok ekspozicija ostaje u latitudi pravilne ekspozicije; naprotiv se kod istog opsega svetlina odmah promeni, čim se, usled dužeg ili kraćeg izazivanja, promeni gradaciona kriva negativske emulzije.



Sl. 76a

1,60 — opseg svetline objekta;
1,2 — kontrast negativa



Sl. 76b

1,2 — kontrast negativa

Ako kopija negativa s određenim kontrastom treba, u smislu načelnog zahteva, da ocrta sve tonove od beline, koja će se obrazovati pod najvećim zacrnjenjem negativa, do krajnje crnine, koja će se obrazovati pod najmanjim zacrnjenjem negativa; onda opseg kopiranja papira mora da bude tačno jednak stvarnom kontrastu negativa (sl. 76b). Ako je dakle kontrast negativa 1,2 — kopija će, sa gledišta fotografske tehnike, samo onda da bude zadovoljavajuća, ako je i opseg kopiranja papira 1,2. Suprotno tome će na papiru s opsegom kopiranja 1,2 da se ocrtaju sve vrednosti tonova samo takvog negativa, čiji je kontrast najviše jednak ili nešto manji od opsega kopiranja papira. Pošto opseg kopiranja neizbežno seže u podekspoziciju, a delom i u nadekspoziciju, minimalan gubitak detalja u svetlostima, odnosno u senkama je neizbežan.

Iz ovoga vidimo, da je za postizavanje harmonično stupnjevanih kopija potreban pravilan izbor papira, koji odgovara karakteru dotičnog negativa; papira, čiji opseg kopiranja se poklapa sa kontrastom negativa. U smislu gornjih fototehničkih odnosa je dakle za postizavanje zadovoljivih kopija potreban

za tvrde negative: (sa velikim kontrastima)	mek papir (sa velikim opsegom kopiranja)
za normalne negative: (sa normalnim kontrastima)	normalan papir (sa normalnim opsegom kopiranja)
za tanke negative: (sa malim kontrastima)	tvrd papir (sa malim opsegom kopiranja)

Ukoliko, od pojedinih vrsta papira, stoji na raspoloženju još više gradacija, mogućan je prema tvrdoći negativa još i izbor između meke i ekstra meke gradacije, a prema prozirnosti negativa još i izbor između tvrde, ekstra tvrde i eventualno još i ultra tvrde gradacije.

Sa fototehničkog gledišta nas interesuju još i posledice koje se pojavljuju u pozitivskom procesu, u slučaju kad nije zadovoljen zahtev jednakosti opsega kopiranja i kontrasta negativa čija gustoća na pr. leži između 1,8 i 0,7 — dakle kontrast 1,1.

Ako kopiramo ovakav negativ na papir sa opsegom kopiranja 1,5 (dakle na papir izrazito meke gradacije), onda su mogućna dva krajnja slučaja:

1. ako se odmeri vreme kopiranja tako, da se pod gustoćom 1,8 negativa obrazuje najslabija sivina koja se jedva još razlikuje od beline (sl. 77.), onda ćemo pod gustoćom 0,7 dobiti tamnu sivinu. Maksimalno zacrnjenje koje bi se stvorilo pod gustoćom 1,8 — 1,5 = 0,3 dakle nije postignuto i opseg kopiranja papira nije iskorišten. Stoga kopija izgleda siva i bez kontrasta, ma da inače sadrži sve detalje koji su međutim nedovoljno izrazito stupnjevani.

2. ako se međutim trajanje kopiranja odmeri tako da se pod gustoćom 0,7 negativa pojavi najveća crnina (sl. 77.) onda se pod gustoćom 1,8 već obrazuje prilična sivina. Slici nedostaje belina koja bi izražavala svetline, stoga je mračna i u tonovima neuravnotežena.

Ako međutim isti negativ kopiramo na papir s opsegom kopiranja 0,7, onda mogu da nastupe sledeća dva krajnja slučaja:

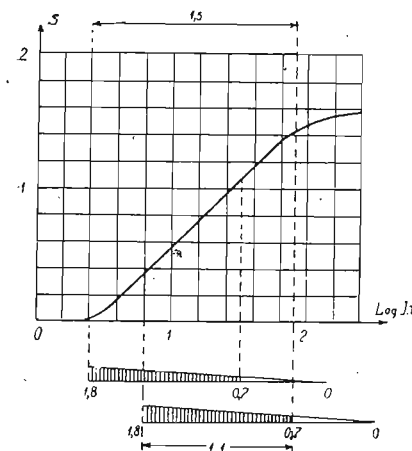
1. trajanje kopiranja je odmereno tako da se pod gustoćom 1,8 negativa pojavi najnežnija sivina (sl. 78.), onda je maksimalna ernina postignuta već pod gustoćom 1,8 — 0,7 = 1,1. Pošto je opseg kopiranja suviše mali, gustoće negativa se ocrtavaju između 1,1 i 0,7 skoro ravnomernom crninom, usled čega se gube detalji u senkama,

2. trajanje kopiranja je odmereno za maksimalnu crninu pod gustoćom 0,7 negativa (sl. 78.); stoga se najnežnija sivina pojavljuje već pod gustoćom 0,7 + 0,7 = 1,4. Sve gustoće između 1,4 i 1,8 ocrtavaju se u potpunoj belini, usled čega se gube svi detalji u krajnjim svetlostima.

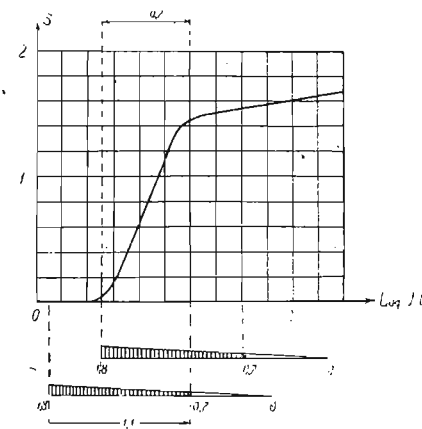
Svi ovi nedostaci u ocrtavanju tonova i u modulaciji kontrasta otpadaju, čim se za kopiranje upotrebi papir sa opsegom kopiranja 1,1

— jer će se onda, kod pravilne ekspozicije kopije, najnežnija sivina obrazovati pod gustoćom 1,8 i krajnja crnina pod gustoćom 1,8 — 1,1 = 0,7. U tom slučaju slika će ocrtati sve detalje i sadržati maksimalni kontrast papira, što je bitan uslov za tehnički savršenu kopiju.

Potpuno tačno utvrđivanje najpogodnijih papira moguće je naravno samo na osnovu stvarno izmerenog kontrasta, odnosno krajnjih gustoća negativa, denzitometrom i na osnovu senzimetriski utvrđenog opsega kopiranja različnih gradacija papira, koje treba da su po mogućstvu jednake izmerenom kontrastu negativa.



Sl. 77.
1,5 — kopirni opseg
1,1 — gustina negativa



Sl. 78.
0,7 — kopirni opseg
1,1 — gustina negativa

U običnoj fotografskoj praksi može međutim da se utvrdi pogodna vrsta papira probom. U tu svrhu se pod negativom osvetli otsečak papira normalne gradacije po zonama tako, da se pojedine zone ovog otsečka kopiraju na pr. 2, 5, 10, 20, ... sekundi. Posle izazivanja biće prva zona vrlo svetla, a poslednja vrlo tamna. Između ovih zona se potraži ona, na kojoj su krajnje svetline skoro bele i njihovi detalji blago stupnjevani; ako su istovremeno i najdublje senke snažne i sadrže detalje, onda je to znak, da je upotrebljena pravilna vrsta papira. Ako su međutim senke vrlo crne, presićene i bez ikakvih detalja, onda je normalan papir za dotični negativ suviše tvrd, a umesan je papir sa mekom ili čak sa ekstra mekom gradacijom. Ako međutim senke u dotičnoj zoni otsečka papira nisu dostigle dovoljnu jačinu,

onda je normalan papir suviše mek i zadovoljavajući rezultat će dati samo papir tvrde ili čak i ekstra tvrde gradacije.

Na osnovu ovih činjenica dobijemo kao osnovno pravilo za kopiranje:

1. ekspozicija mora da se odmeri tako, da se na kopiji dobro ocrtaju svetlosti,
2. za izbor gradacije papira su merodavne senke koje moraju na kopiji da budu snažno zacrnjene, ali moraju još uvek da sadrže detalje.

IV. ZAVRŠNI RADOVI NA KOPIJAMA

1. SATINIRANJE

[Sjajni i glatki papiri ocrtavaju finese negativa u većoj meri nego mat i zrnasti papiri; stoga sjajnim papirima pripada preimućstvo za tehničke i naučne snimke, dok se mat papir prvenstveno upotrebljuje u umetničkoj fotografiji. Izrazitost sjajnih kopija može još jako da se poveća, ako im se takozvanim satiniranjem da svetli sjaj, za koji su naravno upotrebljivi samo papiri sa sjajnom, a ne sa polumat ili čak mat površinom.

Svetli sjaj se dobija pritiskivanjem još mokre kopije na staklenu ploču za ogledala ili na ploču od specijalnog (američkog) emajliranog ili hromiranog lima. Ovakva ploča se prethodno temeljno očisti špiritom i potpuno suvo obriše jelenskom kožom; zatim se ploča natrlja talkom ili ceratom (2% ni rastvor voska u benzinu ili u etru), pa se još mokre kopije gumenim valjkom bez ijednog mehura pritisnu na ploču. Ploča sa pritisnutom kopijom se postavi u zračnu prostoriju, gde kopija može polako da se suši. Suve kopije obično same otkoče ili se sa jednog ugla polako i ravnomerno povuku sa ploče. Ako kopija neće da se odlepi sa ploče, onda ploča verovatno nije bila dovoljno očišćena.

Mesto da se ploča natrlja na opisani način može svetli sjaj da se postigne i time, što se kopije nakvašene u čistom špiritusu za gorivo pritisnu na dobro očišćeno staklo za ogledala (po Windisch-u).

Za želatinske papire je bolje, ako se kopije pre satiniranja stvrdnu stavljanjem u 5% ni rastvor formalina na približno 5 minuta.

Mnogo brže se sjajni papiri satiniraju na specijalnim presama za svetli sjaj, koje se sastoje iz električno zagrejane hromirane ploče, na koju se isto tako pritisnu još mokre ili u špiritusu nakvašene kopije.]

2. RETUŠOVANJE

[Kopije izrađene na papirima za dnevnu svetlost ili na papirima na razvijanje često pokazuju manje nedostatke, koje odstranimo retušovanjem. Pozitiska retuša tehničkih kopija sastoji se uglavnom u pokrivanju svetlih tačaka ili crta, koje se pojavljuju na kopiji usled prilepljene prašine, prljavštine, vlaknaca emulzije i t. d., a koje u najvećoj meri kvare kakvoću slike.

Za to retušovanje se upotrebljuju akvarelske boje (neutralno mastilo, crnilo od slonovače, pečena siena i t. d.) i četkica iz kunine

dlake (br. 0 do br. 6) sa tankim gipkim vrhom. Ton boje se mešanjem što bolje prilagodi tonu kopije. Zatim se bele ili suviše svetle pruge pokriju na taj način, što se vrhom četkice stavi tačka uz tačku, pri tome se četkica, koja treba da sadrži vrlo malo vlage i boje, više puta i ponovno zaoštiri povlačenjem po običnoj hartiji. Sa pokrivanjem se počne obično kod najtamnijih pega i završi kod najsvetlijih. Ne treba odmah da se stavljaju vrlo tamne boje i bolje je da se vrlo svetla pruga pokrije više puta svetlijom bojom, dok se njen ton ne izjednači sa tonom okoline. Eventualno neuspela retuša može da se opere vodom.

Crne ili tamne pege koje se rede pojavljuju na kopijama i obično su posledice grubih grešaka u negativskom procesu (zaostali mehurovi vazduha na sloju za vreme izazivanja, oštećen sloj emulzije i t. d.), zgrebu se ostrim šiljatim nožem. Dok je na mat papirima ovo grebanje crnih pega relativno lako izvodljivo, prouzrokuje grebanje na sjajnim papirima veće teškoće jer se istovremeno odstrani i sjaj. Posle završenog retušovanja može sjaj delom da se obnovi na taj način, što se na izgrebana mesta četkicom stavi damar lak; kod manjih tačaka dovoljan je i ređi rastvor gumarabike.]

3. KASIRANJE

[Neki put je poželjno kaširanje kopija na kartonu. Ako se za ovo kaširanje upotrebi nepogodan materijal, onda slike uprkos najbržiljivoj izradi mogu vremenom da propadnu usled škodljivih materija, koje bi eventualno mogao da sadrži karton ili lepak.

Kod kartona, koji nisu izrađeni specijalno za fotografske svrhe prouzrokuju trgovci fiksiratrona uništavanje slike, koji se usled vlage lepka rastvori i kroz papir dospe do sloja slike, u kome se stvara srebro-sulfid; slike dobijaju žute pruge i izgledaju kao da su bile nedovoljno fiksirane. Eventualno prisustvo fiksiratrona u običnom kartonu osniva se na tome, što se u industriji hartije za beljenje kartona upotrebljuje hlór — a za odvajanje ovoga hlóra se dodaje fiksiratron (antihlor), koji zatim u malim količinama ostane u kartonu.

A i lepak upotrebljen za kaširanje može štetno da utiče na sloj slike, čim je kiseo (na pr. stari lepak). Stoga treba upotrebljavati samo sveže spravljene lepak koji se za fotografske svrhe najprostije spravja na taj način, što se 1 deo pšeničnog škroba razmuti u 2—3 dela vode, a ta kaša se, uz neprestano mešanje, sipa u 6—8 delova vruće vode. Ovaj lepak već posle nekoliko dana uskisne i postane neupotrebljiv, njegova postojanost se međutim povećava dodatkom 1% formalina.

Postojan skrobni lepak spravja se dodavanjem 1 g salicilne kiseline na 500 ccm vode kojoj se doda 40 g pšeničnog škroba; ova smeša se dotle zagreva, dok ne postane providna.

Danas se međutim dobijaju postojani i za fotografske svrhe upotrebljivi lepkovi u tubama ili lončićima pod raznim imenima, na pr. »Fotolin«, »Gripfix«, »Lepikol«, »Nanolina«, »Norin«, »Pelikanol« i t. d.]

SESTO POGLAVLJE

POVEĆAVANJE

I. OPŠTI PREGLED

1. CILJ I OSNOVI POVEĆAVANJA

U stadijumu razvitka fotografske tehnike bilo je povećavanje redak proces, upotrebljavan samo za reprodukcione svrhe. Snimci kamerama velikog formata iznad 9×12 cm već su i u originalu bili tako veliki, da nije postojala nikakva potreba za slikama još većih dimenzija. Čim su se međutim pojavile kamere manjeg formata slike: 3×4 , $4,5 \times 6$ i 6×9 cm, a u još većoj meri ogromnim širenjem kamera malog formata slike 24×36 mm, odnosno 24×24 mm; morala je da se pokaže potreba za povećanim pozitivima. Upotreba kamera manjeg formata svakako pretstavlja veliku uštedu u negativskom materijalu, odnosno veću mogućnost rizikovanja snimka za koji je na pr. kod formata 13×18 cm, zbog visoke cene ploče, bilo potrebno temeljno razmišljanje i skoro 100% siguran uspeh.

Ali sistem malog originalnog snimka i naknadnog povećavanja nije opravdan samo ovim spoljnim momentom, postoje i ozbiljni i stvarni razlozi, zbog kojih povećanje malog negativa nadmašuje kopiju u kontaktu.

Štogođ je veći format, utoliko veća mora — kao što je poznato — da bude i žižna daljina objektiva. A štogođ je veća žižna daljina, utoliko je teže i utoliko tačnije mora biti postavljanje oštine. Kod objektiva kratke žižne daljine nalaze se međutim već predmeti udaljeni nekoliko metara od kamere na beskonačnoj razdaljini, za koju je postavljanje oštine uopšte nepotrebno, čim je objektiv postavljen na beskonačno. U najužoj vezi s tim je i opseg dubinske oštine, koji je obrnuto srazmeran žižnoj daljini objektiva.

Svakako je opravdan prigovor, da su i objektivom duge žižne daljine mogućni snimci optimalne oštine, koja će se ocrtavati i na kopiji u kontaktu, dok kod povećavanja mora oština slike više ili manje da trpi. Ovo je samo po sebi pravilno, ali ovu eventualnu smanjenu oštrinu premosti fiziološka osobina našeg oka, jer veću sliku posmatramo uvek

iz veće daljine nego manju, a stoga se vidni ugao smanji i eventualne neoštine veće slike, koje se kreću u normalnim granicama, ostaju nezapažene.

Od formata fotografske slike, odnosno od ugla posmatranja zavisi i prostorni utisak slike. Fotografska slika je naime perspektivna slika, a po pravilima perspektive mora svaka slika, bilo kojeg objekta, da se posmatra sa pravilne razdaljine, ako treba da stvori prirodan i veran utisak.

Radi dobijanja pravilnog utiska, mora naime perspektivna slika da se posmatra sa razdaljine, jednake žižnoj daljini objektivu kojim je fotografska slika obrazovana. Žižne daljine fotografskih objektivu su međutim vrlo različite (od 3,5—30 cm) i zavise od formata kamere. S obzirom na fiziološke osobine našeg oka iznosi međutim najprirodnije rastojanje posmatranja za normalno oko približno 25 cm, dok je najmanje kod 10 cm već postignuta krajnja donja granica moći akomodacije čovečjeg oka. A pošto su žižne daljine fotografskih objektivu skoro uvek kraće od najprirodnijeg otstojanja posmatranja (25 cm), moraju dakle snimci napravljeni objektivima kratke žižne daljine da se povećavaju, da bi stvorili pravilan pojam prostornosti. Potrebna razmera povećanja mora dakle s obzirom na gornji geometrijski optički zahtev da iznosi

$$m = \frac{\text{najprirodnije rastojanje posmatranja}}{\text{žižna daljina objektivu}}$$

Za snimak malog formata slike napravljen objektivom žižne daljine 5 cm je dakle, radi dobijanja pravilne prostorne slike, potrebno petostruko uvećanje; a ako bi povećali 8 puta onda bi otstojanje posmatranja moralo da se poveća na 40 cm.

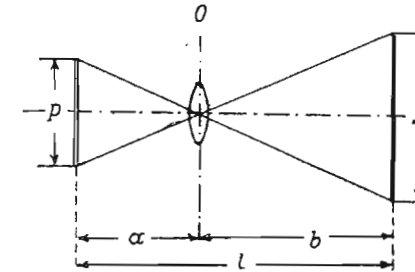
Najzad je povećavanje opravdano još i sa gledišta estetike slike, jer snimci kamerama za namotane filmove često pored glavnog motiva slike sadrže još mnogo nepotrebnih pojedinosti oko njega, koje slici u velikoj mjeri oduzimaju koncentraciju na njenu suštinu. Kod kopiranja ovaj nedostatak odstranjuju samo makaze, što znači potrošnju i gubitak materijala za kopiranje. Jedino povećavanjem može, pri potpunom iskorišćavanju formata papira, da se iskoristi najpogodniji izrezak slike i da se eliminiše nasilje okvira za kopiranje. U pogledu izreska slike važi naime već staro slikarsko načelo, da svaka slika bezuslovno mora da sadrži neki motiv, ali ipak samo jedan motiv; jer slika koja sadrži više ekvivalentnih karakterističnih momenata je nemirna i oko posmatrača ne nađe mirnu tačku, pošto slici nedostaje idejni centar.

2. OPTIČKI PRINCIP POVEĆAVANJA

Fotografski snimak proizvoljnog objekta u prirodi obično je uvek manji od originala. Ovaj odnos međutim nikako nije neophodna i bezuslovna potreba; jer štogod se više kamerom približimo objektu, utoliko

je veća optička slika na mutnom staklu. Ako se objektivom približimo objektu na rastojanje jednako dvostrukoj žižnoj daljini, onda već dobijamo sliku iste veličine kao i original; a čim postane rastojanje između objektivu i objekta još manje od dvostruke žižne daljine, onda je slika još i veća od originala. Sa praktičnog gledišta, pravilno uzev, ovo istina nije dopušteno, jer bismo snimanjem prostornog objekta sa tako malog otstojanja dobili vrlo neprirodnu perspektivu.

Ova teškoća, odnosno nedostatak, otpada odmah čim ne slikamo prostorni, nego samo pljosnat objekat, t. j. originalni negativ koji je na osu objektivu postavljen tačno pod pravim uglom (sl. 79.). Pod



Sl. 79.

P — negativ; O — objektiv; S — povećanje

uslovom da iznosi razdaljina objektivu a $< 2f$ i a $> f$, već se na razdaljini b obrazuje povećana slika. Ako na toj razdaljini mesto ploče ili filma postavimo list vrlo osetljivog pozitivskog papira, onda na njemu neposredno dobijamo pozitivnu i povećanu sliku negativa.

S optičkog gledišta važi između rastojanja a negativa kao rastojanja objekta i razdaljine b povećanja kao razdaljine slike opet recipročna formula

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

gde je f data žižna daljina objektivu. Odnos između dimenzije povećanja S i dimenzije negativa P određuje razmeru ili takozvano uvećanje povećanja

$$m = \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

koje se uvek izražava linearno. Ako kažemo da je povećanje dvostruko, onda su širina i visina povećanja jednaki dvostrukoj širini i visini negativa; naravno je s obzirom na to povećanje površinski 4 puta veće od negativa.

Upotrebom izraza za linearno uvećanje m dobijamo iz osnovne formule za rastojanje negativa

$$a = f \left(1 + \frac{1}{m} \right)$$

i za razdaljinu povećanja

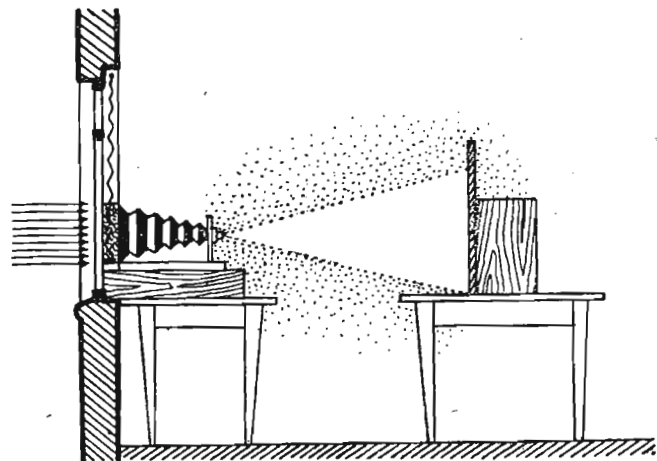
$$b = f(1 + m)$$

A celokupni razmak između negativa i povećanja onda iznosi

$$l = f \frac{(m + 1)^2}{m}$$

Na osnovu ovih jednačina dobijamo za razna uvećanja konkretne vrednosti koeficijentata razdaljina navedene u tabeli XXVIII. — Iz te tabele se vidi, da se rastojanje negativa menja od $2f$ do najviše f , dok razdaljina povećanja raste vrlo brzo s uvećanjem m .

U vezi s ovim rezultatima je za proces povećavanja, odnosno za njegovu dispoziciju, merodavna još sledeća činjenica: Ako bismo zaista

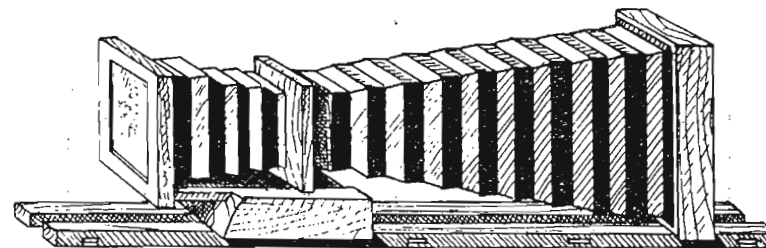


Sl. 80.

Povećanje kroz prozor pri dnevnoj svetlosti

hteli da povećavamo običnom fotografskom kamerom, onda bismo kod povećavanja — bez obzira na zaista potrebno najmanje dvostruko izvlačenje kamere — bili vezani na njen format; moguće bi dakle bilo samo povećavanje manjih negativa i razmera povećanja bi bila vrlo ograničena. Stoga kod dispozicije procesa povećavanja obrnemo optički proces na taj način, što originalni negativ stavljamo u kameru na mesto mutnog stakla i obrnemo objektiv prema povećanju, koje pada na vertikalni pokretni zaklon. Kod ovakve dispozicije — naravno pod uslovom da kamera ima dvojno izvlačenje — razmera povećanja

nije više ograničena. Treba samo da se pobrinemo za to, da je put svetlosnih zraka od objektiva do papira tako zaštićen, da strana svetlost ne može da utiče na osetljivi papir. To se postizava na taj način, što se proces povećavanja fotografskom kamerom improvizuje u mračnoj komori (sl. 80) ili što se iz objektiva izlazeći svetlosni zraci zaštite mehom odgovarajuće dužine, na čijem drugom kraju se namesti kasete s osetljivim papirom (sl. 81).



Sl. 81.

Aparat za uvećavanje pri dnevnoj ili veštačkoj svetlosti

Žižna daljina objektiva upotrebljenog za povećavanje mora biti najmanje tolika, kao žižna daljina objektiva snimanja, odnosno korisni zahvatni ugao objektiva za povećavanje ne sme biti manji od zahvatnog ugla fotografskog objektiva, jer inače povećanje u krajnjim uglovima ne bi bilo potpuno oštro. Suprotno tome objektiv duge žižne daljine nisu pogodni za povećavanje negativa malog formata, jer postaju za veća povećanja razdaljine objektiva od negativa odnosno od povećanja nesrazmerno velike.

Da bi sa negativa padali na papir svetlosni zraci aktiničnog dejstva, mora negativ sa zadnje strane da bude pogodno osvetljen dnevnom (sl. 80) ili pak veštačkom svetlošću (električna sijalica).

3. GRANICE POVEĆAVANJA

Prirodno je da iz čisto tehničkih razloga, povećavanja nisu izvodljiva bezuslovno u svakom slučaju i u neograničenoj razmeri.

U prvom redu su za povećavanje sposobni samo apsolutno oštri snimci. Već i inače daje povećavanje, po svojoj prirodi, slici izvesnu neoštrinu koja se praktično utoliko ne opaža, jer se velike slike posmatraju sa većeg ostojanja. To međutim važi samo dotle, dok je originalni negativ sam, u granicama prihvatljive neoštrine, potpuno oštar; jer se svaka veća neoštrina originala poveća tako jako, da stoga povećana slika često postaje neupotrebljiva.

Velikom povećanju međutim stavlja granicu i zrno negativa; jer se, kao što je poznato, negativ sastoji iz velikog broja sitnih zrna srebra koja nisu sasvim ravnomerno razdeljena preko površine, nego

Tabela XXVIII:

Koeficijenti razdaljine pri povećanju

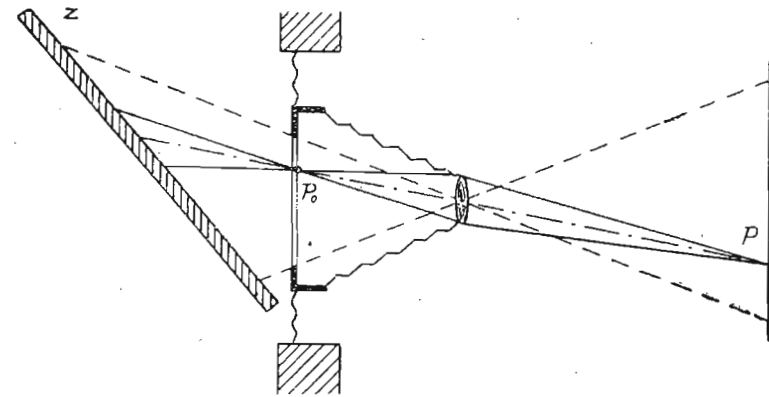
Uvećanje m	R a z d a l j i n a		
	negativ objektiv $a = \dots f$	objektiv poveć. $b = \dots f$	negativ poveć. $c = \dots f$
1,0	2,00	2,00	4,00
1,2	1,88	2,20	4,08
1,4	1,71	2,40	4,11
1,6	1,63	2,60	4,28
1,8	1,56	2,80	4,36
2,0	1,50	3,00	4,50
2,2	1,45	3,20	4,65
2,4	1,42	3,40	4,82
2,6	1,38	3,60	4,98
2,8	1,36	3,80	5,16
3,0	1,33	4,00	5,33
3,2	1,31	4,20	5,51
3,4	1,29	4,40	5,69
3,6	1,28	4,60	5,88
3,8	1,26	4,80	6,06
4,0	1,25	5,00	6,25
4,5	1,22	5,50	6,72
5,0	1,20	6,00	7,20
5,5	1,18	6,50	7,68
6,0	1,17	7,00	8,17
6,5	1,15	7,50	8,65
7,0	1,14	8,00	9,14
7,5	1,13	8,50	9,63
8,0	1,13	9,00	10,13
8,5	1,12	9,50	10,65
9,0	1,11	10,00	11,11
9,5	1,11	10,50	11,61
10,0	1,10	11,00	12,10
10,5	1,10	11,50	12,60
11,0	1,09	12,00	13,09
12,0	1,08	13,00	14,08

su više ili manje skupljena u grudvice, između kojih su međuprostori skoro bez ijednog zrna, dakle i providniji. Ove nepravilnosti sloja emulzije su istina mikroskopski male i slobodnim okom nevidljive, ali se već osetno primećuju kod većih povećanja. Veličina i pojava zrna međutim u velikoj meri zavisi od vrste emulzije, od ekspozicije snimka i od načina izazivanja. S obzirom na to je za snimke koji su već unapred određeni za jaka povećavanja (mali formati slika), umesna samo upotreba negativskog materijala sitnog zrna, dalje umerena ekspozicija i izazivač za sitno zrno.

U vezi s tim uopšte važi načelo, da uvećanje običnih negativa ne treba da pređe približno petostruko, a uvećanje izazivačem za sitno zrno izazvanih negativa desetostruko linearno uvećanje. Upotrebom naročitih sredstava takozvanih omekšivača i papira sa grubom strukturom su međutim mogućna i uvećanja preko ovih granica.

4. OSVETLJAVANJE I KARAKTER POVEĆANJA

Pri optičkom procesu povećavanja potrebno je osvetljavanje negativa koji preko objektiva obrazuje na osetljivom papiru povećanu sliku. U tu svrhu upotrebljuje se ili difuzna dnevna svetlost ili pak veštačko (električno) osvetljenje.



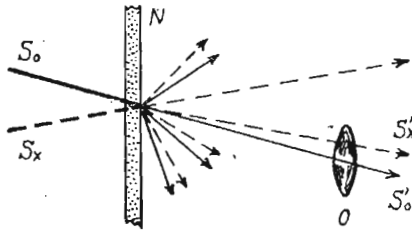
Sl. 82.

Z — zaklon; P₀ — negativ; P — povećavanje

Osvetljavanje negativa dnevnom svetlošću je sa optičkog tehničkog gledišta vrlo prosto, jer je dovoljno da je kamera sa negativom (sl. 82) obrnuta prema nebu ili prema belom zaklonu od hartije, koji je u kosom položaju ravnomerno osvetljen dnevnom ili čak neposrednom sunčanom svetlošću. Prolaz svetlosnih zrakova kod difuzne dnevne svetlosti pokazan je na sl. 82. Proizvoljna tačka P₀ negativa, koja se preko objektiva ocrta u tački P, dobija sa svih strana zaslona ili neba difuznu upadnu svetlost. Potrebna je samo pogodna veličina

zaslona, da bi bile osvetljene i tačke na krajnjim ivicama negativa, da i ove mogu još da zrače svetlosne zrake prema povećanju.

Pošto međutim negativ nije bistar nego, usled bezbrojnih zrna srebra, mutan, svetlosni zraci se zbog zrnatosti sloja negativa delom i rasipaju (Callier-ov efekat). Zbog difuznog osvetljenja prodiru kroz sloj emulzije negativa dve vrste zrakova: zraci S_0 koji su usled disperzije (rasipanja) istina delom oslabljeni, ali su upravljani neposredno na objektiv (sl. 83); drugi još mnogobrojniji zraci S_x prolaze istina pored objektiv, ali njihov rasuti deo S'_x pada takođe kroz objektiv i učestvuje u stvaranju povećanja. Broj ovih sekundarnih zrakova S'_x utoliko je veći, ukoliko su gušće posejana zrna srebra i obrnuto utoliko manji, ukoliko je providniji sloj emulzije. Usled toga



Sl. 83.

N — negativ; O — objektiv

je dejstvo svetlosnih zrakova u svetlinama povećanja pojačano, dok u senkama ovih sekundarnih zrakova skoro uopšte nema. Posledica ove činjenice jeste, da je karakter povećanja u poređenju sa negativom mekši.

Usled toga je dnevna svetlost upotrebljiva u načelu samo za normalne i briljantne negative, a nikako za meke ili čak mlake negative. Suprotno tome ima dnevno osvetljenje zbog svog mekog dejstva preimućstvo, da se manja oštećenja negativa (ogrebotine, otisci prstiju i t. d.) na povećanju skoro uopšte ne pojavljuju.

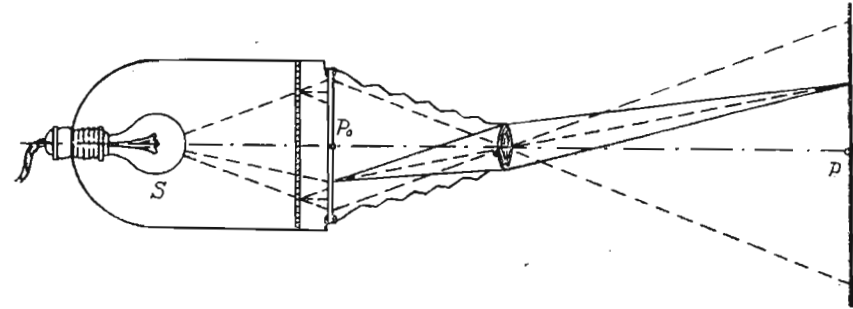
U tehnici povećavanja prouzrokuje međutim dnevna svetlost prilične teškoće odnosno ekspozicije, iz prostog razloga što je njena jačina podvrgnuta velikim promenama koje se teško mogu oceniti. Za povećavanje upotrebljeni papiri na izazivanje su međutim, s obzirom na celokupni opseg kopiranja, još mnogo osetljiviji odnosno pravilne ekspozicije, nego negativske emulzije kod kojih imamo mogućnost da u toku izazivanja ispravimo eventualne greške u ekspoziciji.

Iz toga razloga je poslednjih decenija dnevna svetlost za osvetljavanje kod povećavanja skoro potpuno potisnuta pogodnijim i konstantnijim veštačkim osvetljenjem, koje nam pruža 60 do 100 vatna električna sijalica.

S obzirom na način i optičko tehničko uređenje veštačkog osvetljenja razlikujemo:

1. posredno, rasuto osvetljenje,
2. upravljeno ili kondenzatorsko osvetljenje i
3. neposredno, rasuto osvetljenje.

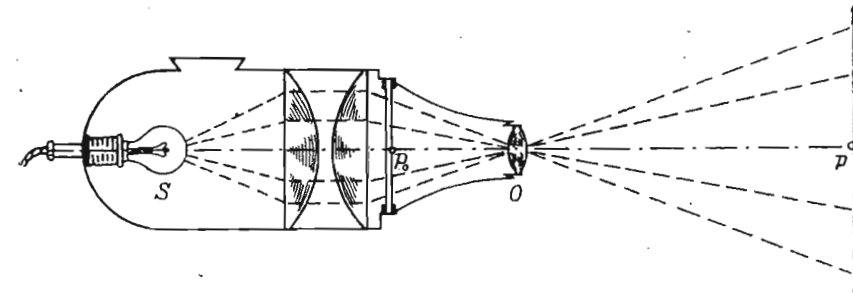
Posredno, rasuto osvetljenje daje mutno ili opalno staklo, postavljeno između sijalice i negativa (sl. 84). S optičkog gledišta deluje posredna veštačka svetlost na isti način kao dnevna svetlost, deluje



Sl. 84.

Povećanje pri indirektnoj svetlosti (pomoću mutnog stakla)

dakle meko i u velikoj meri izgadi eventualne greške negativa, koji treba da su bar normalnog ili još bolje tvrdog karaktera. A suprotno tome je nedostatak posrednog rasutog osvetljenja taj, što daje relativno slabo osvetljenu projekciju slike, koja zahteva dugu ekspoziciju i što — osobito kod povećavanja negativa većeg formata — uglove slike ne osvetli dovoljno i ravnomerno.



Sl. 85.

Povećanje pri direktnoj usmerenoj svetlosti (pomoću kondenzatora)

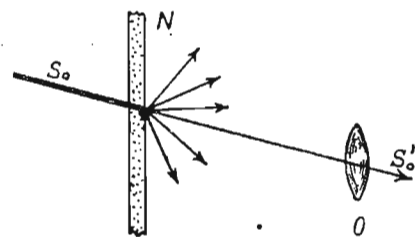
Upravljeno osvetljenje zasniva se na principu, da se svetlost, koju treba da zrači što je moguće manji svetlosni izvor, ne rasprši nekom difuznom sredinom, nego da se koncentriše takozvanim kondenzatorom (sl. 85) koje se sastoji iz najmanje dva plankonveksna sočiva kratke žižne daljine, čiji prečnik mora biti najmanje ravan diagonali negativa. S obzirom na nepotpunost kondenzatora, osobito na njegovu veliku

hromatičku aberaciju, mora njegov prečnik u praksi da bude još mnogo veći. Uobičajene dimenzije kondenzatora su navedene u tabeli XXIX.

Kod upravljenog osvetljenja mora optički sistem da bude doteran tako, da se izlazni zraci svetlosnog izvora S (sl. 85) seku u objektivu O

i da se optičke ose kondenzatora i objektiv poklapaju. Pošto zraci koji dolaze od negativa istovremeno treba da obrazuju ostru povećanu sliku na projekcionoj ravni, izražava se optički uslov na sledeći način: prema kondenzatoru moraju tačke S i O da budu konjugovane, a prema objektivu tačke P₀ i P. Ako ovaj uslov nije ispunjen, optički sistem ne može pravilno da deluje.

Upravljeno osvetljenje sa kondenzatorom, koje je od svih vrsta osvetljavanja svetlosno najjače, izražava se u stupnje-



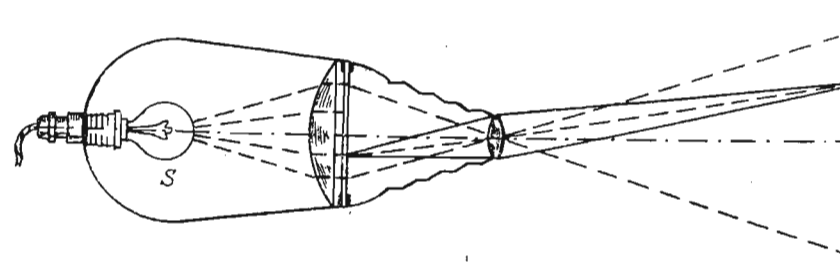
Sl. 86.

N — negativ; O — objektiv

vanju kontrasta na povećanju. Ovo povećanje kontrasta zbog Callier-ovog efekta osniva se na tome, da kod kondenzatorskog osvetljenja kroz negativ prodiru samo prema objektivu upravljeni zraci S₀ koji se zbog zrnatosti emulzije delom opet raspu (sl. 86) i to utoliko jače, ukoliko su gušće nagomilana zrna srebra; ovi rasuti zraci su za stvaranje povećanja u većoj

meri izgubljeni. Zraci koji prolaze kroz najgušće partije negativa su dakle najjače oslabljeni, dok je gubitak na providnim mestima minimalan. Pošto su, obzirom na ovu činjenicu, svetline na povećanju relativno slabije osvetljene, stoga pri izazivanju zaostaju, dok je ocrtaivanje u senkama zbog neoslabljenog osvetljenja već sasvim izazvano. Usled toga je povećanje u poređenju sa negativom kontrastnije, odnosno tvrđe.

Zbog Callier-ovog efekta je kondenzatorsko osvetljenje nezamenljivo za zadovoljavajuća povećanja mekih ili mlakih negativa; povećanja normalnih negativa na papirima normalne gradacije ispadaju obično već vrlo tvrdo, dok je za kontrastne negative upravljeno osvetljenje potpuno neupotrebljivo. Iz ovoga proizlazi i najveći nedostatak ovoga načina osvetljavanja, koji nametljivo ocrtava na povećanju sve nečistoće negativa (ogrebotine, pukotine, staloženu prašinu i t. d.), a i jače izražava zrno negativa nego rasuto osvetljenje. Pošto negativ mora da bude vrlo blizu kondenzatora, da bi ovaj kod datog prečnika mogao da obuhvati što je moguće veći format negativa, ovome se pridružuje još i opasnost, da se istovremeno na projekcionoj ravni ocrtaju i eventualni nedostaci kondenzatora (mehurići, žile, prašina ili otisci prstiju).



Sl. 87.

Povećanje pri direktnoj rasipnoj svetlosti (pomoću sočiva za osvetljavanje)

Osvetljenje sa sočivom za osvetljavanje je po svome karakteru u sredini između ova dva ekstremna tipa i sastoji se iz plankonveksnog sočiva, postavljenog između opalne sijalice i negativa (sl. 87). Zbog sličnosti sa kondenzatorskim osvetljenjem se sočivo za osvetljavanje neki put pogrešno naziva kondenzator. Sočivo za osvetljavanje naime u optičkom smislu ne deluje kao kondenzator, jer nije predviđeno za stvaranje strogo upravljenih svetlosnih zrakova, nego je mišljeno za ravnomerno osvetljenje negativa do njegovih krajnjih uglova, što se teško postizava samo opalnom sijalicom. U optičkom smislu sočivo za osvetljavanje ne koncentriše svetlosne zrake koji dolaze od sijalice u objektivu, nego ih samo upravlja u skoro paralelnu struju svetlosti koja ravnomerno osvetli celu površinu negativa. Stoga svaka tačka negativa deluje kao svetlosni izvor ispuštajući snop zrakova preko celog otvora objektivu, koji na projekcionoj ravni obrazuje optičku sliku tačke. Sočivo za osvetljavanje omogućuje dakle neposredno rasuto osvetljenje, čije se preimućstvo prema posrednom rasutom osvetljenju sastoji u mnogo boljem iskorišćenju svetlosti; usled čega je svetlina projicirane slike mnogo veća, nego kod posredne rasute svetlosti, pa je dovoljna i osetno kraća ekspozicija.

Neposredno rasuto osvetljenje je, pored relativno mekog ocrta- vanja tonova, svetlosno prilično jako i osvetljava negativ potpuno ravnomerno. Pošto zbog svog difuznog dejstva ublažuje preterano ocrtavanje zrna negativa, ovaj način osvetljenja skoro uvek se upotrebljuje kod aparata za povećavanje, namenjenih specijalno za male formate slika.

Najzad treba prečistiti još i uticaj diafragme kod povećavanja sa dnevnom i sa veštačkom svetlošću. Ako posmatramo tok svetlosnih zrakova kod dnevne svetlosti (sl. 82), kod posredne rasute (sl. 84) ili kod neposredne rasute (sl. 87) veštačke svetlosti, onda razumemo da svako smanjenje relativnog otvora objektiva za povećavanje ima — sasvim u smislu običnog delovanja diafragme — za posledicu smanjenje svetline projicirane slike. Kod ovih načina osvetljenja nemaju dakle diafragme nikakvo škodljivo ili korisno dejstvo. Bez štetnog uticaja na razdeobu svetlosti na projiciranoj slici može dakle na objektivu za povećavanje diafragma po volji da se smanji, na pr. toliko koliko je to u interesu željene oštine celokupne slike. Teoriski je ustvari upotreba diafragme sasvim izlišna, jer kod povećavanja imamo posla samo s optičkim ocrtavanjem površinskog objekta.

Sasvim drugačije je međutim kod upravljenog kondenzatorskog osvetljenja. Pod pretpostavkom strogo tačkastog svetlosnog izvora i pod uslovom, da je optički sistem tačno justiran, t. j. da se zaista obrazuje slika svetlosnog izvora u ravni diafragme (sl. 85), nema diafragma kod ovog načina osvetljenja nikakvo dejstvo; jer uopšte ne sužava stvarni konus zrakova, usled čega ne može da se postigne nikakvo povećanje oštine projicirane slike diafragmom. Ako međutim svetlosni izvor — što je praktično skoro uvek slučaj — nema potpuno oblik tačke, usled čega njegova slika u objektivu ima određen prečnik, onda je diafragma dok je njen prečnik veći od slike svetlosnog izvora, bez ikakvog dejstva. Pri daljem smanjenju otvora diafragma otseca spoljnu ivicu slike svetlosnog izvora, što ima priličan uticaj na ravnomernost svetline projicirane slike, dok se pri tome nikako ne poveća oština slike.

Iz toga se vidi, da su optički zahtevi koji se kod upravljenog kondenzatorskog osvetljenja stavljaju na objektiv mnogo veći nego kod ostalih načina osvetljenja, kod kojih eventualni nedostatak u oštini povećanja može da se ispravi diafragmom. Ustvari naravno ova razmatranja nisu apsolutno tačna, pošto svetlosni izvor nema nikad oblik tačke i pošto negativ, usled svoje zrnaste strukture, utiče na ravnomerni prolaz svetlosnih zrakova.

II. APARATURE ZA POVEĆAVANJE

1. SISTEM APARATURE

Nije neophodno da je naprava za povećavanje kao celina stalno sastavljena aparatura, nego se sastoji iz sledećih delova:

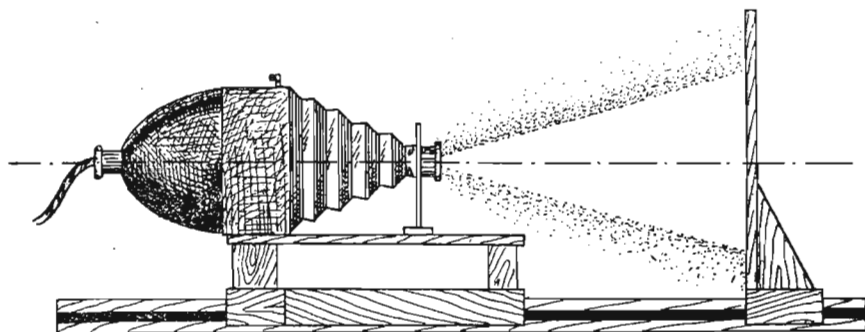
1. svetlosni izvor sa pripadajućom kućicom (ovo samo kod aparatura za veštačku svetlost);
2. oprema za rasipanje ili za koncentrovanje svetlosnih zrakova radi ravnomernog osvetljavanja negativa;
3. aparat za povećavanje kao naročita, potrebama procesu povećavanja prilagođena kamera, ali i neposredno obična fotografska kamera na sklapanje, koja mora da sadrži okvir za negativ i objektiv sa eventualnom diafragmom i
4. projekciona ravan za povećanu sliku.

Iz ovih sastavnih delova kombinovana aparatura za povećavanje može da bude građena sa stalnim međusobnim položajem pojedinih delova za povećavanje datog negativa na uvek isti format, dakle za fiksno uvećanje; kod ovakve konstrukcije su dakle razdaljine negativa i povećanja od objektiva za povećavanje konstantne. Kad su ove dve razdaljine promenljive mogućna su takvom aparaturom povećanja u raznim razmerama, t. j. sa različitim uvećanjem. Aparature za povećavanje ove vrste mogu da budu međutim, prema položaju optičke ose objektiva, po vodoravnom (sl. 88) ili uspravnom sistemu (sl. 90). Opšte se, zbog većih preimućstava, više upotrebljuje uspravni sistem, jer povećana slika pada na horizontalnu površinu, što omogućuje lakše rukovanje; dalje zauzima uspravni sistem mnogo manje mesta u mračnoj komori i najzad se tačno pravi ugao između projekcione ravni i optičke ose lakše postizava, nego kod vodoravnog sistema. U reprodukcionalnoj tehnici, kao i za povećavanje na izvanredno velike formate, vodoravni sistem aparature svakako je povoljniji.

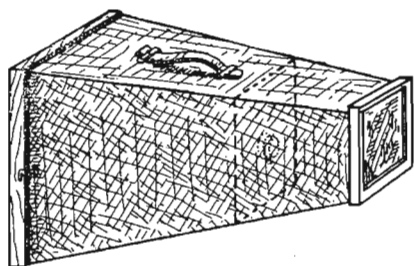
Nije neophodno, da je projekciona ravan u neposrednoj vezi s ostalom aparaturom (sl. 80), ali svakako mora da postoji mogućnost, da se njena razdaljina od objektiva menja, pri čemu je beznačajno da li se u tu svrhu pomera projekciona ravan ili kamera za povećavanje s objektivom. Kod uspravnog sistema, kod kojeg je željeni stalni položaj projekcione ravni u visini stola, stalno je pomična kamera; a kod vodoravnog sistema se obično pomera projekciona ravan (sl. 80),

ili se pak pomeraju čak i oba sastavna dela, t. j. projekciona ravan i kamera za povećavanje (sl. 88).

Samo se po sebi razume, da kod aparata za promenljivo povećanje mora biti pomičan i objektiv aparata za povećavanje, da bi razdaljine



Sl. 88.
Horizontalni položaj aparata za uveličavanje



Sl. 89.
Ručni aparat za uveličavanje na određenu veličinu pomoću dnevne svetlosti

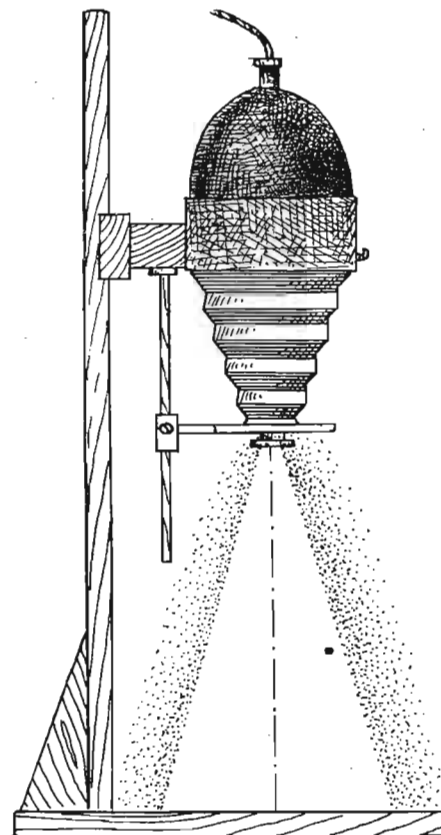
negativa i projekcione površine od objektiva mogle da se postave u odnosu koji odgovara osnovnoj recipročnoj formuli.

2. RUČNI APARATI ZA POVEĆAVANJE

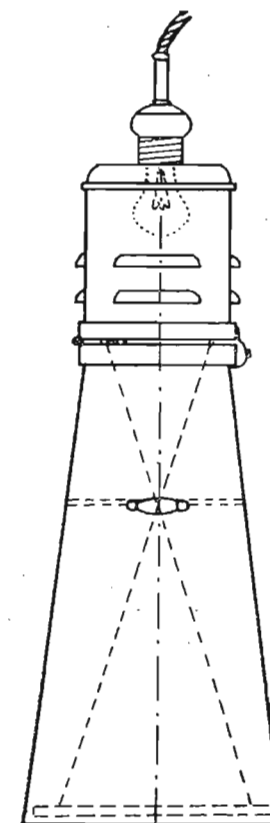
Ručni aparat za povećavanje, namenjen za fiksno uvećanje, sastoji se iz konične drvene kućice (sl. 89), koja se na užem kraju završava okvirom za negativ, a na širem kraju je zatvorena poklopcem, na čijoj unutrašnjoj strani se pričvrsti negativski papir. U unutrašnjosti kućice smešten je u poprečnoj pregradi objektiv u razdaljini od povećanja, odnosno od negativa, koja odgovara recipročnoj formuli. Pri povećavanju se aparat za povećavanje upravi k nebu tako, da dnevna svetlost preko negativa pada na osetljivi papir.

Ovi ručni aparati za povećavanje, koji su odnosno svojih dimenzija građeni za dvostruko do dva i po struko povećanje (na pr. 6×9 na

13×18 , 9×12 na 18×24 cm ili 6×9 na 16×21 cm, 9×12 na 24×30 cm), nisu se, zbog već spomenutih nedostataka dnevne svetlosti, održali u praksi.



Sl. 90.
Vertikalni položaj aparata za uveličavanje



Sl. 91.
Ručni aparat za uveličavanje na određenu veličinu pomoću veštačke svetlosti

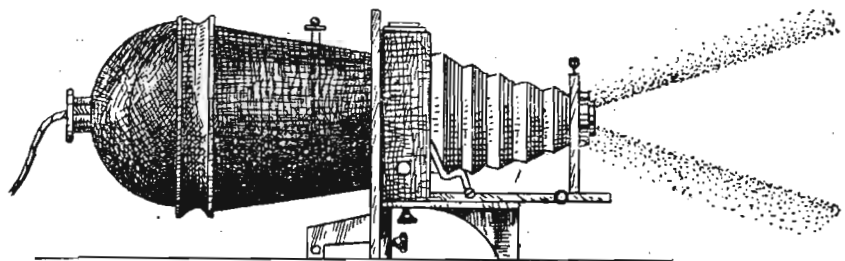
Razvitkom fotografije malog formata slike su se međutim ponovo pojavili ručni aparati za povećavanje od lima (sl. 91), građeni za posredno rasuto osvetljenje električnom sijalicom (na pr. Leiz »Filos« sa formata 24×36 mm na 6×9 cm ili 9×14 cm i Zeiss-Ikon »Elinox« sa formata 3×4 cm na $6,5 \times 9$ cm odnosno na 9×14 cm).

3. DOPUNSKI DELOVI ZA POVEĆAVANJE (KUĆICA ZA OSVETLJENJE)

Najprostiju aparaturu za povećavanje sa veštačkim osvetljenjem i za promenljiva uvećanja omogućuje takozvani dopunski deo, na koji

se priključi kamera na sklapanje za ploče (sl. 92) ili čak i za namotane filmove. Ovi dodaci za povećavanje građeni su uvek za posredno rasuto osvetljenje i mogu da se upotrebe u vodoravnom sistemu ili u vezi sa pogodnom drvenom ili metalnom vodicom u uspravnom sistemu.

Najpoznatiji dodaci za povećavanje su proizvodi Ihagee »Lumimax« za kamere na ploče $4,5 \times 6$ do 10×15 cm, Ihagee »Film Lumimax« za kamere na namotane filmove 6×9 cm, Müller & Wetzig »Artus« za kamere na ploče do formata 9×12 cm, Okoli Gesellschaft Rud. Römer »Okolinchen« za sve kamere do 9×12 cm, Zeiss-Ikon »Mirax« za kamere na ploče 9×12 cm, odnosno $6,5 \times 9$ cm i t. d.



Sl. 92.

Kućica za osvetljavanje sa fotografskom kamerom na sklapanje

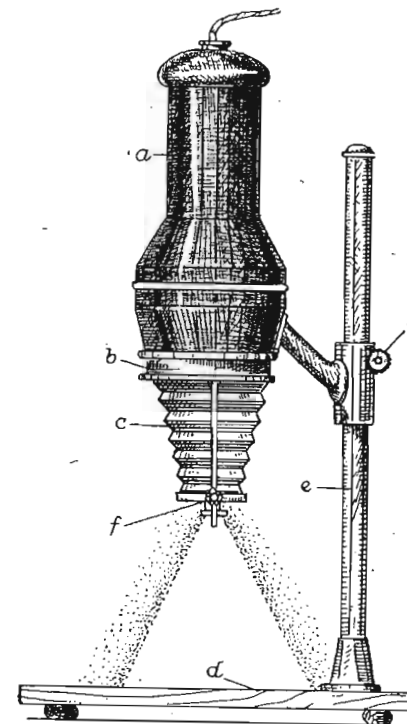
4. APARATI ZA POVEĆAVANJE SA POSTAVLJANJEM OŠTRINE RUKOM

Potpuno i isključivo za povećavanje građene aparature predstavljaju tipične aparate za povećavanje u užem smislu reči. Ovi aparati, koji omogućuju proizvoljno uvećanje, se uvek sastoje iz vodoravne podnožne daske, na kojoj je pričvršćena uspravna vodica (sl. 93). Duž te vodice se pomiče konzola, koja nosi kućicu za osvetljenje i kameru za povećavanje s objektivom i okvirom za negativ. Položaj konzole, odnosno rastojanje negativa od podnožne daske kao projekcione ravni, kojim je određena razmera povećanja, fiksira se zavrtnjem za zatezanje. Razdaljina objektiva od negativa, merodavna za oštrinu povećane slike, se doteruje rukom preko zavrtnja za doterivanje.

Kućica za osvetljenje električnom (obično opalnom) sijalicom je uređena ili za posredno rasuto ili za kondenzatorsko ili za neposredno rasuto osvetljenje. Kod nekih aparata za povećavanje može međutim gornji deo kućice da se izmeni, tako da prema potrebi može da se uredi ili za rasuto ili za kondenzatorsko osvetljenje. Kod skoro svih aparata za povećavanje ugrađen je ispred objektiva pokretljivi naranđasti ili crveni filterar radi mogućnosti nameštaja papira na izazivanje pod vidljivu optičku sliku.

Fotomehanička industrija izrađuje najrazličnije modele aparata za povećavanje za razne formate i sa raznovrsnom opremom, na pr. Guthe & Torsch »Praxidos« (4×4 cm do osmostrukog uvećanja, 6×6

cm do sedmostrukog uvećanja, $6,5 \times 9$ cm do sedmostrukog uvećanja), Leitz »Valoy« (24×36 mm do dvanaestostrukog uvećanja), »Vamax« (24×36 mm do šestnaestostrukog uvećanja), Liesegang »Rajah« (4×4 cm do osmostrukog uvećanja, 6×6 cm do šestostrukog uvećanja, $6,5 \times 9$ cm do 5,8-strukog uvećanja i 9×12 cm do 4,5-strukog



Sl. 93.

a — kućica za osvetljavanje; b — negativ; c — meh; d — podnožna daska; e — vodica; f — udešavač; g — zavrtnaj za utvrđivanje

uvećanja), Müller & Wetzig »Filmarus« (4×4 cm do šestostrukog uvećanja), »Filmarex« ($6,5 \times 9$ cm do šestostrukog uvećanja), »Duplex« (9×12 cm do petostrukog uvećanja), And. Veigel »Amatex« (6×6 cm do dvanaestostrukog uvećanja), Zeiss-Ikon »Magniphot« (3×4 cm do petnaestostrukog uvećanja) i t. d.

5. APARATI ZA POVEĆAVANJE SA AUTOMATSKIM POSTAVLJANJEM OŠTRINE

Sistem ručnih aparata za povećavanje istina ograničuje povećavanje samo na određeni konstantni format, ali stoga pruža ugodnost, da otpada svako postavljanje pokretnih sastavnih delova aparata

rukum. Dodaci za povećavanje, odnosno tipični aparati za povećavanje sa postavljanjem oštine rukom omogućuju međutim potpunu slobodu u izboru formata i izreska slike, ali su — naročito za neizvežbanog amatera — malo neugodni zbog odvojenog podešavanja razmere uvećavanja i postavljanja oštine slike rukom.

Preimućstva ručnih aparata za povećavanje i aparata za povećavanje sa samostalno pokretljivim sastavnim delovima sažeti su u aparatima za povećavanje s automatskim postavljanjem oštine, koji, ma da su u svom sastavu pokretljivi i stoga nisu vezani samo na određen format, ipak ne zahtevaju naročito doterivanje oštine slike rukom. U suštini se sastoje u tome, što se pri promeni razdaljine između projekcione površine i negativa, koja je neposredno merodavna za razmeru povećanja, automatski postavi i razdaljina između negativa i objektiv, tako da je kod svakog položaja kamere za povećavanje već i povećana slika bezuslovno oštra. Čim se dakle istovremenim pomicanjem kućice za osvetljenje i negativa postavi željeni format povećanja, već je automatski doterana i optimalna oština slike.

Da bi automatski postavljena razdaljina objektiv od negativa, kod ma kog položaja negativa, odgovarala osnovnoj recipročnoj formuli, aparati za povećavanje sa automatskim postavljanjem oštine, su opremljeni naročitim mehanizmom t. j. takozvanim inverzorom, koji pri promeni otstojanja negativa od projekcione ravni na odgovarajući način postavi i objektiv prema negativu.

Najpoznatiji aparati za povećavanje sa automatskim postavljanjem oštine su proizvodi Guthe & Torsch »Praxidos« (4 × 4 cm do desetstrukog uvećanja, 6 × 6 cm i 6,5 × 9 cm do sedmostrukog uvećanja), Liesegang »Rajafox« (4 × 4 cm do desetstrukog uvećanja), Leitz »Fokomat« (24 × 36 mm do desetstrukog uvećanja), Müller & Wetzig »Fam« (4 × 4 cm do sedam i po strukog uvećanja, 6 × 6 cm do šestostrukog uvećanja, 6,5 × 9 cm do šestostrukog uvećanja automatski i do dvanaestostrukog uvećanja rukom) i »Ideal« (9 × 12 cm do tri i po strukog uvećanja), Zeiss-Ikon »Ikomat« (3 × 4 cm do desetstrukog uvećanja automatski i do dvadesetstrukog uvećanja rukom) i »Mira-fot« (6,5 × 9 cm do tri i po strukog uvećanja) i t. d.

Jasno je da aparati za povećavanje s automatskim postavljanjem oštine, usled prostog rukovanja, predstavljaju vrlo veliko preimućstvo; međutim s druge strane imaju i svoje nedostatke. Praktično naime nije moguće sagraditi inverzorski mehanizam, koji bi podjednako tačno i apsolutno neograničeno delovao kod najrazličnijih razmera povećanja, usled čega je automatsko postavljanje oštine moguće obično samo od dvostrukog do najviše desetstrukog uvećanja. Osim toga je svako menjanje objektiv za povećavanje isključeno, jer je inverzor konstruisan samo za potpuno određenu žižnu daljinu; svakako ima svaki objektiv aparata s automatskim postavljanjem oštine za svaku sigurnost odgovarajuću dubinsku oštinu, dakle manju svetlosnu jačinu, da bi se time nadoknadile eventualne minimalne netačnosti mehanizma, koje se vremenom usled upotrebe pojave.

III. FOTOGRAFSKI PAPIRI ZA POVEĆAVANJE

1. EMULZIJE

Kao pozitivski materijal za povećavanje upotrebljivi su samo papiri na izazivanje, kod kojih razlikujemo — kao što je poznato — papire sa srebro-bromidom i papire sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida.

Papiri sa srebro-bromidom koji uopšte imaju veliku osetljivost, su u interesu kratkih ekspozicija najpogodniji materijal za povećavanje, ma da je istina njihov ton obično neutralno sivkast i hladan. Pošto papiri sa srebro-bromidom zahtevaju relativno tačnu ekspoziciju i pošto se izazivanjem ne može bitno uticati na njihovu gradaciju, papiri sa srebro-bromidom se, u svrhu prilagođavanja karakteru negativa, uvek izrađuju u više gradacija.

Od papira sa smešom srebro-bromida i srebro-hlorida uopšte su za povećavanje upotrebljive samo jako osetljive vrste, koje su obično izrično označene kao papiri za povećavanje sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida. Pošto njihova osetljivost iznosi približno polovinu ili čak samo trećinu osetljivosti papira sa srebro-bromidom, nemogućna je njihova upotreba za veća povećanja vrlo gustih negativa, zbog suviše duge ekspozicije. Preimućstvo papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida se međutim sastoji u tome, što je njihov ton topliji i što je mogućan uticaj na njihovu gradaciju menjanjem ekspozicije i izazivanjem, tako da se ovi papiri lakše prilagođuju dotičnom karakteru negativa, nego li papiri sa srebro-bromidom; s obzirom na tu činjenicu izrađuju se papiri sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida za povećavanje često samo u jednoj gradaciji.

Papiri sa smešom srebro-bromida i srebro-hlorida manje osetljivosti, koji su mišljeni prvenstveno samo za kopije u kontaktu, upotrebljivi su samo izuzetno za povećavanje mekih negativa do najviše petostrukog povećanja, jer zahtevaju već i u ovom slučaju izvanredno duge ekspozicije; iz tog razloga su neupotrebljivi za izradu povećanja u serijama.

2. GRADACIJA I OPSEG KOPIRANJA

S obzirom na činjenicu, da na negativu razlike u zacrnjenju senki i svetlosti zavise u prvom redu od kontrasta objekta snimanja, a u drugom redu od gradacije negativskog materijala i od načina izazivanja, kontrasti negativa dakle — kao što je poznato — mogu biti vrlo različiti. Ako povećanje — isto tako kao i kopija — treba od zasićenih crnina do čistih svetlina da bude harmonično stupnjevano, nije dovoljna samo jedna vrsta papira za povećavanje. Pošto u istom smislu kao kod kopija u kontaktu, opseg kopiranja papira mora da bude jednak kontrastu negativa, treba izabrati gradaciju papira koja odgovara negativu u smislu sledeće sheme:

Karakter negativa:	mlak	mek	normalan	tvrd
Gradacija papira:	ekstra tvrda	tvrda	normalna	meka

Ovaj izbor najpogodnije gradacije papira za povećavanje vrlo je prost pri upotrebi senzimetarskih aparata koji daju numerične podatke za kontrast negativa i opseg kopiranja papira za povećavanje. Prosto okarakterisanje negativa kao mlak, mek, normalan i tvrd zahteva nešto iskustva i odgovarajuće praktično poznavanje gradacija upotrebljenog papira za povećavanje.

3. POVRŠINA PAPIRA ZA POVEĆAVANJE

Papiri za povećavanje se dobijaju sa najrazličitijim površinama, za čiji izbor su merodavna razna gledišta: motiv i karakter objekta snimanja, format povećanja i svrha fotografske slike. Za naučne i tehničke snimke i za slike namenjene za reprodukciju, čije težište treba da bude u ocrtavanju najfinijih detalja, umesne su samo sjajne površine koje omogućuju još i visoki sjaj. Za svrhe obične i umetničke fotografije imaju međutim preimućstvo papiri sa glatkom, mat ili čak grubo rapavom površinom; štogod je format većih poteza i štogod su manjeg značaja detalji oštine, utoliko grublja može biti površinska struktura papira.

Prilikom izbora površine papira odlučuje međutim i zrnatost povećanog negativa. Negativi sa sitnim zrnom — pod uslovom da se ne traže velika povećanja — ostavljaju potpunu slobodu izbora površine papira i omogućuju i upotrebu sjajnih papira, a da se međutim na povećanju ne opaža zrnatost emulzije. Kod velikih povećanja i kod negativa koji nemaju izrazito sitno zrno, utoliko više će se opaziti zrno, štogod bude povećanje veće i glatkija površina papira. Stoga se kod velikih povećanja daje preimućstvo rapavim površinama koje zrnatost emulzije skoro potpuno izglađe ili u najgorem slučaju bar ublaže.

IV. TEHNIKA POVEĆAVANJA

1. KARAKTER NEGATIVA

Svaki negativ koji daje dobru kopiju u kontaktu, upotrebljiv je i za povećavanje. Svakako je međutim za povećavanje najidealniji harmoničan negativ; jer štogod su ravnomernije stupnjevani tonovi negativa, utoliko življe, prirodnije i kopiji u kontaktu sličnije je njegovo povećanje. Idealan negativ za povećavanje ne treba da je nepotrebno gust — naročito ne u svetlinama, ali i ne suviše tanak, pre svega ne u senkama. Bez obzira na činjenicu, da gusti negativni zahtevaju preterano duge ekspozicije, umesna je pre povećavanja njihova korektura oslabljivanjem, već zbog toga što time svetlosti postaju rastresitije i prijatnije stupnjevane; jer krajnje neprijatno deluju bele mrlje na mestima, na kojima bi morale najviše svetline da oživljavaju povećanje.

Suprotno tome je kod suviše tankih negativa koji se često još teže povećavaju nego suviše gusti, jer tanki negativni nemaju u senkama nikakvo ili samo minimalno zacrnjenje, stoga se na povećanju pojavljuju crne, nametljive partije bez detalja. Ako međutim uopšte u celini propuštaju suviše svetlosti, stupnjevanje od crnina do belina potpuno je neostvarljivo; povećanje tada uopšte pokazuje sivkast i krajnje nezadovoljavajući ton.

Stoga treba već kod snimanja, a i kod izazivanja imati u vidu, da su približno pravilna ekspozicija snimka i brižljivo, uravnoteženo izazivanje najbolja podloga za normalno povećavanje. Od ne manje velikog značaja za povećavanje je oština kontura na negativu, koja se postizava samo tačnim postavljanjem oštine, a kod objekata u pokretu i kod snimaka iz slobodne ruke što kraćom ekspozicijom; jer jedva vidljiva neoština kontura na negativu imaće na povećanju za posledicu retko kada željenu i možda preteranu mekoću celokupne slike.

Uopšte važi načelo iz iskustva tehnike povećavanja, da negativni malog formata slike, ma da harmonično stupnjevani, treba da su pre nešto snažniji, nego li tanki, a negativni većih formata u svojoj strukturi nešto nežniji (ali ne tanki); da bi bili upotrebljivi za povećavanje.

2. RUKOVANJE APARATOM ZA POVEĆAVANJE

A. Postavljanje formata i oštine povećanja

U prvom redu treba da se uverimo, da je negativ koji ćemo da povećamo i na poledini i na strani emulzije potpuno čist, t. j. bez prašine i bez mrlja od osušenih kapi vode. U protivnom slučaju se poledina očisti mekom u vodi ovlaženom krpom; a emulzija se u slučaju potrebe očisti platnenom krpom, natopljenom koncentrovanim alkoholom (špiritusom za gorivo). Ovako očišćen negativ se stavi u dotični prorez aparata za povećavanje sa emulzijom obrnutom prema objektivu. Zatim se dizanjem i spuštanjem kućice za osvetljenje, zajedno sa kamerom za povećavanje, duž vođice, postavi približna veličina povećanja. Oština povećanja se dotera pomicanjem objektiva za povećavanje. Radi lakšeg ocenjivanja oštine stavi se na projekcionu ravan komad bele hartije u željenom formatu povećanja (obično se upotrebi naročita kasetna za povećavanje, u koju se po završenom doterivanju neposredno stavi papir na izazivanje). Pošto se doterivanjem oštine nešto promeni veličina povećanja, treba skoro uvek ispraviti veličinu slike i zatim konačno doterati njenu oštrinu.

Kod aparata sa automatskim postavljanjem oštine je naravno ma kakvo doterivanje oštine rukom izlišno, jer je postavljanjem razmere povećanja već automatski postavljena i optimalna oština slike.

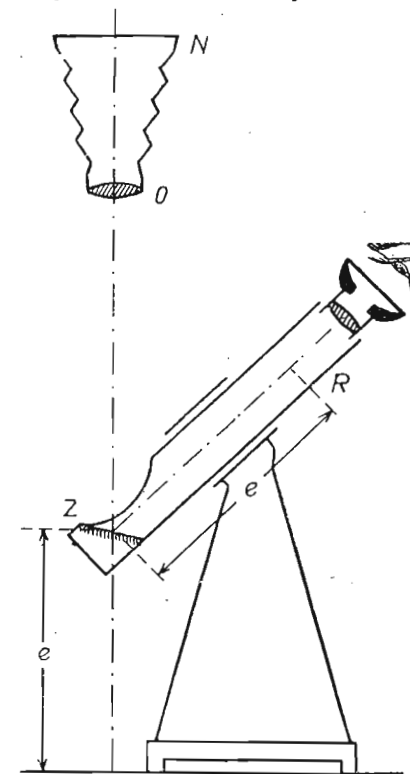
U relativno vrlo retkim slučajevima poveća se snimak kao celina. Obično je naime umesno, da se povećanju u odnosu na originalni snimak da drugo razgraničenje, t. j. da se poveća samo pogodan izrezak prvobitnog snimka. U pogledu ovog izreska slike u prvom redu su merodavni estetski obziri (na pr. prazne ivice slike), a u drugom redu i tehnički razlozi (na pr. oštećena mesta na ivicama negativa, mali upotrebljivi zahvatni ugao objektiva za povećavanje i t. d.).

B. Pomoćna sredstva za postavljanje oštine

Kod manjih povećanja i kod ne suviše gustih i dovoljno oštih negativa postavljanje oštine objektivom za povećavanje ne stvara nikakve teškoće. Da li je postavljena najveća oština najlakše se utvrdi na taj način, što se objektiv brzo pomiče unapred i unatrag preko najveće oštine; jer tako mnogo sigurnije ocenimo pravilan položaj objektiva, nego ako sporim pomicanjem objektiva polako tražimo optimalnu oštrinu.

Kod jačih povećanja ili kod gušćih negativa doterujemo međutim oštrinu sigurnije upotrebom naročitog uporednog objekta. U tome slučaju se postavi izrezak slike i istovremeno oština slike prvo od oka; zatim se zameni negativ uporednim objektom (na pr. »Cineitest«, »Exakt« firme Oskar Bohr, »Rhaco« uporedni negativ i t. d.), koji sadrži na staklu ili na filmu crtastu geometrijsku šaru, kojim se optimalna oština povećanja lakše oceni nego li negativom sa stupnjevanim

tonovima. Prost uporedni objekat možemo i sami da napravimo, ako na osvetljenoj i do pogodne gustoće izazvanoj emulziji iglom urežemo kvadratičnu mrežu. Drugo prosto sredstvo za postavljanje oštine je metalni ili kartonski obruč, koji je izrađen za prsten objektiva i preko kojega je zalepljena crna papirna traka, čija širina iznosi polovinu stvarnog otvora objektiva. Čim se ovaj obruč natakne na objektiv,



Sl. 94.

N — negativ; O — objektiv; Z — ogledalo; R — ravan stvarne slike

pojave se kod nedoterane oštine dvojne konture slike, koje se odmah izgube čim je objektiv postigao tačku optimalne oštine. Još je sigurnije doterivanje oštine, ako se u vezi s ovim obručem upotrebi i uporedni objekat.

Treća vrsta pomoćnih sredstava za doterivanje oštine građena je na optičkoj osnovi. U suštini se sastoje iz ogledala koje odbija svetlosne zrake u kosu cev, u kojoj se stvara tačno ista stvarna slika koja

bi se inače stvorila na projekcionoj ravni (sl. 94). Ovu stvarnu sliku posmatramo kroz okular jakog uvećanja tako, da se već potpuno vidi zrnasta struktura negativa. Čim pri pomeranju objektiva za povećavanje slika postane potpuno oštra, objektiv je doteran na optimalnu oštrinu. — Na ovoj osnovi su konstruisani »Akriskop« firme Dr. Grassmann i »Lios-Periskop« Dr. Schlichter-a.

C. Diafragma

Pošto se pri povećavanju površina negativa opet ocrtava na površini projekcione ravni, od objektiva za povećavanje se ne zahteva nikakva dubinska oštrina. Upotreba diafragme je dakle kod povećavanja uglavnom izlišna i s obzirom na to neki aparati za povećavanje uopšte nemaju nikakvu diafragmu.

Ukoliko međutim aparati imaju diafragmu, ova je prvenstveno predviđena za regulisanje ekspozicije. Ako se na pr. vrlo nežan negativ samo slabo poveća na jako osetljiv papir sa srebro-bromidom, kod punog otvora bi bila dovoljna ekspozicija od samo nekoliko sekundi. Međutim ekspozicija od samo nekoliko sekundi ne može, bez naročite pažnje, tako tačno da se odmeri, a da kod papira sa srebro-bromidom već ne postane jako osetna neizbežna nesigurnost ekspozicije od oko $\frac{1}{2}$ sekunde. Diafragmom može međutim ekspozicija da se udvostruči ili čak učetvorostuči, a onda je eventualna nesigurnost ekspozicije za koju sekundu bez naročitog uticaja na krajnji rezultat povećanja.

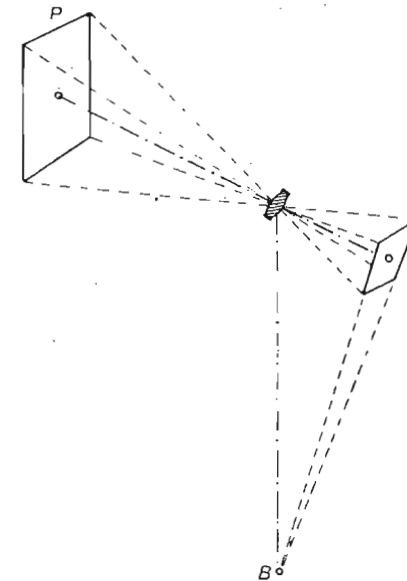
Suprotno je međutim kod vrlo gustih negativa ili kod vrlo velikih povećanja upotreba diafragme potpuno neumesna, jer ova zbog potrebne duže ekspozicije već sa dovoljnom tačnošću može da se odmeri.

Samo izuzetno, ako polje slike nije potpuno ravnomerno osvetljeno (na pr. kod aparata sa kondenzatorom ili sa sočivom za osvetljenje), opravdana je upotreba umerene diafragme. Uvek je, i često vrlo obilna, diafragma neophodna, kada se pri povećavanju ispravljaju takozvane »nagnute linije« upotrebom kose projekcione ravni.

D. Ispravljanje nagnutih linija

[Kod snimaka sa koso postavljenom optičkom osom objektiva dolazi, zbog različitih otstojanja gornjeg i donjeg dela objekta, do razlike u razmeri fotografske slike (sl. 95). Ako objekat sadrži izrazito vertikalne linije, koje su zaista međusobom paralelne (na pr. arhitekture), onda kod kose optičke ose ove linije na fotografskoj slici više neće biti paralelne nego će konvergirati u nedoglednici, t. j. u presečištu ravni optičkog lika (negativa) sa paralelom normala kroz optičko središte objektiva. Usled toga se pojavljuju na fotografskoj slici »nagnute linije« koje kod snimanja nagore podignutom kamerom konvergiraju prema gornjoj ivici, a kod snimanja nadole nagnutom kamerom prema donjoj ivici slike.

Ove »nagnute linije« negativa mogu pri povećavanju da se isprave na pozitivu. Ovo ispravljanje se vrši na taj način, što se na pomoćnoj vodoravnoj projekcionoj ravni prvo postavi oštro, ali još neispravno povećanje, onda se pomoćna projekciona ravan nagne u pravcu »nagnutih linija« toliko, da se nagnute linije isprave (sl. 96). Zbog ovog kosog položaja se rastojanje nagnutih linija na gornjoj ivici smanji, a na donjoj ivici poveća i to toliko, da nagnute linije postanu opet paralelne. Međutim se, usled kosog položaja pomoćne projekcione ravni, pojavi neoštrina na obema stranama ose, oko koje je projekciona ravan



Sl. 95.

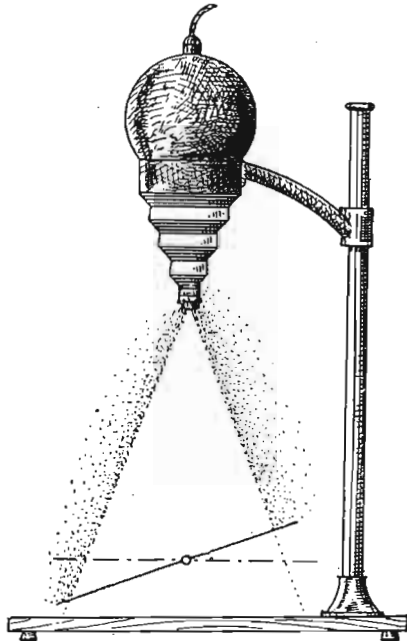
P — vertikalni objekat; S — nagnuta slika; B — nedoglednica

nagnuta. Ova neoštrina može da se odstrani samo smanjenjem diafragme (kod objektiva kratke žižne daljine najmanje na 1 : 12, kod objektiva duže žižne daljine međutim na 1 : 18, u krajnjim slučajevima čak na 1 : 36); posledica toga smanjenja diafragme je naravno osetno produženje ekspozicije. Ukoliko bi se na uzdignutoj strani ispravljenog povećanja opazilo jače osvetljenje, ova se razlika izjednačuje pri ekspoziciji povećanja takozvanim odmahivanjem (o tome docnije).

Nikakvo smanjenje diafragme međutim nije potrebno, a postizava se i potpuno ravnomerno osvetljenje ispravljenog povećanja, kod aparata za povećavanje, kod kojih može da se nagne i negativ u suprotnom smislu nagiba pomoćne projekcione ravni (na pr. Liesegang »Rajah III«), ili kod kojih, nezavisno jedan od drugog, mogu prema

osnovnoj projekcionoj ravni da se nagnu i objektiv i negativ (na pr. Liesegang »Rajah IIIa« i »Rajah IV«).

Sa teoriskog gledišta bi opisani postupak ispravljanja nagnutih linija bio neposredno obrazložen i potpuno razumljiv, ako bi geometrijsko optički odnosi pri povećavanju bili potpuno isti, kao što su bili pri snimanju fotografskom kamerom. Ali i u slučaju, da objektiv za povećavanje ima istu žižnu daljinu kao i objektiv fotografske kamere, razdaljina objektivna od negativa je pri snimanju sasvim druga nego



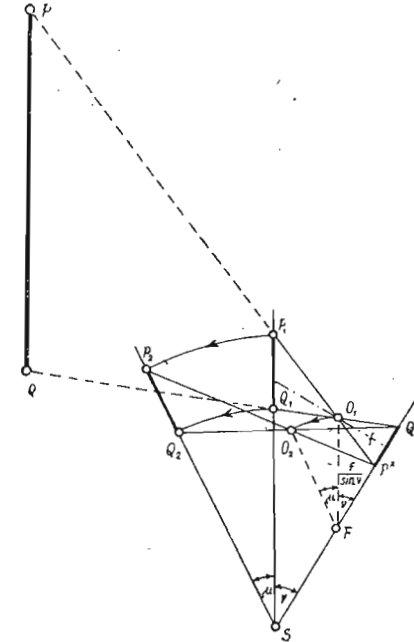
Sl. 96.

Ispravljanje kosih linija negativa pri uveličavanju

pri povećavanju (ispravljanju). Pošto se međutim obično još i žižna daljina objektivna za povećavanje razlikuje od žižne daljine objektivna fotografske kamere, bitno su izmenjeni geometrijsko optički odnosi pri ispravljanju nagnutih linija prema odnosima kod snimanja. Treba dakle utvrditi uslove, koji su potrebni za optički oštru i geometrijski perspektivno pravilnu projekciju, odnosno ispravljanje.

Prvo i najvažnije pitanje jeste, da li pored perspektivnog odnosa kao što je kod snimanja, postoje između projekcionog centra (objektiva), ravni negativa i projekcione ravni još i drugi odnosi (međusobnog položaja), kod kojih se negativ perspektivno pravilno ocrta na pro-

jekcionoj ravni. Sledeće geometrijsko razmatranje dokazuje, da postoji beskrajno mnogo položaja, kod kojih po slobodnoj volji možemo da obrćemo ravan negativa i projekcionu ravan oko njihovog prvobitnog presečišta S, a da se ne pokvari perspektivni odnos između negativa i njegove projekcije (sl. 97.). Prva projekciona, sa objektom paralelna



Sl. 97.

PQ — objekat; P^xQ^x — ravan negativa; P_1Q_1 — prva projekciona ravan; P_2Q_2 — druga projekciona ravan

ravan sadrži tačke P_1, Q_1, \dots , koje su prema projekcionom centru O_1 , u perspektivnom odnosu sa tačkama P, Q objekta, odnosno sa tačkama P^x, Q^x, \dots negativa. Ako obrnemo projekcionu ravan za proizvoljan ugao μ oko S (presečište) zajedno sa projekcijama tačaka P_1, Q_1, \dots , tako da su

$$SP_1 = SP_2, \quad SQ_1 = SQ_2, \dots,$$

onda se zbog sličnosti trouglova spojne linije P^xP_2, Q^xQ_2, \dots opet seku u nekoj tački O_2 kao projekcionom centru. Položaj ovog novog projekcionog centra O_2 međutim dobijamo na osnovu odnosa pre obrtanja

$$\frac{FO_1}{SP_1} = \frac{FP^x}{SP^x}$$

i posle obrtanja

$$\frac{FO_1}{SP_1} = \frac{FPx}{SPx}$$

pošto je međutim $SP_1 = SP_2$, onda je nezavisno od veličine ugla μ

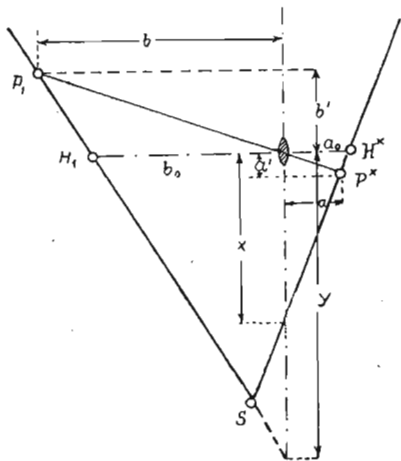
$$FO_1 = FO_2$$

Pri obrtanju projekcione ravni oko presečnice S, mora dakle da se obrne i projekcioni centar i to za isti ugao μ po krugu, čije središte leži u nedoglednici F i čiji poluprečnik mora da iznosi

$$\frac{f}{\sin v}$$

Iz toga proizlaze geometrijski uslovi za perspektivno pravilno ispravljanje nagnutih linija:

1. Projekciona ravan mora biti paralelna sa spojnom linijom između središta objektivna i nedoglednice nagnutih linija.



Sl. 98.

Optički odnosi pri Scheimpflugovom uslovu. SHx — ravan negativa;
 SH_1 — projekciona ravan

2. Rastojanja središta objektivna od nedoglednice moraju pri snimanju i pri ispravljanju da budu jednaka.

Od svih bezbrojnih i mogućih međusobnih položaja ravni negativa i projekcione ravni izaberemo pri ispravljanju samo onaj položaj, kod kojega je moguće optički potpuno oštrocavanje preko cele pro-

jezione ravni. Za ovaj međusobni položaj obeju ravni merodavni su međutim optički odnosi objektivna za povećavanje, za koje postoji poznata recipročna formula; jer se svaka tačka Px negativa samo onda u P_1 (sl. 98) ocrtava potpuno oštroc, ako je zadovoljena jednačina

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Za proizvoljnu tačku P i za tačku H na optičkoj osi objektivna postoje po sl. 98. srazmere

$$\frac{x - a'}{a} = \frac{x}{a_0} \quad \text{i} \quad \frac{y - b'}{b} = \frac{y}{b_0}$$

Sabiranjem ovih dveju jednačina dobijamo

$$\frac{x}{a} - \frac{a'}{a} + \frac{y}{b} - \frac{b'}{b} = \frac{x}{a_0} + \frac{y}{b_0}$$

Pošto zbog sličnosti trouglova imamo jednakost,

$$\frac{a'}{a} = \frac{b'}{b}$$

ostaje

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = \frac{x}{a_0} + \frac{y}{b_0}$$

$$x \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a_0} \right) = y \left(\frac{1}{b_0} - \frac{1}{b} \right)$$

Pošto na osnovu recipročne formule važe i za tačku P i za tačku H jednačine

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{ili} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}$$

$$\frac{1}{a_0} + \frac{1}{b_0} = \frac{1}{f} \quad \text{ili} \quad \frac{1}{b_0} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a_0}$$

imaćemo

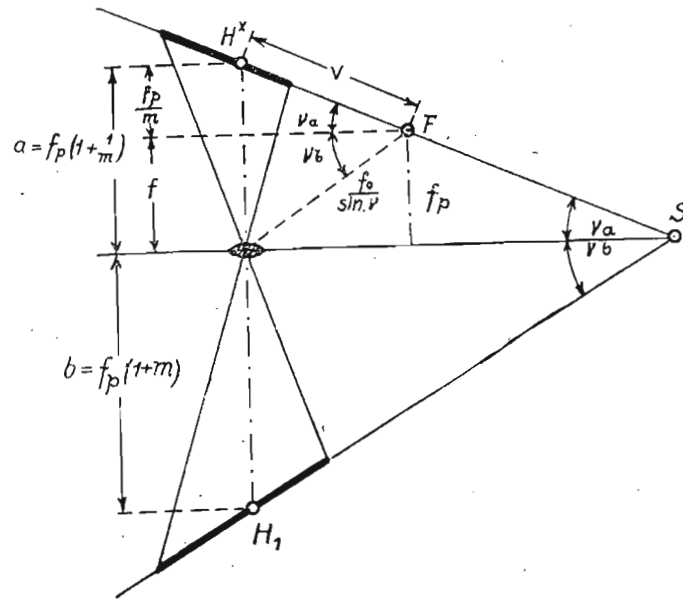
$$x \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a_0} \right) = y \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{a_0} - \frac{1}{f} + \frac{1}{a} \right)$$

i najzad

$$x = y$$

Da bi se dakle svaka tačka negativa potpuno oštrocavala na projekcionoj ravni, mora pri ispravljanju nagnutih linija da bude ispunjen još i optički uslov, da prolazi glavna ravan objektivna kroz

presečnicu S ravni negativa i projekcione ravni. Ovaj uslov je prvi otkrio prof. Ernst Abbe u svojoj optičkoj teoriji, a za svrhe ispravljanja nagnutih linija formulisao ga je Scheinpflug, usled čega se kratko naziva Scheinpflug-ov uslov. Pri tome nikako nije potrebno, da žižna daljina objektivna za povećavanje bude jednaka žižnoj daljini fotografskog objektivna.



Sl. 99.

Optički odnosi pri ispravljanju povećanja

Na osnovu izvedenih geometrijsko optičkih uslova mogu da se utvrde potrebni odnosi za pravilno ispravljanje nagnutih linija, ako su poznate žižne daljine objektivna fotografske kamere f_0 i objektivna za povećavanje f_p , razmera povećanja m i razdaljina v nedoglednice od središta negativa, koja se odmeri na kopiji u kontaktu do presečišta nagnutih linija. Razdaljina objektivna za povećavanje od središta H^* negativa (sl. 99.) određena je željenom razmerom povećanja m u smislu poznate formule

$$a = f_p \left(1 + \frac{1}{m} \right),$$

pri čemu moraju ravan negativa i glavna ravan objektivna, u smislu prvog geometrijsko perspektivnog uslova, da grade toliki ugao v , da

iznosi razdaljina objektivna za povećavanje 0 od nedoglednice $F : \frac{f_0}{\sin v}$ ako je pri snimanju v nagib optičke ose fotografskog objektivna prema horizontali. Na osnovu ovog uslova određeno je presečnica S ravni negativa i glavne ravni objektivna. Kroz ovu presečnicu mora, u smislu Scheinpflug-ovog uslova, da prolazi i projekciona ravan, koja mora sa glavnom ravni objektivna da gradi toliki ugao v_b da, u smislu drugog geometrijsko perspektivnog uslova, bude paralelna sa spojnom linijom između objektivna O i nedoglednice F . Pošto su u nedoglednici ocrtane tačke objekta koje se nalaze beskrajno daleko, odnosno projekcione ravni, onda je rastojanjem nedoglednice F od glavne ravni objektivna pretstavljena i žižna daljina f_p objektivna za povećavanje.

Veličina nagibnih uglova v_a i v_b dobija se iz sl. 99. na osnovu geometrijskih odnosa

$$\sin v_a = \frac{f_p}{m} = \frac{f_p}{m v} \dots 1)$$

i

$$\sin v_b = \frac{f_p}{f_0} = \frac{f_p \cdot \sin v}{f_0}$$

pošto je nagibni ugao v snimanja izražen sa

$$\operatorname{tg} v = \frac{f_0}{v}$$

i pošto je na osnovu trigonometrijske formule $\sin^2 v + \cos^2 v = 1$

$$\sin^2 v = \frac{\operatorname{tg}^2 v}{1 + \operatorname{tg}^2 v} \quad \text{ili} \quad \sin v = \frac{\operatorname{tg} v}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 v}}$$

imaćemo

$$\sin v = \frac{\frac{f_0}{v}}{\sqrt{1 + \frac{f_0^2}{v^2}}} = \frac{f_0}{\sqrt{f_0^2 + v^2}}$$

Upotrebivši ovaj izraz imaćemo najzad

$$\sin v_b = \frac{f_p}{f_0} \cdot \frac{f_0}{\sqrt{f_0^2 + v^2}} = \frac{f_p}{\sqrt{f_0^2 + v^2}} \dots 2)$$

Na osnovu jednačina 1) i 2) su dakle sa datim vrednostima f_0 , f_p , v m određena oba nagibna ugla v_a , i v_b , čime je pravilno ispravljanje nagnutih linija relativno vrlo olakšano.

Da bi se pri ispravljanju mogla postaviti ova dva ugla v_a , i v_b jedna ravan kao osnovna ravan može da bude fiksna, dok moraju druge

dve ravni da budu nagibne. Tako je na pr. kod aparata za povećavanje »Rajah III« glavna ravan objektiva nepokretna, a ravni negativa i pomoćna projekciona ravan su nagibne; kod aparata »Rajah IIIa« i »Rajah IV« je projekciona ravan kao osnovna ravan nepokretna, dok je omogućeno međusobno nezavisno naginjanje glavne ravni objektiva i ravni negativa.

Ovaj postupak ispravljanja, čiji je cilj u običnoj fotografskoj tehnici samo ispravljanje nagnutih linija, od najvećeg je značaja u fotogrametriji za ispravljanje kosih terenskih aerofotograma u svrhu takozvanih foto karata. Pošto bi opisani osnovni postupak oduzeo suviše mnogo vremena za ispravljanje mnogobrojnih fotograma, upotrebljuju se u fotogrametriji mesto prostih aparata za povećavanje automatski aparati za ispravljanje, kod kojih se potrebni međusobni položaj ravni automatski postavi naročitim inverzorima.

3. EKSPOZICIJA POVEĆANJA

A. Probna ekspozicija

Ekspozicija povećanja zavisi u prvom redu od jačine svetlosnog izvora u kućici za osvetljenje, od svetlosne jačine objektiva za povećavanje i njegove diafragme, od gustoće (karaktera) negativa, od osetljivosti papira na izazivanje i od veličine samog povećanja. Dok su jačina svetlosnog izvora, svetlosna jačina objektiva i osetljivost iste vrste papira konstantne komponente, mogu između pojedinih negativa da postoje velike razlike u karakteru, a kod istog negativa može da se menja i razmera povećanja. Kod ovako velikog broja komponenta smo, bez upotrebe nekih naročitih pomoćnih sredstava za određivanje ekspozicije povećanja, upućeni samo na probu i na stečeno iskustvo.

Potrebnu ekspoziciju povećanja utvrdićemo — naročito u samom početku i kod upotrebe nepoznatih papira — najprostije pomoću malih otsečaka papira, čiju gradaciju smatramo za najpogodniju. Otsečak položimo na onu partiju povećanja, na kojoj se neposredno jedni pored drugih pojavljuju najjače svetline i najdublje senke. Po osećanju ili po uputstvima približno eksponirani otsečak izazovemo sa normalnim trajanjem izazivanja. Eventualno već fiksirani i kratko vreme prani otsečak zatim posmatramo u smislu sledeće sheme:

Ocenjivanje ekspozicije:

Svetilne	mutne i sivkaste	čiste i dobro stupnjevane	bele i bez detalja
Ekspozicija	preduga	pravilna	prekratka

Ocenjivanje gradacije papira:

Senke	sive i bez dovoljne snage	snažne i dobro stupnjevane	intenzivno crne, skoro bez detalja
Gradacija	premekta	pravilna	pretvrda

Za ocenjivanje ekspozicije je dakle merodavan izgled svetlina, a za ocenjivanje gradacije izgled senki.

Pošto je toleranca ekspozicije papira na izazivanje vrlo mala i to utoliko manja, ukoliko je tvrda gradacija papira, ekonomičnije je žrtvovati za probne ekspozicije nekoliko otsečaka više, nego li loše odmerenom ekspozicijom pokvariti ceo list papira.

Čim je probom utvrđena pravilna ekspozicija i gradacija papira, pomakne se pred objektiv za povećavanje crveni filter i namesti na projekcionoj ravni papir na izazivanje (najbolje u odgovarajućoj kaseti za povećavanje). Utvrđena ekspozicija odmerava se ili brojanjem ili pomoću sekundne skazaljke džepnog sata ili pomoću naročitog sata za kopiranje (koji posle izvršene ekspozicije automatski isključi električnu struju).

B. Pomoćna sredstva za određivanje ekspozicije

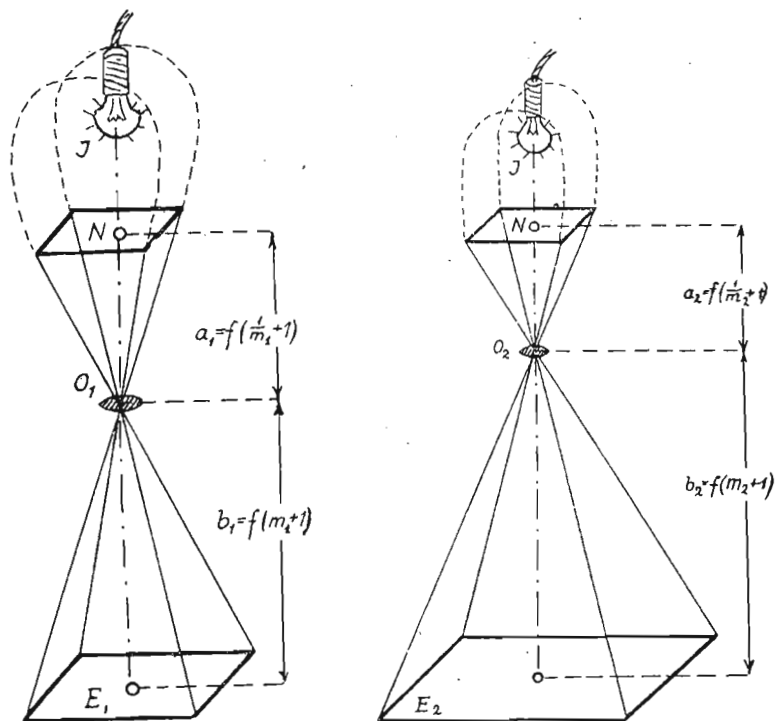
Određivanje ekspozicije jako olakšavaju razna — nažalost prilično skupa — pomoćna sredstva. Na optičkoj osnovi su građeni Dr. Mayer-ov »Largodrem« firme Drem-Zentrale, Dr. Schlichter-ov »Lios-Grandoskop« i »Lios-Periphot« (kojim se istovremeno optički dotera i oština povećanja). Međutim je na foto električnom principu građen fotometar za povećavanje »Majus« firme Sixtus-Mosswerk.

C. Ekspozicija i razmera povećanja

U početku je bilo rečeno da ekspozicija za isti negativ, kod inače nepromenjenih ostalih komponenta, zavisi i od razmere povećanja. Ekspozicija povećanja istog negativa nije dakle kod dve različite razmere ista, nego je kod većih povećanja duža nego kod manjih.

Za određivanje ekspozicije kod povećavanja istog negativa u različitim razmerama važan je odnos između ekspozicije t_1 kod m_1 -strukog povećanja i ekspozicije t_2 kod m_2 -strukog povećanja. Za odnos ovih dveju ekspozicija merodavna je razmera jačine osvetljenja povećanih slika kod m_1 -strukog i m_2 -strukog povećanja (sl. 100a i b). Pošto objektiv za povećavanje sabira zrake koje zrači svetlosni izvor J i zatim ih opet raspe u prostor slike, za jačinu osvetljenja površine slike je sa fotometrijskog gledišta isto, kao da se svetlosni izvor J nalazi u objektivu

za povećavanje. Stoga po Lambert-ovom fotometrijskom zakonu (o tome u poglavlju: O svetlosti i bojama) iznosi jačina osvetljenja projicirana



Sl. 100a.

N — negativ; E₁ — povećanje;
m₁—puta

Sl. 100b.

N — negativ; E₂ — povećanje;
m₂—puta

nih slika kod m₁-strukog povećanja.

$$E_1 = \frac{J}{b_1^2} = \frac{J}{f^2 (m_1 + 1)^2}$$

i jačina osvetljenja kod m₂-strukog povećanja

$$E_2 = \frac{J}{b_2^2} = \frac{J}{f^2 (m_2 + 1)^2}$$

Sa jačinama osvetljenja E₁ i E₂ koje su obrnuto srazmerne razmerama povećanja m₁ i m₂, su u obrnutoj srazmeri i ekspozicije t₁ i t₂ oba povećanja, dakle

$$t_1 : t_2 = E_2 : E_1$$

ili

$$t_1 : t_2 = \frac{J}{f^2 (m_2 + 1)^2} : \frac{J}{f^2 (m_1 + 1)^2}$$

Pošto se iz ove srazmere eliminišu intenzitet osvetljenja J i žižna daljina f objektivna za povećavanje, ostaje

$$t_1 : t_2 = (m_1 + 1)^2 : (m_2 + 1)^2$$

Ekspozicija t₂ kod drugog povećanja iznosi dakle

$$t_2 = \frac{(m_2 + 1)^2}{(m_1 + 1)^2} \cdot t_1 = k \cdot t_1$$

Čim je dakle poznata pravilna ekspozicija t₁ za m₁-struko povećanje, odmah dobijamo, pod inače podjednakim uslovima, pravilnu ekspoziciju t₂ za m₂-struko povećanje, ako prvu ekspoziciju t₁ pomnožimo faktorom ekspozicije

$$k = \frac{(m_2 + 1)^2}{(m_1 + 1)^2}$$

Izraz za ovaj faktor ekspozicije, kojim je određen odnos između ekspozicija kod različitih razmera povećanja, važi bez ograničenja, dakle i u slučaju, ako se m₂-struko uvećanje promeni u m₂-struko umanjenje. Bitno je samo to, da se razmere m₁ i m₂ stave kao linearne i obe u odnosu na originalni negativ.

Za praktičnu upotrebu su vrednosti ovog faktora ekspozicije za razne razmere povećanja navedene u tabeli XXX. — Za međuvrednosti razmera povećanja, koje tabela ne sadrži neposredno, nalaze se odgovarajući faktori ekspozicije interpolacijom.

Navedena tabela faktora ekspozicije upotrebljiva je i kod upotrebe različitih papira za povećavanje, ako je samo poznat odnos njihovih relativnih osetljivosti; u tom slučaju treba samo još faktor ekspozicije iz tabele podeliti, odnosno pomnožiti odnosom osetljivosti oba papira.

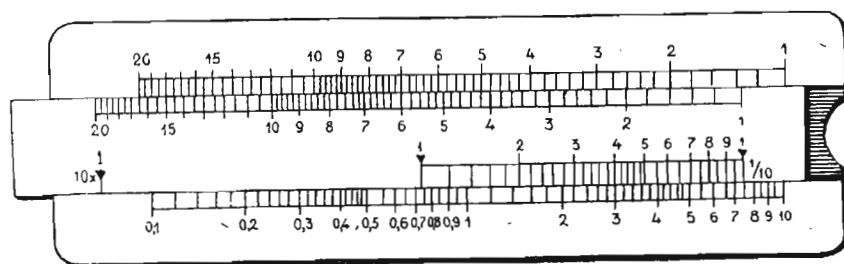
Međutim kod povećavanja različitih negativa tabela faktora ekspozicije ne pruža neposredno tačne rezultate, jer ekspozicija zavisi još i od karaktera negativa, t. j. od njegove gustoće. U tom slučaju bi morali faktor ekspozicije da pomnožimo još i brojem, koji zavisi od odnosa gustoća oba negativa. A za utvrđivanje gustoće su potrebna senzitometrijska merenja denzitometrom ili denzografom. Stoga za običnu praksu ostaje samo subjektivno ocenjivanje odnosa gustoća, a na osnovu ovog približnog ocenjivanja treba zatim faktorom ekspozicije utvrđenu ekspoziciju prostim ocenjivanjem produžiti, odnosno skratiti. Ovako ocenjena ekspozicija zatim služi kao osnova za prvu probnu ekspoziciju na otečku papira.

Tabela XXX:

Faktori ekspozicije za povećavanje

Povećanje m_1 sa poznatom ekspozicijom	Povećanje m_2 za koje se traži ekspozicija											
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
0,5	1,00	1,78	2,78	4,00	7,12	11,11	16,00	21,78	28,44	36,00	44,44	53,78
1,0	0,62	1,00	1,56	4,25	4,00	6,25	9,00	12,25	16,00	20,25	25,00	30,25
1,5	0,36	0,64	1,00	1,44	2,56	4,00	5,76	7,84	10,23	12,96	16,00	19,36
2,0	0,25	0,44	0,69	1,00	1,78	2,78	4,00	5,44	7,11	9,00	11,11	13,44
2,5	0,18	0,33	0,51	0,73	1,31	2,04	2,94	4,00	5,22	6,61	8,16	9,88
3,0	0,14	0,25	0,39	0,56	1,00	1,56	2,25	3,06	4,00	5,06	6,25	7,56
3,5	0,11	0,20	0,31	0,44	0,79	1,23	1,78	2,42	3,16	4,00	4,94	5,98
4,0	0,09	0,16	0,25	0,36	0,64	1,00	1,44	1,96	2,56	3,24	4,00	4,84
5,0	0,06	0,11	0,17	0,25	0,44	0,69	1,00	1,36	1,78	2,25	2,78	3,36
6,0	0,05	0,08	0,13	0,18	0,33	0,51	0,74	1,00	1,31	1,65	2,04	2,47
8,0	0,03	0,05	0,08	0,11	0,20	0,31	0,44	0,61	0,79	1,00	1,23	1,50
10,0	0,02	0,03	0,05	0,07	0,13	0,21	0,30	0,41	0,53	0,67	0,83	1,00

Međutim upotreba tabele faktora ekspozicije, zbog često potrebne interpolacije u mračnoj komori, još uvek nije dovoljno praktična; stoga se bolje zameni odgovarajućim računarnom. Na ovom računaru (sl. 101.)



Sl. 101

Logaritmar za izračunavanje faktora ekspozicije

su na gornjim dvema skalama navedeni $\log(m+1)^2$, a podele su neposredno označene u razmerama povećanja. Na donjoj skali nepokretnog dela nalazi se druga logaritamska podela (na osnovu prepolovljene jedinice gornjih skala razmena povećanja), koja neposredno navodi

faktore ekspozicije. Na donjoj ivici pokretnog jezika su tri značke kod kojih na skali faktora ekspozicije srednja neposredno daje vrednost faktora, leva 1/10 i desna njegovu 10-struku vrednost. Za utvrđivanje faktora ekspozicije postavi se na podelu poznatog povećanja (na pr. $m_1 = 8,0$) podela novog povećanja (na pr. $m_2 = 6,8$), a zatim se kod srednje značke neposredno pročita faktor ekspozicije $k = 0,73$. Pošto je na donjoj ivici jezička od srednje značke navedena logaritamska podela identična sa skalom faktora ekspozicije, odmah kod podele koja odgovara ekspoziciji prvog povećanja (na pr. 46 sekundi), pročitatmo na skali faktora ekspozicije ekspoziciju za novo povećanje (na pr. 34 sekunde).

4. IZAZIVANJE I FIKSIRANJE POVEĆANJA

Za izazivanje, fiksiranje i završne radove na povećanjima, važe ista načela i postupci koji su već navedeni kod pozitivskog procesa sa papirima na izazivanje.

Procesu izazivanja povećanja trebalo bi jedino još dodati, da je — naročito kod papira sa smešom srebro-hlorida i srebro-bromida — odgovarajućim regulisanje trajanja izazivanja, u izvesnoj meri, moguć uticaj na kontrast povećanja. Ako naime izazivanje pre vremena prekinemo, dobijamo mekšu sliku nego kad potpuno izazovemo; a da bi kod kraćeg izazivanja i svetline bile dovoljno ocrtane, potrebna je malo duža ekspozicija, pri čemu je radi postizavanja veće mekoće umesno odgovarajuće razblaženje izazivača, što koči brzinu izazivanja.

Suprotno tome možemo kontrast povećanja, skraćivanjem ekspozicije i produženjem izazivanja (sa normalnim izazivačem), malo da pojačamo.

Međutim na ovu modifikaciju ne reaguju svi papiri za povećavanje podjednako i bez praktičnog iskustva neće uvek da se postigne željeni efekat.

5. KOREKTURE NA POVEĆANJIMA

Kod neuspjelih povećanja, koja zbog nedovoljnih kontrasta ili prevelike tvrdoće ne zadovoljavaju, uopšte je najprostije rešenje da se bace i da se izrade nova. Kod velikih formata povećanja, za koja su međutim materijalni troškovi prilični, obično se ne propusti pokušaj korigovanja neuspelog povećanja pojačavanjem, odnosno oslabljivanjem.

A. Pojačavanje

Pojačavanje povećanja ima samo tada smisla, ako je slika u celini suviše meka i ako svetline sadrže sve detalje; jer je ma kakva korektura povećanja, koje istina u senkama i srednjim tonovima ima dovoljnu jačinu, ali u svetlosima nema dovoljno detalja, pojačavanjem bezuspešna.

Za pojačavanje povećanja upotrebljiv je samo pojačivač sa hromom (u istom sastavu kao za pojačavanje negativa). Pojačivačem sastava sa najvećim dodatkom sone kiseline, pojačanje je vrlo umereno, ali je ton povećanja još najprijatniji i crn. Na ovaj način može da se odstrani i zelenkasta nijansa, koja se stvara usled preobilne ekspozicije ili usled upotrebe izazivača sa preobilnim dodatkom kalijum-bromida.

B. Oslabljivanje

Neki put povećanje zbog obilne ekspozicije postane, kada se osuši, malo pretamno, ma da je inače bilo potpuno pravilno izazvano. Ovakvo povećanje može da se napravi ravnomerno svetlije oslabljivačem sa permanganatom u sastavu (po Emmermann-u)

voda	1000 ccm
kalijum-permanganat	0,1 g
kalijum-bisulfat	0,06 g
kalijum-sulfat	5 g

U ovome rastvoru, koji nije postojan i koji treba uvek sveže da se spravlja, ostaje povećanje toliko, da je samo malo tamnije nego što treba da bude na kraju; zatim se opere i eventualna žućkasta nijansa se odstrani 5%-nim rastvorom kalijum-metabisulfita, pa se još jednom kratko vreme pere.

Drugi način oslabljivanja sastoji se u tome, da se povećanje stavi u slab rastvor kalijum-permanganata, dok u belinama ne dobije blagu žućkasto mrku boju. Posle kratkog pranja se povećanje stavi u kiseli fiksir, u kojem tek slika počne da slabi, a istovremeno i da se razbi-strava. Posle temeljnog pranja može, u slučaju potrebe, oslabljivanje da se ponovi, odnosno produži; na ovaj način mogu tamna povećanja blago i ravnomerno da se oslabe i skoro nema opasnosti, da bi oslabljivanje moglo da se pretera.

Oslabljivanje je međutim uspešno samo kod povećanja, koja su obilno eksponirana i potpuno izazvana. Povećanja koja nemaju dovoljno snažne senke, ne mogu oslabljivanjem da se koriguju, jer bi time postala suviše mlaka.

Povećanja koja su u svetlinama i u srednjim tonovima pravilno stupnjevana, ali u senkama previše crna, najlakše se koriguju oslabljivačem »Neo-Subtrax« (hemisko farmaceutska fabrika Taeschner, Potsdam), koji je najbolja zamena za nepouzdana oslabljivač sa amonijum-persulfatom.

6. PRAKTIČNE INTERVENCIJE PRILIKOM POVEĆAVANJA

A. Povećavanje vrlo kontrastnih negativa

Ako je negativ tako jako kontrastan, da se pokazuju teškoće već i sa papirom meke gradacije, a korigovanje oslabljivanjem nije poželjno, onda se iskoristi takozvani Sterry-jev efekat koji se sastoji u tome, da se najjače osvetljene partije emulzije pri izazivanju koče tako, što se na emulziju prethodno deluju rastvorom kalijum-bihromata. U tu svrhu se relativno obilno eksponirano povećanje na približno 20 do 40 sekundi stavi u 1%-ni rastvor kalijum-bihromata. Ovo vreme zavisi od vrste papira i od stupnja mekoće. Povećanje se zatim pere 5 minuta u 3 do 4 puta promenjenoj vodi, pa se onda na uobičajeni način izazove. Pre ove intervencije je proba skoro neizbežna, jer ne reaguju svi papiri sasvim podjednako na Sterry-jev efekat.

B. Odmahivanje (dopunska ekspozicija)

Neki put su na negativu svetline vrlo guste i ostaju kod prosečne normalne ekspozicije bez dovoljno detalja (najčešće na pr. partija neba kod pejzaža); ako bi međutim povećanje eksponirali s obzirom na svetlosti, slika bi u celini postala preteška. U takvim slučajevima pomazemo sebi tako, što pregustu partiju negativa dopunski eksponiramo, dok dalje eksponiranje normalnog dela zadržimo odmahivanjem. U prostim slučajevima i u slučajevima, u kojima se ta partija nalazi na ivici povećanja, odmahujemo prosto rukom koju polako krećemo u snopu projekcionih zrakova, približno na $\frac{1}{3}$ visine iznad povećanja. Ako se međutim normalna partija nalazi na sredini slike, onda je zaštitimo pogodno izrezanim kartonom, pritvrđenim na držalji od žice.

Prelaz tonova između zaštićene i dopunski eksponirane partije je utoliko mekši i manje vidljiv, ukoliko bliže objektivu se vrši odmahivanje.

C. Huktanje

Ako se neki deo povećanja, zbog prevelike gustoće negativa, pri izazivanju suviše sporo pojavljuje, onda brzo izvadimo povećanje iz izazivača i huknemo na dotični deo; pošto toplota daha povećava aktivnost izazivača, ubrza se izazivanje zaostalog dela slike.

D. Ublažavanje zrna

Kod većih povećanja zrnatost negativa već postaje vidljiva, naročito ako je za snimanje upotrebljen negativski materijal sa grubim zrnom. Najprostije izbegnemo ovu pojavu upotrebom papira sa rapavom površinom.

Ako je međutim iz tehničkih razloga upotreba takvog papira neprihvatljiva, ocrtavanje zrna možemo da ublažimo na taj način, što na papir za vreme ekspozicije stavimo mutno staklo sa vrlo sitnim zrnom (mutnu stranu na sloj emulzije).

Zrno na povećanju može međutim da se ublaži i time, što se za vreme jednog dela eksponiranja natakne omekšivač (na pr. Kodak-ov Diffusing Discs, Duto omekšivač) na objektiv ili pak vrlo fina i providna crna tkanina, koja istovremeno stupnjuje i mekoću povećanja (efekat Softfocus). Ovo omekšavanje sme međutim da se vrši samo u vrlo umerenom obimu, jer inače trpi oštrina slike i senke se prelivaju u srednje tonove i u svetline; takvu preteranu mekoću kontura podnosi međutim samo umetnička fotografija.

E. Newton-ovi prstenovi

Krajnje nepoželjna pojava i nedostatak, od kojega ne štite ni najtačniji rad ni najčistiji negativ, su svetlo tamne mrlje na povećanju u obliku Newton-ovih prstenova. U smislu Newton-ovog zakona o interferenciji svetlosnih zrakova pojavljuju se ovi prstenovi u spektralnim bojama, čim se dodiruju ravna i konveksno ispupčena staklena ploča. Ova pojava javlja se najčešće kod filmova, koji se između dve staklene ploče stavljaju u aparat za povećavanje, pri čemu može da se dogodi da se kod istog filma prstenovi danas pojave, a sutra ne.

Neki put se Newton-ovi prstenovi na povećanju izgube već samo time, što se film između staklenih ploča pomeri. Ako to ne pomogne, pokuša se folijom iz celofana ili ivičnom maskom od hartije (čija debljina ne treba da je veća od 1/10 mm), koja se stavi između poleđine filma i staklene ploče. U krajnjem slučaju kapnu se na poleđinu filma 1 do 2 kapi glicerina koji se ravnomerno razmaže, a zatim se film čvrsto stegne između obe staklene ploče. Po završenom povećavanju se glicerin opet opere vodom.

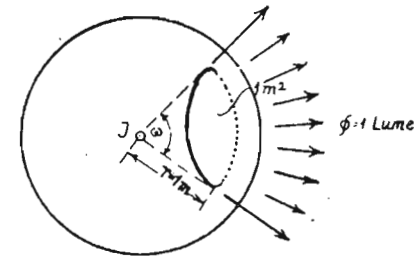
SEDMO POGLAVLJE

SVETLOST I BOJE

I. FIZIČKO OPTIČKI OSNOVI

1. JEDINICE VIZUELNE FOTOMETRIJE

Svetlost potiče od tela koja se sama svetle, t. j. od takozvanih svetlosnih izvora, ili od tela koja su osvetljena. Sa fizičkog gledišta se svetlost smatra kao neka vrsta energije koja se širi na sve strane u obliku talasa.



Sl. 102.
Prikaz steradijana

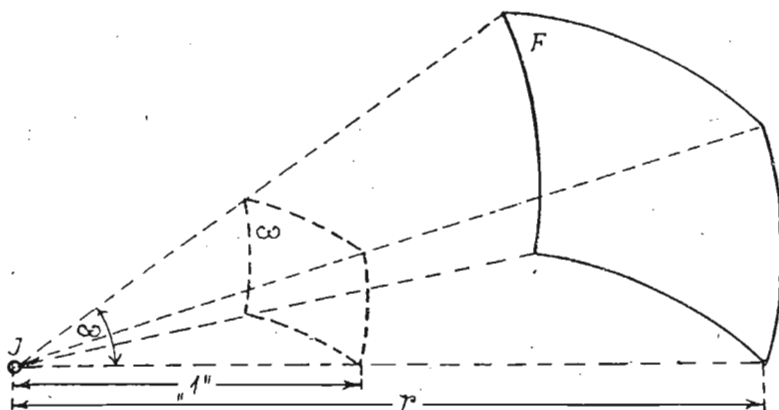
Jačina kojom svetle razni svetlosni izvori, t. j. njihova svetlosna jačina, je različita. Jedinica jačine svetlosti (J) je svetlosna jačina Hefner-ove sveće (HK), kod koje gori amil-acetat na fitilju 8 mm prečnika plamenom od 40 mm visine. Količina svetlosti ili svetlosna energija, koju zrači neki svetlosni izvor nazivamo svetlosnom strujom (fluks) Φ . Jedinica svetlosne struje je ona količina svetlosti koju zrači 1 Hefner-ova sveća u konični prostor sa prostornim uglom $\omega = 1$ (steradian), čiji vrh leži u središtu lopte sa poluprečnikom 1 (sl. 102.) i koji iseca iz površine ove lopte površinu 1 m². Ovu jedinicu svetlosne struje nazivamo lumen (Lm). Celokupna svetlosna struja, koju zrači

jedna Hefner-ova sveća iznosi dakle 4π lumena, a svetlosna struja svetlosnog izvora sa svetlinom J HK biće prema tome $4 \pi J$ lumena. Ovaj svetlosni izvor ispušta u konični prostor sa prostornim uglom » ω « svetlosnu struju $\frac{4 \pi J}{4 \pi} = J$ lumena, a u konični prostor sa uglom ω svetlosnu struju $\Phi = J \cdot \omega$ lumena.

Svetlosna struja koja pada na neku površinu, osvetljuje je i to utoliko jače, što god je veća njena svetlosna struja. Jedinicu jačine osvetljenja E , koju daje svetlosna struja od 1 Lm na površini od 1 m², nazivamo luks (Lx) ili metarska sveća (MK). Dakle uopšte iznosi jačina osvetljenja E površine F .

$$E (Lx) = \frac{\Phi (Lm)}{F (m^2)}$$

Jačina osvetljenja površine ne zavisi međutim samo od svetlosne jačine svetlosnog izvora, nego i od rastojanja površine od svetlosnog izvora. Ako svetlosni izvor jačinom svetlosti J (HK) osvetljava površinu F u rastojanju r od svetlosnog izvora (sl. 103.), onda je površina



Sl. 103.

Osvetljenost i rastojanje

F osvetljena svetlosnom strujom Φ pod prostornim uglom ω , pri čemu je $\Phi = J \cdot \omega$. Jačina osvetljenja površine F je dakle u smislu osnovnog odnosa

$$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{J \cdot \omega}{F}$$

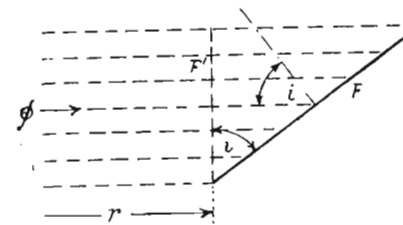
a pošto je iz geometrijskih razloga

$$\omega : F = 1 : r^2$$

onda iznosi jačina osvetljenja proizvoljne površine.

$$E = \frac{J}{r^2}$$

pod uslovom, da svetlosna struja pada na sva mesta pod pravim uglom na površinu.



Sl. 104.

Lambertov zakon pri nagnutoj površini

Ako međutim svetlosna struja Φ ne pada pod pravim uglom na površinu, nego pod upadnim uglom i prema normali na tu površinu (sl. 104.), onda je jačina osvetljenja površine

$$E = \frac{\Phi}{F}$$

Površina F' , koja predstavlja vertikalni presek svetlosne struje, imala bi jačinu osvetljenja

$$E' = \frac{\Phi}{F'} = \frac{J}{r^2}$$

Pošto iz te jednačine proizlazi svetlosna struja

$$\Phi = \frac{J}{r^2} \cdot F'$$

onda iznosi jačina osvetljenja kose površine F

$$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{J}{r^2} \cdot \frac{F'}{F}$$

Pošto je međutim $F' = F \cdot \cos i$, dobijamo najzad opšti Lambert-ov zakon o jačini osvetljenja proizvoljne površine

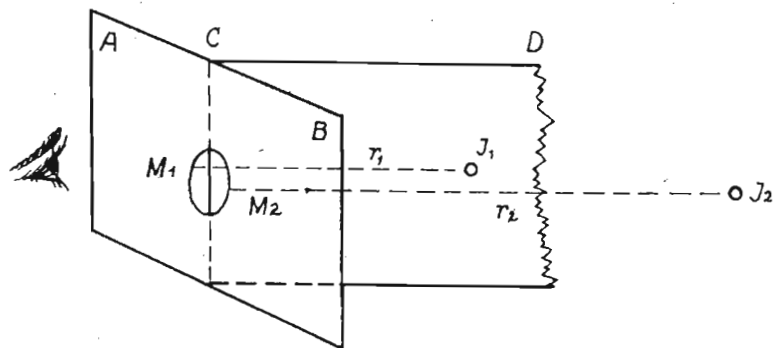
$$E = \frac{J \cos i}{r^2}$$

Količina svetlosti koju zrači metarska sveća u jednoj sekundi naziva se sekundna metarska sveća (SMK), a njeno fotografsko dejstvo »phot«.

2. NAČELA FOTOMETRIJE

Svrha fotometrije je merenje svetlosne jačine svetlosnih izvora i jačine osvetljenja površina.

Naše oko može istina da oceni jednaku ili nejednaku jačinu osvetljenja dveju površina, ali ne može da utvrdi međusobni odnos njihovih svetlosnih jačina. Stoga se fotometrija osniva na načelu, da se obe



Sl. 105.
Princip fotometra

osvetljene površine posmatrane okom izjednače na istu svetlosnu jačinu. Na sl. 105. predstavljena je osnova najprostijeg fotometra. Neprovidna površina AB ima u sredini otvor, pokriven papirom ili mutnim staklom. Normalno na AB nameštena pregrada CD deli otvor na dve polovine M_1 i M_2 . Na svakoj strani pregrade nameštena su dva svetlosna izvora (iste boje) sa svetlosnim jačinama J_1 i J_2 . Prvi stoji na fiksnom rastojanju r_1 , a drugi svetlosni izvor pomeramo dotle unapred i unazad, dok oko 0 ne vidi obe polovine M_1 i M_2 podjednako osvetljene. Onda je

$$\frac{J_1}{r_1^2} = \frac{J_2}{r_2^2}$$

ili

$$J_1 : J_2 = r_1^2 : r_2^2$$

Međutim se ne postizava kod svih fotometara jednakost jačina svetlosti obeju polovina M_1 i M_2 samo menjanjem rastojanja, nego može jednakost jačine svetlosti da se reguliše i umetanjem apsorpcionog sloja poznate gustoće (Goldberg-ov sivi klin), menjanjem otvora pogodne diafragme i t. d.

3. DISPERZIJA SVETLOSTI

Newton je u svojoj emanacionoj (korpuskularnoj ili emisionoj) teoriji svetlosti 1672. postavio hipotezu, da se svetlost sastoji iz malih delića (korpuskula), koje odašilje svetlosni izvor i koji se po zakonu inercije kreću konstantnom i vrlo velikom brzinom. U toj svojoj teoriji već je izložio činjenicu, da se bela svetlost sastoji iz raznih vrsta svetlosti, od kojih svaka za sebe daje utisak određene boje. Ovu činjenicu potvrđuje ogled sa snopom svetlosnih zraka, koji se prolazeći kroz staklenu prizmu raspe u spektar boja, pri čemu je prelamanje, odnosno eksponenat prelamanja, crvene svetlosti manje od prelamanja, odnosno od eksponenata prelamanja ljubičastih zraka. Pojavu disperzije objasnio je Newton hipotezom, da imaju svetlosne korpuskule različite mase koje su najveće za crvenu, a najmanje za ljubičastu svetlost.

Nešto docnije, 1678., je stvorio Huygens talasnu (undulacionu ili vibracionu) teoriju svetlosti na osnovu hipoteze, da je svetlost talasanje koje se od svetlosnog izvora širi na sve strane. Sredstvo koje posreduje talasanje, je po Huygens-u hipotetički, svugde prisutni svetlosni etar, lako pokretljiva materija velike elastičnosti i vrlo male gustine. Zbog velikog autoriteta Newton-a Huygens tada nije prodro sa svojom talasnom teorijom; tek u XIX. veku mogli su Fresnel i Foucault da uvedu talasnu teoriju.

Mnogobrojnim ogledima nije međutim bila dokazana samo teorija talasanja svetlosti, nego je bila utvrđena i talasna dužina pojedinih boja koja se uvek izražava u milimikronima $m\mu$ (t. j. milionitim delovima milimetra). Pored talasnih dužina boja vidljivog spektra (sl. 106.), koji se prostire približno između 700 i 400 $m\mu$, nađeni su i drugi svetlosni zraci, t. j. infra crveni i ultra ljubičasti zraci koji za čoveče oko istina nisu vidljivi, ali mogu da utiču na fotografsku emulziju.

Ultra ljubičasti zraci koji imaju talasnu dužinu od 390 $m\mu$ nadole, istina slobodnim okom nisu vidljivi, imaju međutim osobinu, da u obilnoj meri dejstvuju na fotografsku emulziju. Međutim u običnoj fotografskoj praksi ultra ljubičasti zraci ipak nemaju naročitog značaja, jer ih u najvećoj meri apsorbuje staklo objektiva; upotrebljuju se međutim za naročite svrhe naučne fotografije, a potrebni su za njih specijalni objektivni od jenskog ultra ljubičastog kronstakla ili od kvarca.

Infra crveni zraci sa talasnim dužinama od 700 $m\mu$ nagore se međutim iskorišćuju prvenstveno za avionske snimke, za snimke maglovitih daljina i u vezi s tim i u aerofotogrametriji upotrebom specijalnih negativskih emulzija senzibilizovanih za infra crveno područje spektra.

Podaci o granicama pojedinih spektralnih zona boja često se međusobom razlikuju, jer boje spektra prelaze jedna u drugu. Opšte međutim važe, za normalni spektar sunčane svetlosti, kao prosečne

granice između pojedinih talasnih dužina boja, podaci u tabeli XXXI. (po König-u). — Tabela sadrži istovremeno i relativne optičke i vizuelne svetlosne jačine pojedinih boja (za prosečne talasne dužine) prema žutoj boji koja je za naše oko optički najsvetlija. Pri bližem posmatranju sunčanog spektra opažamo u njemu tamne linije, paralelno sa spektralnim bojama. Ove linije, koje prekidaju kontinuitet

Tabela XXXI:

Bojene zone sunčanog spektra

Boja	Talasna dužina		Optička svetlina
	boje m μ	granice boja m μ	
Crvena	663	700 — 625	0,08
Narandžasta	610	625 — 600	0,76
Žuta i žuto-zelena	575	600 — 550	1
Zelena i plavo-zelena	526	550 — 490	0,64
Cijan plava i indigo	472	490 — 450	0,12
Ljubičasto plava	440	450 — 430	0,07
Ljubičasta	420	430 — 400	0,04

spektra i čiji je broj vrlo veliki, otkrio je Fraunhofer i po njemu se i zovu Fraunhofer-ove linije; najkarakterističnije među njima označene su u optici slovima od A do H (sl. 107.). Iz činjenice da se Fraunhofer-ove linije pojavljuju uvek na istom mestu sunčanog spektra, zaključuje se da ih prouzrokuju na suncu prisutni hemiski elementi čije pare apsorbiraju svetlosne zrake odgovarajućih talasnih dužina. Zbog njihovog konstantnog položaja upotrebio ih je Fraunhofer za orijentaciju u sunčanom spektru i za određivanje eksponenata prelamanja pojedinih boja; prema tome se za razne vrste stakla koeficijent prelamanja obično navodi za crtu D i označuje se sa n_D dok su za korigovanje hromatične aberacije fotografskih objektivu naročito važni eksponenti prelamanja n_C i n_F za linije C (crveno područje) i F (plavo područje).

4. ZRAČENJE SVETLOSNIH IZVORA

A. Bojeni sastav svetlosti svetlosnih izvora

Svetlost koju zrače razni svetlosni izvori i koja osvetljava razne površine nije u pogledu spektralnog sastava potpuno jednaka beloј dnevnoj svetlosti. Dok kod bele dnevne svetlosti ne preovlađuje ni jedna

spektralna boja i sve su boje takoreći međusobno uravnotežene, je svetlost pretežne većine veštačkih svetlosnih izvora žućkaste boje; to znači da ti svetlosni izvori zrače mnogo više žutih, nego li na primer plavih zrakova. Pošto su međutim za fotografske emulzije »najaktiniji« ili »hemiski efikasni« plavi zraci, onda će kod jednake apsolutne svetlosne jačine fotografsko dejstvo bele svetlosti svakako biti jače nego dejstvo veštačke svetlosti. Za ocenjivanje ovog hemiskog dejstva je dakle važno poznavanje boje svetlosnog izvora, koja se izražava u procentima bele svetlosti i talasnom dužinom preovlađujuće spektralne boje po tabeli XXXII (po Jones-u).

Tabela XXXII:

Boja svetlosnih izvora

Svetlosni izvor		% bele svetlosti	Talasna dužina preovlađujuće boje
Sunčana svetlost		100	—
Jasno nebo		60	472
Hefner-ova lampa		14	593
Karbitska lampa		36	585,5
Sijalica	sa ugljenim končićem - 3,5 W/HK	25	591,5
	sa volframovim končićem - bezvazdušna - 1,12 W/HK	35	588
	napunjena azotom - 0,45 w/HK	45	584,5
Lučna lampa kod 3,2 A		62	584,6
Neonska cev		6	605

Još tačniju sliku različnosti bojenog sastava svetlosti daju podaci relativne razdeobe svetlosne energije vidljivih spektara raznih svetlosnih izvora (po Hyde-Luckiesch-u) u tabeli XXXIII. — Kao prosečna sunčana svetlost se smatra u smislu Međunarodnog kongresa za fotografiju, srednja vrednost podnevne svetlosti na dan letnje i zimske sunčeve prekretnice, koja se uzima kao normalna »konvencionalna prosečna sunčana svetlost«. Kod te svetlosti su — kao što se iz gornje tabele vidi — sve spektralne boje skoro u potpunoj ravnoteži; kod podnevne sunčane svetlosti se međutim povećava procenat crveno narandžastih zrakova, a kod rasute dnevne svetlosti procenat plavih i ljubičastih zrakova. Bojeni sastav dnevne svetlosti dakle nije nikako apsolutno konstantan, nego se menja sa visinom sunca i sa meteorološkim stanjem atmosfere.

bela XXXIII:

Relativna raspodela (u %) svetlosne energije u spektru raznih svetlosnih izvora

Svetlosni izvor	Spektralna boja i talasna dužina λ														
	crvena			žuta			zelena			plava			ljubičasta		
	690	670	650	680	610	590	570	550	530	510	490	470	450	430	410
inčana svetlost	6,1	6,4	6,6	6,8	7,0	7,0	7,3	7,5	7,5	7,5	7,5	7,1	6,4	5,1	4,2
prosečna-konvencion. podnevna	6,7	6,8	6,9	7,0	7,2	7,2	7,2	7,1	7,0	6,9	6,6	6,5	6,0	5,7	5,2
asura dnevna svet. pri ved. nebu	8,8	4,0	4,4	4,5	4,9	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,5	9,4	9,8	9,7	9,3
efner-ova lampa	22,6	18,4	14,9	11,9	9,2	7,1	5,1	3,7	2,7	1,8	1,1	0,8	0,4	0,3	0,1
arbitska lampa	16,8	14,9	13,9	11,7	9,7	8,2	6,7	5,4	4,2	3,3	2,5	1,8	1,2	0,6	0,4
Sa ugljen. končićem 2,8W/HK	18,5	16,1	13,9	11,7	9,2	7,9	6,3	4,9	3,7	2,6	2,0	1,4	0,9	0,6	0,3
sa volfra. konč. sa bezvazduš.-1,13 W/HK	16,7	14,8	12,9	11,2	9,6	8,2	6,9	5,7	4,5	3,5	2,7	1,9	1,4		
napun. gas. 0,45 W/HE	12,3	11,7	10,9	10,1	9,7	8,3	7,3	6,5	5,6	4,7	3,9	3,2	2,5	1,9	1,4
učna lampa	13,9	12,7	11,6	10,4	9,2	8,2	7,2	6,2	5,3	4,5	3,7	3,0	2,3	1,8	
uer-ova plinska svetlost	11,6	11,5	11,0	10,7	10,3	9,7	8,7	7,5	6,2	4,9	3,7	2,5	1,7		

Spektralni bojeni sastav svih veštačkih svetlosnih izvora se međutim bitno razlikuje od sastava sunčane svetlosti, pri čemu bez izuzetka sadrže veći procenat crveno žutih zrakova, dok su vrlo siromašni na plavo ljubičastim zracima. Suprotno međutim imaju veštački svetlosni izvori to preimućstvo prema sunčanoj svetlosti, da je njihov bojeni spektar pod jednakim uslovima zračenja apsolutno konstantan. Prema tome i da bi se izbegle velike razlike u spektralnom sastavu sunčane svetlosti, upotrebljuju se u fotometriji i senzitometriji skoro uvek veštački svetlosni izvori, ma da bojeni sastav njihove svetlosti (bez upotrebe naročitih filtara) nikako ne odgovara bojenom sastavu dnevne svetlosti.

B. Temperatura zračenja svetlosnih izvora

Vizuelna svetlosna jačina i spektralna razdeoba boja u svetlosti raznih svetlosnih izvora zavisi po fizičkom zakonu aktinometrije od temperature svetlećeg tela, koju stoga nazivamo i temperaturom značenja. Kada temperatura raste, pomera se, po Planck-ovom zakonu (1900.), najsvetlija partija spektra, kao maksimum zračenja, od infra

Tabela XXXIV:

Temperatura zračenja svetlosnih izvora

Svetlosni izvor		Temperatura zračenja °K	Svetlosni izvor		Temperatura zračenja °K
Prosečna sunčana svetlost	konvencionalna	5000	Sijalica sa volframovim končićem - bezvazdušna	10W	2390
	izvan atmosfere	6500		60W	2509
Hefner-ova lampa		1830	Sijalica sa volframovim končićem napunjena gasom	50W	2670
Magnezijumova traka		3680		100W	2740
Karbitska lampa		2360	200W	2810	
Sijalica sa ugljenim končićem		2075	Lučna lampa		3720

crvenog prema ultra ljubičastom području; za temperature do 3000° je još u infra crvenom delu spektra, kod 4000° u crvenom, kod 5000° u svetlo žutom, kod 6000° u nebesko plavom, kod 7000° u ljubičastom delu, a oko 8000° prelazi polako u ultra ljubičasto područje.

Temperatura zračenja svetlosnih izvora izražava se uvek u apsolutnim stepenima temperature po Kelvin-ovoj skali (°K), pri čemu treba

za pretvaranje Celsius-ovih stepeni u stepene apsolutne temperature dodati Celsius-ovim stepenima 273° (jer se apsolutna nula nalazi na -273° C).

Temperature zračenja za fotografsku tehniku najvažnijih svetlosnih izvora (po rezultatima Fabry-a, Huse-a, Jones-a, Dziobeck-a i t. d.) navedene su u tabeli XXXIV.

Što je viša temperatura zračenja svetlosnog izvora, to se više približuje njegova boja boji sunčane svetlosti, čiju visoku temperaturu međutim ne dostizava ni jedan veštački svetlosni izvor. Međutim upotrebom pogodnih filtera može relativna razdeoba boja veštačkih svetlosnih izvora da se uskladi sa bojom prosečne sunčane svetlosti.

II. OSNOVNI POJMOVI NAUKE O BOJAMA

1. MEŠANE BOJE

Spektralne boje koje se pojavljuju u sunčanom spektru ili u emisionom spektru raznih svetlosnih izvora, uvek su boje određene talasne dužine. Boje tela (pigmenti ili bojene materije) su međutim uvek mešane boje ili smeše boja odbijene svetlosti različitih talasnih dužina.

Spektralne boje svih talasnih dužina koje istovremeno padaju na naše oko, prilično stoje međusobom u ravnoteži, usled čega osećamo njihovu smešu kao neku novu, najsvetliju i »bezbojnu« boju: belu. Razlog da se iz svih spektralnih boja stvara nov utisak bele boje, počiva u fiziološkom sastavu našeg oka kao čula. Dok naše uvo može

Tabela XXXV:

Komplementarne boje

Boja	Talasna dužina m μ	Komplementarna boja	Talasna dužina m μ	Odnos talasnih dužina
crvena	645	zeleno-plavkasta	490	1,334
narandžasta	604	plavo-zelenkasta	488	1,238
žuta	572	plava	480	1,192
žuto-zelenkasta	563	indigo	460	1,224
zeleno-žučkasta	561	ljubičasta	432	1,299

dva istovremeno oscilujuća akustična tona različite frekvence da oseti kao dva različita tona, naše oko, istovremeno izloženo talasnim dužinama dveju različitih boja, ove dve jednu od druge ne razlikuje, nego ih oseća kao novu, takozvanu mešanu boju. Najsvetlija od svih mogućnih mešanih boja izgleda nam kao bela. Kao što je iz fizičke optike poznato, označujemo dve boje koje se u našem oku, pri istovremenom dejstvu, dopunjuju u belu boju, kao komplementarne ili dopunske boje. Najvažniji parovi komplementarnih boja navedeni su u tabeli XXXV.

U određenom području spektra (osim od žuto zelenog do zeleno plavog područja) može za svaku čistu, nemešanu spektralnu boju da se nađe komplementarna čista boja; suprotno tome ne može za dve komplementarne boje neposredno da se utvrdi, da li su to čiste spektralne ili mešane boje. Dve komplementarne boje jedna pored druge stvaraju naročito prijatan utisak za naše oko.

Boje mogu da se mešaju ili »suptraktivno« ili »aditivno«.

Slikarskoj tehnici svojstveno i potpuno tačno kao suptraktivni način označeno mešanje boja osniva se na oduzimanju ili na apsorpciji svetlosnih zrakova. Pri procesu te apsorpcije se od najjače svetlosti (na primer od bele hartije) oduzimaju određene boje i nanese bojeni ton nije dopunska boja, nego ostatak. Beloj površini, obojenoj na primer crveno se od njene bele mešane boje oduzimaju sve druge spektralne boje (žuta, zelena, plava i ljubičasta) osim crvene (prilog, sl. 108a)*.

Ako stavimo preko crvene boje još komplementarnu zelenu boju (prilog, sl. 108b)*, onda se suptraktivnim putem zadrži sva svetlost i sve boje, usled čega ostane samo još potpuna crnina.

Ako primenimo ovaj osnovni princip suptraktivnog mešanja boja na sve tri osnovne boje (crvenu, žutu i plavu) koje omogućuju sve najrazličnije mešane boje, onda dobijamo sl. 109. (prilog)* na kojoj zamislimo ova tri kruga kao na pr. tri providne bojene ploče koje leže na beloj hartiji. Tamo gde se pokrivaju dva kruga, stvaraju se poznate mešane boje koje su zbog oduzimanja svetlosti uvek tamnije od osnovnih boja; u sredini, gde se pokrivaju sve tri boje, su oduzeti svetlosni zraci svih talasnih dužina i rezultuje samo još apsolutno crna boja.

Utisak apsolutno crne boje može da se stvori i mešanjem dveju boja koje nisu više čiste, nego već izlomljene i kod kojih je treća, prividno neprisutna osnovna boja, delom skrivena u jednoj ili u obe izlomljene boje (prilog, sl. 110a, b i c)*.

Iz svih ovih primera dakle proizlazi, da određena boja uvek apsorbuje svetlosne zrake komplementarne boje.

Na načelu suptraktivnog mešanja boja osniva se način osvetljavanja mračne komore, utisak boja tela (pigmenata), senzibilizacija fotografskih emulzija za boje i dejstvo kompenzacionih filtara za fotografske emulzije.

Potpuno drugačiji je proces aditivnog mešanja boja kod kojega se bojena svetlost ne oduzima, nego se adira, t. j. dodaje bojenoj svetlosti. Ako zamislimo tri projektora, od kojih prvi projicira crvenu, drugi zelenu i treći ljubičastu boju i koji su tako upravljani, da se njihovi krugovi delom pokrivaju (prilog, sl. 111)*, onda dolazi do adicije (sabiranja) obojenih zrakova i zbir svih triju obojenih svetlosti je bela boja. Pored toga je za aditivno mešanje boja karakteristično, da pri sastavljanju dveju boja nikada ne može da se obrazuje tamnija boja, nego rezultanta uvek mora biti svetlija boja koja je smeša različitih talasnih dužina, čiji talasi leže jedni na drugima. Međutim — kao što

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

je već spomenuto — naše oko nije u stanju da razlikuje bojene komponente ove smeše, nego je oseća kao treću boju, jer oku nedostaje sposobnost razlikovanja različitih talasnih dužina.

Za pojavu aditivnog mešanja boja izvodimo dakle sledeće zaključke: kao smeša svih boja rezultuje bela boja, pri čemu su — suprotno suptraktivnom mešanju — osnovne boje crvena, zelena i ljubičasta; na mestima gde se pokrivaju dve boje stvaraju se nove, svetlije boje i potpuno neočekivano rezultuje iz crvene i zelene boje kao aditivna smeša žuta boja; dakle je žuta boja mešana boja (samo spektralna svetlost natrijumovih para talasne dužine 589 m μ je čista žuta boja).

Bela boja međutim rezultuje aditivnim putem takođe već iz dveju prelomljenih, ali komplementarnih boja, koje u svom sastavu već sadrže treću, prividno neprisutnu boju (prilog, sl. 112a, b i c)*.

Suprotno suptraktivnom mešanju, žuta boja kod aditivnog mešanja nije osnovna boja; jer moć odvajanja našeg oka za bojene talasne smeše je tako mala, da može da rezultuje »nečista« žuta boja još i na druge načine mešanjem različitih talasnih dužina, usled čega je najnepravilnija od svih bojanih smeša. Naročita izuzetnost žute boje sastoji se još i u tome, da ne možemo da je dobijemo suptraktivnim mešanjem pravih osnovnih boja, t. j. crvene, zelene i plave boje. Stoga za suptraktivno mešanje boja ostaje samo, da smatramo žutu boju kao osnovnu boju.

Pošto žuta boja ustvari nije nikakva osnovna boja — i fotografija u boji ne upotrebljuje žuti zrnasti raster, nego se na žutim delovima slike pod mikroskopom opaža gusto susedstvo crvenih i zelenih bojanih delića. Ti delići su tako mali, da se crvena i zelena boja za naše oko aditivno potpuno slivaju u žutu boju.

Pojava aditivnog mešanja boja koja je, po Yuong-ovoj teoriji gledanja u tri boje, osnova za objašnjavanje osećanja boja našim okom, upotrebljuje se u prvom redu u fotografiji u bojama i pri projiciranju slika u boji.

2. PIGMENTI

Za fotografsku tehniku su od najvećeg značaja pigmenti (bojene materije) koji daju raznim telima boju suptraktivnim putem. Pigmenti su naime potrošači svetlosti, koji na osnovu svoje molekularne strukture apsorbuju određene talasne dužine spektralne, više ili manje bezbojne mešane svetlosti i odbijaju samo ostatak neapsorbovane svetlosti. Pigmenti dakle dejstvuju selektivno. Crven predmet ili crta crvene boje apsorbuje sve bojene sastojke bele mešane svetlosti osim crvenih zrakova i stoga nam izgleda crven. Apsorbovane boje predstavljaju dakle komplementarnu boju boje tela.

Stvaranje boje kod pigmenata ima svoju fizičko optičku osnovu u suptraktivnom mešanju boja na osnovu pojava rezonance boja. U pigmentima počne naime atomski ili molekularni sistem da osciluje,

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

kad ove supstance pogode talasne dužine na koje reaguje njihov molekularni sistem. U atomima i molekulima dolazi tada od rezonance boja; a svaka rezonanca znači potrošnju energije. Što se kod ove rezonance troši, to je deo bele mešane svetlosti koji se tada apsorbuje. Neapsorbivana svetlost koja preostaje i odbija se, to je ona boja koju oseti čoveče oko kao svojstvenu boju tela ili pigmenta.

3. OBOJENA SVETLOST

Iz opažanja u mračnoj komori je poznato, da gube kod crvene svetlosti svi predmeti svoju sopstvenu boju i da ih razaznajemo samo još u više ili manje čistoj crvenoj boji. Ova činjenica je neposredan dokaz za dejstvo pigmentata koji predmetu mogu dosledno da daju samo onu boju, koju sadrži svetlost koja pada na predmet; pa već je Goethe u svojoj nauci o bojama utvrdio, da »su boje tvorevine svetlosti«. Od spektralnog sastava, odnosno od boje svetlosti, zavisi i dotična boja pigmentata; ako pogode predmet na pr. samo crveni zraci duge talasne dužine, onda kod njegovih pigmentata ne može da se pokaže ona boja, koju inače vidimo kod bele mešane svetlosti; isto tako izgubi se u zelenoj svetlosti svaka druga boja osim zelene.

Svetlost električne sijalice je — kao što je poznato — narandžasto crvenkasta; kod te svetlosti osećamo inače normalno čistu plavu boju kao uprljanu i sivkastu, jer je svetlost sijalice toliko oskudna na plavim zracima, da plava boja ne može potpuno da dođe do izražaja. — Suprotno međutim nedostaje nekim specijalnim svetlosnim izvorima (na pr. kvarcna lampama) crveno žućkasta komponenta; pošto stoga u ovoj svetlosti ne mogu da se pokažu crveno žućkaste boje, ovi svetlosni izvori daju na pr. čovečjoj koži mrtvački izgled.

I dnevna svetlost nije u svako doba i svugde ravnomerno bela, nego menja svoj spektralni sastav i pokazuje se više ili manje obojena. Tako je na pr. dnevna svetlost u zoru ili pri zalasku sunca crvenkasto žuta, dok je rasuta dnevna svetlost kod vedrog neba, a naročito dnevna svetlost pri snegu plavkasta, na alpiskim visinama je u podne čak naročito bogata na nevidljivim ultra ljubičastim zracima. Ova različita obojenost dnevne svetlosti, odnosno atmosfere, ima svog uzroka u disperziji sunčanih zrakova.

Sunčana svetlost pada naime na zemlju kroz atmosferu, t. j. prolazi između velikog broja molekula vazduha, između kojih ima mnogo prašine, kapljica vode i kristalića leda. Svi ti delići rasipaju sunčane zrake i skretaju ih od prvobitnog pravca. Kad se sunčana svetlost ne bi rasipala i ne bi skretala, nego bi se širila samo po pravoj liniji, osećali bismo sunce samo kao reflektor, dok bi ceo ostali svet oko snopa sunčanih zrakova bio u potpunoj tami. Dnevna svetlost je samo posledica disperzije sunčanih zrakova, a ova optička pojava najviše i u prvom redu utiče na plavo spektralno područje, jer su za disperziju, skretanje i odbijanje zrakova kratke talasne dužine dovoljni već i

molekuli vazduha koji su krupni prema beskonačno kratkim talasnim dužinama plave svetlosti. Na ovaj način po celoj atmosferi rasuti plavi zraci dolaze u naše oko kao plava boja neba; najplavlje je nebo kod čiste atmosfere bez prašine u kojoj se prelamaju i odbijaju samo plavi zraci. Ako međutim u atmosferi lebde delići koji snažnije rasipaju, na pr. prašina i vodena para, onda se prelamaju i duže talasne dužine — zelene, žute i crvene boje — a ova smeša daje prašinom i vodenom parom zasićenju atmosferi ili daljini mlečno plavkastu ili plavkasto sivu boju.

Ako međutim moraju sunčani zraci da naprave izvanredno dug put kroz maglovitu i prašnu atmosferu, t. j. kod niskog stanja sunca, u zoru ili pri zalasku sunca (prilog, sl. 113)*, onda se na krupnim delićima

Tabela XXXVI:

Kolebanje spektralnog sastava sunčane svetlosti

Boja	Optičko težište m μ	Visina sunca i debljina atmosfere							
		90°	42°	30°	19,5°	14,3°	11,3°	9,5°	
		1	1,5	2	3	4	5	6	
Crvena	650	0,91	0,87	0,83	0,80	0,69	0,63	0,58	
Zelena	520	0,87	0,81	0,76	0,66	0,57	0,50	0,43	
Želeno-plava	465	0,83	0,75	0,68	0,56	0,47	0,39	0,32	
Plava	415	0,75	0,65	0,56	0,43	0,32	0,24	0,18	
Plavo-ljubičasta	405	0,73	0,62	0,53	0,39	0,28	0,21	0,15	

prašine rasipaju prvenstveno zraci duge talasne dužine; jer su se kratko-taladni plavi zraci već ranije istrošili, usled rasipanja u spoljnoj atmosferi i usled toga preovlađuju u zoru ili pri zalasku sunca žućkasto crveni zraci koji nebu daju tu boju.

Ove promene u relativnoj razdeobi boja svetlosnih zrakova, prema promenljivoj visini sunca, navedene su i numerično (po C. Dorno-u) u tabeli XXXVI. — Brojevi ovi tabele navode relativno slabljenje intenziteta pojedinih spektralnih područja sunčane svetlosti pri prolazu kroz atmosferu, pri čemu je intenzitet svake boje pre prolaza kroz atmosferu = »1«. Intenzitet svih boja slabi se dakle sa debljinom sloja atmosfere (t. j. sa smanjenjem visine sunca), pri čemu se kratko-talasna plava svetlost oslabi mnogo jače nego dugotalasna crvena svetlost.

Iz svih ovih razmatranja proizlazi, da i dnevna svetlost nije dosledno neutralno bela, nego da je kod vedrog neba preko dana više plavkaste, ujutru i uveče međutim više crvenkasto žute boje. A time se delom menja i obojenost objekata; jer u plavkastoj svetlosti se objektima više nameće njeno plavetnilo, a u crvenkasto žutoj svetlosti

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

više dolaze do izražaja žuto crveni tonovi. Posledica ovoga jeste, da registruje fotografska emulzija boje kod svetlosti bilo koje boje drugačije nego kod neutralne dnevne svetlosti i da naravno registruje samo onu obojenost, koja se pojavljuje pod uticajem dotičnog spektralnog sastava svetlosti. A ukoliko će naravno emulzija da reaguje na različite boje, to opet zavisi od njene osetljivosti za boje, t. j. od stupnja njene senzibilizacije za boje.

Ova izlaganja nauke o svetlosti i bojama su neophodni temelj za razumevanje velikih komplikacija koje se pojavljuju kod tendencije za apsolutno vernim ocrtavanjem tonova na fotografskoj slici.

III. FIZIOLOGIJA OSEĆANJA BOJA

Na osnovu Yuong-Helmholtz-ove hipoteze prima čoveče oko boje aditivnim putem tako, što je svaki utisak boje, koji se stvara na mrežnjači ili retini oka, smeša triju osnovnih boja: crvene, zelene i plave.

Tabela XXXVII:

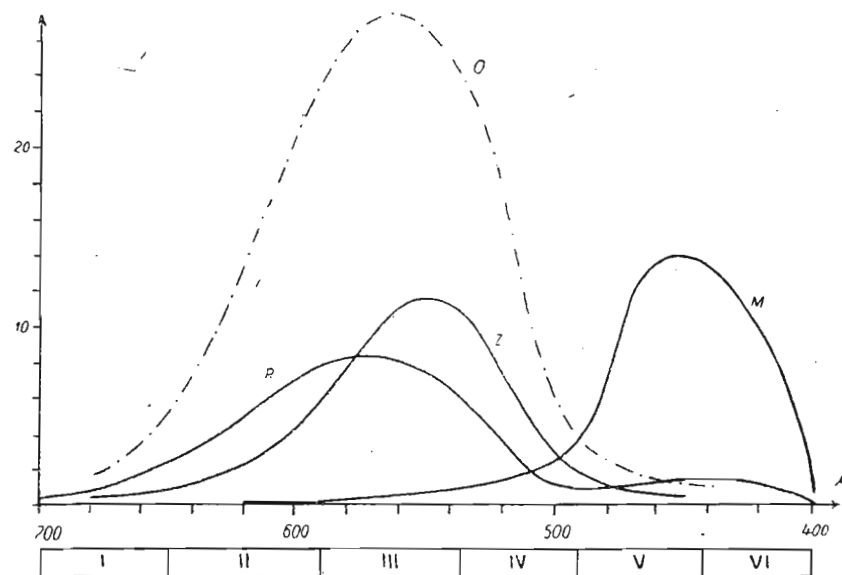
Jačina rezonance osećanja boja

Boja (po Helmholtz-u)	Talasna dužina λ	Jačina rezonance osnovnog osećaja za			Vizuelna svetlina
		crveno	zeleno	plavo	
Crvena	700	0,15	0,01		
	683	0,26	0,04		1,0
Narandžasta	648	1,92	0,48		4,9
	617	5,70	2,22	0,01	13,5
	593	7,80	5,58	0,03	21,6
Žuta	572	8,42	9,30	0,09	26,7
Žuto-zelena	553	7,78	11,40	0,29	27,1
Zelena	534	6,12	10,12	0,68	23,5
	517	2,98	6,73	1,21	14,6
Zeleno-plava	504	1,40	4,06	1,88	7,9
	492	1,03	2,88	3,29	4,3
Plava { cijan indlgo	477	1,04	1,14	9,63	2,7
	467	1,25	0,62	12,63	2,1
	449	1,40	0,20	13,70	1,3
Ljubičasta	435	1,30		12,22	1,0
	420	1,19		8,60	
	400	0,09		2,86	

Po ovoj hipotezi treba naime da ima tri vrste čepića na mrežnjači, od kojih su jedni najosetljiviji za određenu čisto crvenu, drugi za određenu čisto zelenu i treći za određenu čisto plavu boju, a svaka vrsta

čepića treba u nekoj meri da reaguje i na boje susednog spektralnog područja. Svetlosnu i biološki efikasnu (vidljivu) energiju koja ulazi u čovečje oko primaju dakle tri rezonatora R, Z i M. Svetlost koja u podjednako meri nadraži sva tri rezonatora oseća oko kao neutralno belu; a kod istovremenih i neravnomernih nadražaja svih triju rezonatora R, Z i M stvaraju se u odgovarajućem odnosu najrazličnija fiziološka poimanja smeša boja.

Na osnovu oglada na delimično slepima za boje utvrđen je odnos, dotične jačine razonance (po Exner-u) kojim reaguju ova tri rezonatora



Sl. 114.

Dijagram osetljivosti oka za boje: I — crvena; II — narandžasta; III — žuta; IV — zelena; V — plava; VI — ljubičasta; O — kriva osetljivosti oka; R — kriva rezonatora za crvenu boju; Z — kriva rezonatora za zelenu boju; M — kriva rezonatora za plavu boju

oka na pojedina područja sunčanog spektra, što donosimo u tabeli XXXVII. Jasnu sliku jačina rezonanci daju krive osnovnih osećaja (sl. 114) čije su apscise talasne dužine, a ordinate odnosne jačine rezonance po brojnim podacima tabele XXXVII. Jačine rezonance za tri osnovne boje određene su na osnovu pretpostavke da reaguju kod istovremenog mešanja svih talasnih dužina sunčanog spektra, t. j. kod bele sunčane svetlosti, sva tri rezonatora u podjednako meri; prema tome su površine svih triju krivih osnovnih osećaja međusobom podjednake (= 100). Tabela XXXVII sadrži u poslednjem stupcu još i vizuelnu svetlosnu jačinu pojedinih talasnih dužina, čime je okarakter-

risana celokupna osetljivost našeg oka za pojedine boje; jer naše oko ne oseća samo boju, nego i njen vizuelni intenzitet (žutu boju oseća kao svetliju nego narandžastu ili zelenu, a plavu ili ljubičastu kao tamniju). Ova vizuelna svetlosna jačina pojedinih talasnih dužina se određuje na osnovu fotometričkog upoređivanja boje sa normalnom belinom, pri čemu se rezultati obično izražavaju procentima svetline normalne hartije (čija svetlina se stavlja = 100). U tabeli XXXVII je vizuelna svetlosna jačina navedena takvim relativnim brojevima, da je površina krive svetlosnih jačina ili krive osetljivosti oka (sl. 114) jednaka zbiru površina krivih triju osnovnih osećaja (dakle = 300).

Oblik krive osetljivosti oka, t. j. numerički podaci za vizuelnu svetlosnu jačinu boja različni su u raspravama raznih autora za malenkost, što je s obzirom na subjektivno ocenjivanje i fiziološke razlike čovečjeg oka sasvim razumljivo. Tako iznosi osetljivost oka po podacima Međunarodne komisije za osvetljenje u Cambridge-u iz god. 1926. kao što je to navedeno u tabeli XXXVIII. — Na osnovu ovih podataka se

Tabela XXXVIII:

Vizuelna svetla na boja

Talasna dužine mμ	Relativna osetljivost oka	Talasna dužina mμ	Relativna osetljivost oka
700	0,0041	540	0,954
670	0,032	530	0,862
650	0,107	520	0,710
630	0,265	510	0,503
610	0,508	500	0,323
600	0,631	480	0,139
590	0,757	460	0,060
580	0,870	450	0,038
570	0,952	430	0,0116
560	0,995	420	0,0040
550	0,995	400	0,0004

oblik krive osetljivosti oka skoro potpuno podudara sa krivom po rezultatima Exner-a, samo sa tom razlikom, što je za približno 30 mμ pomeren prema ljubičastom području. Usled toga je prema predlogu Međunarodne komisije osetljivost oka za crveno žuto područje nešto smanjena, a za zeleno plavo područje nešto povećana; minimalna razlika se pojavljuje samo u ljubičastom području (između 450 i 400 mμ), u kome je jačina rezonance prema predlogu Međunarodne komisije najviše za 60% manja od ordinata po Exner-u.

IV. SVETLOST

I FOTOGRAFSKI SNIMAK

Za svaki fotografski snimak neophodna je svetlost, prirodnog ili veštačkog svetlosnog izvora. Među prve prvenstveno spada sunce; samo u izuzetnim slučajevima može da posluži i mesec kao svetlosni izvor i to samo za izrazito noćne snimke. Mnogo veći je broj veštačkih svetlosnih izvora (električna sijalica, lučna lampa, magnezijumova traka, folija i prah, plinska lampa, karbitska lampa, sveća i t. d.); a pošto njihova svetlosna jačina, po Lambert-ovom zakonu o jačini osvetljenja, pruža relativno jako osvetljenje za fotografske svrhe samo na kratkim rastojanjima, upotrebljivi su veštački svetlosni izvori samo za snimke relativno bliskih objekata.

1. SUNČANA I NEBESKA RASUTA SVETLOST

Ako posmatramo sunce kao svetlosni izvor, moramo pre svega da razlikujemo neposredno i posredno osvetljenje. Osvetljenje je neposredno ako sunce direktno osvetljava objekat snimanja, a posredno ako je objekat osvetljen samo od rasute nebeske svetlosti; prema tome postoje bitne razlike u jačini osvetljenja objekta. Osim toga ni prvi ni drugi način osvetljenja nema konstantnu jačinu ili intenzitet. Naša atmosfera nije sasvim propustljiva za svetlost, nego apsorbira — i ako samo mali deo prodiruće svetlosti. A gubitak usled ove apsorpcije je utoliko veći, što god je duži put svetlosti, dakle ukoliko kosije prodiru svetlosni zraci kroz atmosferu. Stoga svetlosna jačina sunčane svetlosti na površini zemlje u prvom redu zavisi od visine sunca nad horizontom. A visina sunca se po tačnim zakonima kosmografije menja sa rastojanjem sunca od meridijana, sa njegovim odmicanjem od nebeskog ekvatora (deklinacije) i sa geografskom širinom kraja snimanja. Usled toga određuje ove tri vrednosti: doba dana, doba godine i geografski položaj, svetlosnu jačinu neposredne sunčane svetlosti; i svetlosna jačina rasute nebeske svetlosti zavisi od visine sunca, ali njena zavisnost se bitno razlikuje od zavisnosti neposredne sunčane svetlosti.

2. RAZDEOBA SVETLOSTI NA ZEMALJSKOJ KUGLI

Kao što je iz matematičke geografije poznato, ne zavisi od geografske širine samo podnevna visina sunca, nego i dužina dana. Relativna prosečna količina svetlosti kojom sunce osvetljiva zemaljsku kuglu, navedena je (po Dr. Spitaler-u), za različite geografske širine, u tabeli XXXIX. Jedinica brojnih vrednosti ove tabele je ona količina

Tabela XXXIX:

Raspodela svetlosti na zemaljskoj kugli

Mesec	Geografska širina									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Januar	408	332	250	161	80	22	1			
Februar	437	385	315	232	146	68	15	0		
Mart	451	333	391	329	251	166	84	23	0	
April	433	451	445	414	361	288	203	113	31	24
Maj	396	442	465	464	438	388	315	212	195	203
Juni	373	430	467	481	469	432	367	280	313	324
Juli	384	432	465	471	452	408	340	222	250	259
Avgust	418	446	451	431	388	323	242	150	69	72
Septembar	444	438	408	356	286	202	119	45	5	0
Oktoabar	441	399	338	261	176	94	30	2	0	
Novembar	415	348	266	278	96	32	2	0		
Decembar	397	319	231	142	64	14	0			
Prosečna godišnja vred.	416	405	374	327	267	202	146	87	71	74

svetlosti, određena vrednošću 1000, koju dobija tačka na ekvatoru u vreme proletnje ravnodnevnice, bez prisustva atmosfere koja bi inače apsorbirala svetlost. Prema tome su ovi koeficijenti samo relativni brojevi koje bi trebalo pomnožiti konstantnim faktorom, da bi jačina osvetljenja bila izražena u odgovarajućim jedinicama.

Pošto sunce na ekvatoru stoji u zenitu kada stoji na nebeskom ekvatoru, što se događa dva puta godišnje (marta i septembra), onda i sunčana svetlost — kao što se vidi iz tabele XXXIX. — u dva maha postizava najveću svetlosnu jačinu; ostalih meseci je najmanje rastojanje od zenita $23\frac{1}{2}^\circ$. Dalje su dani u toku cele godine skoro podjednako dugi, usled čega za krajeve na ekvatoru godišnje kolebanje svetlosne jačine sunčane svetlosti skoro ne dolazi u obzir, ali zato dnevne promene.

Drugačiji su međutim svetlosni odnosi za krajeve na oba povratnika, u kojima sunce samo jedanput godišnje stoji u zenitu; a podnevno

rastojanje od zenita je i u druga godišnja doba relativno malo, ali su već osetne razlike u dužinama dana.

Izvan povratnika sunce međutim ne dolazi do zenita niti za vreme svog najvišeg položaja. Štoga se više udaljujemo od povratnika, utoliko manja postaje podnevna visina sunca i utoliko veće postaju razlike u dužinama dana.

Pri prekoračenju stožernika dolazimo u područje neprekidnog dana leti i večne noći zimi. U polarnim krajevima je i dnevni i godišnji tok intenziteta sunčane i nebeske svetlosti potpuno različit od toka na ekvatoru i bitno se razlikuje i od kolebanja svetlosti u našim krajevima.

Prema tome dakle nije dovoljno, da se kod tabela za ekspoziciju uzima u obzir samo intenzitet svetlosti u razna doba dana i godine, nego treba imati u vidu i geografsku širinu; stoga razne tabele za ekspoziciju važe samo za određena područja geografske širine.

Samo po sebi se razume da su, sa čisto geografskog gledišta, svetlosne prilike na istim stepenima širine severne i južne polulopte iste, a samo se razlikuju po vremenu, jer sunce na severnoj polulopti postizava svoju najveću visinu juna, a na južnoj decembra. Stoga za određenu severnu širinu izračunate tabele važe i za istu južnu širinu, pod uslovom da se godišnje doba pomeri za 6 meseci.

3. KOLEBANJE SVETLOSTI U RAZNO DOBA DANA I GODINE

Odnos između doba dana i godine i između svetlosne jačine neposredne i posredne sunčane svetlosti, kod potpuno vedrog neba, za geografsku širinu od 48°, izražen je (po Dr. Holetschek-u) hemiskim dejstvom svetlosne jačine u svetlosnim stepenima po Bunsen-Roscoe i naveden u tabeli XL. U toj tabeli brojevi prvog reda označuju svetlosnu jačinu same sunčane svetlosti (koja zbog istovremenog delovanja posredne nebeske svetlosti, za fotografske snimke kao samostalno osvetljenje, praktično istina ne dolazi u obzir), brojevi drugog reda svetlosnu jačinu posredne (rasute) nebeske svetlosti (koja je merodavna za sve snimke u senci, u sobi, u atelje-u i t. d.) i brojevi trećeg reda sabranu svetlosnu jačinu sunčane i nebeske svetlosti (koja se pojavljuje kod svih snimaka na suncu).

Uočljivu sliku promene same sunčane svetlosti i posredne nebeske svetlosti daje diagram (sl. 115), na osnovu brojnih podataka tabele XL. (radi bolje preglednosti izrađen samo za mesece juni i decembar).

Iz ovoga diagrama se vidi ogromna razlika u svetlosnoj jačini same sunčane svetlosti juna i decembra, pri čemu iznosi podnevna razlika 111 svetlosnih stepeni; međutim ova razlika osetno opada prema jutarnjim i večernjim časovima. Sasvim drugačije se međutim menja svetlosna jačina posredne nebeske svetlosti, koja decembra u podne premašuje sunčanu svetlost za 17 svetlosnih stepeni, dok juna ostaje

ispod nje za 80 stepeni. Decembra je dakle posredna nebeska svetlost približno tri puta jača od sunčane, a juna tri puta slabija. Iz toga

Tabela XL:

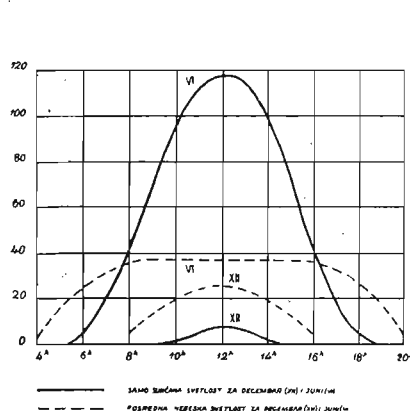
Sunčana svetlost raznih doba dana i godine

Dan i mesec	D o b a d a n a								
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h
	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	
21 decembar	7	5	2	0	0				
	24	23	19	13	3				
	31	28	21	13	3				
21 januar	13	11	5	1	0				
	27	26	23	16	7				
21 novemb.	40	37	28	17	7				
	34	30	20	8	1	0			
20 februar	32	31	29	24	16	5			
	66	61	49	32	17	5			
21 oktobar	62	57	45	26	11	1	0		
	36	36	34	31	25	15	3		
20 mart	98	93	79	57	34	16	3		
	93	88	74	52	28	8	0	0	
23 sept.	38	38	37	35	31	24	14	2	
	131	126	111	87	59	32	14	2	
21 april	112	107	92	69	44	19	3	0	
	38	38	38	37	34	29	21	10	
21 avgust	150	145	130	106	78	48	24	10	
	118	113	98	76	49	24	6	0	0
21 juni	38	38	38	37	35	30	23	13	2
	156	151	136	113	84	54	29	13	2

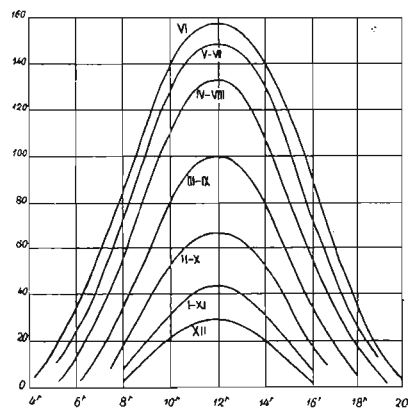
proizlazi, da isključiva sunčana svetlost preovlađuje nad posrednom nebeskom svetlošću samo kod većih visina sunca, dok kod manjih visina

zaostaje iza nebeske svetlosti. Kod manjih visina sunca nad horizontom deluje dakle prvenstveno posredna nebeska svetlost kao svetlosni izvor.

Iz diagrama na sl. 115. proizlazi dalje da posredna nebeska svetlost kod većih visina sunca brzo postigne najveću vrednost; visina sunca iznad koje svetlosna jačina posredne nebeske svetlosti više ne naraste, iznosi naime 62° . Ova činjenica, koja se već u našim geografskim širinama osetno pokazuje, postaje još naročito izrazita u tropskim



Sl. 115.



Sl. 116.

Dijagrami sumarne sunčane i posredne nebeske svetlosti za sva doba godine

krajevima (usled toga ekspozicija, uprkos većoj visini sunca, u senci nikako ne sme biti bitno kraća od ekspozicije u srednjim geografskim širinama).

Za fotografske snimke dolazi — kao što smo već spomenuli — u obzir ili posredna nebeska svetlost sama, ili pak delujući zajedno sa sunčanom svetlošću. Svetlosne jačine sabrane sunčane i posredne nebeske svetlosti izražene su brojevima u trećem redu tabele XL, odnosno očiglednim diagramom (sl. 116.). Ovi diagrami, kao i diagrami za posrednu nebesku svetlost, predstavljaju glavnu osnovu za utvrđivanje ekspozicije, odnosno za sastavljanje tabele za ekspozicije.

Pošto je međutim ekspozicija fotografskog snimka obrnuto srazmerna svetlosnoj jačini neposredne sunčane odnosno rasute nebeske svetlosti, dobijamo na osnovu gornje tabele proporcionalne koeficijente ekspozicije (svedene na 21. juni u 12 sati i na neposredno sunčano osvetljenje svetlosne jačine 156) navedene u tabeli XLI. — Brojevi u prvom redu ove tabele označuju koeficijente ekspozicije za posrednu nebesku, a brojevi u drugom redu koeficijente za zbirnu sunčanu i posrednu nebesku svetlost.

Iz tabele XLI proizlazi već spomenuta velika razlika između aktinosti zbirne sunčane i nebeske svetlosti i aktinosti same nebeske svetlosti kod visokog stanja sunca, dalje prilična konstantnost posredne nebeske svetlosti kod visokog stanja sunca i najzad, brza promena obeju vrsta svetlosti u doba izlaska i zalaska sunca.

Tabela XLI:

Koeficijenti ekspozicije raznih doba dana i godine

Dan i mesec	D o b a d a n a									
	12h	11h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4h	
21 decemb.	6,5	7,1	8,2	12	52					
21 januar	5,8	6,0	7,1	9,8	28					
21 novemb.	3,9	4,3	5,6	9,2	28					
20 februar	4,9	5,0	5,4	6,5	9,8	31				
21 oktobar	2,9	2,6	3,2	4,9	9,2	31				
20 mart	4,3	4,3	4,6	5,0	6,2	10	52			
23 sept.	1,5	1,7	2,0	2,7	4,6	9,8	52			
21 april	4,1	4,1	4,2	4,5	5,0	6,5	11	78		
21 avgust	1,2	1,2	1,4	1,8	2,6	4,9	11	78		
22 maj	4,1	4,1	4,1	4,3	4,6	5,4	7,4	16		
21 jull	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	3,3	6,5	16		
21 junl	4,1	4,1	4,1	4,2	4,5	5,2	6,8	12	78	
	1,0	1,0	1,1	1,4	1,9	2,9	5,4	12	78	

Svetlosna jačina posredne nebeske svetlosti stoji prema svetlosnoj jačini kombinovane sunčane i nebeske svetlosti — kao što se vidi iz tabele XLI — u određenom odnosu koji zavisi samo od visine sunca, međutim ne od geografske širine. Prema tome su odnosni proporcionalni koeficijenti ekspozicija u smislu tabele XLII. — Na osnovu ove tabele može za svaku proizvoljnu geografsku širinu, sa poznatom ekspozicijom kod neposredne kombinovane sunčane svetlosti, da se utvrdi i ekspozicija kod posredne nebeske svetlosti.

Za sastavljanje što tačnijih tabela ekspozicije nije dovoljno samo poznavanje proporcionalnih koeficijenata ekspozicije od meseca do meseca i od sata do sata (kao što je to navedeno u tabeli XLII), nego je umesna još i podela na polovine meseca i na polovine satova. U tom

smislu izračunao je astronom Dr. Rheden proporcionalne koeficijente ekspozicije za područja geografskih širina $\pm 10^\circ, 25^\circ, 37^\circ, 47^\circ, 54^\circ, 59^\circ, 63^\circ, 66^\circ, 68^\circ$ i 70° ; širine ovih područja se prema stožerniku stalno

Tabela XLII:

Odgovarajući koeficijenti za kombinovanu sunčanu i nebesku svetlost

Relativni koeficijent ekspozicije za			
kombinovanu sunčanu i nebesku svetlost	samo nebesku svetlost	kombinovanu sunčanu i nebesku svetlost	samo nebesku svetlost
1,0	4,1	7,5	8,8
1,5	4,3	8,0	8,7
2,0	4,6	8,5	9,0
2,5	4,9	9,0	9,4
3,0	5,2	9,5	9,8
3,5	5,6	10,0	10,2
4,0	5,9	10,5	10,7
4,5	6,2	11,0	11,1
5,0	6,5	11,5	11,6
5,5	6,9	12,0	12,0
6,0	7,2	dalje su oba koeficijenta jednaka	
6,5	7,6		
7,0	7,9		

sužavaju, jer bi inače za severne (odnosno južne) krajeve bila razlika u časovima za izlazak i zalazak sunca suviše velika i za tačnost koeficijentata, ekspozicije suviše osetna.

4. PRAVO SUNČANO VREME I VREMENSKA JEDNAČINA

Kao što pokazuje prethodno izlaganje, zavisi svetlosna jačina sunčane i nebeske svetlosti neposredno od prividnog dnevnog kretanja sunca i to najviše u trenutku, kada je sunce na najvećoj visini iznad horizonta. Ovaj trenutak naziva se pravo podne, a vremensko razdoblje od jednog pravog podneva do drugoga — pravi sunčani dan, a na osnovu ovoga izmereno vreme, pravo sunčano vreme. Pošto međutim sunce do svoje najviše tačke, u krajevima različitih geografskih dužina, dolazi u različito vreme, potrebno je da se kod svakog navođenja pravog sunčanog vremena navede i kraj; zato se pravo sunčano vreme naziva i pravo pokrajinsko vreme.

Pošto se zemlja promenljivom brzinom kreće po ekliptici i pošto je prividni put sunca nagnut prema nebeskom ekvatoru, prividno kretanje sunca na nebu nije ravnomerno i pravi sunčani dani su nejednake dužine. Stoga pravo pokrajinsko vreme ne može da se meri mehaničkim satovima, koji rade potpuno ravnomerno. Da bi ovaj nedostatak izbegli, uveden je prosečni sunčani dan čiji je broj u jednoj godini jednak broju pravih sunčanih dana, koji su uvek podjednake

Tabela XLIII:

Vremenska jednačina

Mesec	Dani od			
	1 do 8	9 do 15	16 do 23	23 do 31
	minuta			
Januar	- 5	- 8	- 11	- 13
Februar	- 14	- 14	- 14	- 13
Mart	- 12	- 10	- 8	- 6
April	- 3	- 1	+ 1	+ 2
Maj	+ 3	+ 4	+ 4	+ 3
Juni	+ 2	+ 1	- 1	- 3
Juli	- 4	- 5	- 6	- 6
Avgust	- 6	- 5	- 3	- 2
Septembar	+ 1	+ 4	+ 7	+ 9
Oktobar	+ 11	+ 13	+ 15	+ 16
Novembar	+ 16	+ 16	+ 14	+ 13
Decembar	+ 10	+ 7	+ 3	- 1

dužine. Na osnovu ovakvog dana mereno vreme zove se prosečno sunčano ili prosečno pokrajinsko vreme. Razlika između prosečnog i pravog pokrajinskog vremena, koja se u toku godine stalno menja, zove se vremenska jednačina, a navedena je u tabeli XLIII.

Međutim prosečno pokrajinsko vreme još uvek nije pogodno za jedinstvene vremenske podatke u granicama velikih pokrajina ili država. To je moguće tek na osnovu vremena po zonama određenog, kao jedinstveno vreme za određeno područje, na osnovu prosečnog pokrajinskog vremena određenog podneva. U našoj državi važi takozvano srednjeevropsko vreme koje se slaže sa prosečnim pokrajinskim vremenom podneva 15° istočno od Greenwich-a. Posledica tog jeste, da se za krajeve koji imaju geografsku dužinu različnu od 15° pojavljuje

vremenska razlika između srednjeevropskog i prosečnog pokrajinskog vremena. Ove razlike su, za neke važnije krajeve, navedene u tabeli XLIV.

Znaci vremenske jednačine i razlika vremena su u obema tabelama XLIII i XLIV tako označeni, da moraju u svrhu utvrđivanja pravog pokrajinskog vremena obe korekture srednjeevropskog vremena da se

Tabela XLIV:

Razlika u vremenu

Mesto	Razlika u vrem.	Mesto	Razlika u vrem.
Banjaluca	+ 6	Kotar	+15
Beograd	+22	Ljubljana	- 2
Bitolj	+25	Maribor	+ 3
Brod	+12	Mostar	+11
Caribrod	+31	Niš	+28
Celje	+ 1	Novi Sad	+19
Celovec	- 3	Prizren	+18
Cetinje	+16	Pulj	- 5
Donja Lendava	+ 6	Sarajevo	+14
Dubrovnik	+17	Skoplje	+26
Gorica	- 5	Split	+ 6
Guštanj	0	Rijeka	- 2
Idrija	- 4	Šibenik	+ 4
Kranjska gora	- 5	Trst	- 5
Krško	+ 2	Zadar	+ 1
Kobarid	- 6	Zagreb	+ 4

izvrše neposredno sa znakom iz tabela. Ako je na pr. u Skoplju po srednjeevropskom vremenu $16^h 00_{min}$, onda je prosečno pokrajinsko vreme $16^h 00_{min} + 26_{min} = 16^h 26_{min}$; na dan 20. oktobra bi na tom mestu pravo pokrajinsko vreme bilo $16^h 26_{min} + 15_{min} = 16^h 41_{min}$. U Skoplju bi dakle toga dana trebalo utvrditi ekspoziciju, upotrebom tabela za ekspozicije, ne na osnovu 16 sati, nego zaokrugljeno na osnovu 17 sati. Kad ne bismo uzeli u obzir vremensku razliku i vremensku jednačinu, dobili bismo u ovom slučaju na osnovu tabele XLI ekspoziciju koja bi baš tri puta bila kraća od potrebne.

Из овог случаја се види да могу, према географској дужини краја и вредности временске једначине, да се појаве прилично разлике између средњеевропског и правог покрајинског времена, а ако ове не ставимо

u račun — naročito u doba vrlo niskog položaja sunca — možemo da dobijemo prilično pogrešno utvrđenu ekspoziciju. Kod većih visina sunca može međutim vremenska razlika prema srednje-evropskom vremenu skoro uvek, a vremenska jednačina uvek, da se zanemari.

5. UTICAJ ATMOSFERE I NADMORSKE VISINE

Za svetlosnu jačinu sunčane i nebeske svetlosti merodavno je međutim i promenljivo stanje atmosfere. Dim i pare smanjuju u manjoj meri njenu propustljivost za svetlost, a oblaci u mnogo većoj meri. Dok pare svakako uvek slabe svetlost, mogu pak oblaci — ako su od sunca jako osvetljeni — da postanu i svetlosni izvor koji pojačava — ma da u manjoj meri — dejstvo sunčane i nebeske svetlosti. Uticaj oblačnosti na ekspoziciju može istina eksperimentalno da se utvrdi, ali za praktične svrhe ne može stupanj oblačnosti brojno tačno da se izrazi.

Još veće teškoće prouzrokuje ocenjivanje jačine svetlosti pri magli koja može, kad sunce sja da bude tako svetla, da ekspozicija može da se skрати, a suprotno tome može da bude tako gusta, da budu momentni snimci skoro isključeni. Sve ove teškoće u određivanju ekspozicije može da savlada samo optički i električni fotometar.

Pored ovih vidljivih uticaja na providnost atmosfere postoje još i nevidljivi uticaji, od kojih imaju najjače dejstvo vodena para i ugljena kiselina, koji u priličnoj meri apsorbuju naročito hemiski efikasne svetlosne zrake. S tim u vezi je i pojava koju je utvrdio već Daguerre, da je naime sunčana svetlost u prepodnevним časovima obično jača od popodnevne kod iste visine sunca; razlog ove pojave jeste, da pre podne atmosfera još nije toliko zasićena vodenom parom kao po podne. Slične razlike u svetlosnoj jačini posmatrane su i između proleća i jeseni. Sve ove uticaje, koji zavise od pokrajinskih i klimatskih okolnosti, nije moguće niti imati u vidu kod tabela ekspozicije, niti utvrditi ih optičkim fotometrima; međutim dejstvuju ovi uticaji na hemiske fotometre.

Obaziranje na sve te atmosferske prilike naročito je važno za aerofotogrametrijske snimke, kod kojih uopšte ekspozicija može da bude nešto kraća nego u dolini, jer je put svetlosnih zrakova kroz atmosferu u okomitom pravcu snimka relativno kraći, nego kod vodoravnog pravca, a i stoga jer se objekat snimanja obično nalazi u punom osvetljenju ispod kamere. Suprotno tome je međutim neophodna duža ekspozicija, ako se nad pokrajinom nalazi magleni sloj pare, jer u tom slučaju pri snimanju svetlost mora dva puta da prodre magleni sloj vazduha, dok dospe do fotografske emulzije.

Najzad ne sme da se pređe ni preko uticaja nadmorske visine na intenzitet sunčane svetlosti. Na većim visinama naime atmosfera nije samo čistija, nego i ređa; usled čega se osetno smanji apsorpcija baš hemiski efikasnih plavih i naročito ultra ljubičastih zrakova koji su

istina nevidljivi za oko, ali stoga utoliko aktiniji za emulziju. Sličan porast sa nadmorskom visinom pokazuju istina i optički svetli zraci, ali ni približno u toj meri kao hemiski efikasni. Stoga je u Alpama nad 1500 m nadmorske visine bezuslovno potrebno skraćivanje ekspozicije.

6. PRAVAC SUNČANE SVETLOSTI I PLASTIKA SLIKE

Opšte uzev, će svaki objekat snimanja najplastičnije da se ocrti na slici kod kosog osvetljenja; kod osvetljenja spreda naime splasnu na objektu kontrasti između svetlina i senki, dok se pri snimanju protivu svetlosti objekat nalazi pretežnim delom u bezizraznoj senci. Prema tome važi kao opšte načelo da je plastika fotografske slike najbolja, ako pravac svetlosti sa pravcem snimanja gradi približno ugao od 60° .

Tabela XLV:

Pravac senki na 48° sev. geografske širine

Mesec	Azimut sunca (pravo vreme mesta)								
	4h 20h	5h 19h	6h 18h	7h 17h	8h 16h	9h 15h	10h 14h	11h 13h	12h
Januar					54°	42°	29°	15°	0°
Februar				70°	59°	46°	32°	17°	0°
Mart			89°	77°	65°	52°	37°	19°	0°
April		108°	97°	86°	74°	60°	44°	23°	0°
Maj		114°	103°	92°	81°	67°	50°	28°	0°
Juni	127°	116°	106°	95°	84°	71°	54°	31°	0°
Juli	127°	116°	105°	95°	83°	70°	53°	30°	0°
Avgust		110°	99°	88°	77°	63°	46°	25°	0°
Septembar			92°	81°	69°	55°	39°	21°	0°
Oktobar				73°	62°	49°	34°	18°	0°
Novembar					56°	44°	30°	15°	0°
Decembar					63°	41°	28°	14°	0°

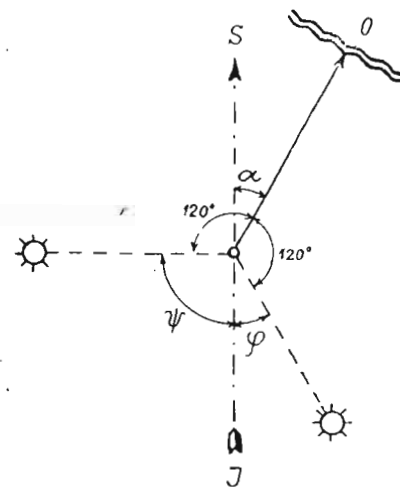
Stoga je neki put poželjno, da se za dati objekat i za dato mesto snimanja još prethodno utvrdi doba najpogodnijeg osvetljenja.

Doba dana najpogodnijeg pravca sunčanog osvetljenja može da se utvrdi na osnovu položaja objekta prema optičkoj osi objektiva i na osnovu položaja sunca. Pravac optičke ose kamere može dovoljnom tačnošću da se utvrdi kompasom kao magnetski azimut. Položaj sunca, odnosno pravac njegovog osvetljenja je međutim svaki-put određen uglom, koji gradi pravac sunčanih zrakova sa pravcem sever-jug. Ovaj ugao, takozvani azimut sunca, koji zavisi od doba godine i doba dana, dobija se iz tabele XLV.

Čim je utvrđen pravac snimanja, oštrim uglom α prema pravcu sever-jug, iznosi za najbolju plastiku potrebni azimut (sl. 117a i b):

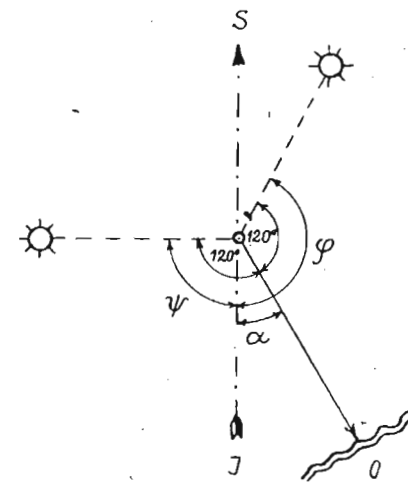
pri pravcu snimanja	pre podne	po podne
sever-severoistok	$60^\circ - \alpha$	$60^\circ + \alpha$
severozapad	$60^\circ + \alpha$	$60^\circ - \alpha$
jugoistok	$120^\circ + \alpha$	$120^\circ - \alpha$
jugozapad	$120^\circ - \alpha$	$120^\circ + \alpha$

Na osnovu ovako izračunatog najpogodnijeg azimuta sunca i trenutnog doba godine (meseca) nađe se u tabeli XLV najpogodniji prepodnevni, odnosno popodnevni čas snimanja. Ako bi na osnovu jednačine, po-



Sl. 117a.

O — objekat i pravac snimanja;
 φ — prepodnevni azimut; ψ —
 popodnevni azimut



Sl. 117b.

O — objekat i pravac snimanja;
 φ — prepodnevni azimut; ψ —
 popodnevni azimut

stavljene za pre podne ili po podne, proizišao negativan rezultat, onda ovaj važi za po podne odnosno pre podne. Na pr.: za snimanje pokrajine u severozapadnom pravcu pod uglom $\alpha = 35^\circ$ iznosi najpogodniji azimut sunca pre podne 95° i posle podne 25° ; avgusta meseca bi dakle po tabeli XLV bilo najpogodnije vreme za snimanje ili oko $1/27^h$ pre podne ili oko 13^h posle podne. Svakako će naravno oba snimka nešto da se razlikuju, jer će na jutarnjem snimku senke biti duge i meke, a na popodnevnom kratke i tvrde.

V. SENZIBILIZOVANJE NEGATIVSKE EMULZIJE ZA BOJE

1. SUŠTINA OPTIČKIH SENZIBILIZATORA

Obična emulzija sa srebro-bromidom je — kao što je poznato — osjetljiva isključivo za plave i ljubičaste svetlosne zrake. Razlog za ovu samo delimičnu osjetljivost čistog srebro-bromida je taj, što je sopstvena boja srebro-bromida žućkasto zelena i što u ma kome telu mogu da izazovu hemisku reakciju samo oni svetlosni zraci komplementarne boje, koje apsorbuje telo na osnovu svojstvene boje.

Ako se međutim srebro-bromid oboji, onda prema obojenosti postane osjetljiv i za druge zrake svetlosnog spektra; jer je posledica takvog obojenja, da se apsorpcija svetlosnih zrakova raširi i na zelene, narančaste ili čak i na crvene zrake.

Ovu činjenicu i njene uzroke otkrio je Vogel 1873., koji je za bojenje emulzije prvo upotrebljavao hlorofil, ekstrahovan iz biljnog lišća alkohonom; uskoro zatim prešao je na upotrebu anilinskih boja, koje se otada dosledno upotrebljuju kao optički senzibilizatori. Ove boje, koje se ili dodaju emulziji pre livenja ili u kojima se okupa već izrađeni negativski materijal, moraju s obzirom na pojavu apsorpcije da budu uvek komplementarna boja one boje, za koju emulzija treba da postane osjetljiva.

Uprkos senzibilizovanju ostaje međutim srebro-bromid još uvek pretežno osjetljiv za plave zrake, jer nije moguće da se obojenje stupnjuje toliko, da bi svojstvena boja srebro-bromida bila potpuno pokrivena; jer boja u višku koja bi bila atsorbovana na želatini i koja više ne može da se veže sa srebro-bromidom, dejstvovala bi u sloju samo kao bojeni filter i usled toga bi snizila opštu osjetljivost emulzije.

Stupanj senzibilizovanja zavisi međutim od karaktera prvobitne emulzije. Opšte uzev su emulzije sitnog zrna pristupačnije senzibilizovanju nego emulzije grubog zrna. Povećani dodatak srebro-hlorida olakšava, a dodatak srebro-jodida smanjuje senzibilizacionu moć emulzije. I prisustvo halogenida alkalija (kalijum-bromid) smanjuje senzibilizovanje, dok je odvajanje ovih ispiranjem ili dodatak srebrovih soli u višku poveća (princip opšteg hipersenzibilizovanja).

U pogledu opsega i spektralnog područja bojenog senzibilizovanja negativskih emulzija upotrebljuje se ceo niz anilinskih boja koje u hemiskom pogledu spadaju u skupinu ftaleina (eozina) i cijanina (izocijanina i karbocijanina); najčešće upotrebljavani senzibilizatori prve skupine su eozin, eritrozin, pinortol, uranin i t. d., a druge skupine pinaverdol, ortohrom, pinahrom, pinahrom-ljubičasto, pinacijanol, pinahrom-plavo, pinacijanol-plavo, dicijanin, dicijanin A, kriptocijanin, rubrocijanin, neocijanin, alocijanin i t. d.

U svrhu što potpunijeg senzibilizovanja za sva spektralna područja često se istovremeno kombinuju više senzibilizatora u odnosu njihovih senzibilizacionih osobina.

2. SPEKTRALNE OSOBINE BOJA

A. Pojam apsorpcionog spektra

Pred razrezom spektroskopa postavljen obojeni providni sloj zadržati određene spektralne sastojke upadne bele svetlosti, usled čega potamne pojedini delovi normalnog sunčanog spektra. Za posmatranje ovakvih pojava naročito je pogodan Zeiss-ov komparatorski spektroskop koji pokazuje dva potpuno identična susedna spektra. Ako ovim aparatom posmatramo obojeni sloj, pojavljuju se u jednom spektru navedena potamnjenja koja su vrlo izrazito vidljiva u poređenju sa drugim nepromenjenim spektralnim pojasom.

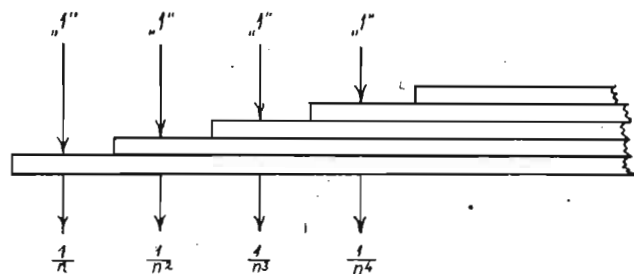
Tamnim senkama prekinuti spektar naziva se apsorpcioni spektar; njegov oblik i mesto senki su u najužoj vezi s optičkim osobinama, naročito sa bojom obojenog sloja.

U svrhu definisanja apsorpcionog spektra pretstavljaju se obično položaj i jačina senki grafikonom. U tu svrhu se stave talasne dužine kao apscise, a intenzitet senki kao ordinate, čime dobijamo takozvanu apsorpcionu krivu koja na očigledan način karakteriše apsorpciono dejstvo obojenog sloja.

B. Transparenca, ekstinkcija i apsorpciona kriva

U svrhu konstrukcije apsorpcione krive bilo kojeg obojenog sloja, moraju se utvrditi intenziteti senki kod pojedinih talasnih dužina pomoću fotometrskih merenja takozvanim spektralnim fotometrom (na pr. firme Schmidt & Haensch) koji omogućuje brojno određivanje propustljivosti obojenog sloja za svetlosne zrake raznih talasnih dužina. Kao u komparatorskom spektroskopu posmatraju se i kod spektralnog fotometra, u okruglom vidnom polju, iseći dva spektra koji se nalaze jedan iznad drugog; jedan spektar se obrazuje pod uticajem svetlosti koja pada kroz obojeni sloj, a drugi može neutralno obojenom skalom, čija se providnost postepeno smanjuje, ili sivim klinom, toliko da se zatamni da postanu boje istog položaja oba spektra podjednako tamne.

Položajem ove stepenaste skale ili sivog klina, odnosno njegovom debljinom, određena je takozvana transparenca kod pojedinih talasnih dužina; a transparentom su posredno utvrđene i ordinate apsorpcione krive.



Sl. 118.

Smanjivanje svetlosti kroz stepenastu skalu

Odnos između debljine (gustine) stepenaste skale (sl. 118.) i transparence dobijamo na osnovu sledećeg razmatranja: ako propušta prvi sloj n -ti deo upadne svetlosti, onda je transparenca

$$t = \frac{1}{n}$$

Svaki dalji sloj oslabi svetlost za dalji n -ti deo; usled toga iznosi transparenca kod 2, 3, ... sloja

$$t = \frac{1}{n^2}, \text{ odnosno } \frac{1}{n^3} \text{ i t. d.}$$

Potpuno uopštivši iznosi dakle transparenca kod e slojeva

$$t = \frac{1}{n^e}$$

Logaritmisanjem dobijamo

$$\log t = -e \cdot \log n$$

ili

$$e = -\frac{\log t}{\log n} = \frac{\log t}{\log \frac{1}{n}}$$

Na osnovu ove jednačine moguće je utvrditi broj, odnosno debljinu e slojeva s osnovnom transparentom $\frac{1}{n}$ koji daje transparentu t .

Transparenca $\frac{1}{n}$ elementarnog sloja se međutim odredi sa $\frac{1}{10}$

upadne svetlosti, dakle $\frac{1}{n} = \frac{1}{10}$, usled čega je

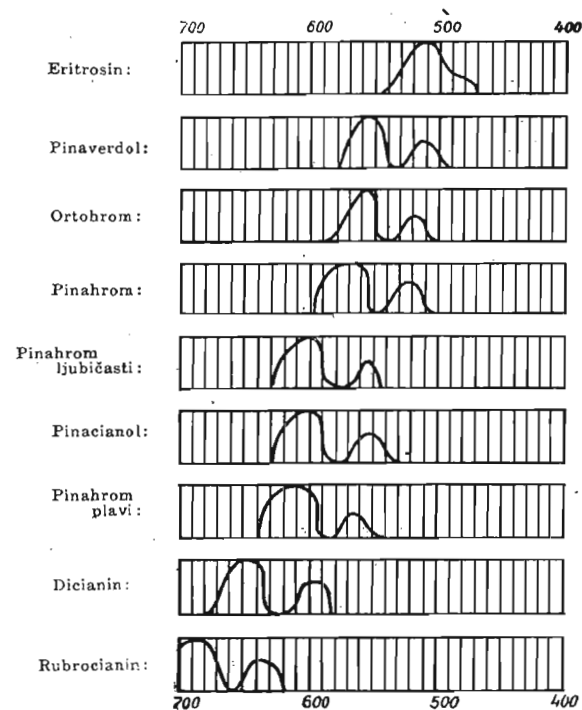
$$e = -\log t$$

Pod ovom pretpostavkom odgovara dakle broj elementarnih slojeva, odnosno debljina sivog klina, negativnom logaritmu merene transparence, a ta vrednost se naziva ekstinkcija.

Ako su dakle za neki obojeni sloj spektralnim fotometrom izmerene transparence za razne spektralne boje, određeni su njihovim negativnim logaritmima i odnosne ekstinkcije. U tom smislu važi dakle između transparence i ekstinkcije odnos:

Transparenca	1	0,5	0,1	0,01	0,001
Ekstinkcija	0	0,3	1,0	2,0	3,0

Ako dakle nacrtamo tako utvrđene ekstinkcije kao ordinate i odnosne talasne dužine kao apscise, spojna linija tih tačaka daje nam apsorpcionu krivu.



Sl. 119.

Apsorpcione krive raznih senzibilizatora

Apsorpcione krive senzibilizatora važne su utoliko, što se na osnovu njih mogu već unapred približno utvrditi opseg i spektralno područje senzibilizovanja koje može da se postigne. Sl. 119. pokazuje apsorpcione krive najvažnijih senzibilizatora za normalnu koncentraciju (100 ccm vode, 50 ccm alkohola i 2—3 ccm 1% rastvora boje u alkoholu).]

3. SPEKTRALNA OSETLJIVOST I SENZIBILIZACIONA KRIVA

Apsorpciona kriva senzibilizatora svakako karakteriše spektralno područje, za koje senzibilizovanjem negativska emulzija postaje osetljiva. Ali senzibilizator ne deluje samo u opsegu njemu svojstvene apsorpcione krive, nego više ili manje i na susedna spektralna područja, pri čemu se senzibilizovanje skoro dosledno proteže nešto dublje prema crvenom području, nego što bi se to očekivalo prema obliku apsorpcione krive.

Bitne osobine i dejstvo senzibilizovanja najvažnijih optičkih senzibilizatora navedeni su u tabeli XLVI.

Najočigledniju sliku uticaja senzibilizatora na osetljivost za boje daje takozvana senzibilizaciona kriva, čije ordinate označuju osetljivost za svaku talasnu dužinu spektralne boje, odnosno logaritama intenziteta osvetljenja svake talasne dužine, na koju reaguje senzibilizovana emulzija najmanje vidljivim zacrnljenjem.

Na sl. 120. predstavljene su, na osnovu sunčanog spektra, senzibilizacione krive emulzija, senzibilizovanih različnim optičkim senzibilizatorima; radi upoređenja navedena je i kriva nesenzibilizovane emulzije.

Iz svih ovih senzibilizacionih krivih međutim proizlazi, da ni jedna ma koliko proširena senzibilizacija ne zadovoljava potpuno i nije idealna, jer se osetljivost za boje nikako ne slaže s osetljivošću oka, u smislu fizioloških osobina našeg osećaja za boje; jer idealna i tonski potpuno pravilna bi bila samo ona senzibilizacija, čija bi kriva, duž celog vidljivog spektra, bila potpuno slična krivoj osetljivosti oka.

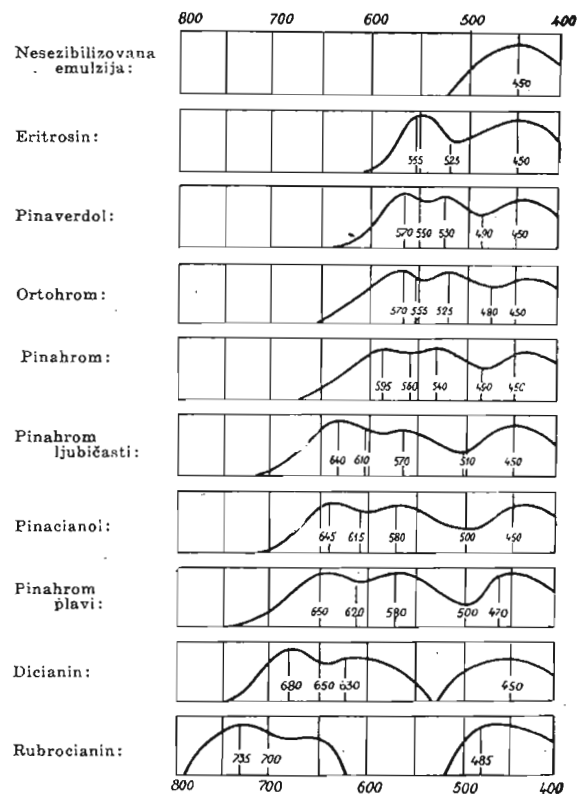
Pošto određivanje senzibilizacione krive pomoću sunčanog spektra oduzima prilično mnogo vremena i pošto zbog promena spektralnog sastava bele sunčane svetlosti ne dobijamo bezuslovno apsolutne podatke, ispituje se osetljivost za boje, odnosno senzibilizaciona kriva, u fotografskoj tehnici obično snimanjem naročitih bojenih tabela, koje sadrže, slično spektru, pojaseve pigmentnih boja najvažnijih talasnih dužina, a paralelno sa njima skale sivina (na pr. Lagorio-Photochrometer ili procentualna tabela boja firme Agfa). Pošto su kod ovih tabela upotrebljeni pigmenti koji se po svojoj fizičkoj prirodi razlikuju od čistih spektralnih boja, samo se po sebi razume da se i senzibilizacione krive razlikuju od krivih, utvrđenih na osnovu sunčanog spektra. Uprkos tome pomoću bojenih tabela utvrđene senzibilizacione krive ne daju manje pouzdane podatke za određivanje i međusobno upoređivanje

Tabela XLVI:

Fotohemijske osobine senzibilizatora

Senzibilizator	Boja rastvora	Senzibilizovana spektralna zona	Upotreba i opšte osobine
Eozin	crvena sa zelekastom fluorescencijom	zeleno	dejstvuje čvrsto i tvrdo
Eritrozin	žučkasto crvena	zeleno i žuto (do 600 m μ)	važan senzibilizator za ortohromatske emulzije
Pinaverdol	crvenkasto ljubičasta	zeleno, žuto i narandžasta (do 625 m μ)	zajedno sa pinacijanolom za panhromatske emulzije
Ortohrom	— „ —	zeleno, žuto i narandžasta (do 630 m μ)	za panhromatske emulzije
Pinahrom	— „ —	zeleno, žuto i narandžasta (do 645 m μ)	— „ —
Pinahrom Ljubičasto	plava	žuto do crvene (do 685 m μ) zev (depresija) u zelenoj zoni (pri 510 m μ)	širok, ali neravnomeran senzibilizator za panhromatske emulzije, eventualno takođe u kombinaciji sa pinaverdolum i pinahromom
Pinacijanol	tamno plava	žuto do crvene (do 700 m μ) zev (depresija) u zelenoj zoni (pri 500 m μ)	širok, ali neravnomeran senzibilizator za panhromatske emulzije zajedno sa pinaverdolum
Pinahrom plavo	plava	žuto do crvene (do 730 m μ) zev (depresija) u zelenoj zoni (pri 500 m μ)	izrazit senzibilizator za tamno-crvenu zonu
Dicijanin	mutno plava	plavo-zeleno (do 500 m μ) i narandžasta i crvena (od 600 do 740 m μ)	umeren senzibilizator za infra crvenu zonu
Rubrocijanin	zelenkasto plava	plavo-zeleno (do 510 m μ) i narandžasta i crvena (od 615 do 790 m μ)	snažan senzibilizator za crvenu zonu

raznih negativskih emulzija. Sa gledišta fotografske prakse imaju ove senzibilizacione krive čak preimućstvo, da su utvrđene pomoću pigmenta koji su osnova svakog fotografskog snimka, a ne pomoću čistih



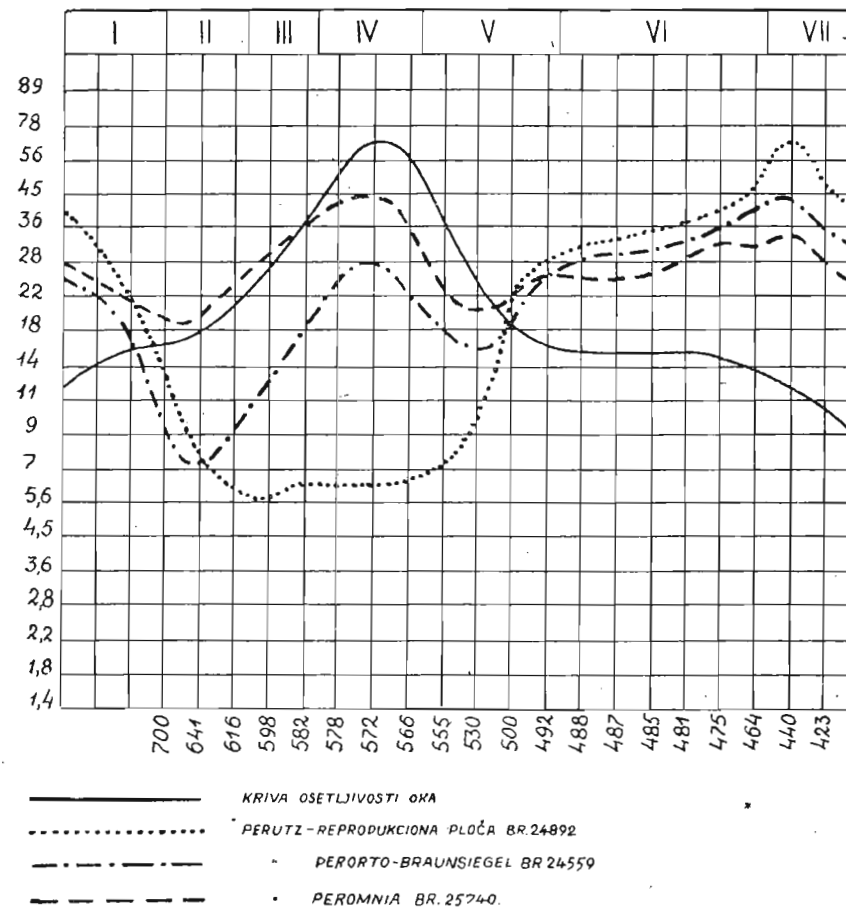
Sl. 120.

Senzibilizacione krive različito senzibilizovanih emulzija

fizičko optičkih spektralnih boja, koje se u prirodi skoro nikada ne pojavljuju.

Senzibilizacione krive za tri glavna tipa negativskih emulzija (nesezibilizovana ortohromatska i panhromatska), određene Lagorio-Photochrommetrom, donosimo na sl. 121. Što ove krive pokazuju izvesnu minimalnu osetljivost nesezibilizovane i ortohromatske emulzije u crvenom području, potiče otuda što crveni pigmenti delom reflektuju i plave i ljubičaste zrake.

Pošto međutim obojenost pigmentata zavisi od boje upadne svetlosti, onda će naravno sa bojom svetlosti kojom je osvetljena bojena tabela da se izmeni i oblik senzibilizacione krive. Ovaj uticaj je na očigledan

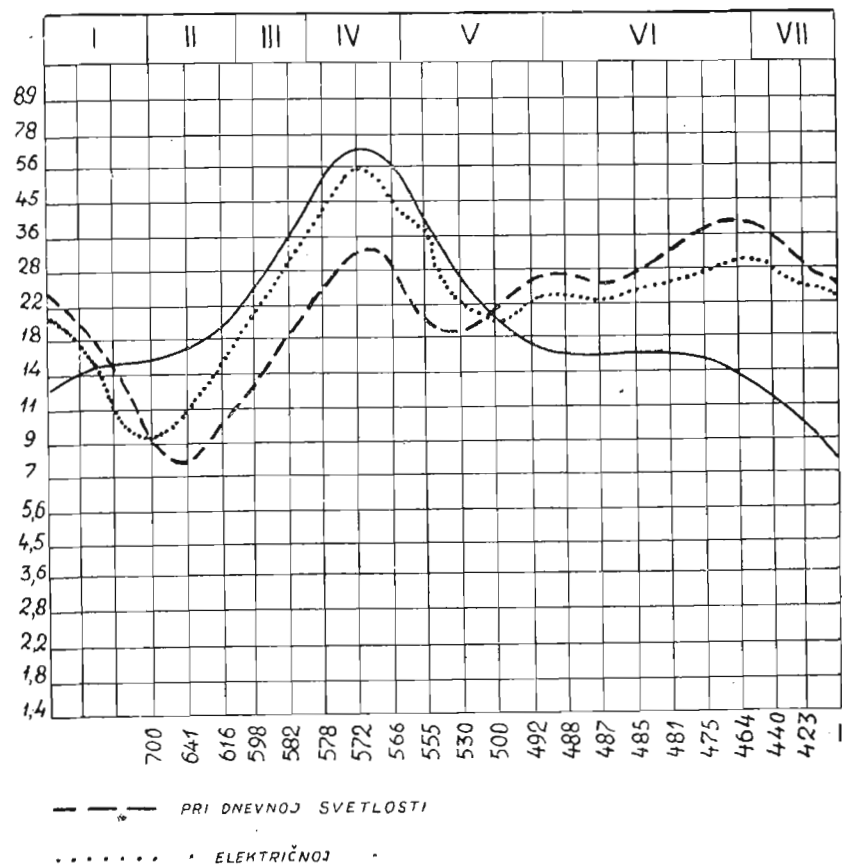


Sl. 121.

Senzibilizacione krive glavnih tipova negativskih emulzija: I — purpurna zona; II — crvena zona; III — narandžasta zona; IV — žuta zona; V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

način pretstavljen na sl. 122, koja sadrži za istu emulziju (Kranz-Rollfilm Nr. D2506) senzibilizacionu krivu kod dnevne i kod električne svetlosti (sijalica Nitraphot). Dok ostaje kod dnevne svetlosti senzi-

bilizacija u narandžastom i žutom području ispod krive osjetljivosti oka, kod električne svetlosti se zbog preovlađujućih crveno žutih zra-kova senzibilizaciona kriva već skoro potpuno prilagođuje krivoj



Sl. 122.

Senzibilizacione krive kod dnevne i kod električne svetlosti
 I — purpurna zona; II — crvena zona; III — narandžasta zona; IV — žuta zona;
 V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

osetljivosti oka, čime se istovremeno smanji njena osjetljivost za plavo-ljubičasto područje. Ocertavanje tonova obojenog objekta na fotograf-skoj slici biće dakle kod veštačkog osvetljenja prirodnije nego kod dnevne svetlosti. Nepotpuna senzibilizacija u crvenom području ka-rakteriše emulziju kao izrazito ortohromatsku.

VI. SVETLOSNI FILTRI

I. VRSTE I SVRHA SVETLOSNIH FILTARA

Prema svrsi kojoj treba da posluže svetlosni filtri i prema optičkom dejstvu razlikujemo:

1. **Filtri za osvetljenje** koji promene boju, odnosno spektralni sastav, za osvetljenje namenjenog svetlosnog izvora tako, da daju na pr. u mračnoj komori pogodno obojeno osvetljenje ili da naprave na pr. svetlost veštačkog svetlosnog izvora u pogledu spektralnog sastava podjednakom ili bar sličnom beloj sunčanoj svetlosti.

2. **Kompensacioni filtri** ispravljaju osjetljivost fotografske emulzije za boje tako, da se boje originala ocrtaju na monohromskoj fotografskoj slici u uravnoteženim tonovima; prema tome kompensacioni filtri ne smeju da izdvoje ni jedno vidljivo spektralno područje, nego smeju samo da ga suze.

3. **Selekcioni filtri** međutim propuštaju samo određeno spektralno područje, dok područja ostalih boja skoro potpuno apsorbuju; ovi filtri se upotrebljavaju za specijalne svrhe, na pr. za trobojni tisak, za foto-grafske snimke mikroskopskih preparata, za anaglifsku stereoskopiju i t. d.

Prema upotrebljenoj supstanci postoje suvi ili tečni filtri:

1. **Masivni filtri**, t. j. u masi obojeno staklo, su svetlosno neogra-ničeno otporni i nepovredljivi; ali njihova proizvodnja je skupa i oduzima mnogo vremena; naročita je teškoća što nam stoji na raspo-loženju samo mali broj boja za staklo, koje bi omogućile obojenje potpuno određenih osobina.

2. **Želatinski filtri** se sastoje iz obojene želatine na staklenoj ili celuloidnoj podlozi, koja je obično radi zaštite stavljena između dve staklene planparalelne ploče. Za bojenje želatine služe anilinske boje (firme Höchstler Farbwerke) koje se proizvode iz supstanca dobijenih iz katrana kamnog uglja. Ove organske boje se dele na četiri osnovne boje — crvene (Säurerhodamin, Bengalrosa, Phenosafranin, Kristall-ponceau, Echtrot D, Dianilrot i t. d.), žute (Filtergelb, Tartrazin, Naphtolorange, Aeskulin i t. d.), zelene (Säuregrün, Dunkelrotgrün, Naphtolgrün i t. d.) i plave boje (Patentblau, Methylenblau, Toluidin-blau, Kristallviolett, Filterblau i t. d.). Veliko preimućstvo ovih žela-

tinskih filtara je u tome, što prema količini želatini dodate boje mogu da se izrade u različitim gustinama i mešanjem više boja sa različitim apsorpcionom moći.

3. Tečni filtri koji se sastoje iz staklenih kiveta sa planparalelnim zidovima, napunjenih vodenim rastvorima gore navedenih boja, imaju preimućstvo da svojim sastavom mogu da se prilagode datim potrebama; a zbog svog tečnog agregatnog stanja se tečni filtri skoro isključivo upotrebljuju u reprodukcionalnoj i naučnoj fotografskoj tehnici.

2. FILTRI ZA OSVETLJENJE

Prema spomenutoj svrsi filtara za osvetljenje, ovi se upotrebljuju ili kao filtri za mračnu komoru ili kao korekcionni filtri za veštačke svetlosne izvore.

A. Filtri za mračnu komoru

Fotografsku mračnu komoru osvetljavamo proizvoljnim svetlosnim izvorom pred koji stavimo obojeni sloj, koji propušta samo za osetljivu emulziju neaktinčne svetlosne zrake, ma da nema svetlosnih zrakova, koji bi za na svetlost osetljive supstance bili potpuno neaktivni. Maksimum osetljivosti fotografskih emulzija leži istina u plavom spektralnom području, ali i drugi zraci, pri dovoljno dugom delovanju, prouzrokuju izazivanjem vidljive tragove zacrnenja. Zato na svetlost osetljivi materijal nikada ne treba bez potrebe izlagati osvetljenju mračne komore i fotograf je utoliko spretniji, pri što svetlijem osvetljenju može da radi.

Za najmanje osetljive proizvode, t. j. za papire sa srebro-hloridom i za mokre kolodijumove emulzije, koji su još i za zelene zrake skoro neosetljivi, dovoljan je žut filter koji apsorbuje sve plave zrake (prilog, sl. 123a)*.

Za izazivanje osetljivijih papira sa srebro-bromidom (za povećavanja) potreban je svakako narandžasti ili svetlo crveni filter za mračnu komoru (prilog, sl. 123b)* koji izdvaja već i zeleno spektralno područje. Za posredno osvetljenje vrlo je pogodan i svetlo zeleni filter za mračnu komoru (prilog, sl. 123c)* koji suprotno narandžasto crvenom osvetljenju isključuje svaku nesigurnost odnosno jačine izazvanih tonova i koji potpuno apsorbuje plave i plavo zelene, a delom i crvene zrake.

Za negativske emulzije sa srebro-bromidom, osobito za ortohromatski negativski materijal koji ima relativno visoku osetljivost još i za zelene spektralne zrake, u maloj meri su aktivni tek svetlosni zraci preko 600 m μ . Stoga su za preradu ortohromatskog materijala upotrebljivi samo tamno crveni filtri (prilog, sl. 123d)*, koji izdvajaju žuto, zeleno i plavo spektralno područje.

Za preradu panhromatskog materijala koji je relativno najmanje osetljiv za zelenu boju (što se vidi iz senzibilizacionih krivih), dozvoljen

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

je međutim samo tamno zeleni filter (prilog, sl. 123e)*; ovaj prvenstveno izdvaja sve zrake crvenog područja za koje su neke vrste panhromatskih emulzija naročito osetljive.

Ako se međutim negativski materijal pre izazivanja desenzibilizuje, može da se upotrebi za jedan stupanj svetlije osvetljenje, t. j. za panhromatske emulzije tamno crveni filter, a za ortohromatske i obične svetlo crveni ili narandžasti filter.

Za određivanje upotrebljivosti filtara za mračnu komoru važi po A. Hübl-u načelo, da je osvetljenje mračne komore »pouzdan« za onu emulziju, koju osvetlimo 30 sekundi na rastojanju od 50 cm od svetlosnog izvora i koja po izazivanju ne pokazuje nikakvo zacrnenje; ako međutim pokaže slabo zacrnenje, osvetljenje još može da se smatra »upotrebljivim«.

Pogodni filtri za osvetljenje mračne komore dobijaju se u najrazličitijim oblicima (u masi obojene staklene ploče, cilindri i zvona ili neposredno i električne sijalice sa pogodno obojenim staklom).

U slučaju potrebe mogu da se izrade (po ing. Burian-u) tri filtra za mračnu komoru, čija međusobna kombinacija omogućuje pet različitih osvetljenja. Ova tri filtra svetlo zelene, crvene i tamno zelene boje spravljaju se od običnog stakla, koje se prevuče obojenom želatinom i to za

1. svetlo zeleni filter:

želatine	1 : 10	41 ccm	} 7 ccm na 1 dm ² staklene ploče
dunkelrotgrün	1 : 100	9 ccm	
tartrazin	1 : 100	20 ccm	

2. crveni filter:

želatine	1 : 10	65 ccm	} 9 ccm na 1 dm ² staklene ploče
echtrot D		0,5 g	
tartrazin		0,5 g	
filterblau	1 : 100	2,4 ccm	

3. tamno zeleni filter:

želatine	1 : 9	37 ccm	} 7 ccm na 1 dm ² staklene ploče
toluidinblau	1 : 50	20 ccm	
naphtolgrün	1 : 25	8 ccm	
tartrazin	1 : 25	5 ccm	

Kao osvetljenje za mračnu komoru se upotrebljuje:

- filter 1.: za papire sa srebro-hloridom i slabo osetljive sa srebro-bromidom,
filter 2.: za osetljivije papire sa srebro-bromidom i za obične negativske emulzije,

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

filtrar 3.: za emulzije sa isključivom osetljivošću za crvene zrake,
 filtrar 1. + 2.: za ortohromatske emulzije i
 filtrar 1. + 3.: za panhromatske emulzije.

Za sve filtre za mračnu komoru je najpogodniji svetlosni izvor sijalica od 15 vati (najviše 25 vati), jer bi filteri za mračnu komoru inače morali da budu mnogo gušći. Upotreba dnevne svetlosti, zbog velikih razlika u intenzitetu i sastavu boje, nije pogodna; zbog promena u intenzitetu je naime otežano i ocenjivanje gustoće negativa i prilagođavanje stepena zasićenosti bojom filtara.

B. Korekcioni filteri za veštačko osvetljenje

Veštački svetlosni izvori, nasuprot beloj dnevnoj svetlosti koja se sa dobima dana i godine jako menja, uopšte daju svetlost konstantnog intenziteta; a suprotno tome imaju nedostatak, da se njihova — obično žuto crvenkasta svetlost u pogledu sastava boja više ili manje razlikuje od spektralnog sastava dnevne svetlosti.

Pogodnim filterima, koji apsorbuju višak crvenkasto žutih zrakova, može svetlost veštačkih izvora — ma da je njihova temperatura zračenja mnogo niža od temperature zračenja sunčane svetlosti — makar i približno da se izjednači sa nekonstantnom po intenzitetu i po sastavu boja promenljivom dnevnim svetlošću; stoga se filteri ove vrste, koji se upotrebljuju kod senzimetričkih ispitivanja fotografskih emulzija, nazivaju korekcionim ili ekvivalentnim filterima.

U praksi se korekcioni filteri upotrebljuju kao suvi ili kao tečni filteri. Suve korekzione filtre za razne svetlosne izvore izrađuje na pr. »Lumina-Gesellschaft für Lichttechnik« ili »Kodak Co.«. Od tečnih korekcionih filtara se najviše upotrebljuje tečni filtrar po Davis-Gibson za volframsku vakumsku sijalicu, kao normalnog izvora u smislu odluke Međunarodnog kongresa (u Londonu 1928. i u Dresdenu 1931.). Ovaj tečni filtrar po Davis-Gibson, koji izjednačuje svetlost normalne sijalice temperature zračenja 2360° sa prosečnom dnevnom svetlošću, sastoji se iz dvojne kivete sa pregradom u koju se sipaju filtarske tečnosti, u debljini 1 cm, sledećeg sastava:

filtrar A:	bakar-sulfat krist.	3,707 g
	manit $C_6H_6(OH)_6$	3,707 g
	piridin C_5H_5N	30,0 ccm
	destilovanom vodom dopuniti na	1000 ccm
filtrar B:	kobalt-amonijum-sulfat	26,827 g
	bakar-sulfat krist.	27,18 g
	sumporna kiselina ($s = 1,835$)	10,0 ccm
	destilovanom vodom dopuniti na	1000 ccm

Ovaj tečni filtrar treba da se upotrebljuje na temperaturi od 20° C (sa tolerancijom $\pm 6^\circ$), pri čemu treba pregrada kivete sa bakrovom soli da je obrnuta prema svetlosnom izvoru.

3. KOMPENZACIONI FILTRI ZA SNIMANJE

A. Svrha i vrste kompenzacionih filtara

Crno bela fotografija registruje boje u prirodi u tonovima sivina crno bele skale. Ako registrovanje boja na fotografskoj slici treba da je u pravilnim sivilima, moraju sivine koje odgovaraju tonovima boja da budu stupnjevane u takvim monohromskim stupnjevima tonova, kako čoveče oko oseća svetlinu pojedinih boja. Idealno registrovanje tonova boja u tom smislu pokazuju sl. 124a i b (prilog)*. Ali kod fotografskog postupka se ovaj idealni slučaj tonski pravilnog registrovanja boja ne pojavljuje tako prosto sam od sebe, jer fotografska emulzija boje oseća u pogledu njihovih svetlinskih vrednosti drugačije nego naše oko.

Fotografska emulzija naime — kao što je poznato — nije podjednako osetljiva za sve spektralne boje. Obična emulzija je za crvenu i narandžastu boju skoro potpuno neosetljiva, za žutu i zelenu vrlo malo, ali u velikoj meri za plavu, ljubičastu i ultra ljubičastu boju. Posledica toga jeste, da se na fotografskom snimku obojenog predmeta ocrtavaju crvene, narandžaste i žute boje suviše tamno, a plave i ljubičaste boje suviše svetlo, što nikako ne odgovara osetljivosti oka za stupnjeve tonova; ocrtavanje tonova na fotografskoj slici je dakle potpuno pogrešno (prilog, sl. 124c)*. Senzibilizovane emulzije su međutim osim za plave i ljubičaste zrake osetljive još i za druga spektralna područja — ortohromatske za žute, a panhromatske još i za narandžaste i crvene zrake; svakako međutim još uvek preovlađuje prvobitna osetljivost emulzije za plave i ljubičaste zrake, usled čega monohromsko ocrtavanje tonova boja još uvek nije u skladu s osetljivošću oka (prilog, sl. 124d i e)*.

Da bi se boje uprkos neuravnoteženoj osetljivosti negativske emulzije za boje ocrtale u svetlosnim jačinama, kao što ih oseća čoveče oko, treba u odgovarajućoj meri kočiti preovlađujući uticaj plavih i ljubičastih zrakova na taj način, što se kod snimanja pred zrakove koji obrazuju sliku, na sam objektiv, stavi obojeni filtrar koji nepoželjne i suviše aktivne zrake delom ograniči i tako kompenzira (izjednači) suviše veliku osetljivost emulzije za jedne boje suviše malom osetljivošću za druge boje.

Ako dakle emulzija ovu ili onu boju na pozitivu ocrtava tonski suviše svetlo, onda obojeni filtrar ove boje ograniči. U smislu teorije o supstraktivnom mešanju boja svaki obojeni filtrar uvek međutim apsorbuje veći ili manji deo zrakova komplementarne boje; plave zrake dakle apsorbuje žuti filtrar, zelene zrake crveni filtrar i t. d., a istovremeno podvlači filtrar sebi svojstvenu boju.

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

S obzirom na današnju tehniku senzibilizovanja upotrebljuju se za obične potrebe fotografske tehnike kompenzacioni filtri sledećih boja:

1. **Žuti filter** koji je prvobitno — dok su bile poznate samo ortohromatske emulzije — upotrebljavan kao jedini bojeni filter u najrazličitijim nijansama i koji filtrira (zadržava) samo plave i ljubičaste zrake (prilog, sl. 125a)*.

2. **Žuto zeleni filter** (po Dr. Kellner-u) ima u suštini dejstvo žutog filtra, ali istovremeno malo zadržava i crvene zrake i danas se smatra kao univerzalni filter za ortohromatske i panhromatske emulzije (prilog, sl. 125b)*.

3. **Neutralno zeleni filter** u prvom redu zadržava crvene zrake, a zbog svoje žute bojene komponente istovremeno u manjoj meri i plave zrake; upotrebljuje se u svrhu što korektnijeg ocrtavanja crvenih tonova kod panhromatskih emulzija sa srednjim senzibilizovanjem za crveno područje (prilog, sl. 125c)*.

4. **Plavo zeleni filter** je zbog apsorpcije crvenih i delom naranđastih zrakova umesan isključivo samo za panhromatske emulzije ekstremno senzibilizovane za crveno područje (prilog, sl. 125d)*.

5. **Naranđasti filter**, koji, zbog delimičnog ograničavanja zelenih i skoro potpune apsorpcije plavih i ljubičastih zrakova, podvlači žute i crvene tonove, je specijalan filter za snimanje daljine panhromatskim emulzijama (prilog, sl. 125e)*; zbog dejstva isključivanja atmosfere sumaglice često se upotrebljuje kod aerofotogrametrijskih snimaka.

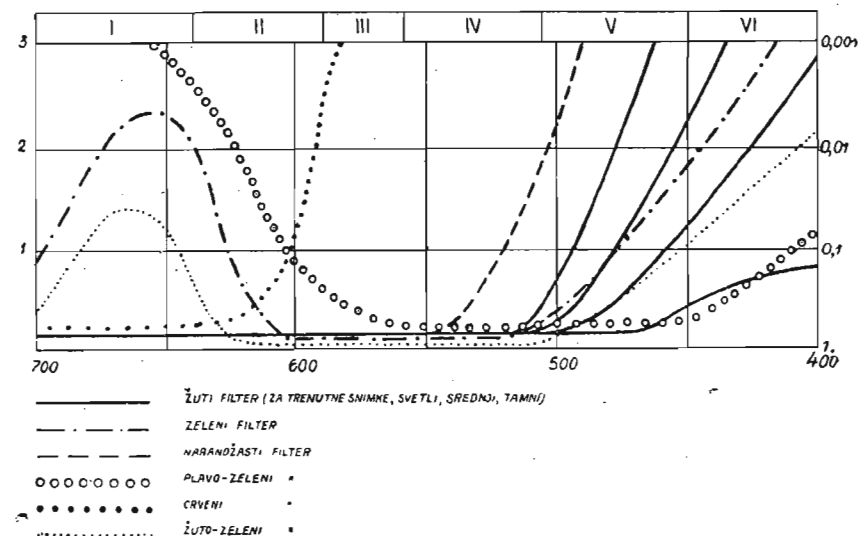
6. **Crveni filter** apsorbuje sve zrake od žutog područja dalje i upotrebljuje se, kod panhromatskih i infra crvenih emulzija samo za snimanje zamagljene daljine, ne sa svrhom korektnog ocrtavanja tonova, nego sa svrhom da fotografski snimak prodre atmosfersku sumaglicu tako, da slika ocrta više nego što vidi čovečje oko; pošto sliku stvaraju samo crveni i infra crveni zraci, koji zbog svoje veće talasne dužine lakše prodiru kroz atmosfersku sumaglicu nego ostale spektralne boje, u takvim je slučajevima crveni filter potreban i u svrhu smanjenja žižne razlike, koja bi se pojavila i kod visoko korišćenih objektivna, zbog istovremenog korišćenja kratkotalasnih i dugotalasnih svetlosnih zrakova (zbog isključivanja kratkotalasnih zrakova, kod crvenih filtara je skoro dosledno potrebna korektura razdaljine optičkog lika povećanjem izvlačenja za približno 1/200 žižne daljine).

7. **UV (ultra ljubičasti) filter** koji u minimalnoj meri guta vidljive zrake, a apsorbuje sve ultra ljubičaste zrake, namenjen je isključivo samo za snimanje u Alpima na visinama iznad 2500 m, jer bi se inače zbog žižne razlike, prouzrokovane uticajem velikog broja ultra ljubičastih zrakova, pojavila veća neoštrina slike. Na tim visinama bi zbog čiste atmosfere dejstvo žutog filtra bilo suviše snažno; jer bi se tamno plavo nebo ocrtavalo preterano tamno, a beli oblaci bi stvarali utisak bliske nepogode.]

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

B. Optičke osobine filtara

Apsorpciono dejstvo kompenzacionog filtra ne zavisi međutim samo od njegove boje, nego i od količine boje koju sadrži. Što više boje naime sadrži filter, utoliko tamniji je i utoliko veća je njegova apsorpciona moć. Ovo stupnjevanje boje naziva se i bojenom gustinom filtra i brojno se određuje količinom boje u gramovima na 1 m² staklene površine (za suve filtre), odnosno na 1 m² sloja tečnosti debljine 1 cm, t. j. na 10 litara rastvora (za tečne filtre).



Sl. 126.

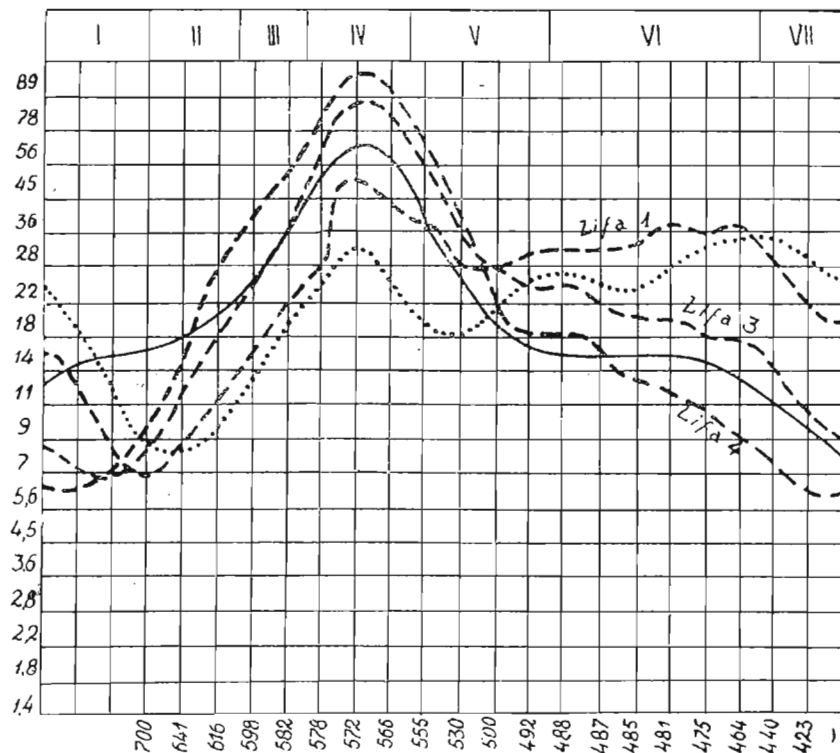
I — crvena zona; II — naranđasta zona; III — žuta zona; IV — zelena zona;
V — plava zona; VI — ljubičasta zona

U fotografskoj industriji nažalost nije uvedeno obavezno označavanje filtara prema njihovoj gustoći, nego se upotrebljuju potpuno opšta označavanja: momentni, svetli, srednji, tamni i kontrastni filter; pored toga firme označuju svoje filtre i brojevima (na pr. Agfa Nr. 0—5, Lifa Nr. 1—4, Zeiss L i D), ali ti brojevi nemaju nikakve zajedničke osnove i ne pružaju nikakav kriterijum u pogledu gustoće boje i delovanja filtra. A potpuno pogrešno je označavanje gustoća kao 2-struki, 3-struki i t. d. filter, što se odnosi na takozvani faktor filtra koji međutim — kao što će se to iz docnijih izlaganja videti — nikako nije konstantan, nego u velikoj meri zavisi od osetljivosti negativske emulzije za boje.

Optičko dejstvo kojeg bilo kompenzacionog filtra može tačno da se utvrdi samo spektroskopskim ispitivanjem u obliku ekstinkcionih krivih (sl. 126) koje pokazuju opseg i veličinu ekstinkcije za pojedine talasne dužine vidljivog spektra.

C. Filtar i registrovanje boja u tonovima sivina

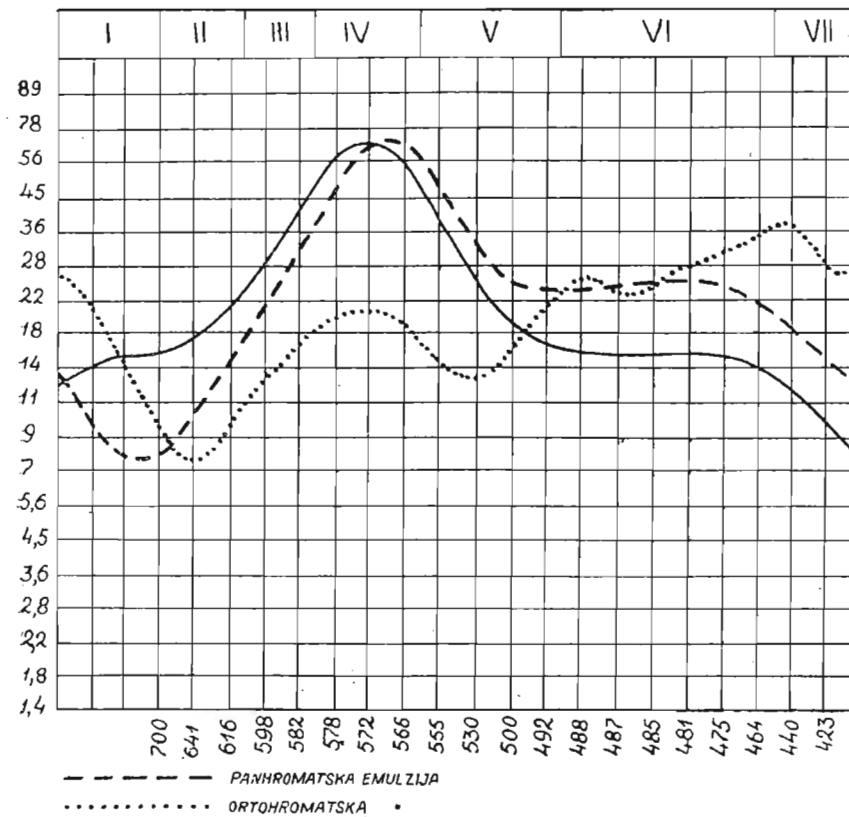
Dejstvo kompenzacionog filtra na negativsku emulziju odnosno registrovanja pojedinih boja u tonovima sivina, t. j. uticaj optičkog filtriranja bojenih zrakova, na očigledan način se utvrđuje na osnovu



Sl. 127.

I — purpurna zona; II — crvena zona; III — narandžasta zona; IV — žuta zona;
V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

neposrednog fotografskog snimka bojene table, namenjene za ispitivanje senzibilizovanja. Snimanje se vrši jedanput bez filtra i zatim sa filtrom. Razlike između tonova sivina istih boja na prvom i na drugom snimku pružaju neposredan kriterijum za opseg i veličinu promenjenog registrovanja boja, odnosno za stepen pravilnosti tonova. Najjasniju



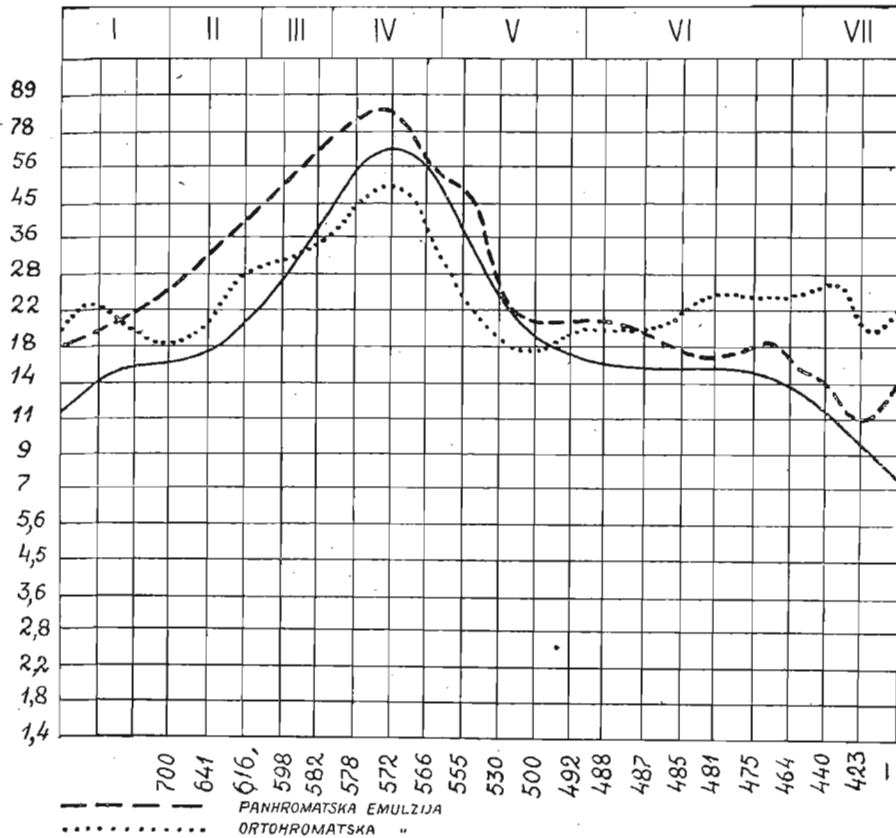
Sl. 128a.

I — purpurna zona; II — crvena zona; III — narandžasta zona; IV — žuta zona;
V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

sliku promena tonova usled apsorpcije boja filtrom pruža Lagorio-Photochrommeter u obliku krivih bojama odgovarajućih sivina (sl. 127) i odnos ovih prema krivama osetljivosti oka.

Na sl. 127 predstavljena je senzibilizaciona kriva ortohromatske emulzije i krive bojama odgovarajućih sivina kod snimaka na istoj emulziji sa tri filtra različite gustoće (Lifa Nr. 1, 3 i 4). Kriva bojama

odgovarajućih sivina za filter Nr. 1 u poređenju sa senzibilizacionom krivom (bez filtra) odmah pokazuje, da ocrtavanje žutog područja sa filterom toliko pridobija, da se već prilično približuje krivoj osetljivosti oka; ali osetljivost za plavo zelenu i plavu boju još uvijek je tako visoka, da bojama odgovarajuće sivine još nisu uravnotežene. — Filterom Nr. 3 je međutim postignuto već vrlo dobro približavanje krivoj



Sl. 128b.

I — purpurna zona; II — crvena zona; III — narandžasta zona; IV — žuta zona;
V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

oetljivosti oka. Ovaj filter smemo dakle da smatramo kao »tonski pravilan«, ma da kod ortohromatske emulzije uopšte ne može da se postigne potpuna tonska pravilnost (pravilna sivina prema utisku svetline boje) zbog njene nepotpune osetljivosti za crvene i naran-

đaste zrake. — Kriva bojama odgovarajućih sivina sa tamnim filterom Nr. 4 zbog velike gustoće filtra već pokazuje prekomernu kompenzaciju i pretamno registrovano plavo područje; stoga ovaj filter već ima karakter kontrastnog filtra.

Međutim kompenzaciono dejstvo filtra naravno nikako nije kod svake emulzije podjednako. O tome nas odmah uveri međusobno upoređivanje krivih bojama odgovarajućih sivina za isti filter kod ortohromatske i panhromatske emulzije (sl. 128a i b). Upoređivanje krivih na sl. 128a pokazuje, da je za ortohromatsku emulziju upotrebljeni žuti filter (Zeiss L) — izuzev crveno područje — skoro tonski pravilan; a kod panhromatske emulzije (sl. 128b) isti filter — ma da pogodno utiče u zelenom i plavom području — preteruje registrovanje boja sivinama u crvenom području, koje je zbog izrazitog panhromatskog senzibilizovanja već i inače nešto pretrano osetljivo za crvene zrake. Žuto zeleni filter bi kod ove emulzije svakako davao pravilnije registrovanje boja sivinama.

Iz ovih primera se dakle vidi da je za pravilnost, odnosno za uravnoteženost registrovanja boja sivinama merodavna ne samo bojena gustoća filtra, nego u najvećoj meri i prvobitna osetljivost emulzije za boje. Ukoliko je god naime potpunije senzibilizovanje emulzije, utoliko slabiji filter za pravilno registrovanje boja sivinama. A pošto se stupanj senzibilizovanja menja i obojenošću svetlosti, i od njene boje će zavisiti potrebna gustoća i vrsta filtra.

D. Faktor filtra i ekspozicija

Usled apsorpcije komplementarnih boja i zbog nepotpune propustljivosti svakog kompenzacionog filtra dolazi kod snimanja sa filterom do gubitka svetlosti, koji bezuslovno zahteva produženje ekspozicije. Broj koji određuje koliko puta treba da je ekspozicija duža sa filterom, nego bez filtra da bi se u oba slučaja postiglo isto zacrnjenje negativa, naziva se faktor filtra. Obično već fabrika za svaki filter navodi odgovarajući faktor koji međutim mora da se smatra samo kao prosečna vrednost, jer ovaj ne zavisi samo od bojene gustoće filtra, nego kod istog filtra i od stupnja senzibilizovanja emulzije za boje i od obojenosti svetlosti.

Vrednosti faktora filtra kod različitih stupnjeva senzibilizovanja emulzije navedene su za najčešće upotrebljavane marke kompenzacionih filtera u tabeli XLVII.

Za datu emulziju i za dati filter odredi se stvarno vrednost faktora senzimetričkim putem pomoću sivog klina (metoda pomeranja po Hübl-u) ili pak po Rheden-ovoj metodi fotografskom kamerom. Ova metoda se sastoji u tome, što se u kasetu stavi ploča ili film koji se ispituju i do polovine se pokrije crnom hartijom. Fotografska kamera se zatim upravi na ravnomerno osvetljen beli mat karton, pa se emulzija

u fotografskoj kameri osvetli bez filtra toliko, da se posle izazivanja dobije srednje zacrnjenje (sl. 129, prilog)*. Zatim se u mračnoj komori crna hartija pomeri na drugu polovinu, tako da je već osvetljena polovina osetljivog sloja pokrivena. Pri stavljenom filtru i izvučenom poklopcu kasete izvede se za drugu polovinu jednokratna do dvostruka ekspo-

Tabela XLVII:
Faktori filtara

Vrsta filtra	Senzibilizacija emulzije za boje			
	vrlo jaka	jaka	srednja	slaba
Agfa 0 - Lifa 1 Voigtländer α	1,2	1,5	2	3
Agfa 1 - Hübl I	1,5	2	2,5	4
Agfa 2 - Lifa 2 Leitz 0 - Zeiss L	2	2,5	3	6
Agfa 3 - Hübl II Leitz 1	2,5	3,5	4	8
Agfa 4 - Lifa 3 Leitz 2 - Hübl III Voigtländer β	3	4,5	6	12
Agfa 5 - Lifa 4 Zeiss D	3,2	5,5	7	14

zicija, pa se poklopac kasete postepeno zatvara za 1—2 cm i emulzija se uzastopno osvetli tako, da ekspozicija raste po stupnjevima. Posle izazivanja i fiksiranja potraži se onaj stupanj, koji pokazuje isto zacrnjenje kao prva polovina. Količnik dotičnih ekspozicija određuje faktor filtra koji važi za dotičnu emulziju sa dotičnim filtrom, a koji za slučaj na sl. 129 iznosi:

$$\frac{3}{15} : \frac{1}{25} = 5$$

Kao što je već bilo rečeno zavisi faktor filtra međutim i od obojenosti svetlosti, jer se ovom menja i osetljivost emulzije za pojedina bojena područja. Kod jako plavkaste svetlosti (snimci u senci kod vedrog neba) se zbog preovlađujućih plavih zrakova faktor filtra povećava, kod žućkaste svetlosti (snimci pri izlasku ili zalasku sunca ili kod električne svetlosti) se međutim faktor zbog nedostatka plavih zrakova smanji.

* Vidi prilog u bojama na kraju knjige.

Za ove dve vrste svetlosti utvrdi se merodavni faktor filtra po Dr. Rheden-u na taj način, što se normalni faktor f za belu svetlost rastavi na dve komponente

$$f = (f - 1) + 1,$$

pa se za plavkastu svetlost komponenta $(f - 1)$ udvostruči, a za žućkastu svetlost prepola. Na pr.:

faktor filtra za belu svetlost	3,5 (= 2,5 + 1)
faktor filtra za plavkastu svetlost	2,5 × 2 + 1 = 6
faktor filtra za žućkastu svetlost	2,5 : 2 + 1 = 2,3

U slučaju da je teško utvrditi aktiničnost, odnosno obojenost svetlosti, bolje je da se po mogućstvu izabere nešto veća vrednost faktora filtra, jer je s obzirom na tolerancu ekspozicije emulzije manje škodljiva preobilna, nego li prekratka ekspozicija.

E. Odnosi između filtra i emulzije

Svako pretvaranje tonova boja u tonove sivina crno bele fotografske slike uvek je samo kompromisno rešenje, pri čemu tonski potpuno pravilno pretvaranje boja u sivine u smislu slikanja nije uvek i u svakom slučaju najbolji rezultat (na pr. snimak vrlo nežnih raznobojnih pigmenata bi na emulziji kod pravilnog pretvaranja boja u tonove sivina pokazivao skoro potpuno ravnomernu sivinu).

Suprotno tome se međutim iz gornjih izlaganja takođe jasno vidi, da apsolutno pravilno pretvaranje boja svih bojenih područja u tonove sivina uopšte i kod upotrebe kompenzacionih filtara ne može da se postigne. Ortohromatska emulzija podbaci u crvenom i narandžastom području, kojima nikakav filter ne može da pomogne da dođu do izražaja. Mnogo bolje pretvaranje boja u tonove sivina omogućuju panhromatske emulzije sa normalnim senzibilizovanjem za crveno područje, koje su već tako blizu pravilnom pretvaranju boja u sivine, da im skoro nije potreban kompenzacioni filter. Za crveno područje jako senzibilizovane panhromatske emulzije opet se udaljuju od pravilnog pretvaranja boja u sivine ma da je, s obzirom na njihovu povećanu osetljivost kod veštačke svetlosti, njihovo postojanje opravdano. Upotreba ovih emulzija kod dnevne svetlosti nije isključena, ali u svrhu pogodnog, pravilnog pretvaranja boja u sivine samo sa plavo zelenim filtrom, koji treba da koči suviše visoko senzibilizovanje za crvene zrake.

Opšte važi kao osnovno načelo, da kompenzacioni filter, ma koje vrste, ima smisla samo kod emulzija osetljivih za boje, jer je nesenzibilizovani srebro-bromid osetljiv samo za plave i ljubičaste zrake. Eventualna upotreba filtra kod običnih emulzija imala bi za posledicu

samo nepotrebno ogromno produženje ekspozicije bez ma kakvog bitnog korigovanja pretvaranja boja u tonove sivina.

S obzirom na to da u fotografskoj tehnici stoje na raspoloženju negativski materijal sa raznovrsnom bojenom senzibilizacijom i kompenzacioni filtri raznih boja i gustoća, problem pravilnog pretvaranja boja u sivine može da se reši na više načina. Pri tome fotograf mora na osnovu teorije i prakse da reši sledeća načelna pitanja:

1. Sadrži li kolorit objekta snimanja sve uslove za dovoljno kontrastno pretvaranje boja u tonove sivina?
2. Kako reaguje upotrebljeni negativski materijal na razna područja boja (stupanj senzibilizovanja za boje)?
3. Kakav filter omogućuje pogodnu korekturu registrovanja boja u tonovima sivina na fotografskoj slici?

Glavna uputstva za rešavanje ovih problema sadrži tabela XLVIII.

Najzad treba podvući samo još i činjenicu, da se upotrebom filtra nikako ne promeni gradacija emulzije. Međutim je kod vrlo kritičnog ocenjivanja uporednih snimaka pod izvanrednim okolnostima češće utvrđena činjenica, da filter može da smanji oštrinu negativa malog formata slike. Za ovu pojavu može da bude odgovoran optički uticaj, koji je međutim svakako hemiski uticaj. Pošto su naime ortohromatske i panhromatske emulzije obično obojeno žućkasto zeleno i žućkasto crveno, apsorbuju pretežni deo plavih i ljubičastih zrakova; stoga se silom okolnosti pod uticajem ovih zrakova slika obrazuje na površini emulzije i ostaje potpuno oštra. Ako se međutim filtrom zadrže, odnosno oslabe plavo ljubičasti zraci, onda se pod uticajem žutih i zelenih zrakova slika više ne obrazuje na površini, nego dublje u emulziji. Zbog ovog pomeranja optičke slike sa površine u dubinu istina ne trpi oštrina slike, ali mutnim slojem emulzije prouzrokovano rasipanje svetlosnih zrakova u želatini oslabi oštrinu slike i smanji moć razlaganja emulzije.

Tabela XLVIII:

Dejstvo i upotreba kompenzacionih filtara

Vrsta emulzije	Filter koji daje pravilan ton za		Izuzetni filter za vanrednu korekturu reprodukcije boje
	dnevnu svetlost	veštačko osvetljenje	
Ortohromska	Žut filter (obično svetli) zadržava plave zrake i oživljava zelene i žute tonove	Filter je izlišan, jer njegovo dejstvo zamenjuje žućkasta svetlost	Tamni filter jako oživljava zelenu boju, pojačava plavo nebo, podvija plavkastu daljinu i smanjuje „vazdušnu perspektivu“
Panhromatska umereno senzibilizovana	Žuto-zeleni filter (ili svetli žuti filter) zadržava plave zrake i oživljava zelene i žute tonove; reko je međutim neophodno potreban	—	Tamni filter dejstvo kao gore. Narandžasti filter za odstranjivanje sunčevice kod snimaka daljine (dejstvo nije naročito snažno). UV-filter u alpinu iznad 1500 m onemogućuje eventualnu žižnu razliku
Panhromatska jako senzibilizovana	Neutralno zeleni filter zadržava crvene i plave zrake i oživljava zelene tonove; sa manjim dejstvom upotrebljiv je i žuto zeleni filter	Plavo zeleni filter smanjuje bledilo crveno-narandžastih pigmentata (tonova kože kod portreta)	Narandžasti ili crveni filter kao gore (ali snažno dejstvo). UV-filter - dejstvo kao gore

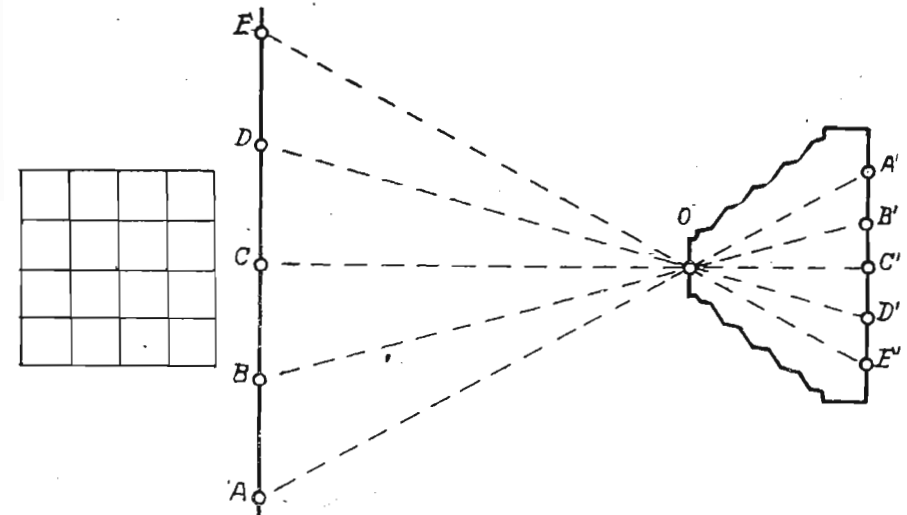
FOTOGRAFSKA OPTIKA

I. FOTOGRAFSKI OBJEKTIV I OBRAZOVANJE SLIKE

1. PERSPEKTIVNO OCRTAVANJE

Bitno optičko pomoćno sredstvo za obrazovanje fotografske slike je fotografski objektiv koji u smislu centralne projekcije obrazuje sliku u jednoj ravni ili perspektivnu sliku fotografisanog objekta. Da bi fotografska slika obrazovana od objektiva kao centra perspektive bila, sa geometriskog gledišta, zaista perspektivna, moraju biti ispunjeni sledeći uslovi:

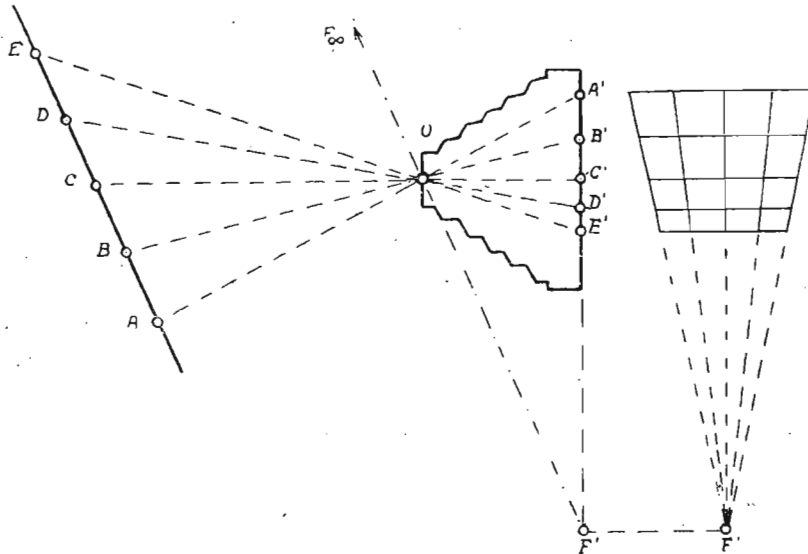
1. svakoj tački objekta mora da odgovara tačka na slici,
2. svakoj pravoj objekta mora da odgovara prava na slici i
3. svaka ravan objekta mora na slici da se ocrtava kao ravan.



Sl. 130a.

Fotografska slika vertikalne kvadratne mreže

Na sl. 130a i b leže tačke objekta A, B, C... na podjednakim rastojanjima na pravoj, a tačke A', B', C'... koje njima odgovaraju na perspektivnoj slici morale bi da leže na mutnom staklu fotografske kamere. Ako je prava na objektu paralelna sa mutnim staklom (sl. 130a), onda su tačke A', B', C'... ekvidistantne (podjednako udaljene jedna od druge), dok se kod kosog položaja prave na objektu njihova međusobna razdaljina smanji (sl. 130b).



Sl. 130b.

Fotografska slika nagnute kvadratne mreže

Ako međutim na sl. 130a i b nacrtane prave predstavljaju ravan objekta normalnu na ravan crtanja, na kojoj je preko tačaka A, B, C... nacrtana na pr. kvadratna mreža, onda se na slici 130a i ova ocrtava ko pravilna mreža, dok se na sl. 130b ova mreža perspektivno skrati i to tako, da njena širina od ivice A' postepeno opada prema ivici E'; tačka F' kao presečište ravni slike i paralele sa ravni objekta određuje perspektivnu nedoglednicu bočnih ivica kvadratne mreže. Razmera slike se dakle smanjuje od prednjeg plana prema pozadini.

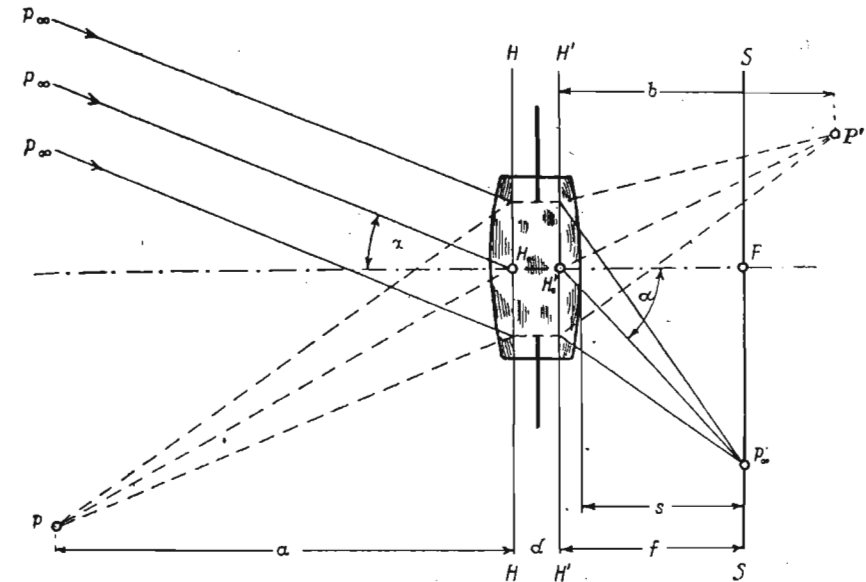
Dejstvo slike i utisak perspektive kod paralelne i kose ravni objekta najbolje predočava upoređenje snimka arhitektonske fasade spreda sa bočnim ili sa kosim snimkom iste fasade. Prvi snimak je bez pro-

stornog efekta, drugi je zbog perspektivnog ocrtavanja, kod kojeg paralelne horizontale konvergiraju u nedoglednicu, plastičan, a treći snimak je zbog konvergenca vertikala («nagnute linije») za posmatrača neprirodan i našem oku tuđ. Međutim su u sva tri slučaja na ravni slike tačke ocrtane kao tačke i prave kao prave.

Da bi svaki za tehničke (još naročito za fotogrametrijske) snimke namenjeni fotografski objektiv odgovarao ovim osnovnim uslovima geometrijski pravilne perspektive, mora da ispuni dva glavna zahteva, t. j. zahtev oštine (za ravni i tačke) i zahtev pravilnog optičkog crtanja ili crtanja bez distorzije (za prave).

2. IDEALNO OCRTAVANJE

Svi fotografski objektivni su u pogledu svog optičkog dejstva sastavljena sabirna sočiva koja na emulziji stvaraju stvarne optičke likove u perspektivi. Pri geometrijskom određivanju odnosa između



Sl. 131.

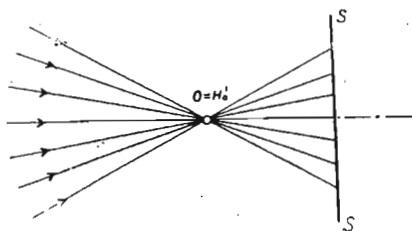
HP — prostor objekta; H'S — prostor slike

objekta i lika dosledno se pretpostavlja idealno ocrtavanje u smislu shematičke sl. 131. Na optičkoj osi objektivnog sistema sočiva, leže središta krivina svih površina sočiva. Na levoj strani je prostor objekta sa objektom snimanja, a desno prostor lika sa ravni lika S. Svetlosni zraci koji padaju sa vrlo udaljene tačke P_{∞} kroz

objektiv, praktično su paralelni i objektiv ih prelama tako, da se seku u tački lika P'_{∞} . Komplikovani prolaz zrakova kroz objektiv zameni se po prostoj shemi: zraci koji pogode prednju glavnu ravan H prostiru se između ove i zadnje glavne ravni H' paralelno; od ove konvergiraju zraci ka tački lika P'_{∞} koja je od zadnje glavne ravni udaljena za žižnu daljinu f objektiv. Sve te tačke se nalaze u takozvanoj žižnoj ravni S. Analog shematični prolaz pokazuju zraci koji polaze od tačke P u rastojanju a od prednje glavne ravni, a konvergiraju u prostoru lika u tački lika P' , koja se nalazi na razdaljini b od zadnje glavne ravni. Između rastojanja objekta a i razdaljine lika b postoji međutim poznata srazmera izražena recipročnom formulom

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Presečište F žižne ravni sa optičkom osom je žiža ili fokus objektiv, a njegova razdaljina s od zadnjeg sočiva se naziva fokalna razdaljina preseka ili kratko razdaljina preseka. Pri postavljanju fotografske kamere na rastojanje je položaj optičkog lika određen razdaljinom preseka, a njegova veličina žižnom daljinom f .



Sl. 132.

$O=H_0$ — središte dijafragme; SS — ravan slike

Zrak koji prolazi kroz glavne tačke H_0 i H_0' zove se glavni zrak; sa optičkom osom gradi u prostoru objekta ugao α i u prostoru lika ugao α' , koji je u slučaju idealnog ocrtavanja jednak uglu α . Kod fotografskog objektiv postoje dakle dva centra perspektivnog ocrtavanja: H_0 kao prednja glavna tačka je središte, sa kojeg zamišljamo da se posmatra objekat, a H_0' je središte, sa kojeg mora da se posmatra fotografska slika, da bi zraci padali u oko posmatrača pod istim uglovima kao od objekta; razdaljina oka od slike mora dakle biti podjednaka razdaljini b (sl. 131), ako treba oko da vidi istu perspektivu kao kod neposrednog posmatranja objekta.

Kod pretežne većine odnosa između objekta i slike može shematično prostiranje svetlosnih zrakova još da se uprosti time, što se zanemari relativno malo rastojanje d obeju glavnih ravni H i H' . Glavni zraci se onda prostiru od tačaka objekta nelomljeni do tačaka slike i seku se u središtu O diafragme (sl. 132). U tom slučaju je presečište O perspektivno središte, odnosno središte projekcionih zrakova.

II. MANE SOČIVA I OBJEKTIVA

Najprostiji oblik fotografskog objektiv je sabirno sočivo. Pri temeljnom ispitivanju optičke slike obrazovane prostim sabirnim sočivom može međutim da se utvrdi, da je ocrtavanje neoštro, izopačeno i stoga netačno. Običnim sočivom obrazovana slika se naime, delom iz optičkih, delom iz hemiskih razloga, osetno razlikuje od idealnog geometričkog ocrtavanja. Ove razlike kao posledice neoštine i izopačenosti, prouzrokovane su manama sočiva ili greškama u ocrtavanju, koje odstranimo ili korigujemo kombinacijom više sočiva u optički sistem. Ipak i kod korigovanih sistema nisu mane potpuno odstranjene i svaka konstrukcija fotografskog objektiv pokazuje veće ili manje ostatke ovih mana.

Najvažnije vrste mana sočiva su:

1. hromatična aberacija,
2. sferna aberacija,
3. astigmatizam,
4. izbočenost polja slike,
5. koma i
6. distorzija.

Dok prvih pet mana prouzrokuju neoštinu optičke slike, kvari šesta njemu sličnost sa geometričkom perspektivom.

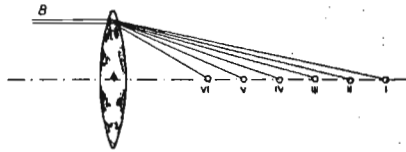
Imajući u vidu u početku navedena tri uslova za geometrički pravilnu perspektivnu sliku, dobijamo sledeću podelu grešaka u ocrtavanju: prvi uslov (da svakoj tački odgovara tačka) otežavaju hromatična i sferna aberacija, astigmatizam i koma; drugi uslov (da svakoj pravoj odgovara prava) otežava distorzija i treći uslov (da svakoj ravni odgovara ravan) izbočenost polja slike.

Zadatak geometričko konstruktivne optike jeste, da pogodnom kombinacijom i oblikom sočiva po mogućstvu što više odstrani ove mane; jer objektiv koji bi bio potpuno bez svake najmanje mane, praktično je neostvarljiv i teorisko odstranjenje mana može da se postigne samo u ograničenoj približnoj meri. Fotografski objektiv se stvaraju, naime konstruktivno, na taj način, što se izabrani sistem sočiva izračuna na osnovu njihovih prelamanja i njihovih debljina, poluprečnika krivina i međusobnih rastojanja u odnosu na sve mane. Ako se ove pokažu kao

suviše velike, onda se popravi sastav i oblik sočiva, pa se optički sistem ponovo izračuna, pri čemu se jedan deo mana smanji, a druge eventualno povećaju. Ovaj postupak menjanja izabranih optičkih elemenata se dotle ponavlja, dok se najzad ne dobije sistem sa tako malim ostacima mana, koji su sa praktičnog gledišta potpuno neškodljivi. Ovaj ponovni računski postupak naziva se u fotografskoj tehnici »krivljenje« sočiva.

1. HROMATIČNA ABERACIJA

Svako obično sočivo liči u optičkom pogledu na staklenu prizmu sa promenljivim uglom prelamanja; usled toga prosto sočivo ima osobinu, da rastavlja belu svetlost u osnovne spektralne boje, pri čemu je prelamanje ljubičastih zrakova najjače, a prelamanje crvenih i infra crvenih zrakova najslabije. Stoga dobijamo optičke likove u bojama pojedinih komponenata upadne svetlosti u više paralelnih ravni (sl. 133). Posledica toga jeste da s optičkom osom paralelni snop belih zrakova ima različite žižne daljine, odnosno različite žiže koje



Sl. 133.

B — bela svetlost; I — infracrvena slika; II — crvena slika; III — žuta slika; IV — zelena slika; V — plava slika; VI — ljubičasta slika

pripadaju pojedinim osnovnim bojama. U optici se ova pojava naziva žižna razlika. Rastojanje između žiže plavih i žutih zrakova iznosi približno 2—2,5% prosečne žižne daljine.

Pošto se usled hromatične aberacije likovi različitih boja pojavljuju na različitim mestima, dakle u različitim razdaljinama od sočiva, ovi se međusobom razlikuju i po veličini (sl. 134). Ova činjenica se naziva »hromatična razlika uvećanja«, koja se ne gubi, nego čak može i da se poveća kada za sve likove različitih boja služi samo jedna ravan (sloj emulzije).

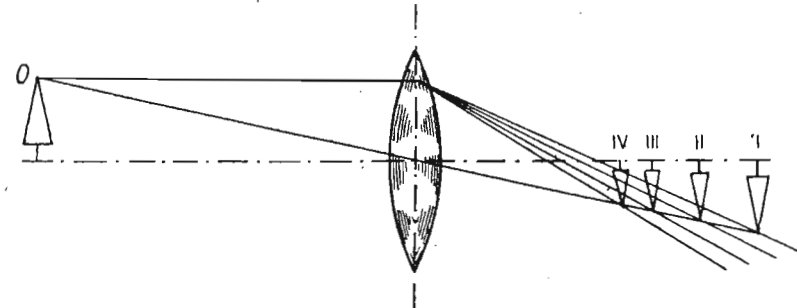
Zbog žižne razlike zavisi odnosni položaj optičkog lika i njemu odgovarajuća vrednost žižne daljine od obojenosti upadnih svetlosnih zrakova. Pošto su za naše oko žuti zraci najsvetliji, postavimo pri doterivanju oštine slike mutno staklo i nehotice u žižu žutih zrakova, dok bi fotografska emulzija morala da bude postavljena u žižu plavih zrakova, za koje je po svojoj prirodi najosetljivija.

Da bi dakle hemiska slika na sloju emulzije postala dovoljno oštra, neophodno je da se ili sloj emulzije posle izvršenog postavljanja oštine

pomeri za žižnu razliku (rastojanje između žiže žutih i plavih zrakova), koja se utvrdi na osnovu empirijske formule

$$\frac{\text{izvlačenje}^2}{50 \times \text{žižna daljina}}$$

ili pak, da se sočivo »ahromatizira«, t. j. da se postigne podudaranje žiže žutih sa žižom plavih zrakova. Ova hromatična korekcija se postizava kombinacijom sabirnog sočiva iz kron-stakla i rasipnog sočiva iz flintstakla koje ima istu disperziju za boje, a približno samo polovinu prelamanja sabirnog sočiva. Kombinacijom ova dva sočiva, koja se obično slepe kanadskim balzomom, dobijamo takozvano ahromatično ili pokrajinsko sočivo ili kratko »ahromat« koje već daje sasvim upotrebljive slike, ma da ostaci mana još uvek onemogućuju optimalnu oštrinu, ali zato daju prijatnu mekoću koja je kod snimaka umetničkog karaktera često vrlo poželjna.



Sl. 134.

O — objekat u boji; I — crvena slika; II — žuta slika; III — plava slika; IV — ljubičasta slika

Veličina hromatične aberacije se u optici na očigledan način predstavlja u obliku krive, za koju se na vertikalnu osu prenesu talasne dužine, a na horizontalnu osu žižne razlike (sl. 135), koje se skoro uvek utvrđuju samo za glavne Fraunhofer-ove linije, a obično se linija D uzima kao početna tačka. Stoga su kod običnog sabirnog sočiva žižne razlike za zeleno, plavo i ljubičasto područje negativne, a za naranđasto i crveno područje pozitivne.

Kod teoriski idealne hromatične korekcije morala bi kriva hromatične aberacije da se pretvori u pravu, koja bi se prostirala paralelno s osom talasnih dužina. Međutim je hromatična korekcija bez većih teškoća potpuno tačno izvodljiva samo za dve spektralne linije, koje konstruktor izabere prema svrsi upotrebe objektiva, što je za obične svrhe dovoljno. Samo se po sebi razume, da kod objektiva koji treba da služe oku samo vizuelno (dogled, mikroskop i t. d.) ahro-

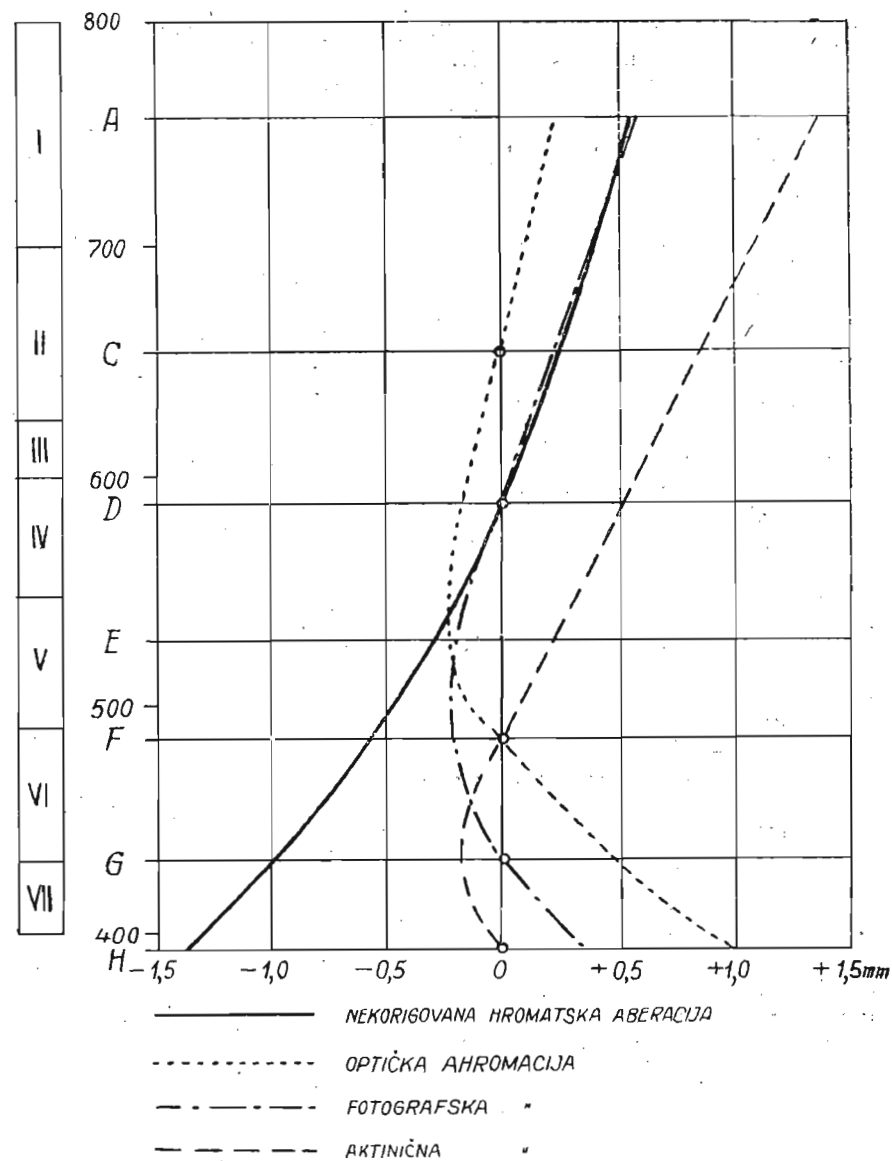
mazija treba da obuhvati najsvetlija područja spektra, t. j. žuto i zeleno; prema tome se poklapaju slike Fraunhofer-ovih linija C i F (sl. 135) i u tom slučaju je ostatak mane, t. j. takozvani sekundarni spektar, vizuelno najmanje osetan. Ovaj način hromatične korekture naziva se »optička ahromazija«. Objektiv prve Daguerre-ove kamere bio je te vrste; a i specijalni za projekcione svrhe konstruisani objektiv su korigovani za optičku ahromaziju i usled toga nisu pogodni kao objektiv za fotografska povećavanja negativa.

Fotografski snimak ovako korigovanim objektivom ne bi, bez kompenzacionog filtra, dao najbolju oštrinu, jer je emulzija prvenstveno osetljiva za plave i ljubičaste zrake koje međutim optička ahromazija ne uzima u obzir. Stoga se kod fotografskih objektiv opšte vrši takozvana »fotografska ahromazija« na taj način, što se u optičkom liku sjedine Fraunhofer-ove linije D i G (sl. 135), usled čega se hemiski najaktivniji lik (G) poklapa s optički najsvetlijim i za postavljanje oštine merodavnim likom (D). Likovi ostalih boja između D i G, na pr. zeleni nalaze se onda kod normalnih fotografskih objektiv za najviše 0,25% žižne daljine ispred ravni likova linija D i G, a likovi boja u crvenom i infra crvenom, odnosno u ljubičastom i ultra ljubičastom spektralnom području nalaze se u srazmernom odnosu iza stvarne ravni lika. Ove razlike, kao ostatak hromatične aberacije, prouzrokuju neoštrinu fotografske slike koja mora da je što manja i za naše oko neprimetna.

Najprostije konstrukciono sredstvo za elimiuisanje ostataka hromatične aberacije sastoji se u tome, da se dve sasvim podjednake kombinacije sočiva postave simetrično prema unutrašnjoj diafragmi. Na taj način prolazi svetlosni zrak kroz oba sočiva na približno istim mestima, ali odnosno hromatične disperzije na mestima suprotnog dejstva, čime se ostatak hromatične aberacije eliminiše. Zbog toga — kao i zbog korigovanja drugih mana o kojima će docnije biti govora — su građeni fotografski objektiv, naročito ranije, simetrično; ali zbog zahteva što veće svetlosne jačine morali su načelo simetrije većinom da napuste.

U izuzetnim slučajevima, na pr. za astronomske snimke i za zvučni film, vrši se takozvana »aktinična ahromazija«, kod koje se poklapaju F i G (sl. 135.) ili čak i — H. Ahromazija ove vrste umesna je kod objektiv koji se uvek upotrebljuju konstantno postavljeni na beskonačno i kojim treba da se postigne izvanredno veliki fotografski efekat upotrebom hemiski aktivnih plavih i ljubičastih zrakova. Optimalna oštrina se kod takvih objektiv ne utvrđuje doterivanjem na mutnom staklu, nego serijom oglednih snimaka.

Za specijalne tehničke svrhe, na pr. za štampanje u tri boje, nije međutim dovoljna obična ahromazija za dve boje, nego se zahteva poklapanje likova za najmanje tri boje. Ovo poklapanje može da se postigne samo sa dve vrste stakla potpuno određenih osobina, ili kom-



Sl. 135.

Dijagrami žižnih razlika: I — infracrvena zona; II — crvena zona; III — naranđasta zona; IV — žuta zona; V — zelena zona; VI — plava zona; VII — ljubičasta zona

binacijom najmanje triju različnih vrsta stakla; takvi specijalni objektivni se nazivaju »apohromati«.

Upotrebom objektivna bez ikakve ahromazije ili sa samo nepotpunom fotografskom ahromazijom dobili bismo dakle, prelazeći preko žižnih razlika, uvek više ili manje neoštre fotografske snimke. Stoga su objektivni najstarijeg tipa, koji još nemaju fotografsku ahromaziju, obično snabđiveni premeštajem »postavljena oština — snimak«, za koliko se po izvršenom postavljanju oštine na mutnom staklu na osnovu najsvetlije slike (koja odgovara liniji D) pomeri fotografski najefektnija slika (koja odgovara linijama F i G) u ravan sloja emulzije. Danas imaju samo najjevtiniji objektivni sa jednim sočivom ovu žižnu razliku, koja se međutim stavlja u račun već pri montaži sočiva u okvir. Stoga često kod najprostijih boks kamera utvrđujemo na mutnom staklu, stavljenom na otvorenu boks kameru, vizuelnu neoštrinu slike.

Ali kod dobro korigovanih fotografskih objektivna može da se pojavi žižna razlika, ako se kod snimanja koriste svetlosni zraci za koje objektiv normalno nije korigovan, to su izrazito dugotalasni (infra crveni) ili pak kratkotalasni (ultra ljubičasti) zraci. U oba slučaja normalna fotografska ahromazija nije dovoljna za postizavanje optimalne oštine slike.

Stoga se pri korišćenju infra crvenih zrakova (ako se ne upotrebi specijalan objektiv za infra crvenu fotografiju) po izvršenom postavljanju oštine (bez crvenog filtra), za snimanje sa crvenim filtrom produži izvlačenje kamere za približno 0,5—0,75% žižne daljine (pod uslovom da se doterana razdaljina bitno ne razlikuje od »beskonačno«). Na specijalnim najnovijim objektivima je međutim postavljena značka R, čijom upotrebom se izjednači razlika žižne daljine za crvene zrake. Pošto međutim postoje i objektivni kod kojih je žižna razlika za crveno područje u velikoj meri korigovana, dok kod velike većine objektivna ova uopšte nije uzeta u obzir; nepostojanje značke R nije ni u jednom ni u drugom smislu kriterijum za korekturu objektivna u infra crvenom području.

I kod ultra ljubičastih zrakova (u Alpima, naročito u zimsko doba oko podne) trebalo bi da se produži izvlačenje kamere; ali pošto se u takvim slučajevima u priličnoj količini pojavljuju i žuti, zeleni i plavi svetlosni zraci koji se koriste za obrazovanje slike, eliminišu se ultra ljubičasti zraci koji bi uprkos fotografskoj ahromaziji objektivna proizrokovali osetnu žižnu razliku pri snimanju sa naročitim UV filtrom.

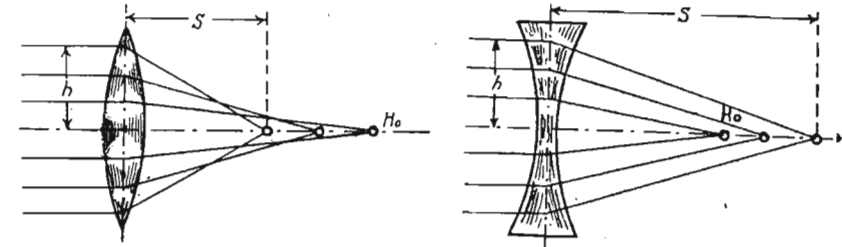
2. SFERNA ABERACIJA

Do sada smo dosledno polazili od teorijske pretpostavke, da se svi s optičkom osom paralelni zraci iste spektralne boje seku u zajedničkoj tački, t. j. u žiži. Međutim ako opet posmatramo obično sočivo kao prizmu promenljivog ugla prelamanja, onda se s osom paralelni zraci

ne lome svi tačno u tački H_0 (sl. 136a), nego zbog sve jačeg prelamanja konveksnog sočiva seku optičku osu na za toliko kraćem rastojanju s , za koliko je veća upadna visina h zraka; najveće rastojanje preseka pokazuju zraci bliski osi (paraksijalni) sa malom upadnom visinom a najmanje zraci na ivici s upadnom visinom koja je jednaka poluprečniku sočiva.

Ova razlika u rastojanju preseka zrakova različnih upadnih visina naziva se »sferna aberacija«.

Kada se sa povećanom upadnom visinom smanji rastojanje preseka (sl. 136a), onda specijalno govorimo o sfernoj aberaciji kao nepotpunoj

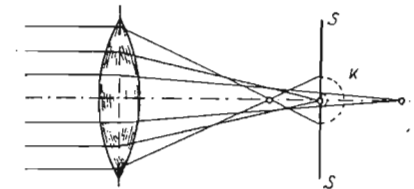


Sl. 136a i 136b.

Sferna podkorekcija i sferna nadkorekcija

korekciji ili kratko o »nepotpunoj sfernoj korekciji«; a kada se sa upadnom visinom poveća rastojanje preseka (sl. 136b) o »preteranoj sfernoj korekciji«.

Posledica sferne aberacije, t. j. različitih rastojanja preseka svetlosnih zrakova jeste da od snopa zrakova koji paralelno prolazi kroz sočivo ne dobijamo kao sliku samo jednu svetlu tačku (žižu) u žižnoj daljini, nego prostornu tvorevinu u obliku rotacionog tela, t. j. takozvanu kaustiku. Za ovu kaustiku, čija se svetlosna jačina menja prema gustini svetlosnih zrakova, karakteristični su njeni poprečni preseki

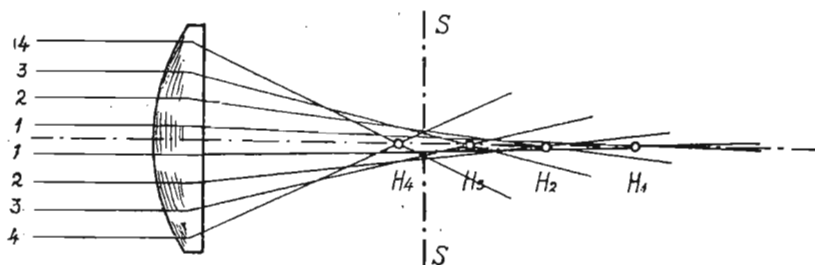


Sl. 137.

SS — ravan slike; K — disperzioni krug

u obliku krugova nejasnih kontura, čija se svetlosna jačina menja prema položaju preseka (intrafokalni preseki imaju mali prečnik i vrlo svetlu sredinu, ektrafokalni veliki prečnik, tamnu sredinu i nešto svetliju ivicu).

Pošto je međutim svako sočivo okruglo, stvaraju zraci koji upadaju na različitim visinama, prstenaste zone; preseči svetlosnih zrakova raznih zona nalaze se onda u različnim ravninama, usled čega je sasvim oštro ocrtavanje čak i ravnoga objekta nemoguće (sl. 137.). Čim se

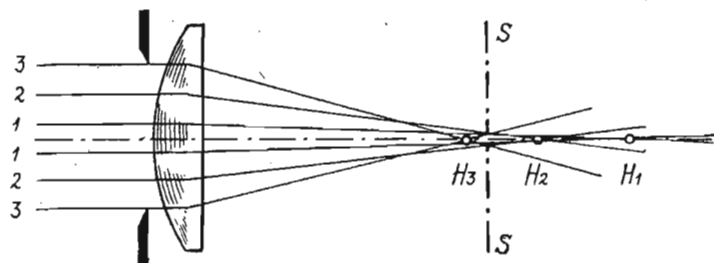


Sl. 138a.

SS — optimalna oštrina slike pri punom otvoru objektiva

postavi mutno staklo kao ravan slike na pr. na razdaljinu preseka srednje zone, stvaraju svetlosni zraci osne i ivične zone disperzione krugove, koji prouzrokuju neoštrinu slike. S obzirom na to naziva se sferna aberacija nekiput i »zonska mana«.

Na sfernu aberaciju međutim u osetnoj meri utiče i diafragma. Ako se naime postavi optimalna oštrina slike kod punog otvora dia-

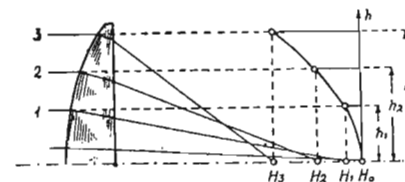


Sl. 138b.

SS — optimalna oštrina slike sa diafragmom

fragme, onda se najoštrija slika koja istina još uvek pokazuje izvesnu mekoću, nalazi na mestu najvećeg sužavanja svetlosnih zrakova (sl. 138a). Čim se diafragmom otseče ivična zona, oštrina slike se odmah popravi, jer se gube disperzioni krugovi obrazovani ivičnim zracima 4; ali oštrina slike bi se još povećala, ako bi ravan slike bila postavljena između H_2 i H_3 (sl. 138b), jer usled diafragme dolazi do najjačeg sužavanja svetlosnih zrakova. Ova razlika u položaju ravni slike optimalne oštrine koja je posledica sferne aberacije, a menja se sa relativnim otvorom diafragme, naziva se »razlika usled diafragme«.

Na osnovu gornje činjenice je razumljivo, da sferna aberacija rapidno raste s otvorom sočiva. Kod otvora 1 : 11 je sferna aberacija jedva osetna, kod 1 : 8 smeta već u velikoj meri, a kod 1 : 5 postaje slika sasvim neupotrebljiva.



Sl. 139.

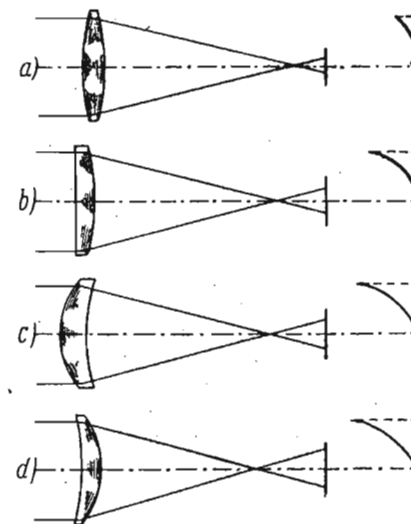
Dijagram sferne aberacije

Veličina sferne aberacije se u konstruktivnoj optici na očigledan način pretstavlja krivom (sl. 139), čija je apscisna osa uspravna i normalna na optičku osu sočiva, dok je ordinatna osa s ovom paralelna.

Na uspravnu apscisnu osu se prenese upadne visine $h_1, h_2 \dots$ zrakova paralelnih s optičkom osom, a na kraju ovih računom utvrđena sferna aberacija, t. j. razdaljina žiža $H_1, H_2 \dots$ pojedinih područja zrakova bliskih osi.

Na osnovu istog principa dobija se i kriva za rasipno sočivo, koja međutim pokazuje »pozitivnu« aberaciju, t. j. na desnu stranu upravljenu krivu, suprotno »negativnoj« aberaciji sabirnog sočiva.

Sferna aberacija može da ima najrazličitije vrednosti; jer kod podjednake žižne daljine i kod istog otvora sferna aberacija zavisi od rastojanja objekta, a u najvećoj meri od oblika sočiva, t. j. od načina njegovog »krivljenja«. Najmanju sfernu aberaciju pokazuje bikonvexno sočivo (slika 140a), ma da se njena vrednost još malo menja pri menjanju poluprečnika krivina. Kod plankonvexnog sočiva sferna aberacija već postaje veća (sl. 140b) i postizava maksimum kod konkavkonvexnog sočiva ili meniskusa (sl. 140c i d), kad je konkavna površina obrnuta prema objektu (sl. 140d).

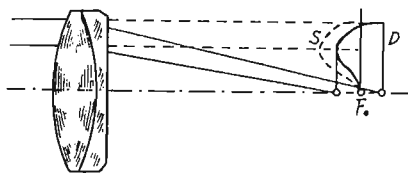


Sl. 140.

Dijagrami sferne aberacije kod različitih sočiva

S obzirom na navedenu činjenicu, da konveksno sočivo ima negativnu, a konkavno sočivo pozitivnu aberaciju, skoro se samo po sebi razume da korekcija sferne aberacije može da se postigne kombinacijom pozitivnog i negativnog sočiva, koja imaju podjednaku, ali suprotnu aberaciju, a prelamanje pozitivnog sočiva premašuje prelamanje negativnog; usled čega moraju sočiva da budu izrađena iz optički različitih vrsta stakla. Pošto je međutim za ahromaziju neophodno kronstaklo i flintstaklo, kombinacijom ovih dveju vrsta stakla postizava se istovremeno i sferna korekcija.

Ipak se kombinacijom konveksnog i konkavnog sočiva opšte uzet ne koriguje sferna aberacija potpuno, nego ostaju u pojedinim zonama između ose i ivice još ostaci sferne aberacije, nazvani i »zonske mane«. Ovi ostaci sferne aberacije mesto ocrtavanja u obliku tačke prouzrokuju obrazovanje većih ili manjih disperzionih krugova, čiji prečnik



Sl. 141.

D — kriva sferne aberacije; S — kriva sinusnog uslova

kod celog otvora objektiva apsolutno ne sme da pređe 1/1000 žižne daljine objektiva. Štogaod su manji ovi ostaci zonske mane, utoliko veću oštrinu daje objektiv. Pojedinim upadnim visinama odgovarajuće zonske mane opet se prenesu kao ordinate na krivu sferne aberacije (sl. 141.).

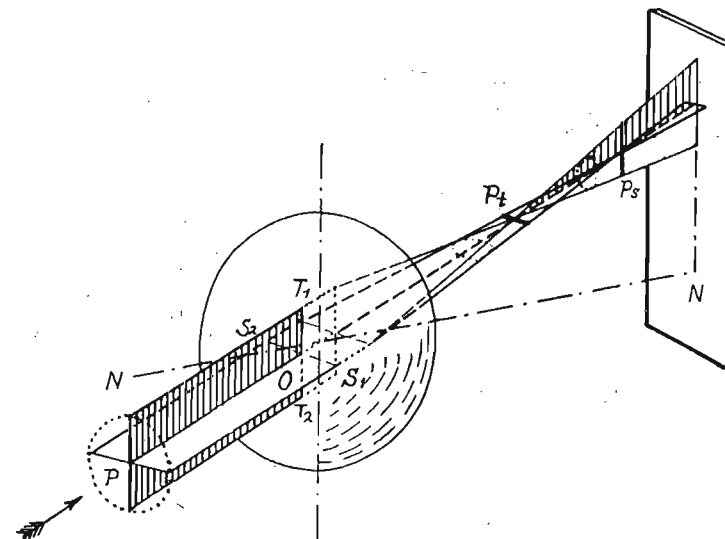
Korekcijom sferne aberacije za zrake paralelne s osom postizava se odgovarajuća oštrina slike na optičkoj osi. Da bi međutim celokupna slika i izvan optičke ose bila dovoljno oštra, nije dovoljno da se poklapaju slike raznih zona, nego moraju od svih zona stvorene slike da budu podjednako velike. U tu svrhu mora biti ispunjen i takozvani Abbe-ov sinusni uslov u smislu kojeg mora biti izraz

$$\frac{h}{\sin \alpha} = f_0$$

za razne upadne visine h približno jednak ostatku odgovarajuće sferne aberacije; u ovom izrazu je f_0 žižna daljina zrakova bliskih osi i α ugao koji gradi glavni zrak s optičkom osom. Ovaj sinusni uslov se takođe pretstavlja grafički kao isprekidana crta na diagramu sferne aberacije (sl. 141.). U najidealnijem slučaju bi morala ova crta da se poklapa sa vertikalnom apscisnom osom; stoga konstruktor pogodnim izborom stakla i debljine sočiva pokušava, da krivu sinusnog uslova što više ispravi i da joj što je moguće bolje prilagodi krivu sferne aberacije.

3. ASTIGMATIZAM

Astigmatično ocrtavanje tačke. Mane sasvim druge prirode pojavljuju se pri kosom prolazu svetlosnog zraka kroz obično sočivo. Posmatrajmo pozitivno sočivo i uzmimo da treba da ocrta neku tačku P koja se nalazi izvan optičke ose (sl. 142.), njen optički lik će se pojaviti negde prema ivici polja slike. Lik ove tačke P svakako leži u pravcu glavnog zraka PO, određenog pravcem zrakova koji obrazuju sliku, čiji presek ima s obzirom na diafragmu približno oblik kruga.



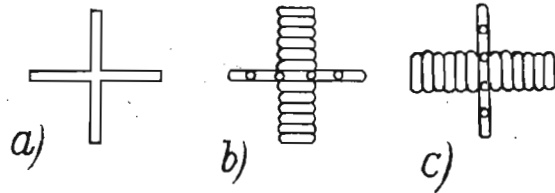
Sl. 142.

Prikaz astigmatizma: NN — optička osa

Izaberimo između ovih zrakova dva izrazita svetlosna snopa koja leže u različitim ravnima: posmatrajmo prvo »tangencijalne« ili »meridionalne« svetlosne zrake koji leže u vertikalnoj, takozvanoj tangencionalnoj ili meridionalnoj ravni, određenoj optičkom osom i glavnim zrakom PO; krajnja dva zraka PT₁ i PT₂ ovoga snopa seku se u prostoru slike u tački P, takozvanoj tangencionalnoj tački slike; a zatim posmatrajmo snop S₁ S₂ koji stoji normalno na meridionalnu ravan, a sačinjavaju ga »sagitalni« ili »ekvatorijalni« zraci koji leže u takozvanoj sagitalnoj ili ekvatorijalnoj ravni. Ovi zraci međutim ne seku glavni zrak u prostoru slike takođe u tački P_t, nego u nekoj drugoj, takozvanoj sagitalnoj ili ekvatorijalnoj tački slike P_s. Na mutnom staklu, postavljenom u tački P_t, obrazovala bi se svetlosna crta koja je vodoravna i toliko duga, kolika je slučajno na tom mestu širina

sagitalnog snopa. Analogno se u F_3 obrazuje vertikalna crtica kao optički lik tačke P. Izvan oba lika P_t i P_s su preseki zrakova u prostoru slike eliptični, odnosno duguljastog oblika (sl. 142.). Ni kod jednog položaja mutnog stakla optički lik tačke P nije dakle opet tačka, nego je netačkast ili astigmatičan. Ako međutim potražimo onaj položaj, kod kojeg stvoreni optički lik ima najpovoljniju oštrinu, onda dobijamo dva položaja mutnog stakla, naime pri postavljanju na tačku P_t i P_s . U tom slučaju dobijamo naime kao likove objektne tačke P oštre crtice, takozvane astigmatične žižne crte, od kojih je tangencijalna žižna crta poprečna, a sagitalna radialna. Činjenica da su ova dva najpovoljnija optička lika prostorno odvojena, naziva se »astigmatizam«, koja je geometrijski izražena rastojanjem obeju žižnih crta P_t i P_s .

Pri dosadašnjem razmatranju nalazila se objektna tačka P u beskonačnosti. Ako se međutim ova tačka nalazi na bližem rastojanju od žiže, pojavljuje se u prostoru slike isto takvo odvajanje u tangencijalnu



Sl. 143.

Pojave astigmatizma

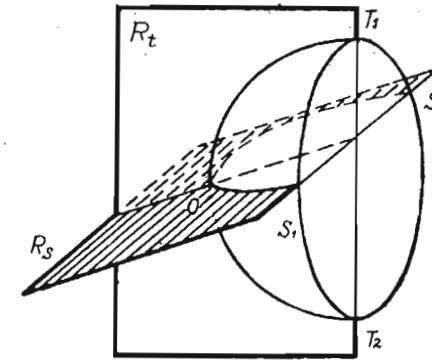
i sagitalnu tačku lika. Ako se međutim tačka P nalazi na optičkoj osi, onda se (bez obzira na hromatičnu i sfernu aberaciju) obrazuje samo jedinstven lik. U blizini optičke ose se onda ne pojavljuje nikakav astigmatizam, ali je međutim utoliko veći, što god je veće rastojanje objektne tačke od optičke ose.

Eventualni astigmatizam najlakše možemo da utvrdimo ako uperimo fotografsku kameru na končanicu (sl. 143a), koja mora da leži što je moguće dalje izvan optičke ose objektiva. Pri tačnom postavljanju na tangencijalnu žižnu crtu biće horizontalna crta končanice relativno oštra, dok će uspravna biti osetno izopačena u širinu (sl. 143b). Pri postavljanju na sagitalnu žižnu crtu je međutim vertikalna crta oštra, a horizontalna izopačena (sl. 143c).

Pojava astigmatizma se na očigledan način tumači pomoću polu-oblog sočiva (sl. 144.) koje seče, za prolaz tangencijalnih zrakova merodavnu, tangencijalnu ravan po glavnom krugu T_1OT_2 . Sagitalna ravan koja je kosa, a stoji normalno na tangencijalnu ravan, seče međutim sočivo po uporednom krugu S_1OS_2 koji ima u poređenju sa glavnim krugom T_1OT_2 drugi poluprečnik krivine. Pošto je međutim ovaj poluprečnik krivine merodavan za prolaz sagitalnih zrakova,

logično je da će prolaz obeju vrsta zrakova kroz sočivo zbog različitih poluprečnika krivina biti različit.

Dugo vremena je astigmatizam bio težak problem fotografske optike. Tek pronalaskom naročitih vrsta optičkog stakla svojstvenog hemiskog sastava, a u vezi s tim i naročitih optičkih osobina u pogledu prelamanja i disperzije (fabrike stakla Schott u Jeni 1888.), bilo je



Sl. 144.

R — tangencijalna ravan; R_s — sagitalna ravan

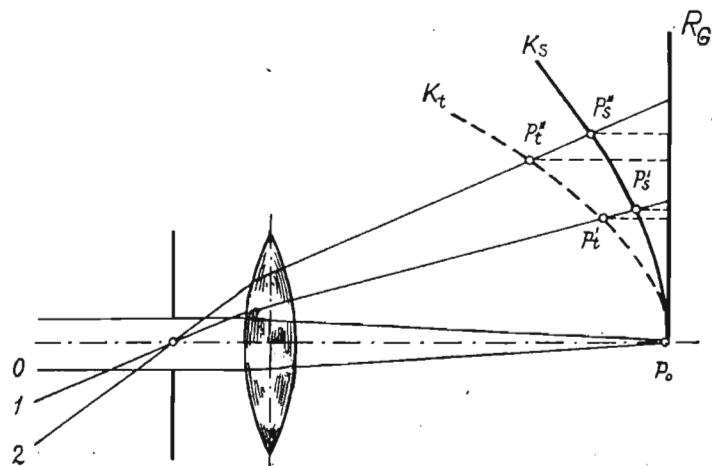
omogućeno korigovanje astigmatizma. Tako korigovani objektivni nazivaju se anastigmati. Ali u smislu današnje fotografske optike se pravim anastigmatom ne naziva objektiv kod kojega je korigovana samo mana astigmatizma: jer posledica astigmatizma je još dalja i krajnje neželjena greška, t. j. izbočenost polja lika.

4. IZBOČENOST POLJA LIKA

Astigmatično ocrtavanje ravni. Ako sad posmatramo kao objekat neku ravan koja, na proizvoljnom rastojanju, stoji normalno na optičku osu objektiva, ocrtavaće se, u smislu gornjih razmatranja o astigmatizmu, svaka tačka te ravni u obliku tangencijalne i sagitalne žižne crte (sl. 145.). Pošto su međutim sve tačke ravni objekta neprekidno raspoređene jedna pored druge, moraju i sve tangencijalne i sagitalne žižne crte da se nižu neprekidno jedna iza druge, tako da se obrazuju dve krive površine, takozvana tangencijalna i sagitalna kalota lika. Ravan objekta se onda ne ocrtava kao ravan nego kao kriva površina, a zbog astigmatizma čak u dve izbočene površine, t. j. u tangencijalnoj i sagitalnoj kaloti lika. Činjenicu da se ravan objekta ne ocrtava u takzvanoj Gauss-ovoj ravni lika, normalnoj na optičku osu lika, nego na dvema kalotama, nazivamo »izbočenost polja lika« koja je okarakterisana rastojanjem tangencijalnih tačaka lika P_t , P'_t ..., odnosno sagitalnih tačaka lika P_s , P'_s ... od teoriske Gauss-ove ravni.

Pošto je optička osa rotaciona osa sistema sočiva i može da se smatra i kao rotaciona osa pravougule ravni, ostaje ovaj karakter i kod optičkog ocrtavanja; stoga su obe astigmatičke kalote lika prema optičkoj osi sočiva rotacione površine. Pošto se međutim za tačku ravni objekta, koja leži na optičkoj osi, tangencijalna i sagitalna tačka lika poklapaju, obe astigmatičke kalote lika će se na optičkoj osi dodirivati (sl. 145.).

Astigmatizam i izbočenost kalota lika imaju u krajnjim slučajevima za posledicu izrazito »sortiranje« detalja objekta koji se oštro ocrtavaju delom na tangencijalnoj, delom na sagitalnoj kaloti lika. Posma-

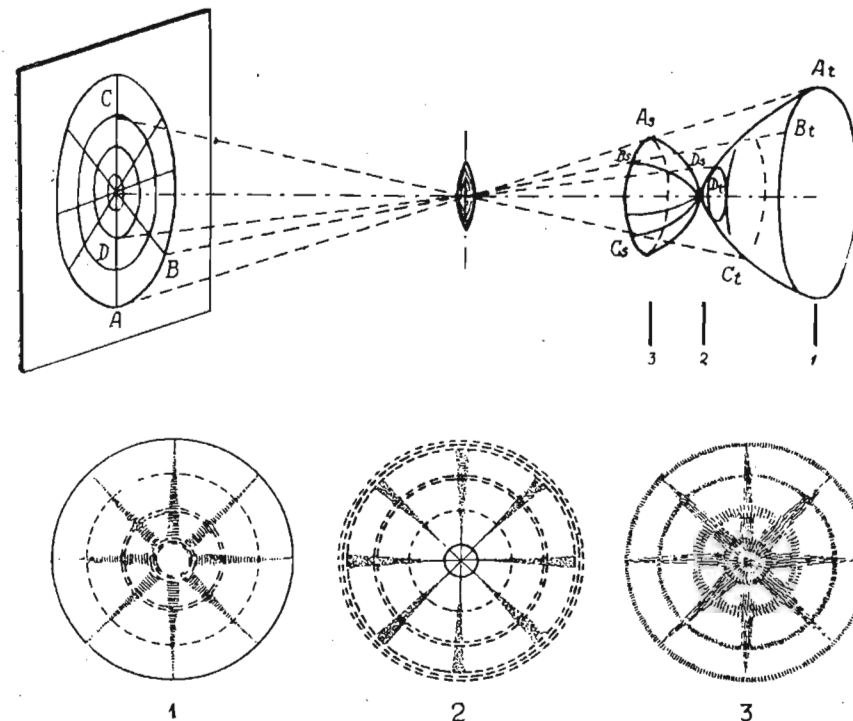


Sl. 145.

R_g — Gaussova ravan slike; K_s — sagitalna kalota slike; K_t — tangencijalna kalota slike

trajmo objekat koji se sastoji iz koncentričnih krugova i radijalnih pravih (sl. 146.). Ma koja tačka preseka kruga i radijalne prave ocrtava se u prostoru lika kao tangencijalna, odnosno sagitalna tačka lika koja leži na tangencijalnoj, odnosno na sagitalnoj kaloti lika. Posledica ovoga će biti, da daju slike krugova na objektu uporednike tangencijalne kalote lika, a slike radijalnih pravih na objektu meridiane sagitalne kalote lika (na sl. 146. su astigmatičke kalote lika preglednosti radi nacrtane u suprotnim pravcima i osetno izopačene u dubinu). Stoga je razumljivo, da se zbog izbočenosti ravni lika ne mogu na mutnom staklu istovremeno oštro ocrtavati krugovi i radijalne prave; čak ni svi krugovi, odnosno radijalne prave na celoj svojoj dužini ne mogu biti oštro ocrtane na mutnom staklu, odnosno na sloju emulzije, jer su ovi uvek samo geometrijski pravilne ravni. Oštro ocrtavanje svih krugova, odnosno radijalnih pravih bilo bi moguće samo u slučaju, da mutno

staklo ili sloj emulzije ima oblik tangencijalne, odnosno sagitalne kalote lika. Ako je na pr. na sl. 146. mutno staklo postavljeno na krajnju ivicu tangencijalne kalote lika (položaj 1), onda je oštro ocrtan samo spoljni krug ravni objekta; kod položaja 2 mutnog stakla, t. j. na dodiru obe astigmatičke kalote lika, oštar je samo unutrašnji krug i centralni



Sl. 146.

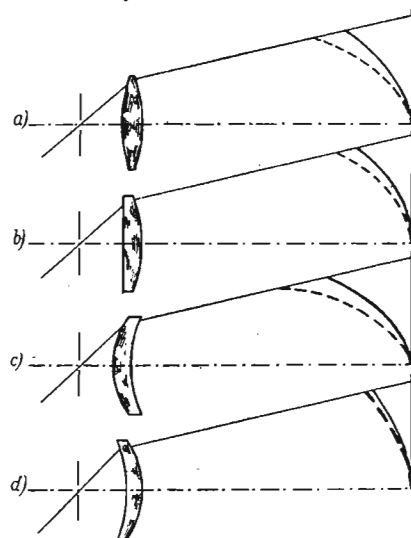
Pojava astigmatizma kod probnog snimka

deo radijalnih pravih; pri pomeranju mutnog stakla na krajnju ivicu sagitalne kalote lika (položaj 3) oštri su pak samo krajnji delovi radijalnih pravih. — Koji će deo ravni objekta biti oštar, zavisi dakle od položaja mutnog stakla i od oblika astigmatičkih kalota lika (pri istostranom položaju obeju kalota može naime mutno staklo da seče obe kalote i u dva kruga).

Veličina astigmatizma i izbočenost astigmatičkih kalota lika međutim prvenstveno zavise od oblika sočiva i, kod inače podjednake žižne daljine, osetno se menjanju sa ukrivljenošću sočiva (sl. 147a — d). Iz ovih skica se vidi, da pokazuju astigmatizam i izbočenost minimum

kod meniskusa, čija je konkavna površina obrnuta prema objektu; a u osetnoj meri narastu ove dve mane kod bikonveksnog sočiva i kod meniskusa, čija je konveksna površina obrnuta objektu. Vrlo karakteristično je već upoređivanje istih oblika sočiva odnosno sferne aberacije (sl. 147a — d), koja je maksimalna baš kod meniskusa sa minimumom astigmatizma i izbočenosti polja slika.

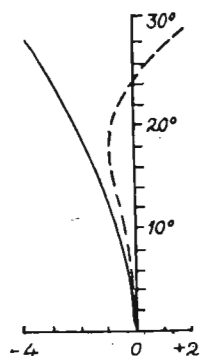
Na osnovu gornjih razmatranja i sl. 145. proizlazi, da su astigmatizam i izbočenost polja lika sasvim očigledno pretstavljeni presekom



Sl. 147.
Astigmatizam kod različitih sočiva

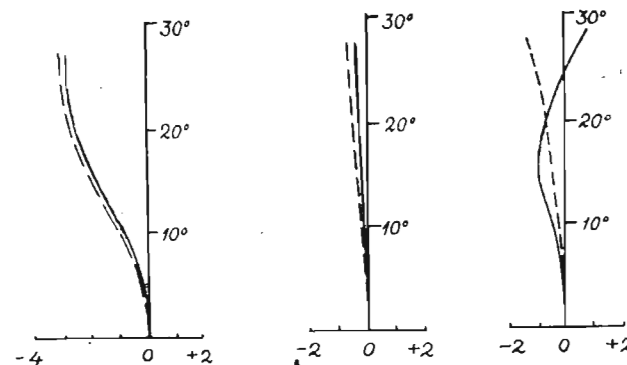
obeju astigmatičkih kalota lika. Ova dva preseka mogu grafički da se konstruišu na taj način, što se nacrtaju na vertikalnu osu kao apscise nagibni uglovi glavnih zrakova u stepenima, a na njihovim krajevima kao vodoravne ordinate rastojanje odgovarajuće astigmatičke tačke lika od Gauss-ove ravni, izraženo u procentima normalne žižne daljine (sl. 148.). Ako se astigmatička kalota lika nalazi između Gauss-ove ravni i sočiva, ova rastojanja se obeležavaju kao negativna (jer je razdaljina lika na ivici polja slike manja od razdaljine lika na optičkoj osi). Rastojanja kalota lika koja u prostoru slike prelaze preko Gauss-ove ravni, obeležavaju se kao pozitivna. Obično se dijagram tangencijalne kalote lika crta tačkasto, a dijagram sagitalne kalote izvučeno.

Na sl. 148. se međutim neposredno vide zadatak i cilj korigovanja astigmatizma i izbočenosti polja lika. Astigmatizam, definisan kao rastojanje između tangencijalne i sagitalne kalote lika, je dakle sasvim



Sl. 148.
Dijagram astigmatizma

korigovan, čim se obe kalote lika kao izbočene površine poklapaju (sl. 149a), čime se postizava takozvana anastigmatična izbočenost polja lika. Pogodnom kombinacijom sočiva treba izbočenost još tako da se koriguje, da se nepravilna kalota što više približi Gauss-ovoj ravni slike (sl. 149b); ova korektura onda najzad daje takozvano anastigmatički izjednačeno polje lika. Iz ovoga se dakle vidi, da samo na anastigmatizam korigovani objektiv, t. j. anastigmat, može da sadrži još uvek



Sl. 149a, 149b, 149c.
Dijagrami korigovanog astigmatizma

osetne mane izbočenosti polja lika i da je za kvalitet anastigmata svakako merodavna još i činjenica, u kojoj je meri ispravljena izbočenost polja lika.

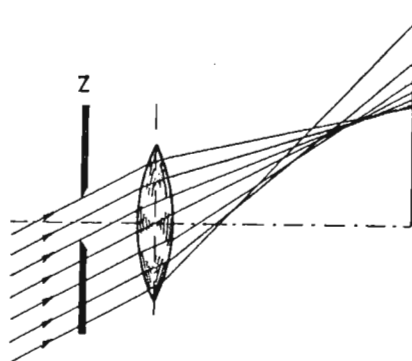
Pošto je iz optičko konstruktivnih razloga potpuna skladnost između tangencijalne i sagitalne kalote lika (t. j. korektura astigmatizma) neizvodljiva i potpuno poklapanje sa Gauss-ovom ravni (t. j. anastigmatično izjednačenje polja lika) nedostižno, danas se anastigmatom naziva onaj objektiv, kod kojega je bar za jedan ugao glavnog zraka odstranjen astigmatizam i za isti ili za drugi ugao korigovana tangencijalna ili sagitalna izbočenost polja lika (sl. 149c). Kod prelaznih vrednosti uglova se međutim i kod korigovanog objektivna još uvek pojavljuju ostaci astigmatizma i izbočenosti polja lika, to su takozvane astigmatične zone. Ali štogod je veći ugao, za koji su izvršene korekture i štogod su manje neizbežne prelazne (zonske) mane, utoliko je bolji kvalitet anastigmata.

5. KOMA

Snop paralelnih svetlosnih zrakova koji u kosom pravcu prolazi kroz sočivo, pada na prednju površinu sočiva pod sasvim različitim uglovima (sl. 150.). Posledica toga jeste, da se zraci u prostoru lika ne koncentrišu u jednoj tački, nego se zbog različitog prelamanja seku

u tačkama koje su delom gusto poredane, a delom su na široko rasute. Stoga se na ravni lika obrazuje intenzivna svetla pega, od koje se prema ivici lika pruža tamniji otsev; stvara se kometi slična optička slika, usled čega se ova optička mana naziva koma.

Po svojoj prirodi je koma u vezi sa sfernom aberacijom, usled koje se mesto žiže stvara kaustika; što je naime za paralelne upadne zrake kaustika, to je za kose zrake koma. Bitna razlika je samo u tome, što se kaustika pojavljuje centrično oko optičke ose kao glavnog zraka, dok se koma pojavljuje simetrično prema glavnom zraku. Usled toga



Sl. 150.

Pojava kome: Z — dijafragma

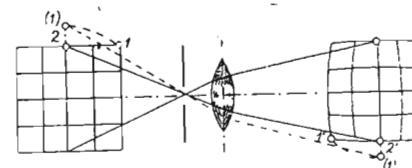
je u prvom slučaju glavni zrak i simetrični zrak, na kome leži najsvetlije jezgro kaustike, t. j. takozvani vrh kaustike; a kod kosih zrakova glavni zrak nije više simetrični zrak i uopšte ne sadrži više vrh kaustike.

Pojava kome može u priličnoj meri da se ublaži smanjenjem dijafragme. Kako se vidi iz sl. 150, otseca dijafragma u prvom redu zrake koje padaju na donju polovinu objektiva i koji stvaraju neprijatni rep komete; a pretežnom većinom propušta smanjena dijafragma one kose zrake, koji upadaju iznad optičke ose sočiva i seku se relativno vrlo oštro. Promenom razdaljine između dijafragme i sočiva nešto se izmeni i rastojanje preseka ovih ivičnih zrakova, a u najpovoljnijem slučaju dijafragma može da se postavi tako, da njihov presek pada u ravan lika, stvorenog od zrakova bliskih osi. Ova činjenica se iskorišćuje pri konstrukciji jednostavnih fotografskih objektiva kod kojih se pogodnom razdaljinom između dijafragme i sočiva smanji koma na snošljivu meru. Ako je ovakav jednostavan objektiv sa prednjom dijafragmom još i hromatično i sferno korigovan (pokrajinsko sočivo), onda daje relativno dovoljno oštre slike koje zadovoljavaju skromnije zahteve; a samo se po sebi razume, da je takav objektiv uvek relativno svetlosno slab, jer dijafragma, radi eliminacije kome, ne sme da ima suviše veliki otvor.

Korigovanje kome se sastoji u tome, da vrh kaustike mora i za kose zrake da se obrazuje na glavnom zraku. Uglavnom je koma već korigovana zajedno sa sfernom aberacijom; a ostatak kome se — po istom principu kao kod hromatične razlike uvećanja — još osetno smanji simetričnim položajem dva jednaka sistema sočiva prema unutrašnjoj dijafragmi; a čim je zbog zahteva za velikom svetlosnom jačinom potreban nesimetričan sastav objektiva, onda je i za utvrđivanje i za korigovanje kome potreban dugotrajan konstrukciono računski postupak.

6. DISTORZIJA

Po izvršenoj korekturi dosada nabrojanih mana odgovara tački objekta lika i ravni objekta ravan lika. Optički lik objekta je sada istina u granicama korekcije oštar, ali još ne i perspektivno pravilan. Kod običnog sočiva se naime pokaže još i ta karakteristična mana, da se prave na objektu na ivicama slike ne ocrtavaju kao prave, nego kao krive. Optička slika onda nije perspektivna, jer prosto sočivo ima još i manu takozvane distorzije ili optičkog izopačavanja. Ova mana ostaje kod pokrajinskih snimaka skoro neopažena, kod snimaka arhitektonskih objekata već osetno smeta, a fotogrametriske snimke čini potpuno neupotrebljivim.



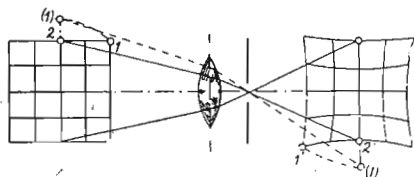
Sl. 151a.

Bačvasta distorzija

Pojava distorzije se na najočigledniji način prikazuje pri obrazovanju optičkog lika kvadratične mreže. Ako je dijafragma smeštena ispred objektiva (sl. 151a), onda svetlosni zrak ugla 1 kvadratične mreže (na sl. 151a crtan u zasukanom položaju) pada na spoljni deo sočiva koji jače prelama, a svetlosni zrak sredinske tačke 2 na srednji deo sočiva koji slabije prelama. Stoga se zrak ugla 1 posle prolaza kroz sočivo relativno više približi optičkoj osi nego zrak tačke 2. Posledica ovog nesrazmernog prelamanja jeste, da se na optičkom liku uglovi kvadrata približuju njegovom središtu. Analogi prolaz pokazuju i ostali svetlosni zraci svih presečišta mreže, koja ne leže u meridionalnoj, odnosno u ekvatorijalnoj ravni. Usled toga je optički lik kvadratične mreže izopačen, pri čemu su strane mreže zakrivljene na unutra: pojavljuje se takozvana bačvasta distorzija.

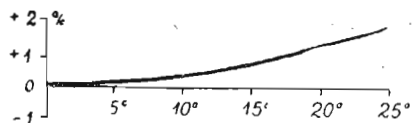
Ako je međutim dijafragma smeštena iza objektiva (sl. 151b), zrak ugla 1 opet se jače prelama nego zrak sredinske tačke 2; pošto prolaze

lomljeni zraci zatim još i kroz diafragmu, pogodi jače prelomljeni zrak ravan lika u nesrazmerno većem rastojanju od optičke ose nego zrak sredinske tačke. Posledica toga jeste, da se uglovi kvadratne mreže udaljuju od njegovog središta i da se stvara takozvana jastučasta distorzija.



Sl. 151b.
Jastučasta distorzija

U oba gornja slučaja (t. j. diafragma ispred, odnosno iza sočiva) su odnosne mane distorzije suprotnog smisla. Ova činjenica se opet koristi za korigovanje distorzije pomoću simetričnog nameštanja dva sistema sočiva prema unutrašnjoj diafragmi (u istom smislu kao kod korigovanja hromatične razlike uvećanja i kome); a kod nesimetričnih objektivu mora distorzija da se posmatra kao samostalna mana njihovog celokupnog konstruktivnog sastava. Objektivi koji su korigovani u pogledu distorzije, nazivaju se »ortoskopični«.

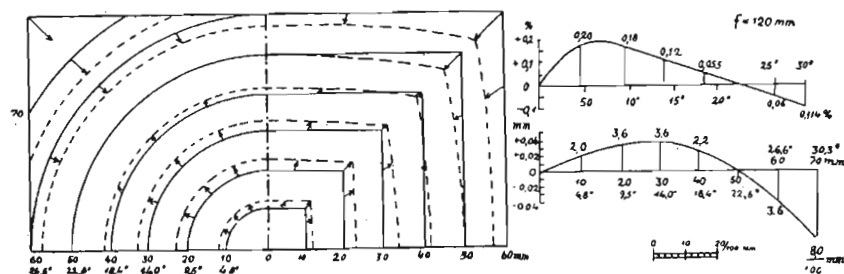


Sl. 152.
Dijagram distorzije

Pošto diafragma nema nikakvog uticaja na distorziju — ma kakvo smanjenje diafragme, koje u većoj ili manjoj meri ublažuje sve dosada nabrojene mane — potpuno je bespredmetno. Međutim treba izrično da se primeti, da mana distorzije nema ničega zajedničkog sa smetnjama koje se pojavljuju u obliku takozvanih perspektivnih izopačenja (o tome u devetom poglavlju).

U konstruktivnoj optici se i distorzija predstavlja u obliku dijagrama, u kome su nacrtani uglovi lika (t. j. nagibni uglovi glavnog zraka prema optičkoj osi) kao apscise, a pripadajući iznosi distorzije u procentima kao ordinate (sl. 152). U ovome slučaju predstavljeni dijagram pokazuje kod nagiba 20° glavnog zraka $+1,2\%$ distorzije; dijagonala kvadrata, koja ispunjava zahvatni ugao slike 40° , je dakle na optičkom liku za $1,2\%$ duža; distorzija je dakle jastučasta. Kod bačvaste distorzije leži međutim dijagram ispod apscise.

Za ortoskopičan objektiv treba diagram distorzije teorijski potpuno da se poklapa s apscisom; ustvari je kod konstrukcije objektivu to neizvodljivo i diagram distorzije je jedino merodavni kriterium za ortoskopičnost fotografskog objektivu. Tako je na sl. 153 predstavljen diagram distorzije za neki objektiv sa žižnom daljinom $f = 120$ mm. Na osnovu ovog dijagrama su za radijalna rastojanja 10, 20, ... 60 i 70 mm, odnosno za odgovarajuće uglove lika $4,8^\circ$, $9,5^\circ$, ... $26,6^\circ$ i $30,3^\circ$



Sl. 153.
Prikazivanje distorzije

utvrđena odnosna linearna pomeranja (diagram distorzije u mm). U svrhu očiglednog predstavljanja distorzije su ova linearna i radijalna pomeranja u preteranoj razmeri nacrtana na liku objekta koncentričnih krugova i kvadrata (izvučene crte predstavljaju teorijski pravilna mesta lika, koja se usled distorzije izopače u tačkaste crte). U samom krugu lika, koji pripada uglu $22,6^\circ$ i za koji je distorzija jednaka nuli, su tačke lika pomerene od sredine (glavna tačka) radijalno prema spolja, a izvan ovoga kruga radijalno na unutra; kvadratna mreža u ovome slučaju pokazuje tipičnu bačvastu distorziju.

III. OPŠTI POJMOVI O FOTOGRAFSKOM OBJEKTIVU

1. NAČELNI SASTAV OBJEKTIVA

Prema optičkim zahtevima upotrebljuju se kao fotografski objektivi ili obična konveksna sočiva ili pak najrazličitije kombinacije od 2—8 sočiva, koja mogu da stoje slobodno ili da budu delom međusobno slepljena kanadskim balzomom (smola koja se približno prelama kao staklo). S obzirom na raspored sočiva u suštini razlikujemo proste i sastavljene objektivne.

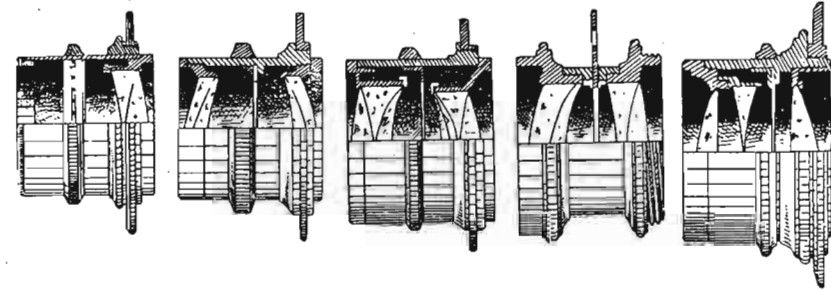
Kod prostih objektivna su sočiva (bilo samo jedno, bilo više njih) postavljena samo na jednoj strani diafragme i to skoro uvek iza diafragme (sl. 154). U skupinu prostih objektivna spadaju monokl (obično sočivo ili staklo za naočare) i pokrajinsko sočivo ili ahromat.

Sastavljeni objektivi imaju međutim sočiva postavljena s obe strane diafragme. Ako su sočiva raspoređena u dve skupine (jedna skupina ispred, a druga iza diafragme), onda govorimo o dvojnog objektiva ili dubletu. Ako su njegove polovine potpuno podjednake, onda je objektiv simetričan (sl. 155), ako su međutim polovine istina podjednake po sastavu, ali različitog prečnika, onda je objektiv hemisimetričan ili polusimetričan (sl. 157). Sastavljeni objektivi čija su sočiva raspoređena u tri skupine, nazivaju se tripleti (sl. 158). — U skupinu sastavljenih objektivna spadaju periskop (dublet iz dva meniskusa), aplanat (dublet iz dva ahromata), Petzval-ov objektiv (asimetričan dublet) i svi anastigmati (u obliku simetričnog, hemisimetričnog i asimetričnog dubleta ili pak u obliku tripleta).

Simetrični objektivi imaju preimućstvo, da svaka polovina može samostalno da se upotrebi kao objektiv približno dvostruke žižne daljine i stoga približno četiri puta manje svetlosne jačine nego celi objektiv. Kod hemisimetričnih objektivna stoje nam na raspoloženju čak tri žižne daljine, naime žižna daljina prednje polovine, žižna daljina zadnje polovine i žižna daljina celog dubleta. Treba međutim, kod pojedinačne upotrebe pojedinih polovina dvojnih objektivna, imati u vidu činjenicu da je korekcija pojedinih optičkih mana kod samostalnih polovina nepotpuna.

Asimetrični dubleti i tripleti mogu međutim isključivo da se upotrebe samo kao celina i ne pružaju nikakvu mogućnost promene žižne daljine.

Opšte uzev je fotografski objektiv kvalitativno utoliko bolji, ukoliko je veća njegova svetlosna jačina, ukoliko je veći njegov korisni zahvatni ugao i ukoliko je finija oština optičkog lika (ukoliko su



Sl. 154, 155, 156, 157, 158.

manji ostaci mana). Ove tri optičke osobine su delom u međusobnoj suprotnosti i ne mogu ni kod jednog objektivna da budu istovremeno ostvarene u proizvoljnoj meri. Stoga je svaki objektiv uvek samo-kompromisna optička konstrukcija, kod koje su obično u većoj ili manjoj meri postignute dve osobine na delimičnu štetu treće.

2. OPTIČKO STAKLO

Pojedina sočiva, kao sastavni delovi fotografskih objektivna, izrađena su iz različitih vrsta stakla, koje se zbog svog raznovrsnog hemiskog sastava razlikuju po svojim glavnim dvema optičkim osobinama (prelamanje i disperzija boja).

Do početka XIX. veka bila je izrada optičkog stakla upućena na jednostavne sirovine (kvarcni pesak, soda i krečnjak), a bio je poznat samo postupak za dobijanje kronstakla i flintstakla, koja su bila dovoljna za izradu običnih ahromata. Ali već Fraunhofer je početkom XIX. veka uvideo, da ove dve vrste stakla nisu dovoljne za konstrukciju novih objektivna za doglede. Stoga je sistematski ispitivao optičke osobine stakla i njihovu zavisnost od hemiskog sastava, čime je postavio osnovne temelje moderne optike.

Dalji razvoj proizvodnje optičkog stakla je međutim omogućila saradnja fizičara Abbe-a sa hemičarom Schott-om, koji su upotrebom novih dopunskih sirovina (soli bora, barijuma i olova; fosfata i fluorida) uspeali da izrade takozvana jenska stakla sa unapred potpuno planski određenim prelamanjem i disperzijom, pri čemu su ove dve

osobine u suštini jedna od druge nezavisne. Za optičke osobine svakog sočiva merodavna disperzija izražava se obično Abbe-ovim brojem v , koji je određen sa

$$v = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C}$$

pri čemu se eksponenti prelamanja odnose na liniju d (u blizini linije D) u žutom, na liniju F u plavom i na liniju C u crvenom području. Nezavisnost eksponenta prelamanja n^v od disperzije v se vidi iz sledećih primera:

jensko staklo	n	v
br. 118	1,6129	37,0
br. 2071	1,6129	58,6
br. 2001	1,5211	51,8
br. 2832	1,5263	64,0

Ma da su Fraunhofer-ova stremljenja bila prvenstveno uperena na konstrukciju objektivna velikih dogleda i Abbe-ova na sastav mikroskopskih objektivna, ipak su njihovi uspesi na izradi stakla omogućili dalji razvoj i napredak u konstrukciji fotografskih objektivna.

Pored prelamanja i disperzije boja je za kakvoću fotografskog objektivna važna još i homogenost optičkog stakla. Kao nedostaci ove homogenosti pojavljuju se naime kod optičkog stakla vazdušni mehurići i takozvane žile. Neke vrste stakla, koje su neophodne naročito za moderne anastigmat, uopšte ne mogu da se proizvode bez manjih vazdušnih mehurića; ovi vazdušni mehurići su međutim — ako se pojavljuju samo u manjem obimu — bez ikakvog uticaja na kakvoću slike i prouzrokuju u najgorem slučaju jedva osetni gubitak u svetlosnoj jačini objektivna.

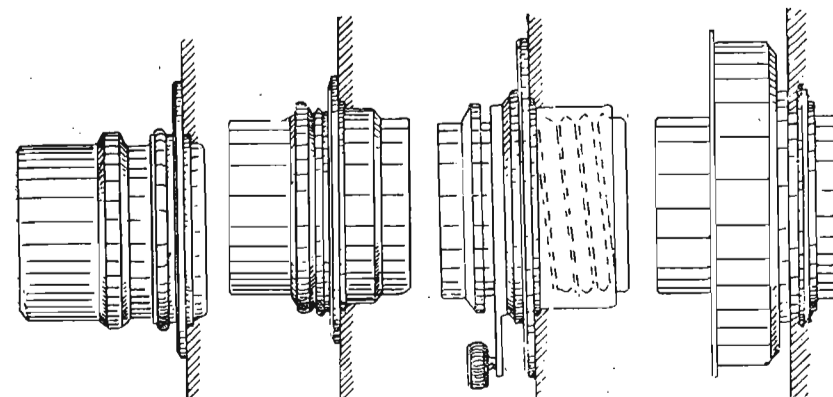
Žile su međutim ona mesta u staklu koja zbog nejednakog hemiskog sastava imaju drugi eksponent prelamanja nego ostala masa stakla. Stoga smanjuju žile u velikoj meri kakvoću optičke slike i svetlosnu jačinu objektivna, naročito ako se pojavljuju u većoj meri ili čak na sredini sočiva.

3. OKVIR OBJEKTIVA

Svaki objektiv, bilo da se sastoji iz jednog sočiva ili iz više njih, stavljen je uvek u metalni okvir u kome je osim sočiva smeštena još i diafragma i eventualno i centralni zapor, lozica za postavljanje oštine i t. d.

U suštini razlikujemo normalne i specijalne okvire. Objektivni sa normalnim okvirom (sl. 159) upotrebljuju se za tehničke svrhe, za ateljeske, za reprodukcione aparate i za aparate za povećavanje. Za njih

je karakteristično da se skoro cela konstrukcija nalazi izvan fotografske kamere. Među specijalne okvire međutim spada uvučeni okvir (sl. 160) koji se skoro uvek upotrebljuje kod refleksnih kamera s ogleđalom i zaporom na razrez i pužasti okvir (sl. 161) koji ima ugrađene lozice u svrhu postavljanja oštine i namenjen je za kamere bez



Sl. 159, 160, 161, 162.

izvlačenja, za tipične kamere malog formata slike i t. d. Kod kamera na sklapanje se međutim skoro uvek upotrebljuje okvir sa centralnim zaporom (sl. 162), kod kojeg je prednji i zadnji deo objektivna montiran u dva tubusa koji se spređa i pozadi naviju u lozicu konstrukcije centralnog zapora, u kojoj je istovremeno smeštena i diafragma.

4. SVETLOSNI GUBICI OBJEKTIVA

A. Apsorpcija i odbijanje

Svetlosna jačina objektivna je — kao što je poznato — opšte određena odnosom između stvarnog otvora objektivna i njegove žižne daljine. Ali ova definicija svetlosne jačine nije sasvim strogo pravilna, jer svetlost koja pada u objektiv delom se minimalno apsorbuje od stakla, odnosno od sloja kanadskog balzama, delom međutim — i to u priličnoj meri — se odbija na graničnim površinama između vazduha i stakla i time se izgubi za obrazovanje optičkog lika.

Ako označimo intenzitet upadnog zraka sa »1«, intenzitet odbijenog zraka određen je izrazom

$$\frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$$

Pri prelazu iz vazduha u staklo ($n = 1,5$ za kronstaklo, odnosno $n = 1,65$ za flintstaklo) imamo dakle gubitak $1/25$ ili 4% , odnosno $1/16$ ili 6% ; od svih upadnih zrakova se dakle na graničnoj površini između vazduha i stakla lomi samo još 96% , odnosno 94% . Pri dvakratnom prelamanju kroz staklenu ploču ili sočivo ostaje za obrazovanje lika samo još 92% , odnosno 80% upadne svetlosti.

Gubicima usled odbijanja se međutim pridružuju još gubici usled apsorpcije koji zavise od vrste stakla i od debljine sočiva, usled čega su ovi kod velikih objektivu relativno veći nego kod malih. Ako je staklo sočiva potpuno čisto i belo, apsorpcija iznosi retko preko 1% ; jedino kod žučkastih vrsta stakla, koja moraju iz optičkih razloga da se upotrebe kod nekih anastigmata i koja deluju kao sasvim blagi žuti filter, raste gubitak usled apsorpcije obično preko 1% . Ovaj veći gubitak je međutim osetan samo kod običnih emulzija, a ne kod ortohromatskih i panhromatskih.

Bez obzira na veličinu objektivu iznose prosečni gubici pri prolazu kod običnih vrsta objektivu (po Dr. Naumann-u):

monokl	8%	
pokrajinsko sočivo	10%	
aplanat sa 4 površine prema vazduhu	20%	
anastigmat sa	4 površine prema vazduhu	22%
	6 površina " "	31%
	8 " " "	39%

Tačnije vrednosti za propustljivost objektivu, s obzirom na debljinu sočiva, navedene su (po Dr. Krüss-u) u tabeli XLIX.

Posledica ovih gubitaka u objektivu jeste, da stvarna svetlosna jačina objektivu nikako ne odgovara nominalnoj svetlosnoj jačini $1:n$. Pošto je prečnik stvarnog otvora objektivu

$$d = \frac{f}{n},$$

količina upadnih svetlosnih zrakova je određena površinom stvarnog otvora

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi f^2}{4n^2}$$

Zbog apsorpcije i odbijanja ostaje za obrazovanje optičkog lika samo ostatak svetlosnih zrakova po odbitku gubitaka, t. j.

$$\frac{\pi d^2}{4} (1-p) = \frac{\pi f^2}{4n^2} (1-p),$$

ako je p gubitak izražen u desetnim razlomcima. Ovoj smanjenoj količini odgovara i manji stvarni otvor sa prečnikom d' , odnosno sa površinom

$$\frac{\pi d'^2}{4} (1-p) = \frac{\pi f^2}{4n^2} (1-p)$$

Iz ove jednačine proizlazi

$$\frac{f^2}{d'^2} = \frac{n^2}{(1-p)} \quad \text{ili} \quad \frac{f}{d'} = \frac{n}{\sqrt{1-p}}$$

Količnik stvarne svetlosne jačine iznosi onda

$$n' = \frac{n}{\sqrt{1-p}}$$

Za meniskus sa relativnim otvorom $1:18$ iznosi kod gubitka od 9% stvarna svetlosna jačina $1:18,9$; prema tome bi iznosio faktor ekspozicije $18,9^2:18^2$, t. j. $1,08$. Za aplanat $1:11$ iznosi kod gubitka od 20% stvarna svetlosna jačina $1:12,3$ a potreban bi bio faktor ekspozicije

Tabela XLIX:

Gubici svetlosti objektivu usled apsorpcije i odbijanja

Put svetlosnih zrakova u staklu, meren duž optičke ose cm	Gubitak u % kod			
	2	4	6	8
	graničnih površina između vazduha i stakla			
1	9	16	22	28
2	10	17	23	29
3	10	17	24	30
4	11	18	25	30
5	12	19	25	31
6	13	20	26	32
7	14	20	27	32
8	14	21	27	33
9	15	22	28	34
10	16	23	29	34

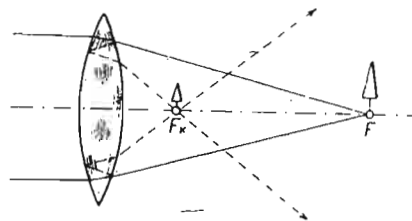
Za svaku sljep. povr. treba da se doda još 1%

zicije $12,3^2:11^2$, t. j. $1,25$. Za anastigmat $1:2,7$ iznosi kod prosečnog gubitka od 35% svetlosna jačina ustvari $1:3,3$ a faktor ekspozicije bi narastao već na $3,3^2:2,7^2$, t. j. $1,41$. Kod objektivu $1:2$ sa gubitkom od 48% pada stvarna svetlosna jačina čak na $1:28$ — usled čega bi bila potrebna čak dvostruka ekspozicija.

U fotografskoj praksi se međutim ovo smanjenje svetlosne jačine skoro nikada ne uzima u obzir; jer se opasnost podekspozicije nado-

knadžuje senzimetriskim putem utvrđene osobine fotografskog materijala (Schwarzschild-ov zakon zacrnenja), koji pod inače podjednakim uslovima kod kratkog, a intenzivnog osvetljavanja pokazuje jače zacrnenje nego kod dugog i slabijeg osvetljavanja.

U neposrednoj vezi s odbijanjem svetlosnih zrakova na graničnim površinama sočiva je još i krajnje neželjena pojava takozvane svetlosne mrlje ili mrlje usled odbijanja. Na graničnoj površini odbijeni deo



Sl. 163.
Refleksi objektivu

svetlosnih zrakova može naime pod povoljnim optičkim okolnostima totalno da se odbije na drugoj graničnoj površini (sl. 163) i da stvori odbijenu sliku (kao u ogledalu) u obliku više ili manje oštre »katadioptrične« žiže F_k , od koje prema sloju emulzije padaju neželjeni svetlosni zraci. Kada se ova odbijena slika stvara u blizini objektivu, ona ravnomerno osvetli sloj emulzije, što nekiput čak može i da koristi senkama slike; čim se međutim katadioptrična žiža stvara u blizini sloja emulzije, onda od nje polazeći svetlosni konus ne obuhvata više ceo format slike i ostavlja na sloju trag u obliku više ili manje iskrivljenog kruga.

Broj mogućnih odbijenih likova osetno raste sa brojem slobodnih graničnih površina između vazduha i stakla (lepljene površine se ne broje) i iznosi

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

gdje je n broj slobodnih površina objektivu. Na osnovu ove formule mogu dakle u najgorem slučaju da se pojave kod objektivu

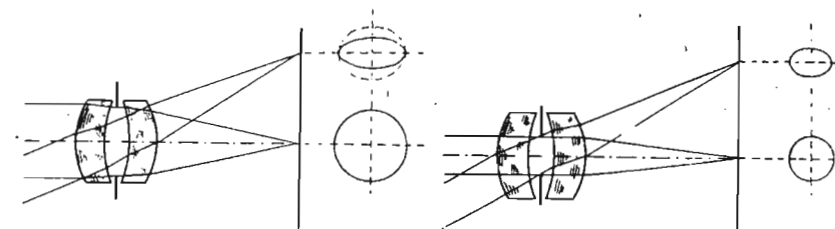
Broj slobodnih graničnih površina:	Broj odbijenih likova:
2	1
4	6
6	15
8	28

Srećom se ove mrlje pojavljuju samo kod snimanja objekata sa velikim svetlosnim kontrastima (snimci protivu svetlosti i noćni

snimci), za koje su dakle uvek pogodniji objektivu sa malim brojem slobodnih površina; objektivu velike svetlosne jačine imaju iz optičko konstruktivnih razloga skoro uvek najmanje 6 slobodnih graničnih površina.

B. Vinjetiranje

Svi svetlosni zraci sa tačke na objektu koja leži na optičkoj osi, a ulaze kroz stvarni otvor ili diafragmu objektivu, u celini učestvuju u obrazovanju slike (sl. 164a). Zrake, koje potiču od tačke izvan optičke ose i padaju na prednju površinu objektivu, otseca delom prednji delom unutrašnji tubus objektivu; usled čega je presek optički aktivnih



Sl. 164a i 164b.
Vinjetiranje objektivu

zrakova manji od apsolutnog otvora diafragme i smanjuje se sa povećanim nagibnim uglom glavnog zraka (sl. 164a). Ova činjenica, da krajnje ivice tubusa onemogućuju iskorišćenje svih svetlosnih zrakova koje bi inače diafragma mogla da propusti, se naziva vinjetiranje. Neposredna posledica ovog vinjetiranja je u tome, što svetlosna jačina optičke slike u odnosu na sredinu opada prema ivicama. Ovo vinjetiranje se međutim izgubi smanjenjem diafragme (sl. 164b).

Ali i bez obzira na vinjetiranje svetlosna jačina slike se prema ivicama smanjuje iz dva razloga: prvo je diafragma, posmatrana sa tačke na ivici slike, eliptički sužena, dakle smanjena (sl. 164b). Ako svetlosna struja, koja upada paralelno sa optičkom osom, iznosi u smislu vizuelne fotometrije

$$\Phi = J \cdot \omega, \text{ odnosno } J = \frac{\Phi}{\omega},$$

onda je svetlosna struja koja koso upada od podjednako svetle tačke

$$\Phi' = \Phi \cdot \cos \alpha = J' \cdot \omega, \text{ odnosno } J' = \frac{\Phi \cdot \cos \alpha}{\omega}$$

A drugo je razmak između tačke na ivici slike, na koju svetlosni zraci padaju koso pod prosečnim upadnim uglom α , i objektivu zbog nagiba

veći od razdaljine slike b u pravcu optičke ose; dok je jačina osvetljenja glavne tačke slike u smislu Lambert-ovog zakona

$$E = \frac{J}{b^2} = \frac{\Phi}{\omega} \cdot \frac{1}{b^2},$$

iznosi jačina osvetljenja tačke na ivici slike

$$E = \frac{J' \cos \alpha}{r^2} = \frac{J' \cdot \cos \alpha}{\left(\frac{b}{\cos \alpha}\right)^2} = \frac{\Phi \cdot \cos \alpha}{\omega} \cdot \frac{\cos^3 \alpha}{b^2} = \frac{\Phi}{\omega} \cdot \frac{\cos^4 \alpha}{b^2}$$

Odnos između svetlosne jačine proizvoljne tačke na ivici slike i glavne tačke slike iznosi dakle

$$\frac{S_r}{S_0} = \frac{\frac{\Phi}{\omega} \cdot \frac{\cos^4 \alpha}{b^2}}{\frac{\Phi}{\omega} \cdot \frac{1}{b^2}} = \cos^4 \alpha, \text{ odnosno } S_r = S_0 \cdot \cos^4 \alpha$$

Ako označimo svetlosnu jačinu S_0 na optičkoj osi sa »1«, onda iznosi svetlosna jačina tačke na slici kod nagibnog ugla:

Nagibni ugao:	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Relativna svetlosna jačina S_r :	1,00	0,94	0,78	0,56	0,34	0,17	0,063	0,014

Kod ugla $\alpha = 30^\circ$, koji odgovara objektivu sa zahvatnim uglom od 60° , iznosi dakle svetlosna jačina na ivici samo još 56% svetlosne jačine na optičkoj osi. Na prosečnim snimcima ne opažamo ovo smanjenje svetlosne jačine zbog tolerance ekspozicije negativskih emulzija i nesposobnosti našeg oka, da razlikuje ove »male« razlike svetlosne jačine na mutnom staklu, na negativu i na kopiji. Osetne smetnje prouzrokuje ova pojava samo kod velikih zahvatnih uglova, t. j. kod širokougaonih objektivna.

5. ODRŽAVANJE OBJEKTIVA

Za kvalitet optičke slike je neophodno da su sastavna sočiva objektivna uvek čista i zaštićena od prašine, vlage, promena temperature, masnih mrlja, otisaka prstiju i t. d. Svaka nečistoća na površinama stakla stvara smetnje prolazu svetlosnih zraka, neželjenu disperziju, smanjivanje svetlosne jačine, veo na snimku i t. d. Naročito je opasno kad se orosi hladni objektiv pri prelazu u tople prostorije; u takvim slučajevima je objektiv za duže vreme onesposobljen za optičko delovanje, stoga kod hladnog vremena ne sme fotografska kamera da se nosi slobodno bez torbe.

Na svaki način ne smiju objektivni da se prenose i drže nezaštićeni i otkriveni. Staklo nekih objektivna je naime osetljivo na svetlost i postaje pod uticajem dugotrajne i jake svetlosti tamnije, čime se

smanjuje njegova svetlosna jačina; na svaki način dugotrajna sunčana svetlost vremenom zamuti lepak sočiva. Prašina i sitan pesak prouzrokuju pri vetrovitom vremenu kod dugotrajnog dejstva neželjeno brušenje površinske politure stakla. Iz tih razloga treba objektiv po mogućstvu da bude pokriven tesnim kožnim poklopcem.

Uprljana i zaprašena sočiva se čiste mekom ispranom platnenom krpom prvo uvek na suvo, a tek onda se malo hukne na njih i na čisto obrišu. Eventualno čišćenje sočiva alkoholom treba vršiti pažljivo, jer bi inače alkohol u višku mogao da prodre između sočiva i okvira i kod ljepljenih objektivna da rastvori kanadski balzam, a eventualno i crni lak okvira. Jelenska koža nije pogodna za čišćenje, jer može da sadrži zrna peska, koja bi izgrebala polituru.

Ako je u svrhu čišćenja potrebno demontiranje objektivna, nikako nije dozvoljeno da se upotrebi sila; a pri sastavljanju treba da se pazi na prvobitni red i na mek tok finih lozica — kod iskvarenih lozica može naime da se poremeti centriranje objektivna.

Eventualne ogrebotine, koje bi nastale usled nepravilnog postupanja s objektivom, treba namazati mutnim crnim lakom, jer bi inače na negativu, usled rasute svetlosti, mogao da se obrazuje veo. Tim premazivanjem ogrebotina se svetlosna jačina objektivna bitno ne smanji.

Ako se na površini sočiva pojavi prevlaka slična dugi, ili se pokažu mrlje u duginim bojama, onda je to obično znak trošenja spoljne površine stakla usled atmosferskih uticaja, znoja ili pljuvačke. Ovakav defekat može da se popravi jedino ponovnim poliranjem sočiva u optičkoj fabrici.

Posle duže upotrebe se neki put u objektivu između sočiva pokažu mehurići koji nastaju na taj način, što je delom popustio lepak; u tom slučaju je jedina pomoć novo lepljenje sočiva u optičkoj radionici.

IV. TIPOVI FOTOGRAFSKIH OBJEKTIVA

1. MENISKUS ILI PROSTO SOČIVO

Meniskus, u obliku konkavno konveksnog sočiva, je najprostiji i najnepotpuniji fotografski objektiv; jer kod običnog sočiva date žižne daljine može da se izmeni samo njegovo krivljenje i njegova debljina, mogućnosti uticaja na greške crtanja su dakle vrlo ograničene i ma kakvo korigovanje mana sasvim je isključeno.

Kod meniskusa se dakle pojavljuje hromatična i sferna aberacija koje se ublažuju relativno malim otvorom (najviše 1:11). Astigmatizam nije smanjen na minimalnu mogućnu meru u korist boljeg izjednačenja polja slike, ma da zbog upotrebljenog oblika meniskusa bitno naraste sferna aberacija. Neizbežna distorzija može da se izmeni samo u pogledu oblika, smeštanjem diafragme ispred ili iz meniskusa; a svakako je sa unutrašnjom diafragmom mogućna kraća konstrukciona dužina kamere i osiguranje diafragme i zapora od zaprašivanja.

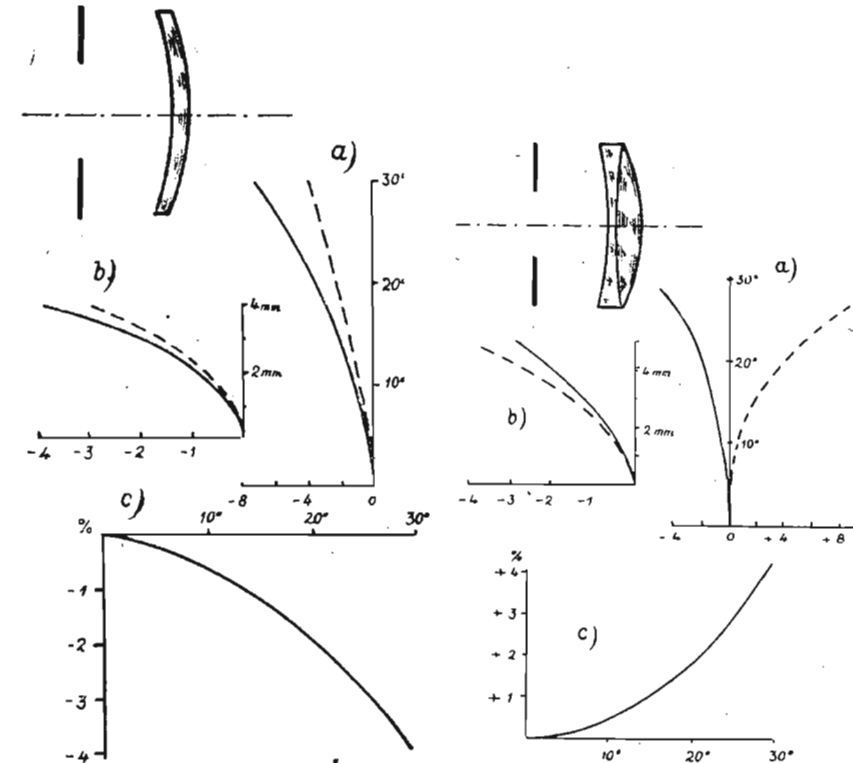
Aberacioni dijagrami meniskusa (svedeni na žižnu daljinu $f = 100$ mm), koji se naravno delom menjaju njegovim oblikom, pokazani su na sl. 165.

Meniskusom su opremljene samo najjevtinije boks kamere, ali je u poslednje vreme postao vrlo omiljen u umetničkoj fotografiji zbog vanredno mekog crtanja koje je inače ostvarljivo samo upotrebom naročito omekšivača.

2. POKRAJINSKO SOČIVO ILI AHROMAT

Slepljena kombinacija bikonveksnog sočiva iz kronstakla i bikonkavnog sočiva iz flintstakla u obliku ahromata već omogućuje prilično dobro korigovanje aberacionih mana pri odgovarajućem krivljenju oba sočiva. Hromatična aberacija može da se odstrani i osetno mogu da se smanje sferna aberacija, astigmatizam, izbočenost polja slike i distorzija. Usled toga se kod svetlosne jačine, koju u najpovoljnijem slučaju ima meniskus (1:11), dobijaju bitno oštrije slike, odnosno svetlosna jačina može još da se poveća na 1:9; time se međutim korisni zahvatni ugao smanji na približno 55° .

Za ahromat karakteristični dijagrami zonskih mana (svedene na žižnu daljinu $f = 100$ mm), čiji oblik se samo malo menja s oblikom sastavnih sočiva, navedni su na sl. 166.



Sl. 165

Sl. 166

a — dijagram astigmatizma; b — dijagram sferne aberacije; c — dijagram distorzije

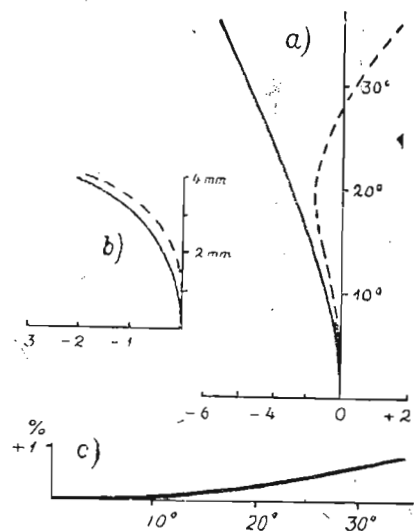
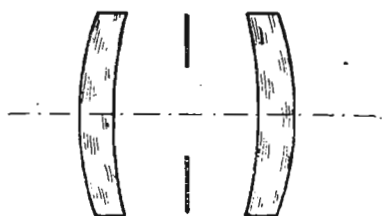
postignu kvalitativno još bolji objektiv. Kod jeftinijih kamera za namotane filmove se međutim još i danas upotrebljuje pokrajinsko sočivo »Frontar« 1:9.

3. PERISKOP

Već kod opisivanja grešaka u crtanju sočiva bilo je utvrđeno da simetričan raspored sočiva prema unutrašnjoj diafragmi vrlo povoljno utiče na hromatičnu razliku uvećanja, na komu i na distorziju. To je

dovelo do konstrukcije periskopa u obliku prvog simetričnog objektiva, koji se sastojao iz dva prema diafragmi simetrična meniskusa. Periskop ima, pored prilične kompenzacije navedenih mana, relativno mali astigmatizam i izbočenost polja slike koji ne kvare oštrinu slike na ivicama u većoj meri, nego što su osetni iznosi sferne i hromatične aberacije na sredini; usled toga je ostvarljiva samo svetlosna jačina do najviše 1 : 11 kod maksimalnog iskorišćenog zahtatnog ugla od 80°.

Korekciono stanje prosečnog periskopa je pokazano na sl. 167.



Sl. 167.

a — diagram astigmatizma; b — diagram sferne aberacije; c — diagram distorzije

Ovaj tip objektiva se danas upotrebljuje samo za naročite svrhe u specijalnim konstrukcionim oblicima; od ovih su najpoznatiji Goerz-Zeiss-ov »Hypergon« kao izrazit širokougaoni objektiv 1 : 22 sa zahvatnim uglom 140° i Voigtländer-ov »WZ« 1 : 9 sa uglom 45° kao omekšivač za umetničke i portretne snimke vanredno mekog crtanja.

4. APLANATSKI SISTEMI

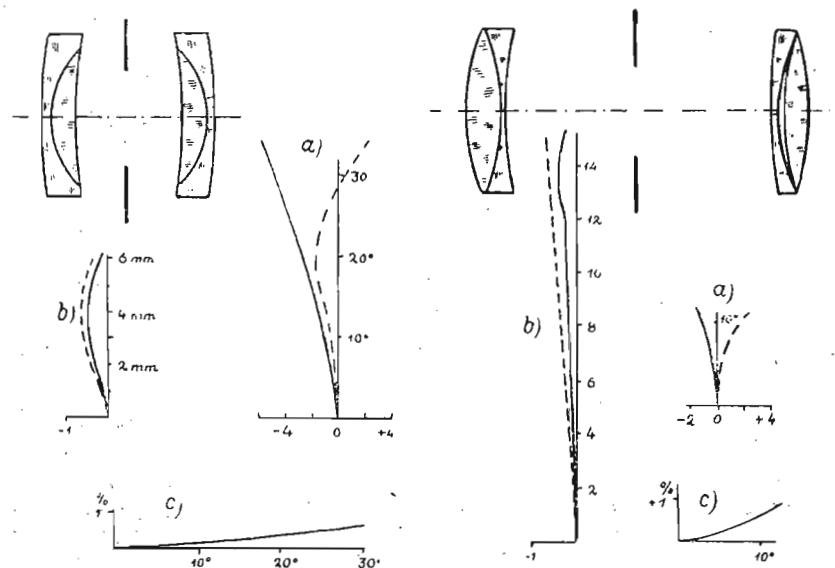
Mnogo veće korekcionne mogućnosti pruža simetrični sastav dva ahromata u obliku takozvanog aplanata. Na taj način mogu da se koriguju sve greške do izvesne granice tako, da aplanate svetlosne jačine 1 : 8 (izuzetno čak 1 : 6,8) i zahvatnim uglom od 70° premašuju samo još anastigmati.

Diagrame preostalih zonskih mana običnog aplanata pokazuje sl. 168.

U novije vreme su aplanate skoro sasvim potisnuli svetlosno jači i ipak jeytiniji anastigmati sa tri sočiva; međutim su još uvek u upotrebi aplanati sa karakterom širokougaonih objektiva, t. j. Rodenstock-ov »Perigon« 1 : 12 i Zeiss-ov »Protar« 1 : 18, oba sa zahvatnim uglom 100°.

U skupinu aplanatskih sistema nesimetričnog sastava spada i najstariji svetlosno jaki Petzval-ov portretni objektiv 1 : 3,4 sa zahvatnim uglom 24°. Korekciono stanje ovog objektiva je grafički prikazano na sl. 169.

Petzval-ov objektiv je više od pola veka isključivo vladao u stručnoj fotografiji, dok ga nisu potisnuli svetlosno jaki anastigmati. Danas se više ne upotrebljuje kao fotografski objektiv, nego — i to skoro



Sl. 168.

a — diagram astigmatizma; b — diagram sferne aberacije; c — diagram distorzije

isključivo — kao projekcioni objektiv za diapozitive i kino film istina u modernizovanom, ali bitno neizmjenjenom sastavu sa svetlosnom jačinom do 1 : 1,4.

5. ANASTIGMATI

Opšta upotrebljivost aplanatskih sistema je ograničena time, što se zbog astigmatičkih razlika, kod većih diafragma pojavljuje osetna neoštrina na ivicama slike. Zadovoljivu astigmatičku korekciju je tek omogućilo otkriće specijalnih jenskih stakla 1888., čijom upotrebom je 1890. naučni saradnik Zeiss-ovih fabrika Dr. Rudolph izračunao prvi anastigmat nesimetrične konstrukcije »Protar« i 1893. nezavisno od njega v. Hoegh u Goerz-ovim fabrikama simetrični anastigmat »Dagor«

(Doppel-Anastigmat-Goerz). Kao anastigmat se — kao što je već napomenuto — smatra svaki sferno i hromatično korigovani objektivi, koji ima anastigmatički ujednačeno polje slike, t. j. objektivi kod kojega su bar za jedan veći zahvatni ugao korigovani astigmatizam i izbočenost polja slike (sl. 149c); ova korektura je postignuta, kada su tangencijalna i sagitalna kalota slike suprotno izbočene (da se seku bar u jednom krugu) i čim jedna od ovih dveju kalota seče Gauss-ovu ravan. Da bi se postiglo ovo korekciono stanje, je kod simetričnih i hemisimetričnih anastigmata potrebna kombinacija najmanje 4 sočiva, od kojih su barem dva od specijalnog jenskog stakla, a kod asimetričnih anastigmata kombinacija najmanje tri sočiva, od kojih je bar jedno od specijalnog jenskog stakla. Pri tome pojedina sočiva mogu biti sva slobodna ili pak u svakoj polovini sasvim ili samo delom slepljena.

A. Dubleti

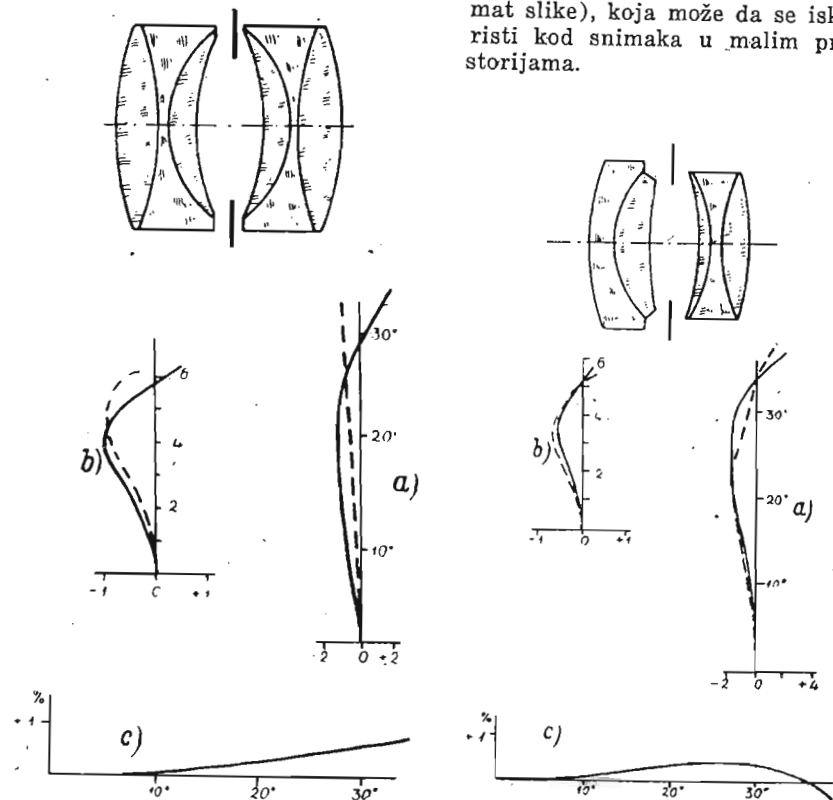
1. Simetrični i hemisimetrični anastigmati. Simetrični anastigmati su sastavljeni na osnovu prvog Goerz-ovog dvojnog anastigmata »Dagor«, čija se svaka polovina sastoji iz tri slepljena sočiva; svaka polovina je već dalekosežno korigovana i pojedinačno upotrebljiva kao objektivi dvostruke žižne daljine. Sastav i korekciono stanje ovoga objektiva pokazani su na sl. 170.

Osnova hemisimetričnih a i asimetričnih anastigmata je međutim bila data prvim Rudolph-ovim anastigmatom čija se prednja polovina sastoji iz dva, a zadnja iz tri slepljena sočiva. Shematični oblik i dijagram zonskih mana prvog anastigmata pokazuje sl. 171.

Po uzoru na ove prve dve anastigmatske konstrukcije izrađeni su, u ranovrsnim modifikacijama, dvojni anastigmati raznih optičkih firmi. Karakteristično za sve ove simetrične i hemisimetrične anastigmati jeste, da se svaka polovina objektiva dosledno sastoji iz najmanje tri slepljena sočiva, usled čega imaju samo četiri slobodne staklene površine; prema tome je mogućnost refleksionih mrlja svedena na minimum. Pošto su obe polovine svih tih objektiva relativno dalekosežno korigovane, svaka je polovina zasebno upotrebljiva kao nepotpuno korigovan objektivi. Kod simetričnih objektiva iznosi žižna daljina svake polovine dva puta toliko kao žižna daljina celog objektiva, a žižne daljine polovina hemisimetričnih anastigmata su različite; usled toga ovi pružaju mogućnost triju raznih žižnih daljina. U svakom slučaju imaju međutim pojedinačne polovine, zbog veće žižne daljine, manju svetlosnu jačinu i nešto mekše ocrtavanje na ivicama, što međutim može da se popravi smanjenjem diafragme.

Svetlosna jačina ovih anastigmata sa slepljenim sočivima ne može međutim bitno da se poveća preko 1 : 6,3, a da se usled relativno priličnih sfernih zona ne pojavi neželjeno velika mekoća slike. Suprotno tome iznosi zahvatni ugao najmanje 60°, a smanjenjem otvora diafragme

može da se poveća čak na 80° do 100°. Prema tome mogu ovi objektivi, s odgovarajućim okvirom, već da se upotrebe kao širokougaoni objektivi; a svakako imaju karakter univerzalnih objektiva nešto kraće žižne daljine (u odnosu na format slike), koja može da se iskoristi kod snimaka u malim prostorijama.



Sl. 170.

Sl. 171.

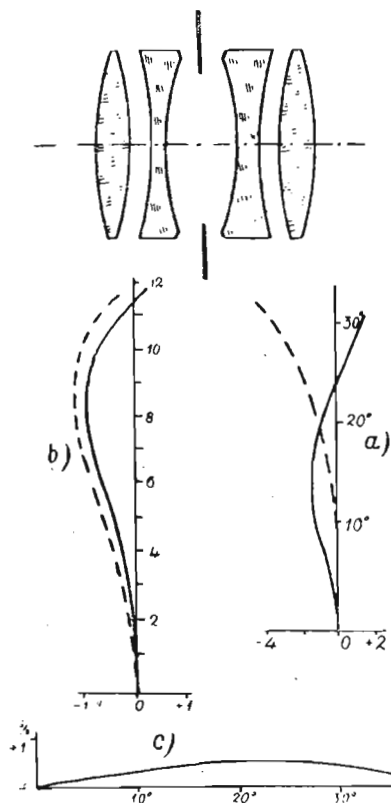
a — diagram astigmatizma; b — diagram sferne aberacije; c — diagram distorzije

U skupinu slepljenih simetričnih i hemisimetričnih anastigmata spadaju: Mayer-ov »Euryplan« (1 : 6,3 do 7,7), Rodenstock-ov »Eiconal« (1 : 6,8), Schneider-ov »Symmar« (1 : 6,8), Steinheil-ov »Orthostigmat« (1 : 6,0 do 6,8), Voigtländer-ov »Collinear« (1 : 6,3), Zeiss-ov »Dagor« (1 : 6,8 do 7,7) i »Doppel-Protar« (1 : 6,3 do 7,7) i t. d.

Da bi se postigle zahtevane osobine slike, potrebna su kod dvojnih anastigmata sa slepljenim polovinama najmanje tri sočiva. Upotrebom četiri ili više sočiva je istina mogućna još ravnomernija korektura

zonskih mana, ali nikako ne može da se postigne bitno povećanje svetlosne jačine.

Ovo povećanje su uspeali, da dobiju zamenom srednjeg sočiva svake anastigmatičke polovine »vazдушnim sočivom«, što je besumnje značilo pojevtinjenje produkcije; na taj način su stvoreni takozvani neslepljeni anastigmati simetričnog sastava čija se svaka polovina sastoji iz dva, uskim vazдушnim prostorom odvojena sočiva. Prvi anastigmat neslepljivog tipa izrađen je po podacima v. Hoegh-a, u Goerz-ovim fabrikama pod imenom »Celor« 1 : 4,5 (sl. 172).



Sl. 172.

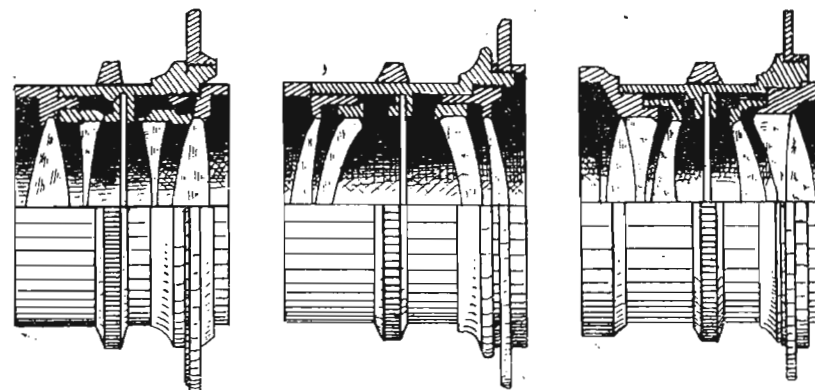
a — diagram astigmatizma; b — diagram sferne aberacije; c — diagram distorzije

vinom svetlosne jačine i približno dvostrukom žižnom daljinom. Međutim kod ovog oblika anastigmatata uopšte nije moguće postići zahvatni ugao preko 60°, koji može da se poveća samo smanjenjem diafragme.

Kao neslepljeni anastigmati iz bisfernih sočiva upotrebljuju se danas: Friedrich-ov »Coronar« (1 : 4,5 do 6,8), Laack-ov »Dialytar«

(1 : 4,5), Mayer-ov »Helioplan« (1 : 4,5), Schneider-ov »Isconar« (1 : 4,5), Steinheil-ov »Unofocal« (1 : 4,5 do 5,4) i t. d.

Bitno veći zahvatni ugao, t. j. do 100°, može da se postigne neslepljenim anastigmatom iz meniskusa; nasuprot tome daje ovaj tip, koji delom već ima karakter širokougaonih objektivata, opet samo manje svetlosne jačine, prosečno do najviše 1 : 6,3. Pošto je polovina ovih anastigmatata po svom obliku sasvim slična objektivu koji je dao Gauss

Sl. 173.
Anastigmat sastavljen od bisfernih sočivaSl. 174.
Anastigmat sastavljen od meniskaSl. 175.
Delimično lepljeni anastigmat

za doglede, ovaj oblik anastigmatata se naziva i »Gauss-ov tip«. Neugodnost ovog tipa je međutim njegova prilična osetljivost za stvaranje refleksionih mrlja.

Među tipove neslepljenih anastigmatata iz meniskusa spadaju: Laack-ov »Dialytar« (1 : 6,3), Mayer-ov »Aristostigmat« (1 : 4,5 do 6,3), Rodenstock-ov »Eurytar« (1 : 4,5 do 6,8), Schneider-ov »Isconar« (1 : 6,8) i t. d.

Najzad je u skupini simetričnih objektivata, u težnji za boljim kvalitetom slike, stvoren još i tip delimično slepljenih anastigmatata. Time, što se slepe samo pojedina sastavna sočiva prednje ili zadnje polovine ili obeju polovina (sl. 175), postizava se bolja oština slike, a istovremeno i veća svetlosna jačina kod prosečnog zahvatnog ugla od 65°. Samo se po sebi razume, da kod ovog tipa, delom slepljenih anastigmatata, poraste broj sastavnih delova u svakoj polovini opet na tri sočiva, kojima se pridružuje još jedno »vazdušno sočivo«.

Među delimično slepljene anastigmatate simetričnog i hemisimetričnog tipa spadaju objektivata: Laack-ov »Polyxentar« (1 : 4,5), Mayer-ov »Euryplan« (1 : 4,0 do 7,5) i »Plasmat« (1 : 4,0 do 5,5),

Zeiss-ov »Orthometar« (1:4,5 — specijalni objektiv za fotogrametriju) i t. d.

Hemisimetrični sistemi, čije polovine združuju tri razne žižne daljine ili koji imaju čak još i treći član, imaju specijalan naziv: objektiv u slogovima; sa slogom od tri člana koji svaki zasebno mogu da se upotrebe kao objektiv, mogu naime po potrebi da se kombinuju još tri različita dvojna objektiv, tako da ovakav objektiv u slogovima omogućuje po želji šest objektiv različitih žižnih daljina.

Svojevremeno vrlo raširenu primenu tipa simetričnih i hemisimetričnih anastigmata pri izradi novih objektiv, je međutim u novije vreme jako ograničio i zaustavio razvoj asimetričnih dubleta i tripleta koji daju mnogo veće svetlosne jačine i mogućnost jeftinije izrade.

2. **Asimetrični anastigmati.** U želji za povećanjem svetlosne jačine se, naročito u toku poslednjih decenija, na osnovu Gauss-ovog tipa i Cook-ovog objektiv, razvio tip asimetričnih anastigmata sasvim nesimetričnog sastava pojedinih sočiva koja su delom slobodna, delom slepljena. Time su bile postignute izvanredno velike svetlosne jačine do 1:1,4 — koje su od značaja samo u fotografiji malog formata slike i u kinematografiji i koji dopuštaju samo umerene zahvatne uglove do najviše 55°. Za veće formate međutim ovi anastigmati ne dolaze u obzir, jer su zbog velike svetlosne jačine praktično izvodljivi do žižne daljine od najviše 8 cm; a kod većih žižnih daljina bi, zbog ogromnih dimenzija, postali suviše teški i njihova dubinska oštrina bi za praktičnu upotrebu bila suviše mala.

Kod objektiv tako velikog relativnog otvora se najveća važnost polaže na što vitkiju krivu sferne aberacije (sl. 176); u protivnom slučaju bi se naime pojavila osetna neoštrina, koja bi se doduše kod objektiv manje svetlosne jačine (dakle i relativno veće žižne daljine) osetila najviše kao mekoća. U korist što dalekosežnije sferne korekcije mora obično da se dopusti veća distorzija, koja kod umerenog zahvatnog ugla i kod malog formata ne može osetno da dođe do izražaja; zbog ovoga nedostatka su objektiv tako velikih svetlosnih jačina svakako neupotrebljivi za fotogrametrijske svrhe.

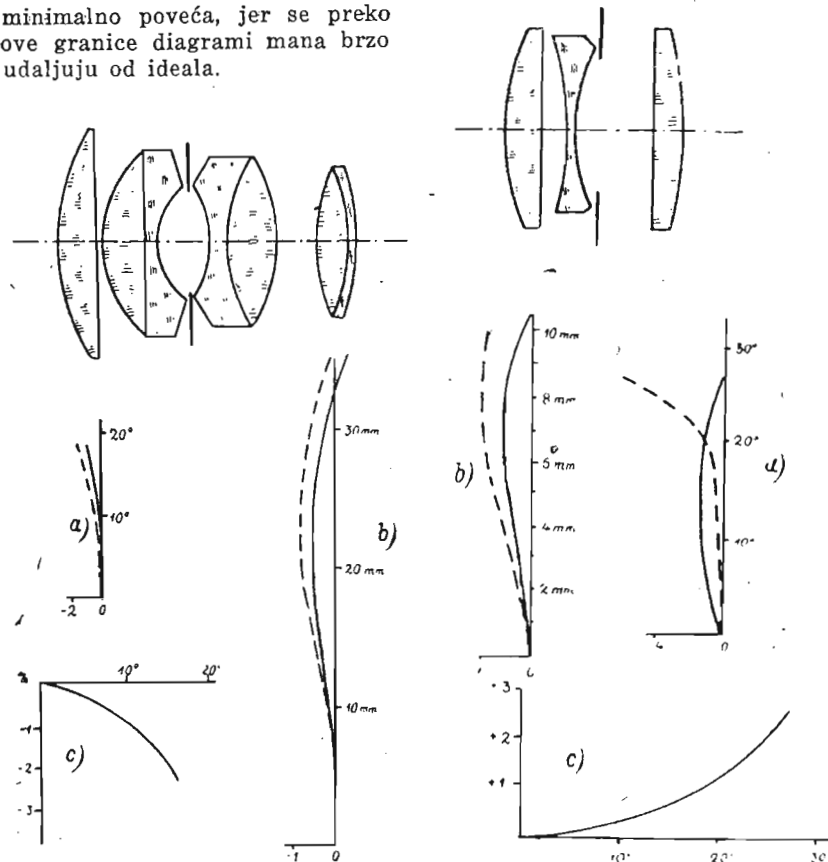
U skupinu svetlosno jakih asimetričnih anastigmata spadaju: Leitz-ov »Summar« (1:2), Mayer-ov »Makroplamat« (1:2,7), Plaubel-ov »Supracomar« (1:2), Schneider-ov »Kenon« (1:2,0 — 2,3), Zeiss-ov »Biotar« (1:1,4—2,0) i t. d.

B. Tripleti

Čim je 1898. Englez Cooke objavio konstrukciju objektiv (Cooke lens), koji je već predstavljao anastigmat iz tri sočiva »Triplet«, nastao je u fotografskoj optici veliki preokret.

U najprostijem obliku sastoji se svaki triplet iz tri pojedina sočiva, naime iz dva sabirna sočiva između kojih se nalazi rasipno sočivo i

odmah iza njega diafragma (sl. 177). Ovaj neslepljeni triplet omogućuje, bez naročitih teškoća, svetlosne jačine do 1:4,5, kod zahvatnog ugla od približno 60°. Kod većih svetlosnih jačina, do 1:2, pojavila bi se zbog priličnih zonskih mana očigledna mekoća; usled toga se samo retko iskorišćuje zahvatni ugao preko 40°, potpuno dovoljan za male formate slike i za kino snimke i koji se pri smanjenju diafragme samo minimalno povećava, jer se preko ove granice dijagrami mana brzo udaljuju od ideala.



Sl. 176.

Sl. 177.

a — dijagram astigmatizma; b — dijagram sferne aberacije; c — dijagram distorzije

Jednostavni sastav tripleta omogućuje jeftinu proizvodnju i stoga je skoro sasvim potisnuo aplanate. Pošto i objektiv vrlo velikih prečnika nisu suviše skupi, ovaj se tip skoro uvek upotrebljuje za episkopsku projekciju.

Najzad ima triplet još i preimućstvo, da omogućuje doterivanje oštine pomoću frontalnog sočiva, spiralnom lozicom u tubusu objektivu, čime se uprosti konstrukcija kamere. Ovo doterivanje oštine omogućeno je činjenicom, da frontalno sočivo tripleta ima mnogo kraću žižnu daljinu nego celokupni objektiv, usled čega se pri minimalnom pomeranju ovog sočiva osetno promeni žižna daljina objektivu. Pošto se pri postavljanju oštine bliskog objekta frontalno sočivo udalji od ostala dva sočiva u smislu optičke formule

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

žižna daljina celokupnog optičkog sistema toliko se smanji, da postane razdaljina slike jednaka maksimalnoj žižnoj daljini objektivu (t. j. kod najmanjeg razmaka između frontalnog sočiva i negativnog člana). Mogućnost menjanja rastojanja između frontalnog sočiva i ostala dva sočiva istina ide malo na štetu korekcionog stanja; usled toga ovaj princip doterivanja oštine nije upotrebljiv kod objektivu svetlosne jačine preko 1 : 4,5.

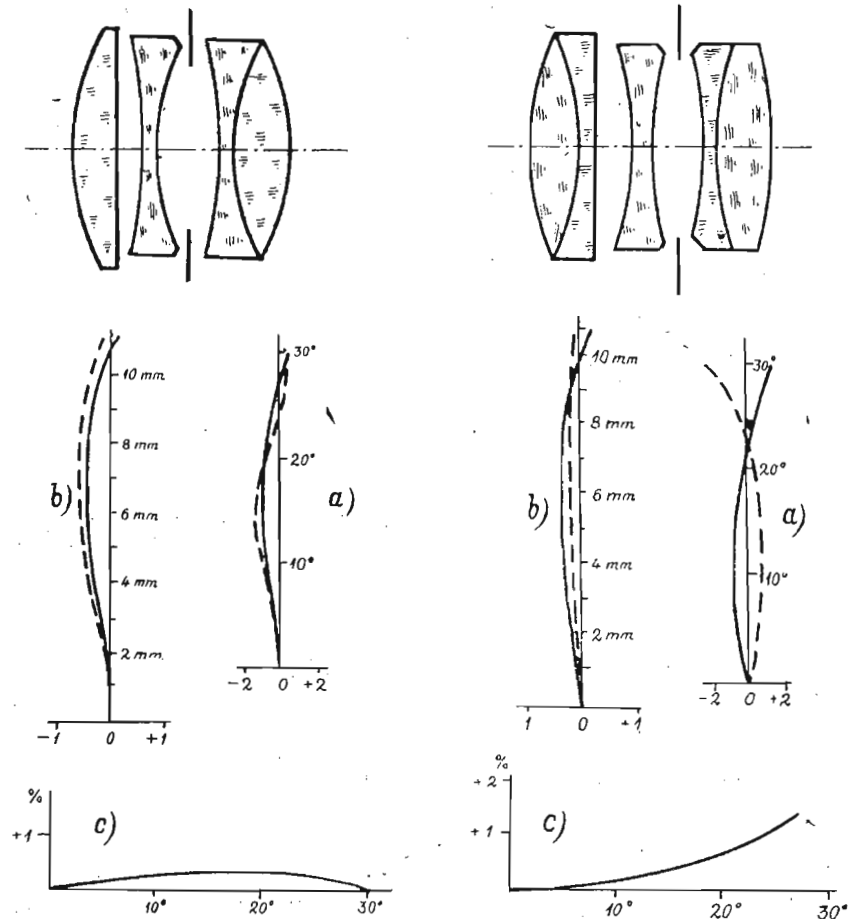
U obliku neslepljenog tripleta danas su kao proizvodi skoro svih optičkih fabrika objektivu raznih žižnih daljina i raznih svetlosnih jačina, na pr.: Agfa »Igestar« (1 : 6,3 do 8,8) i »Apotar« (1 : 4,5), Friedrich-ov »Corygon« (1 : 1,9 do 6,3), Laack-ov »Pololyt« (1 : 2,0 do 6,3), Mayer-ov »Trioplan« (1 : 2,8 do 6,3), Rodenstock-ov »Trinar« (1 : 2,9 do 6,3), Steinheil-ov »Cassar« (1 : 3,5 do 5,0), Voigtlander-ov »Voigtar« (1 : 4,5 do 7,7), Zeiss-ov »Novar« (1 : 6,3), »Triplet« (1 : 4,8) i »Triotar« (1 : 3,5) i t. d. Samo se po sebi razume da su korekcionni dijagrami ovih objektivu međusobno različiti, ali svi pokazuju za ovu ili onu manu pojavu izrazitih zona (sl. 177.).

Mnogo bolje korekcionno stanje može da se postigne kod tripleta, čiji je bar jedan član sastavljen od dva slepljena sočiva; u tom smislu je naročito efikasan kombinacioni sastav zadnjeg sočiva (sl. 178.). Kod tripleta sa slepljenim zadnjim sočivom mogu da se postignu svetlosne jačine do 1 : 3,5 — za manje formate čak do 1 : 2, kod zahvatnog ugla od 50° do 60°. Njihova oština je nesravnjeno bolja nego prostog neslepljenog tripleta.

Kao tripleti sa slepljenim zadnjim sočivom građeni su objektivu raznih firmi: Agfa »Oppar« (1 : 4,5) i »Solinar« (1 : 3,5 do 4,5), Busch-ov »Glyptar« (1 : 3,5), Laack-ov »Dialytar« (1 : 2,7 do 6,3), Leitz-ov »Elmar« (1 : 3,5), Plaubel-ov »Anticomar« (1 : 2,9 do 4,5), Rodenstock-ov »Isar« (1 : 3,5 do 4,5), Schneider-ov »Kenar« (1 : 2,8 do 5,5), Voigtlander-ov »Skopar« (1 : 3,5 do 4,5), Zeiss-ov »Dominar« (1 : 4,5) i »Tessar« (1 : 2,8 do 6,3) i t. d.

Kao manje uspešna se pokazala slepljena površina u prednjem članu; stoga su konstrukcije ovog tipa ređe, na pr.: Agfa »Solinar« (1 : 2,7), Steinheil-ov »Triplar« (1 : 4,5), Zeiss-ov »Ernostar« (1 : 1,8 do 2,0) i t. d.

Još veću mogućnost za povećanje kakvoće tripleta pruža slepljivanje dva ili sva tri člana iz više sočiva (sl. 179), čime mogu da se postignu i svetlosne jačine do 1 : 1,5.



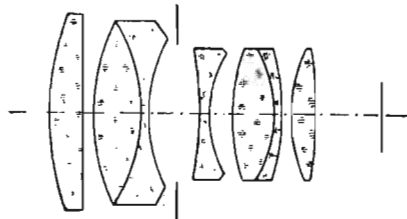
Sl. 178.

Sl. 179.

a — dijagram astigmatizma; b — dijagram sferne aberacije; c — dijagram distorzije

U vrstu tripleta sa više slepljenih članova spadaju: Leitz-ov »Hektor« (1 : 1,9 do 6,3), Voigtlander-ov »Dynar« (1 : 4,5) i »Heliar« (1 : 1,5 do 4,5), Zeiss-ov »Biotessar« (1 : 2,8) i »Sonnar« (1 : 1,5 do 2) i t. d. Pošto se u poslednje vreme ovom tipu sve više daje prvenstvo, broj tripleta sa više slepljenih članova stalno će da raste.

Najveće svetlosne jačine se međutim mogu postići tripletima čiji zadnji član ima još jedno ili više dopunskih (slobodnih) sočiva, pri čemu opet mogu pojedini članovi kao i dopunska sočiva da budu slepljeni iz dva sočiva. Zbog ovog dopunskog sočiva, koje bi moglo da se smatra kao četvrti član, sasvim tačno razgraničavanje između tipa asimetričnih dubleta i lepljenih tripleta sa dopunskim sočivom često je nesigurno i nemoguće. Pošto se svetlosne jačine pretežne većine ovih objektivu približuju vrednosti 1 : 1, njihovi su prečnici skoro veći od žižne daljine (sl. 180. u preseku »Tachon« 1 : 0,95 sa $f = 50$ mm). Zbog



Sl. 180.
Presek objektivu »Tachon« 1 : 0,95.

srazmerno velikih prečnika i debelih sastavnih sočiva je ovaj tip tripleta prvenstveno namenjen za kinematografiju, ma da je delom upotrebljiv i za kamere malog formata slike; međutim je zbog vrlo visoke cene i zbog izvanredno male dubinske oštine upotreba ovog tipa u opštoj fotografiji vrlo ograničena.

Oblik tripleta sa dopunskim sočivom imaju kino objektivu: Agfa »Prolinar« (1 : 1,2 do 2,0), Astro »Tachar« (1 : 1,5 do 1,8) i »Tachon« (1 : 0,95), Busch-ov »Glaukar« (1 : 1,5) i »Varioneokino« (1 : 2,0 sa promenljivom žižnom daljinom), Laack-ov »Heleston« (1 : 1,6 do 2,3), Leitz-ov »Hektor-Rapid« (1 : 1,4), Mayer-ov »Primoplan« (1 : 1,5 do 1,9), Steinheil-ov »Quinar« (1 : 1,8) i t. d.

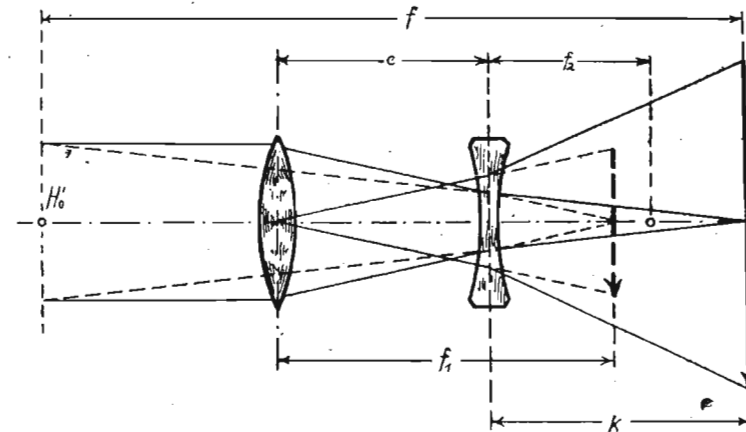
6. TELE-OBJEKTIVI

Dosada opisane konstrukcije objektivu, u suštini univerzalni objektivu, ocrtavaju zahvatni ugao od 40° do 60° koji kod svetlosno najjačih tipova istina nije uvek postignut, ali kod mnogih drugih čak prekoračen. Karakteristično za sve objektivu je međutim, da se prostoru slike bliska glavna ravan nalazi još u debljini ili vrlo blizu površine unutrašnjeg člana; stoga mora izvlačenje kamere da bude približno jednako žižnoj daljini objektivu.

Za snimke vrlo udaljenih objekata, koji treba da se ocrtaju na fotografskoj slici u što većoj razmeri, međutim je pored objektivu velike žižne daljine potrebna i kamera sa relativno dugim izvlačenjem, čime ova postaje vrlo glomazna i teška.

Ovaj nedostatak savlađuje optički sistem, takozvani tele objektiv, kod kojeg leži zadnja glavna tačka H'_0 , odnosno zadnja glavna ravan, pred objektivom; usled čega može potrebno izvlačenje kamere da bude bitno kraće od žižne daljine. Optički sastav tele objektivu za fotografske svrhe prvi put su dali nemački optičari Miethe i Steinheil, a nezavisno od njih Englez Dallmeyer.

Sistem tele objektivu liči u principu na Galilejev (holandski) do-gled i sastoji se iz običnog objektivu ili pozitivne komponente (»pozitiv«) veće i iz negativne komponente (»negativ«) manje žižne daljine (sl. 181) Zbog stavljanja negativnog sočiva na put svetlosnih zrakova kroz objektiv, odmakne se presečište svetlosnih zrakova od objektivu; a



Sl. 181.
Optičko delovanje teleobjektivu

glavna tačka, odnosno glavna ravan, kao presečište zrakova prostora objekta i prostora slike se pomeri pred objektiv, iz čega proizlazi duga žižna daljina pri kraćem rastojanju preseka (sl. 131.). Tele objektiv je dakle optički sistem kod kojeg je rastojanje objektivu od ravni slike ili sloja emulzije bitno kraće od njegove celokupne žižne daljine.

Ako označimo sa f_1 žižnu daljinu pozitiva, sa f_2 žižnu daljinu negativa i sa e njihovo međusobno rastojanje (sl. 131.), dobijamo u smislu osnovne optičke formule, imajući u vidu znak veličine f_2 , celokupnu žižnu daljinu f tele objektivu

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

Iz ove jednačine proizlazi da se smanjenem rastojanja e povećava žižna daljina f , a njom i razmera slike.

Uvećanje V tele objektivna izražava se dosledno odnosom

$$V = \frac{\text{veličina slike pomoću tele objektivna}}{\text{veličina slike pomoću pozitivna}}$$

Potrebno izvlačenje kamere k , odnosno razdaljina slike, određeno je izrazom

$$k = (V - 1) f_2$$

koji dakle zavisi samo od žižne daljine f_2 negativa, a ne od žižne daljine pozitivna. A suprotno tome iznosi maksimalno uvećanje

$$V = \frac{k}{f_2} + 1,$$

za koje su onda merodavni najveće izvlačenje kamere i žižna daljina negativa. Iz ove formule proizlazi da je uvećanje kod konstantnog izvlačenja utoliko veće, ukoliko je manja žižna daljina negativa i obrnuto. Prema tome bi dakle imali prvenstvo negativni kratkih žižnih daljina; ali suprotno ovome je međutim sa tele objektivom postignuta kakvoća slike pri podjednakom uvećanju utoliko bolja, štogod je veća žižna daljina negativa. Najpovoljnija je dakle ona žižna daljina negativa tele objektivna, koja iznosi približno $1/2$ do $1/3$ pozitivna.

Za prečnik D polja slike kod V -kratnog uvećanja važi jednačina

$$D = \frac{V}{1 - \frac{V-1}{V} \cdot \frac{f_2}{f_1}} \cdot d,$$

gde je d slobodni prečnik negativnog sočiva.

Optički interval i , t. j. pomeranje negativna, potreban za postizavanje željenog uvećanja, zbog čega je tubus tele objektivna opremljen zupčastim pogonskim zavrtnjem, iznosi međutim

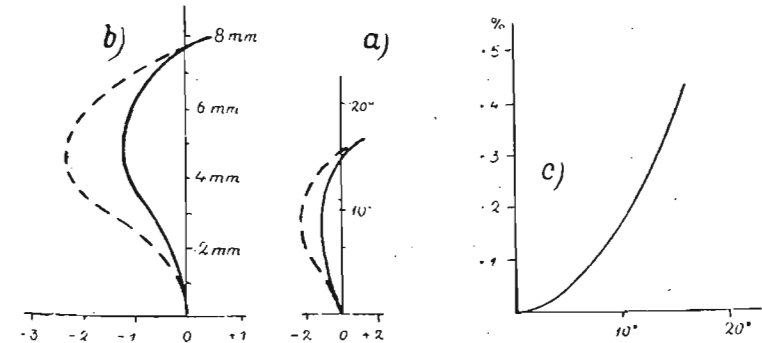
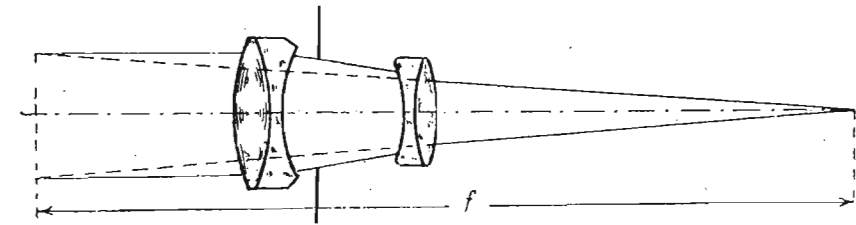
$$i = \frac{f_2}{V}$$

Svetlosna jačina tele objektivna se menja sa uvećanjem. Ako je naime svetlosna jačina pozitivna $1 : n_0$, onda iznosi svetlosna jačina tele objektivna kod proizvoljnog uvećanja $1 : n_0 \cdot V$, odnosno faktor ekspozicije iznosi V^2 . Svetlosna jačina se dakle smanjuje proporcionalno uvećanju.

U poređenju sa normalnim objektivima iste žižne daljine imaju tele objektivni promenljive žižne daljine nedostatak malog zahvatnog ugla (do 10°), male svetlosne jačine i nedovoljne ostrine slika, jer se smanjenjem rastojanja između pozitivna i negativna menja u vrlo širokim granicama korekciono stanje celokupnog optičkog sistema.

Zbog navedenih nedostataka se u novije doba u sve većoj meri upotrebljuju tele objektivni fiksnog sastava sa konstantnom žižnom da-

ljinom, kod kojih su i pozitivni i negativni član svaki za sebe hromatično korigovani, a u zajedničkom sastavu još i odnosno drugih grešaka crtanja. Zbog jakih i suprotnih optičkih prelamanja imaju međutim i tele objektivni konstantne žižne daljine, uprkos umerenoj svetlosnoj



Sl. 182.

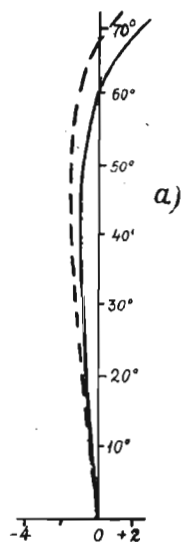
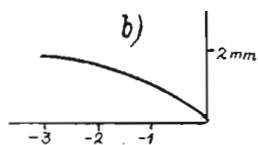
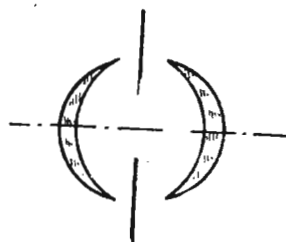
a — dijagram astigmatizma; b — dijagram sferne aberacije; c — dijagram distorzije

jačini i uprkos malom zahvatnom uglu (prosečno oko 20° do 30°), relativno veće ostatke mana (sl. 182.) nego normalni sistemi istih optičkih osobina.

Odnosno formata slike izrađuju se tele objektivni najrazličnijih žižnih daljina (od 5 cm do 50 cm), na pr.: Busch-ov »Bis-Telar« (1:7,7), Laack-ov »Teleanastigmat« (1:6,3), Leitz-ov »Elmar« (1:4,0 do 4,5) i »Hektor« (1:4,5), Mayer-ov »Tele-Megor« (1:4,0 do 5,5), Schneider-ov »Tele-Xenar« (1:3,8 do 5,5), Voigtländer-ov »Tele-Dynar« (1:6,3), Zeiss-ov »Magnar« (1:10), »Tele-Tessar« (1:6,3) i »Sonnar« (1:4) i t. d.

7. SIROKOUGAONI OBJEKTIVI

Suprotnu svrhu tele objektivu imaju širokougaoni objektiv, koji kod što kraće žižne daljine treba da imaju što veći zahvatni ugao; ovi širokougaoni objektiv nužno su potrebni kod snimaka, gde je kod željenog opsega slike, zbog prostornih prilika, nemoguće veće udaljavanje od objekata (arhitektonski snimci, snimci u zatvorenim prostorijama — enterijeri i t. d.).



Sl. 183.

a — digram astigmatizma;
b — digram sferne aberacije

Širokougaoni objektivu nemaju nikakav naročiti optički sastav, nego su za njih upotrebljivi svi simetrični sastavi od periskopa do anastigmatskog dubleta, kao i tip tripleta u obliku koji daje što veći zahvatni ugao, jer zahvatni ugao širokougaonih objektivu treba da iznosi najmanje 75° do 80° , dok obično iznosi oko 100° , a kod izvanrednih konstrukcija (Zeiss-ov »Goerz-Hypergon«) čak do 140° . Samo se po sebi razume da tako veliki zahvatni ugao može da se postigne samo na račun svetlosne jačine koja dostiže najviše 1 : 6,3 — prosečno obično 1 : 9 do 1 : 12,5 — u izuzetnim slučajevima (Zeiss-ov »Hypergon«, sl. 183) pa čak samo 1 : 22.

Kako je međutim kod pojave vinjetiranja obrazloženo, svetlina optičke slike osetno opada prema ivicama kod povećanog nagibnog ugla glavnog zraka. Ove razlike u svetlini se smanjivanjem diafragme delom takođe smanjuju i izjednačuju u sloju emulzije; a baš zbog toga nije moguće povećati svetlosnu jačinu širokougaonih objektivu. U ekstremnim slučajevima, u kojima zahvatni ugao premašuje 100° , je međutim u svrhu pogodne razdeobe svetlosti uopšte potrebna naročita naprava koja treba da oslabi svetlinu na sredini slike. U tu svrhu se upotrebljuje kompenzator, sastavljen iz plankonveksnog sočiva od stakla jake apsorpcije i plankonkavnog, sasvim prozračnog sočiva od stakla podjednagog prelamanja; oba sočiva su slepljena u planparalelnu ploču koja se kao svaki kompenzacioni filter za vreme snimanja stavi pred objektiv. Druga sasvim naročita naprava je takozvana zvezdasta dia-

fragma (kod Zeiss-ovog »Hypergon«), izrađena u obliku limene zvezde koja se pred objektivom u naročitom okviru brzo vrti usled vazdušne struje (proizvedene pneumatičnom loptom); ovaj okvir može za vreme snimanja da se skine s objektivu preko šarnira tako da se osvetli i sredina slike. Odnos između osvetljenja sa zvezdastom diafragmom i slobodnim objektivom mora da se utvrdi ogledom.

Među izrazite širokougaone objektivu spadaju: Laack-ov »Dialytar« (1:8,7), Leitz-ov »Elmar« (1:3,5) i »Hektor« (1:6,3), Mayer-ov »Aristostigmat« (1:6,3), Rodenstock-ov »Perigon« (1:11), Schneider-ov »Angulon« (1:6,8), Steinheil-ov »Orthostigmat« (1:12) i »Unofocal« (1:9), Zeiss-ov »Bigon« (1:2,8), Goerz-»Hypergon« (1:22), »Protar« (1:18), »Tessar« (1:8) i »Topogon« (1:6,3 specijalni objektiv za fotografometriju) i t. d.

V. ODREĐIVANJE OPTIČKIH KONSTANTA OBJEKTIVA

Optičkim konstantama fotografskog objektiva smatraju se žižna daljina, položaj obeju glavnih tačaka, svetlosna jačina i zahvatni ugao. Žižna daljina i svetlosna jačina su skoro uvek urezani na okviru objektiva. Ustvari je urezana žižna daljina samo zaokrugljena vrednost, od koje se stvarna žižna daljina i kod kvalitetno najboljih objektiva skoro uvek nešto razlikuje; jer izrada objektiva sa žižnom daljinom tačnom na milimetar, nema za prosečnu fotografsku praksu nikakvog značaja i samo bi osetno povećala njegovu cenu. Ali je svakako poznavanje tačne žižne daljine nužno potrebno za određivanje drugih optičkih konstanta (na pr. svetlosne jačine) ili pak za merenje geometrijskih količina sa fotografskih snimaka (na pr. u fotogrametriji).

1. ŽIŽNA DALJINA I GLAVNE TAČKE

Kao što proizlazi iz recipročne formule sočiva, ocrtava se objekat u prirodnoj veličini, ako je razdaljina slike jednaka dvostrukoj žižnoj daljini, t. j. ako je mutno staklo udaljeno od zadnje žiže za žižnu daljinu.

Radi određivanja žižne daljine po ovom principu, postavimo kameru sa objektivom na pogodan objekat, udaljen najmanje 100 m od objektiva i tačno označimo položaj mutnog stakla, odnosno nosača objektiva (standarte). Zatim stavimo pred kameru tačno upravno na optičku osu objektiva centimetarsku meru na takvom rastojanju, da se mera na mutnom staklu ocrta potpuno oštro (oštrina proverena lupom) u prirodnoj veličini, pa označimo novi položaj mutnog stakla, odnosno standarte objektiva. Rastojanje obeju znački je žižna daljina objektiva.

Ako izvlačenje kamere ne bi bilo dovoljno dugačko za ocrtavanje centimetarske mere u prirodnoj veličini, odnosno ako je traženje optičke slike u prirodnoj veličini suviše zametno, onda se približimo centimetarskoj meri na toliko, koliko to omogućuje izvlačenje kamere i na kameri izmerimo rastojanje od značke koja odgovara postavljanju na beskonačno; istovremeno izmerimo veličinu optičke slike, čime možemo da utvrdimo odnos između prave dužine pogodnog intervala centimetarske mere i njegove optičke slike na mutnom staklu. Proizvod ovoga odnosa i izmerenog pomeranja mutnog stakla, odnosno standarte, daje

nam žižnu daljinu. Ako se na primer 10 cm ocrtavaju na mutnom staklu u veličini 87,4 mm, a izmereno pomeranje mutnog stakla iznosi 104 mm, onda iz toga proizlazi žižna daljina

$$\frac{100}{87,4} \cdot 104 = 118,99 \text{ mm} = 119 \text{ mm}$$

Čim je određena tačna žižna daljina, možemo da utvrdimo i položaj zadnje glavne tačke. Pošto kod postavljanja na beskonačno mutno staklo stoji u žiži objektiva, onda je njegova razdaljina od unutrašnje površine objektiva identična sa razdaljinom zadnjeg preseka (sl. 131.). Razlika između žižne daljine i izmerene razdaljine preseka određuje veličinu, za koju se zadnja glavna tačka nalazi ispred unutrašnje površine objektiva.

Za dalje ocenjivanje objektiva potpuno je dovoljno poznavanje njegove žižne daljine. Ako bi iz ma koga razloga bilo potrebno i poznavanje položaja prednje žiže i prednje glavne tačke, stavi se objektiv obrnuto u kameru, pa se na isti način utvrde prednja žiža i prednja glavna tačka.

Određivanje žižne daljine je vrlo jednostavno ako imamo objektiv, čija žižna daljina je već tačno poznata. U tom slučaju jednim i drugim objektivom na mutnom staklu postavimo oštrinu pogodnog, vrlo udaljenog objekta (na pr. na uglove dveju kuća) i oba puta izmerimo odnosnu veličinu slike. Pod uslovom da su oba objektiva bez distorzije, proizlazi nepoznata žižna daljina iz prave srazmere između obe žižne daljine i veličina odnosnih optičkih slika.

2. SVETLOSNA JAČINA

Svetlosna jačina je — kao što je već bilo utvrđeno kod fototehničkih osobina objektiva — određena odnosom između stvarnog otvora objektiva i njegove žižne daljine. Radi određivanja stvarnog otvora objektiva treba međutim razlikovati optičke sisteme sa prednjom diafragmom i optičke sisteme sa umetnutom diafragmom.

Kod prvog sistema je stvarni otvor objektiva određen otvorom diafragme, čiji prečnik može neposredno da se izmeri.

Kod drugog sistema međutim prečnik diafragme nije identičan sa stvarnim otvorom objektiva, jer svetlosni zraci pri prolazu kroz prednji član konvergiraju ili divergiraju. Ovaj stvarni otvor se još najtačnije odredi na taj način, što se objektiv sa kamerom dotera na beskonačno; zatim se mutno staklo pokrije komadom kartona ili lima, koji ima tačno u sredini izbušenu rupicu oko 1 mm prečnika. Kod nepromenjene razdaljine između mutnog stakla i objektiva, stavi se u pogodan poklopac objektiva okruglo isečen komadić papira sa srebro-bromidom, pa se poklopac natakne na objektiv. Iza mutnog stakla se zatim postavi

svetlosni izvor pogodne jačine (električna sijalica ili se zapali magnezijumova traka dužine 1—2 cm). Na izazvanom papiru se pokaže taman krug, čiji prečnik daje traženi stvarni otvor objektiva.

Odnos između žižne daljine i stvarnog otvora daje nam relativni otvor, odnosno svetlosnu jačinu objektiva.

Relativni otvor objektiva može međutim da se utvrdi prilično tačno i bez upotrebe žižne daljine na osnovu disperzionog kruga. U tu svrhu se dotera kamera s objektivom na prilično udaljen svetlosni izvor, koji se onda na mutnom staklu ocrtu u obliku tačke, zatim se produži izvlačenje kamere za proizvoljnu vrednost i izmeri prečnik disperzionog kruga svetlosnog izvora koji se pri tome pokaže. Odnos između produženja izvlačenja i prečnika disperzionog kruga daje nam neposredno relativni otvor objektiva. Ako je na pr. kod produženja izvlačenja za 84 mm prečnik disperzionog kruga iznosio 18,5 mm — onda dobijamo na osnovu količnika $\frac{84}{18,5} = 4,54$ svetlosnu jačinu 1:4,5.

3. ZAHVATNI UGAO

Za utvrđivanje korisnog zahvatnog ugla objektiva treba ovaj da se montira na kameri čije je mutno staklo prilično veće od formata, za koji je objektiv namenjen. Zatim se izvrši doterivanje na beskonačno i izmeri prečnik kružno oivičene oštre slike koja se pojavi na mutnom staklu i koja pretstavlja takozvano korisno polje slike. Na osnovu izmerenog prečnika d korisnog polja slike i poznate žižne daljine f je zahvatni ugao određen izrazom

$$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{d}{2f}$$

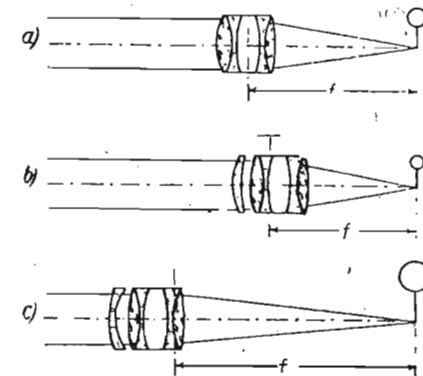
Prečnik korisnog polja slike, t. j. veličina zahvatnog ugla, zavisi međutim u pogledu stepena korekcije mana (u prvom redu sferne i hromatične aberacije), odnosno njihovih ostataka, u većoj ili manjoj meri od diafragme. Stoga se zahvatni ugao obično određuje za celi otvor objektiva, jer prečnik korisnog polja slike može, pri smanjenju diafragme svakako još da se poveća.

Ako format kamere kojom se vrši ogled nije dovoljno veliki tako da granice oštrog polja slike sežu preko ivica mutnog stakla, postavi se mutno staklo samo na polovinu žižne daljine objektiva. Onda je prečnik korisnog polja slike približno jednak dvostrukom prečniku svetlosnog (istina neoštrog) kruga na mutnom staklu.

VI. OPTIČKI PRIBOR

1. DOPUNSKA SOČIVA

Neki put se oseća nužna potreba za kraćom ili dužom žižnom daljinom, nego što nam je pruža univerzalni objektiv koji bi morao da se zameni širokouganim objektivom, odnosno tele objektivom. Ali mogućnost menjanja objektiva nije predviđena kod svake kamere. Simetrični i hemisimetrični objektivni omogućuju produžavanje žižne daljine upotrebom jedne polovine objektiva; a za skraćivanje žižne daljine svakako bi bio potreban naročiti izmenljivi objektiv širokouganog tipa.



Sl. 184.

Uticaj dodatnog sočiva na žižnu daljinu

Univerzalno pomoćno sredstvo, kojim može žižna daljina objektiva bilo kojega tipa, u umerenim granicama, da se produži ili skрати, su dopunska sočiva koja se prema potrebi, slično kompenzacionim filtrima, nataknu na okvir objektiva. Dopunska sočiva su po svojoj prirodi ili sabirna ili rasipna sočiva (meñiskusi); većina optičkih firmi izrađuje svojim objektivima prilagođena dopunska sočiva, na pr.: Laack »Anastigmatlinsen«, Voigtlander »Focarlinsen« i »Weitwinkellinsen«, Zeiss »Distar« i »Proxar« i t. d.

Kao dopunska sočiva mogu međutim da služe i obična stakla za naočare (pozitivni i negativni meniskusi).

Ako se pred objektiv (sl. 184a) stavi pozitivni meniskus, prelamanje optičkog sistema se poveća, a posledica toga je skraćena žižna daljina (sl. 184b). Pošto se zahvatni ugao poveća, a razmera slike smanji, onda se kod datog formata opseg slike poveća. Pozitivni meniskus daje dakle objektivu karakter širokougaoanog objektivu.

Dopunsko sočivo u obliku negativnog meniskusa produžava normalnu žižnu daljinu objektivu (sl. 184c). Zahvatni ugao se stoga smanji, a razmera slike poveća; pošto se onda udaljeni predmeti ocrtavaju u većoj razmeri, deluje normalni objektiv u kombinaciji sa negativnim meniskusom kao tele objektiv.

Kod kamera sa jednokratnim izvlačenjem mogu — pošto produženje izvlačenja nije moguće — naravno da se koriste samo pozitivna dopunska sočiva koja skraćuju žižnu daljinu i time omogućuju snimanje bliskih objekata u relativno velikoj razmeri; zbog skraćivanja žižne daljine dovoljno je jednokratno izvlačenje i za vrlo bliske objekte, pri čemu najmanje otstojanje od objekta zavisi od prelamanja dopunskog sočiva.

* Prelamanje dopunskih sočiva se, kao i prelamanje stakla za naočare, skoro uvek izražava u dioptrijama (dptr), gde je broj dioptrija recipročna vrednost žižne daljine, izražena u metrima, odnosno stotruka recipročna vrednost žižne daljine izražena u centimetrima. A obrnuto je stotrukom recipročnom vrednošću dioptrija izražena žižna daljina u centimetrima. Prema tome odgovara

1 dptr . . .	žižnoj daljini	100	cm
2 „ . . .	„	50	cm
3 „ . . .	„	33,3	cm
4 „ . . .	„	25	cm
5 „ . . .	„	20	cm

Dioptrije sabirnih sočiva označuju se znakom +, a dioptrije rasipnih sočiva znakom —.

Na osnovu istog odnosa može i prelamanje svakog objektivu da se izrazi u dioptrijama; tako iznosi na pr. prelamanje objektivu žižne daljine $f = 13,5$ cm:

$$\frac{100}{13,5} = 7,4 \text{ dptr}$$

Upotrebom dioptrija može naime jednostavno da se utvrdi prelamanje, odnosno žižna daljina kombinacije objektivu i kojeg bilo dopunskog sočiva na osnovu formule

$$\text{dptr}_{\text{kombinacije}} = \text{dptr}_{\text{objektivu}} \pm \text{dptr}_{\text{dopunskog sočiva}}$$

Kombinacija objektivu žižne daljine $f = 13,5$ cm, odnosno prelamanja + 7,4 dptr i dopunskog sočiva + 2 dptr ima prelamanje

$$+ 7,4 + 2 = 9,4 \text{ dptr},$$

što odgovara žižnoj daljini

$$\frac{100}{9,4} = 10,4 \text{ cm}$$

Isti objektiv bi međutim kod upotrebe dopunskog sočiva — 2 dptr imao prelamanje

$$+ 7,4 - 2 = + 5,4 \text{ dptr}$$

odnosno žižnu daljinu

$$\frac{100}{5,4} = 18,5 \text{ cm}$$

Pošto razmera ocrtavanja zavisi od žižne daljine, odnosno od prelamanja objektivu ili kombinacije objektivu i dopunskog sočiva, onda je upotrebom dopunskog sočiva postignuto uvećanje, odnosno umanjenje, određeno količnikom iz žižne daljine kombinacije i žižne daljine samog objektivu, dakle

$$\left. \begin{array}{l} \text{umanjenje} \\ \text{uvećanje} \end{array} \right\} \text{slike} = \frac{f_{\text{kombinacije}}}{f_{\text{objektivu}}}$$

ili upotrebom dioptrija

$$\left. \begin{array}{l} \text{umanjenje} \\ \text{uvećanje} \end{array} \right\} \text{slike} = \frac{\text{dptr}_{\text{objektivu}}}{\text{dptr}_{\text{kombinacije}}}$$

Za gore navedeni objektiv sa $f = 13,5$ cm bi onda kod upotrebe dopunskog sočiva + 2 dptr iznosilo

$$\text{umanjenje slike} = \frac{7,4}{9,4} = 0,78$$

a kod upotrebe dopunskog sočiva — 2 dptr

$$\text{uvećanje slike} = \frac{7,4}{5,4} = 1,37$$

Dopunsko sočivo ne promeni međutim samo žižnu daljinu objektivu, nego i njegovu svetlosnu jačinu 1:n, odnosno označene relativne otvore diafragme. Ovi relativni otvori se naime pri skraćivanju žižne daljine (t. j. kod pozitivnog dopunskog sočiva) povećaju, a kod produženja žižne daljine (t. j. kod negativnog dopunskog sočiva) smanje. A pošto su za svetlosnu jačinu, odnosno za relativni otvor, merodavni stvarni prečnik objektivu, odnosno diafragme, koji ne zavisi od dopunskog

sočiva, i žižna daljina, broj n je pravo srazmeran žižnoj daljini. Ako je prvobitna svetlosna jačina objektiva, odnosno relativni otvor diafragme, $1:n$, onda iznosi svetlosna jačina, odnosno relativni otvor, kod upotrebe dopunskog sočiva

$$1 : n \cdot \frac{f_{\text{kombinacije}}}{f_{\text{objektiva}}} \quad \text{ili} \quad 1 : n \cdot \frac{d_{\text{probjektiva}}}{d_{\text{prkombinacije}}}$$

odnosno

$$1 : n \cdot \left. \begin{array}{l} \text{umanjenje} \\ \text{uvećanje} \end{array} \right\} \text{ slike}$$

Ako bi gore navedeni objektiv, sa $f = 13,5$ cm, imao svetlosnu jačinu, odnosno relativni otvor $1:4,5$ — iznosio bi njegov relativni otvor kod kombinacije sa dopunskim sočivom $+ 2$ dptr

$$1 : 4,5 \cdot \frac{7,4}{9,4} = 1 : 3,5$$

a kod kombinacije sa dopunskim sočivom — 2 dptr

$$1 : 4,5 \cdot \frac{5,4}{7,4} = 1 : 6,2$$

U prvom slučaju postaje dakle relativni otvor povoljniji za ekspoziciju, a u drugom slučaju nepovoljniji.

Za označene relativne otvore iznosi onda faktor ekspozicije kod upotrebe dopunskog sočiva

$$\text{faktor ekspozicije} = \left. \begin{array}{l} \text{umanjenje}^2 \\ \text{uvećanje}^2 \end{array} \right\} \text{ slike}$$

Za gore navedeni slučaj bi dakle, kod dopunskog sočiva $+ 2$ dptr, odnosno — 2 dptr, iznosio faktor ekspozicije $0,78^2 = 0,6$ — odnosno $1,37^2 = 1,9$.

Ovako utvrđen faktor ekspozicije važi međutim samo pri postavljanju na beskonačno, a ne i za snimke bliskih objekata, za koje opet mora naročito da se uzme u obzir faktor ekspozicije u smislu tabele XXIII (naravno na osnovu rastojanja objekta kao višestruke vrednosti žižne daljine kombinacije objektiva i dopunskog sočiva).

Stavljanje dopunskog sočiva pred objektiv svakako međutim oslabi njegovu korekciju, naročito u pogledu hromatične aberacije. Usled toga se na slici pojavljuje izvesna mekoća (koja je kod snimaka umetničkog karaktera čak dobrodošla) ili neoštrina koja je utoliko veća, štogod je jače prelamanje dopunskog sočiva. Stoga su promenama žižne daljine dopunskim sočivima stavljene granice time, što su s obzirom na još zadovoljavajuću oštrinu upotrebljivi pozitivni meniskusi do $+ 4$ dptr i negativni meniskusi do — 6 dptr.

2. OMEKŠIVACI

Sa optičko tehničkog gledišta uopšte se kod svakog fotografskog objektiva svima sredstvima teži za što većom oštrinom slike koja je svakako kod tehničkih i naučnih snimaka neophodna; a suprotno je »sečena oštrina« često neželjena kod snimaka umetničkog karaktera kojima mnogo više odgovaraju blage i meke konture sa nejasnim detaljima.

U takvim slučajevima ne može međutim pogodna mekoća slike da se postigne na taj način, što bi se kod anastigmata izvelo neoštro doterivanje; u tom slučaju se doduše izgube neželjeni sitni detalji, ali istovremeno i veliki detalji, čije ocrtavanje je za jasno pretstavljanje slike neophodno. Stoga je neoštro doterivanje razdaljine slike neupotrebljivo. Pogodna mekoća slike pojavljuje se samo onda, ako oštru i svetlosno ne suviše jaku sliku, koja sadrži sve važne i tonski stupnjevane konture, pokriva neoštra slika koja ispunjava svetlosti i senke. Ovo gubljenje kontura naročito je očigledno u najjačim svetlostima koje na slici ne dejstvuju samo svojom belinom, nego su zbog međusobnog pokrivanja spomenutih dveju slika okružene ivičnim sjajem, stvorenim disperzionim krugovima, koji se pojavljuju oko relativno oštre konture slike. Od kvantitativnog odnosa ovih dveju slika zavisi stepen neoštrine slike, odnosno mekoće, koji nije podvrgnut nikakvim strogim optičkim pravilima i za koji su merodavni samo umetničko estetski obziri.

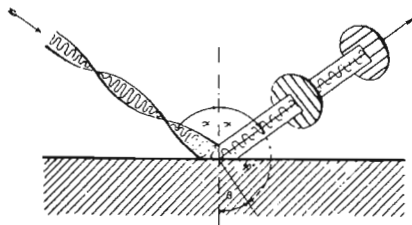
Ovaj efekat se postizava takozvanim omeškivačem, u obliku staklene ploče sa urezanim prstenovima ili sa urezanim finim rasterom, koji se natakne na objektiv slično kompenzacionom filtru ili dopunskom sočivu. Ovakav omeškivač izaziva rasipanje svetlosti i pokriva sliku mekom neoštrinom. Kao omeškivači su najpoznatiji: Goerz-ova »Mollar-Linse«, »Duto-Linse«, Kodak-ov omeškivač, Misonne-ov »Flou-Net« i t. d. Kao vrlo umereni omeškivač deluje već i obično negativno sočivo koje povećava ostatke hromatične i sferne mane i stvara na slič mekoću koju bi međutim svako jače smanjenje diafragme odmah odstranilo.

Pored navedenih prostih omeškivača izrađuje optička industrija međutim i specijalne objektivne, takozvane »Softfocus« objektivne koji, usled namerne nepotpune korekcije sferne i hromatične aberacije, daju slici izrazitu mekoću. U tu skupinu spadaju Bush-ov »Nicola-Perscheid-Objektiv«, Leitz-ov »Thambar«, Rodenstock-ov »Imagon«, Voigtländer-ov »Heliostigmat« i t. d.

3. POLARIZACIONI FILTRI

Svetlosni zraci obično osciluju (trepere) transverzalno, t. j. istovremeno u svim mogućim ravnima upravno na pravac prostiranja. Kad svetlosni zrak padne na glatku refleksionu površinu pod uglom α , onda se kod providnih materija delom u njima širi po zakonu prelamanja

pod prelomnim uglom β , a delom se na graničnoj površini odbije po zakonu odbijanja pod uglom α . Delimično odbijeni svetlosni zrak međutim kod nekog određenog ugla α ne pokazuje više transversalno oscilovanje u svima pravcima, nego samo u jednom (sl. 185.). U tom slučaju je dakle svetlosni zrak u svome oscilovanju stešnjen ili linearno



Sl. 185.
Dejstvo polarizatora

polarizovan, pri čemu se polarizaciona ravan poklapa sa upadnom ravni. Upadni ugao kod kojega dolazi do linearne polarizacije odbijene svetlosti naziva se polarizacioni ugao, koji po Brewster-ovom zakonu zavisi od eksponenta prelamanja refleksionog sredstva, naime

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

S obzirom na to što je

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

i stoga

$$\cos \alpha = \sin \beta \text{ ili } \alpha + \beta = 90^\circ$$

proizlazi, da gradi polarizovani zrak sa lomljenim svetlosnim zrakom ugao od 90° . Ako ovaj uslov nije ispunjen, dakle ako upadni ugao nije tačno jednak polarizacionom uglu, dolazi samo do delimične polarizacije svetlosnog zraka. A nikako ne mogu biti polarizovani svetlosni zraci koji upadaju skoro upravno ili pak vrlo koso.

Polarizacioni ugao iznosi kod vode približno 53° , kod stakla međutim prema njegovoj gustini, odnosno eksponentu prelamanja, od 54° do 60° . Približno istu vrednost ima polarizacioni ugao za gledi, emajle i lakove; a kod sjajnih površina hartije i politura na drvetu je veličina ovog ugla malo drugačija. Nije međutim u ovom smislu polarizovana odbijena svetlost sa metala, t. j. sa ogledala sa živom, sa hromiranih ili niklovanih predmeta; suprotno tome je međutim plava nebeska svetlost izrazito polarizovana.

Ako se pred odbijeni svetlosni zrak stavi uska paralelna mreža, čiji su pojasevi paralelni sa polarizacionom ravni svetlosnog zraka (sl. 185),

onda ovaj nesmetano osciluje kroz razreze mreže; iza mreže se u tom slučaju još uvek pojavljuje svetlost koju oseća i oko i fotografski objektiv. Čim se međutim mreža zasuje za 90° , polarizovani svetlosni zrak se na njoj zaustavi; u tom položaju mreža ne propušta oscilovanje i iza nje svetlosni zrak ne staje.

Odbijeni svetlosni zraci se međutim 100% uništavaju samo onda, kada se odbijaju tačno pod polarizacionim uglom i kada razrezi mreže stoje tačno pod pravim uglom na polarizacionoj ravni. Inače se polarizovani svetlosni zrak samo delimično oslabi i time odbijena svetlost samo više ili manje ublaži.

Ako takva mreža (polarizator) preseca svetlosni zrak koji još osciluje u svima pravcima, onda se svetlost — kao pri odbijanju — isto tako polarizuje, t. j. pravac oscilovanja se ograniči na ravan koja se prostire paralelno s otvorima mreže; svakako iza mreže još ostaje svetlost koja se uništi samo onda, ako se na put njenog daljeg prostriranja postavi druga, za 90° zasukana mreža (analizator) ili pak, ako već polarizovana svetlost pada pod određenim uglom na refleksionu površinu.

Osobinu mreže, koja normalnu u svima pravcima oscilujuću svetlost polarizuje ili polarizovanu svetlost kod određenog položaja uništi, imaju minerali turmalin (u obliku pločice sečene paralelno sa glavnom osom kristala) i islandski feldspat (u obliku providnog romboedarskog kristala); ali već oko 1850. je Englez Herapath otkrio i veštačku materiju, takozvani herapatit — jedinjenje kinina i joda — koji već u obliku vrlo tankog sloja pokazuje gore spomenuto polarizaciono dejstvo. Ali izrada ovog veštačkog polarizatora u dimenzijama potrebnim za obične fotografske svrhe bila je doskora suviše skupa; tek oko 1935. je i u Americi i u Nemačkoj nađen postupak, po kome, sa umerenim troškovima, može da se izradi herapatit u takvom obliku i veličini, koji su dovoljni i za potrebe fotografske tehnike. U tu svrhu se blago sivkasto zeleni ili žućkasti herapatitni sloj ulepi između dve tanke staklene ploče, koje se — slično kompenzacionom filtru — montiraju u metalni okvir, kojim se ovaj takozvani polarizacioni filter natakne na objektiv.

Do sada su poznata dva polarizaciona filtra i to Kodak-ov »Polarizator« i Zeiss-ov »Herotar« (po prof. Bernauer-u).

Na okviru svakog polarizacionog filtra označen je značkom pravac oscilovanja, koji filter nesmetano propušta. Kod upotrebe se na objektiv nataknuti polarizacioni filter dotle obrće, dok što potpuniše ili po potrebi samo delimično priguši neželjenu odbijenu svetlost; usled toga je polarizacioni filter uopšte upotrebljiv samo kod kamera sa mutnim staklom. Pošto je svaki polarizacioni filter nešto obojen i pošto polarizaciono dejstvo filtra delom oslabi belu nepolarizovanu svetlost, treba ekspozicija da se produži za približno 2 do 4 puta.

Svakako međutim ne sme da se očekuje, da polarizacioni filter mora bezuslovno da odstrani sve neželjene refleksije; jer polarizacioni filter može da eliminiše ili oslabi samo onu svetlost, koja je usled odbijanja polarizovana u sasvim određenom pravcu. U tu svrhu treba svakako da se potraži najpogodniji međusobni položaj između izvora svetlosti, refleksione površine i kamere (t. j. onaj upadni i refleksioni ugao svetlosnih zrakova koji je jednak polarizacionom uglu). Samo u tom slučaju će pri zasukavanju polarizacionog filtra moći da se nađe neki položaj filtra, kod kojega će da se izgubi odbijena polarizovana svetlost.

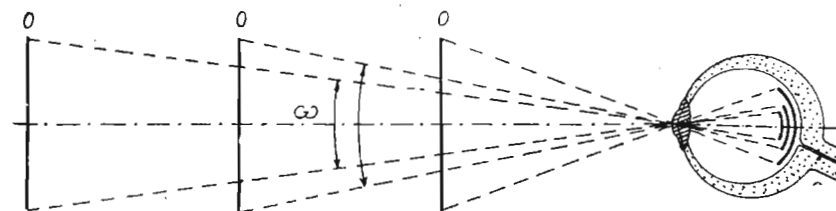
DEVETO POGLAVLJE

PERSPEKTIVA U FOTOGRAFIJI

I. STVARANJE PERSPEKTIVE U OKU
I U FOTOGRAFSKOJ KAMERI

1. POJAM I UTISAK PERSPEKTIVE

U zavisnosti od položaja prema oku posmatrača, objekti izgledaju više ili manje umanjeni odnosno skraćeni; što je naime objekat bliži utoliko je njegova prividna veličina veća za naše oko, a što je udaljeniji, utoliko nam manji izgleda, dok se najzad na nekom otstojanju ne smanji na veličinu tačke. Maksimalno otstojanje sa kojeg naše oko još može da razabere objekte kao prostorna tela približno je određeno njihovom 3000-strukom veličinom.

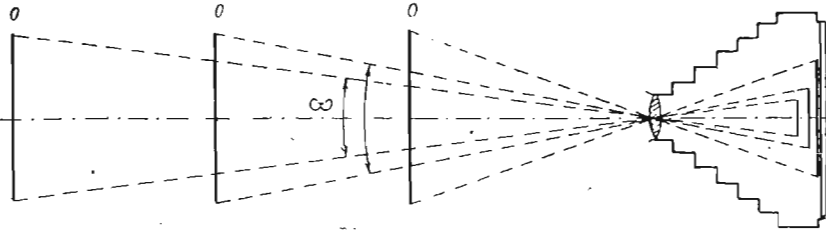


Sl. 186a.

Perspektiva u čovečjem oku: O — objekat; ω — vidni ugao

Ovo prividno umanjavanje i gubljenje posmatranih objekata prozrokovano smanjenjem vidnog ugla pri povećanom rastojanju (sl. 186a), pretstavlja osnovu vizuelne perspektive. Od podjednako velikih objekata, na uzastopnim rastojanjima, obrazuju se dakle, pod uticajem smanjenih vidnih uglova, koji zavise od veličine objekta i od njegovog otstojanja, sve manje i manje fiziološke slike na mrežnjači oka. Tako se u oku obrazuje perspektivna slika, na kojoj se podjednako veliki objekti prema njihovom otstojanju ocrtavaju u različitoj veličini. Perspektiva u ovom smislu pojavljuje se već i kod monokularnog (jednookog) gledanja, a osećanje prostornosti se kod stereoskopskog binokularnog (dvoookog) gledanja još bitno povećava.

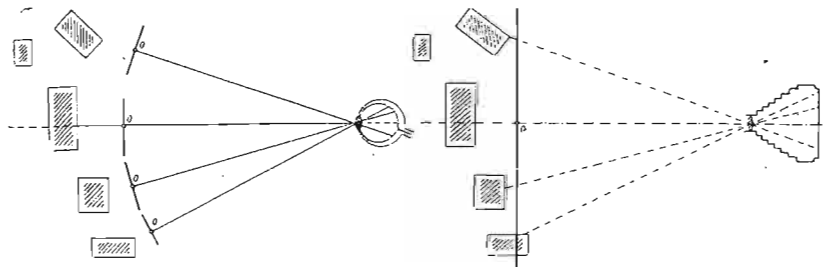
Kao kod fiziološkog gledanja, pojavljuje se potpuno analoga pojava perspektivnog smanjivanja i kod svetlosnih zrakova, koji padaju kroz fotografski objektiv na sloj emulzije (sl. 186b). Međutim ipak postoji neka razlika između fiziološke i fotografske perspektive. Uzrok ove razlike je u tome, što se pogled našeg oka ne zadrži kruto na jednom



Sl. 186b.

Perspektiva u fotografskoj kameri: O — objekat; ω — vidni ugao

mestu objekta, kao što je to slučaj kod fotografskog objektiv; čovečje oko nehotimice živahno luta ovamo onamo i vrlo brzo hvata razne slike objekata. Nepokretnim, krutim pogledom čovečje bi oko oštro videlo samo vrlo mali opseg objekata, a bližu okolinu objekta bi usled malog vidnog ugla saznavalo sasvim neoštro i nejasno.



Sl. 187a i 187b.

Razlike između perspektive oka i fotografske kamere

Usled lutajućeg pogleda oka stvara se na mrežnjači ceo niz perspektivnih slika, čija ravan je uvek upravna na pravac pogleda (sl. 187a). U smislu konstrukcije centralne perspektive ima dakle svaki pogled drugu perspektivnu glavnu tačku O, na koju je uperen neposredni pogled oka.

Kod fotografskog snimka međutim otpada pokretljivost pogleda, a zamenjuje ga fiksna optička osa objektiv (sl. 187b); ipak njegov konveksni oblik obuhvati i levo i desno od ove ose širok snop svetlosnih zrakova u opsegu iskorišćenog zahvatnog ugla. Ovaj relativno široki zahvatni ugao zamenjuje lutanje pogleda oka i stvara polje slike, koje je mnogo veće od vidnog ugla oka. Paralelne ravni slika lutajućeg po-

gleda zamenjuje kod fotografskog snimka jedna sama, na optičku osu objektiv upravna, ravan slike u kojoj se nalazi samo jedna i to fiksna perspektivna glavna tačka O koja pripada fiksnom pravcu optičke ose objektiv.

Pošto je za centralni objekat perspektivna glavna tačka O fotografskog snimka identična sa glavnom tačkom pogleda oka, fotografska (centralna) i fiziološka (subjektivna) perspektiva su potpuno jednake. Kod perifernih objekata se međutim između tih dveju perspektivnih slika, zbog različitih perspektivnih glavnih tačaka, pojavljuje razlika koja se sastoji u premalom skraćivanju svih horizontalnih dimenzija na fotografskoj slici; a ova razlika između fotografske i subjektivne perspektive je utoliko veća, ukoliko je veće rastojanje glavne tačke pogleda oka od glavne tačke fotografskog snimka.

Da ne bi ove razlike između fotografske i subjektivne perspektive postale suviše osetne, odnosno da bi perspektiva fotografske slike bila što prirodnija i u skladu sa subjektivnom perspektivom, važi iz slikovno estetskih razloga kao opšte načelo, da zahvatni ugao objektiv ne treba da premašuje vidni ugao posrednog gledanja, koji kod minimalnog napora oka iznosi približno 60° (kod većeg i neobičnog napora i do 100°). U protivnom slučaju postaju razlike između fotografske i subjektivne perspektive tako velike, da govorimo o neprirodnoj ili preteranoj perspektivi, odnosno o takozvanim perspektivno izopačenim slikama.

2. FOTOGRAFSKA SLIKA KAO CENTRALNA PERSPEKTIVA

Svaki fotografski objektiv, korigovan za sve optičke mane, obrazuje dakle na mutnom staklu, odnosno na sloju emulzije, perspektivnu sliku objekta snimanja u smislu centralne projekcije. Odgovarajući geometrijski odnosi između objekta snimanja, koji je na shematičnom crtežu predstavljen svojom prvom i drugom projekcijom, i između obrazovane optičke slike na mutnom staklu kao ravni slike, pokazani su na sl. 188.

Fotografski objektiv C, kroz koji upadaju svetlosni zraci, je centralno središte preko kojega se projicira objekat na mutno staklo, odnosno na sloj emulzije. S obzirom na to, što se fotografska slika pojedinih tačaka objekta obrazuje u presečištu odnosnih svetlosnih zrakova sa ravni slike, obrazovana optička slika je u smislu nacrtne geometrije tipična centralna projekcija ili perspektiva objekta snimanja; pri tome je unutrašnja glavna tačka objektiv perspektivno središte fotografske slike.

Pošto su za obrazovanje perspektivne slike merodavni jedino ravan slike i perspektivni centar, odnosno njegovo pravougaono otstojanje od ravni slike, svaka je fotografska slika bezuslovno geometrijski tačna perspektiva, bez obzira na pravac optičke ose objektiv i na položaj

II. PERSPEKTIVA SLIKE I ŽIŽNA DALJINA OBJEKTIVA

Izgled slike, odnosno geometrijski oblik perspektive fotografske slike, je u suštini (ne uzimajući u obzir eventualne zaostatke optičkih mana) sasvim nezavisan od konstrukcionog tipa objektivu, a zavisi samo od položaja kamere, za koji je međutim opet merodavna žižna daljina u odnosu prema formatu slike.

Ako se slika ma kakav prostorni objekat, na pr. kolonada, sa dva objektivu različite žižne daljine (sl. 189a i b) tako, da se ocrta samo jedna dimenzija objekta, na pr. prednji stub, na obema slikama u istoj veličini, onda su veličine slika ostalih dimenzija različite; a da bismo na obema fotografijama postigli istu veličinu jedne dimenzije, moraju otstojanja od objekta biti srazmerna žižnim daljinama upotrebljenih objektivu. U smislu formule za veličinu optičke slike (str. 33)

$$S = P \cdot \frac{f}{a - f}$$

proizlazi naime za podjednaku veličinu slike S iste dimenzije objekta P kod dve različite žižne daljine f_1 i f_2

$$S = P \cdot \frac{f_1}{a_1 - f_1} = P \cdot \frac{f_2}{a_2 - f_2}$$

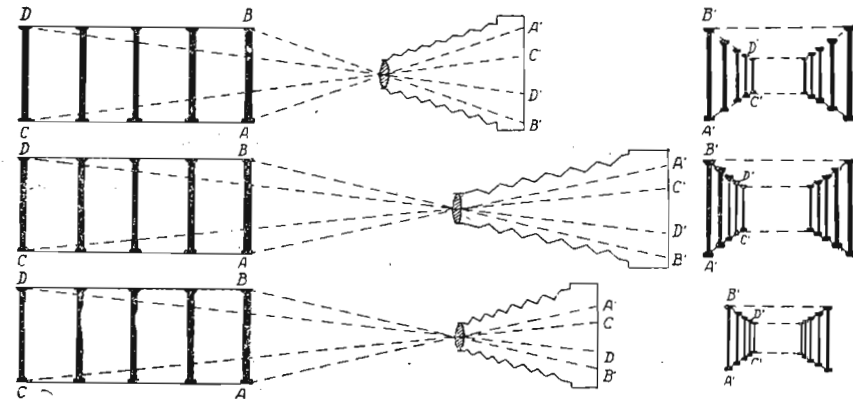
Na osnovu ovoga odnosa mora dakle u svrhu podjednake veličine slike da postoji između otstojanja objekta i žižne daljine odnos

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{f_1}{f_2}$$

Ma da su oba prednja stuba na oba snimka podjednako velika, ipak su fotografske slike kao perspektivne slike, zbog različitih otstojanja od objekta, sasvim različite; kod objektivu kratke žižne daljine ocrtavaju se zadnji stubovi u odnosu na prednje kao relativno vrlo mali, a kod objektivu duge žižne daljine prilično veći. Kod objektivu kratke žižne daljine je dakle razlika u veličini perspektivnih slika prednjeg i zadnjeg stuba vrlo velika i tako reći preterana; kod objektivu duge žižne daljine je međutim ovaj odnos mnogo povoljniji. Stoga daje

snimak s objektivom kratke žižne daljine utisak, da je kolonada vrlo duga; a suprotno tome izgleda ova kolonada na snimku s objektivom duge žižne daljine relativno kratka. Uprkos tome, da ova dva snimka stvaraju kod posmatrača različite utiske prostornosti, ipak su oba sa gledišta centralne perspektive potpuno pravilna.

Ako međutim posmatramo perspektivne odnose fotografskih snimaka kolonade sa ova dva objektivu ali snimljena sa istog mesta (sl. 189b i c), dakle kod istog otstojanja od objekta, onda će se prednji stubovi, usled različitih žižnih daljina, ocrtavati u različitoj veličini.



Sl. 189a, 189b, 189c.

Uticaj žižne daljine na perspektivu fotografije

Oba fotografska snimka biće perspektivno potpuno podjednaka; razlikovaće se samo u razmeri slike, ali je odnos između veličine srednjeg i zadnjeg stuba na oba snimka potpuno podjednak. Perspektiva snimka sa istog mesta je dakle uvek podjednaka i nezavisna od žižne daljine koja je merodavna samo za razmeru slike.

Pošto je perspektivno crtanje na fotografskoj slici nezavisno od žižne daljine objektivu, imali bi prvenstvo objektivu kratke žižne daljine, s obzirom na svetlosnu jačinu i dubinsku oštrinu; ali mala razmera ocrtavanja primorava fotografa i nehotice, da smanji otstojanje od objekta u svrhu što većeg ocrtavanja objekta; smanjenjem otstojanja od objekta se međutim promeni perspektiva slike. Stoga dovodi međusobno upoređivanje obeju slika sl. 189a i b posmatrača do pogrešnog zaključaka, da su perspektivne osobine oba objektivu različite; a ustvari su različita mesta snimanja uzrok različite perspektive obeju slika.

Dosadašnja razmatranja u odnosima između žižne daljine, otstojanja objekta i perspektive slike važe bez obzira na format slike. Upoređujući sl. 189b i c vidimo, da se isti objekat snimljen sa istog

otstojanja, dakle kod podjednagog perspektivnog crtanja, sa objektivom kratke žižne daljine u manjoj razmeri, a sa objektivom duge žižne daljine u većoj razmeri. Pošto je dakle za isti opseg slike kod kratke žižne daljine dovoljna manja površina nego kod duge; time je ponovo obrazloženo, da radi jednake i što prirodnije perspektive mora, kod različitih formata, žižna daljina da bude srazmerna formatu slike t. j. približno jednaka diagonalni formata slike.

Čim objektiv, suprotno ovom načelnom principu, ima kraću ili dužu žižnu daljinu; pojavljuje se shodno gornjim razmatranjima, nepravilna perspektiva snimaka širokougaoim objektivima i tele objektivima, što se na očigledan način vidi pri poređenju perspektivnih slika u prvoj projekciji pravougaoanog arhitektonskog objekta, snimljenog sa različitih mesta (sl. 190a, b i c). Kod snimka objektivom kratke



Sl. 190a, 190b, 190c.

Perspektive istog objekta kod različitih žižnih daljina

žižne daljine (sl. 190a) obe površine fasada se mnogo više skrate nego kod snimka objektivom normalne žižne daljine (sl. 190b); posledica malog otstojanja od objekta i time nastalog naglog skraćivanja fasade jeste, da ugao koji grade obe fasade ne vidimo više kao prav, nego kao oštar ugao. Snimak širokougaoim objektivom crtava arhitektonski objekat takoreći u obliku klina, ali ne zbog toga, što širokougaoi objektiv »izopači« (kao što se to često pogrešno tvrdi), nego samo zato, što ima posmatrač slike pogrešnu pretstavu o mestu sa kojega je snimak napravljen. Usled naglog skraćivanja bočnih površina širokougaoi objektiv dakle na perspektivnoj slici preteruje dubinu, odnosno neprirodno povećava prednji plan slike. Utisak prostornosti je zbog suviše velikog zahvatnog ugla objektiv lažan i stoga je perspektiva za naše oko neprirodna. Zato se ova perspektiva u fotografskoj tehnici naziva širokougaoa perspektiva. — Sasvim slični poremećaji perspektive pojavljuju se i kod snimaka enterijera, mašinskih instalacija i t. d. objektivima kratkih žižnih daljina.

Suprotne posledice, odnosno poremećaji perspektive, pojavljuju se kod snimanja objektivima dugih žižnih daljina (tele objektiv), koji daju »pljosnatu« perspektivu, jer dubina, zbog srazmerno suviše malog skraćivanja bočnih površina (sl. 190c), izgleda plitka, odnosno pozadina preterano velika.

Ovi poremećaji preterane perspektive se međutim izgube, čim se slike posmatraju sa rastojanja, jednakog žižnoj daljini dotičnog fotografskog objektiv.

III. IZOPAČENA PERSPEKTIVA

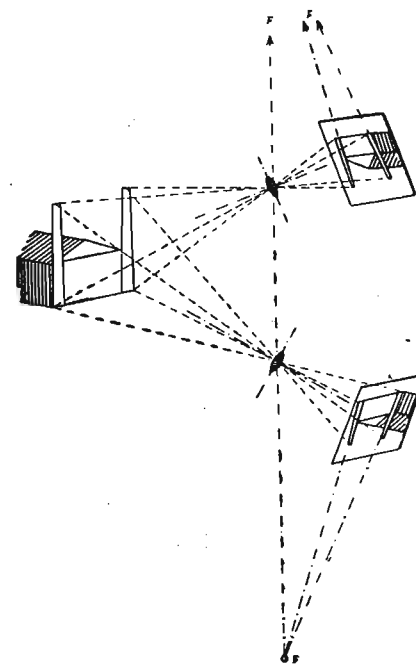
Iz gornjih razmatranja se vidi, da svaki korigovan objektiv daje geometrijski pravilnu centralnu perspektivu koja, prema upotrebljenoj žižnoj daljini objektiv i otstojanju objekta, više ili manje odgovara subjektivnoj perspektivi našeg oka. Ipak može fotografski objektiv u izuzetnim i krajnjim slučajevima da stvori perspektivu slike, koja se toliko razlikuje od subjektivne perspektive, da zbog neprirodnog utiska slike govorimo o izopačenoj perspektivi ili o izopačenom crtanju fot. objektiv.

U takvim slučajevima je doduše centralna perspektiva fotografske slike sasvim pravilna i prividno neprirodna izopačenja nemaju nikakve uzročne veze sa konstrukcijom fotografskog objektiv; jer ova izopačena perspektiva ima svoj uzrok samo u pogrešnoj i neprirodnoj upotrebi objektiv, odnosno pojavljuje se pri posmatranju fotografske slike zbog nepravilnog otstojanja posmatrača od slike.

Odnosno uzroka mogućna su tri različita slučaja u kojima se pojavljuje prividno izopačena i za svaki od njih svojstveno karakteristična perspektiva.

I. IZOPAČENA PERSPEKTIVA USLED KOSE OPTIČKE OSE

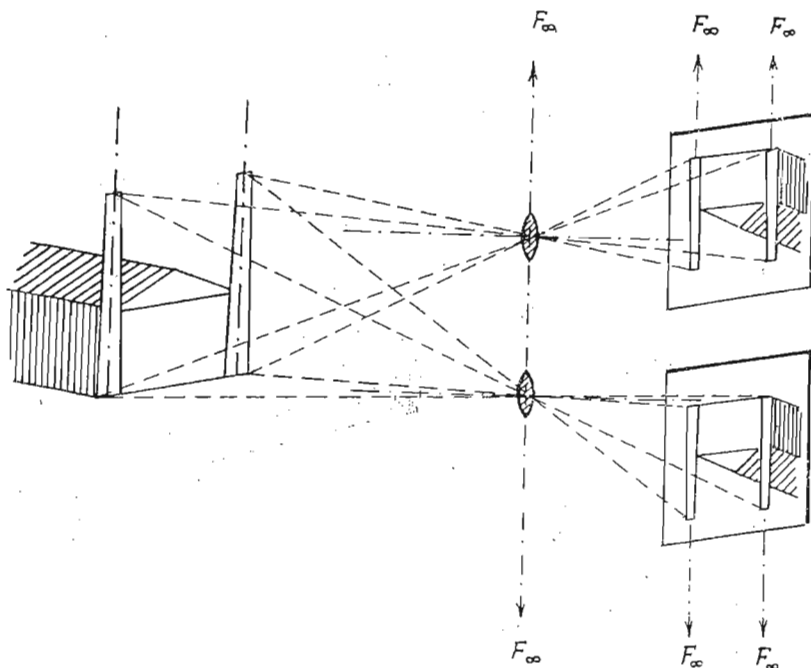
Ako se pri snimanju nagne fotografski aparat tako, da je optička osa objektiv upravljena ili koso nagore ili koso nadole, onda se vertikale objekta, za koje je naše oko pri posmatranju slike naj-



Sl. 191a.

Perspektiva pri nagnutoj optičkoj osi

osetljivije, usled kosog položaja ravni slike ne ocrtavaju kao paralele, nego kao konvergentne linije (sl. 191a). U smislu centralne perspektive moraju ove konvergentne linije da imaju svoju nedoglednicu F' u presečištu vertikale kroz projekcioni centar (fotografski objektiv) sa ravni slike. Na fotografskoj slici se pojavljuju »nagnute linije« koje naše oko oseća kao izopačenu perspektivu, a uzrok je jedino u tome, što ravan slike (sloj emulzije) nije paralelna sa vertikalama objekta, odnosno što je optička osa objektivna kosa.

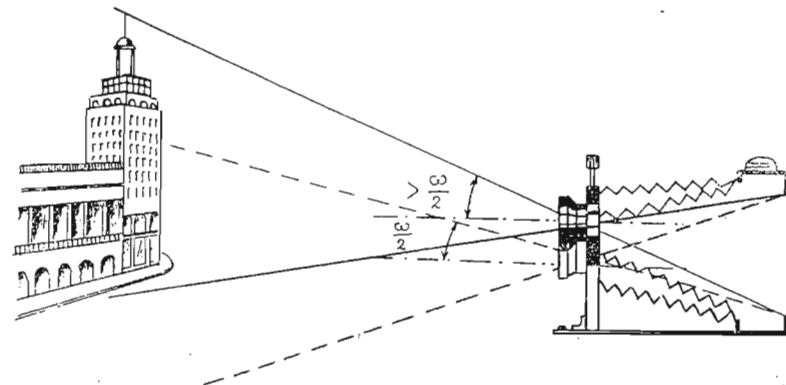


Sl. 191b.

Perspektiva pri horizontalnoj optičkoj osi

Ova izopačena perspektiva može pri snimanju da se izbegne samo time, što ravan slike zadrži svoj vertikalni položaj; a da bi se na njoj ocrtali viši, odnosno niži delovi vertikala objekta, mora objektiv da se pomeri u standarti nagore, odnosno nadole (sl. 191b). Ovom pomeranju objektivna stavljen su međutim granice veličinom njegovog korisnog zahvatnog ugla (sl. 192); jer usled pomeranja objektivna nagore ili nadole mora pri korišćenju celog formata slike u gornjoj, odnosno donjoj polovini formata da se koristi veći zahvatni ugao koji kod većih pomeranja objektivna može da premaši korisni zahvatni ugao objektivna. Baš zato je pomeranje objektivna duž standarte već samom konstruk-

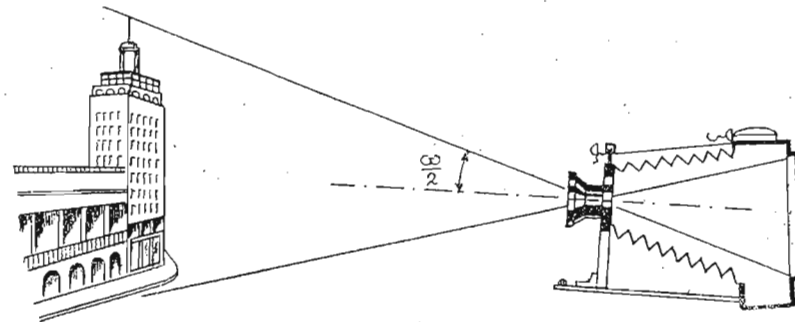
cijom vodice ograničeno i u mnogim slučajevima nije dovoljno za izbegavanje nagnutih linija. U takvom slučaju postoji kod kamera na sklapanje za ploče još i mogućnost, da se podigne patosnica, koja se prosto pričvrsti kanapom (sl. 193). Pošto je u ovom slučaju optička



Sl. 192.

Izbegavanje iskrivljenja perspektive pomoću pomeranja objektivna duž standarte

osa objektivna kosa, ostane iskorišćeni zahvatni ugao nepromenjen; ali se zbog neispunjenog Abbe-ovog uslova (str. 207) pojavljuje na gornjoj i donjoj ivici slike osetna neoština, koja zahteva jako umanjeње diafragme.



Sl. 193.

Izbegavanje iskrivljenja perspektive pomoću nagnute standarte

Pretežna većina fotografskih kamera, a naročito sve kamere malog formata slike, ne pružaju mogućnost pomeranja objektivna. Usled toga je u datim slučajevima neizbežno, da optička osa ne bude kosa i da se usled toga na fotografskoj slici ne pojave nagnute linije. Tako izo-

pačene perspektive mogu međutim — kao što je već bilo obrazloženo — da se odstrane ispravljanjem nagnutih linija pri povećavanju.

Slično se nagnute linije ispravljaju i kod neposrednog posmatranja fotografske slike. U tu svrhu držimo sliku koso, tako da se ivica slike, prema kojoj konvergiraju nagnute linije, više približi oku; ako naime pri tom posmatranju slika i pogled imaju isti položaj, koji bi imali pri posmatranju objekta u prirodi (dakle na pr. snimak tornja koso iznad glave), onda oko posmatrača pod uticajem pojmanja prostornosti ne oseća više poremećaje perspektive usled nagnutih linija.

Navedeni perspektivni odnosi, usled kojih se pojavljuju nagnute linije, ne važe međutim samo za vertikalne, nego analogo i za vodoravne linije. Ali konvergentne horizontale na fotografskoj slici ne stvaraju u oku utisak izopačene perspektive, nego baš naprotiv daju slici ugodnu perspektivu. Usled toga je snimak arhitektonskog objekta sa strane, zbog naglašene perspektive, dosledno mnogo plastičniji nego li snimak izrazito spređa.

2. IZOPAČENA PERSPEKTIVA USLED KRATKOG OTSTOJANJA OD OBJEKTA

Iz razmatranja odnosa između perspektive slike i žižne daljine objektivna (sl. 189a, b i c) je proizlazilo da je kod istog prostornog objekta perspektivno skraćivanje pozadine mnogo osetnije kod malog otstojanja od objekta, nego kod velikog. Ma da je umereno perspektivno skraćivanje pozadine neophodno radi optičke sugestije dubine prostora, ipak to skraćivanje pozadine ne sme da bude toliko, da se stoga pojavi »preterana perspektiva«. U tom slučaju naime preterana razlika između veličina slike prednjeg plana i pozadine nikako ne ide u korist pojmanja dubine, nego deluje za naše oko kao izrazita izopačena perspektiva.

Nesrazmera između perspektivno skraćenog prednjeg plana i pozadine je utoliko osetnija, ukoliko je manje otstojanje od objekta, na koje obično primorava kratka žižna daljina objektivna u nameri da se objekat ocrtava u što većoj razmeri. Time naravno nije rečeno da i kod objektivna duge žižne daljine nije mogućna preterana perspektiva, koju međutim primetimo tek kod mnogo manjeg otstojanja od objekta, nego li kod objektivna kratke žižne daljine.

Spomenuta nesrazmera je međutim s druge strane neprijatnija, ukoliko se objekat više proteže u dubinu. Stoga je kod snimanja pljosnatih predmeta koji stoje upravno na optičku osu (na pr. kod reprodukcija) nemogućna pojava preterane perspektive; prema tome je kod reprodukcija žižna daljina objektivna bez ikakvog uticaja.

Prema izopačenoj perspektivi, usled suviše kratke žižne daljine, je naše oko naročito osetljivo kod portreta i kod snimaka grupa, kod snimaka arhitektonskih objekata, kod snimaka tehničkih i geometrijski pravilnih objekata iz blizine i t. d.

Da ne bismo na fotografskoj slici dobili preteranu perspektivu, treba najmanje otstojanje od objekta, na osnovu empirične formule, da iznosi

$$a = 1,5P + t,$$

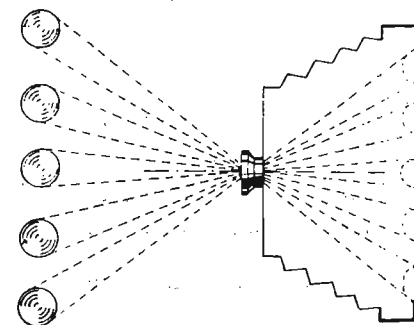
gde je P najveća dimenzija objekta (ukoliko se ocrtava na fotografskom snimku) i t njegova dubina (merena u pravcu optičke ose objektivna); otstojanje od objekta se meri od ocrtanog prednjeg plana objekta, ma da možda njegova najveća dimenzija leži više u pozadini. Da bi se međutim kod tako utvrđenog minimalnog otstojanja objekat ocrtavao u željenoj veličini, treba upotrebiti objektiv pogodne žižne daljine ili pak treba kod male razmere slike izraditi pozitiv povećavanjem.

Pošto s objektivima izrazito kratkih žižnih daljina, t. j. sa širokogaonim objektivima, moramo u svrhu što veće razmere slike što više da se približimo objektu snimanja, pojavljuju se izopačenja u obliku preterane perspektive najčešće baš kod širokogaonih objektivna.

Preterana perspektiva se ispoljava neestetskim i neprirodnim sastavom fotografske slike; usled toga ovakvo izopačenje ne može da se odstrani nikakvim povećavanjem ili umanjavanjem slike, a ni ma kakvom promenom rastojanja između oka i slike.

3. IZOPAČENA PERSPEKTIVA USLED VELIKOG ZAHVATNOG UGLA

Fotografski snimak podjednako velikih lopti poređanih u pravom nizu pokazuje, da se na slici samo srednje lopte ocrtavaju kao krugovi, dok se krajnje lopte ocrtavaju kao više ili manje izdužene elipse, čija

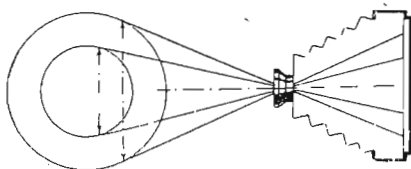


Sl. 194.

Perspektivno iskrivljenje zbog velikog zahvatnog ugla

izduženost sve više raste prema ivici slike (sl. 194). Tako se neočekivano pojavljuje takozvano loptasto izopačenje, čiji je uzrok u tome, što ravan slike seče svetlosne konuse, koji dolaze od kontura lopti,

u blizini optičke ose skoro pod pravim uglom, a prema ivicama slike sve kosije. Samo po sebi se razume, da se ovako izopačena perspektiva pojavljuje samo kada objekat snimanja ima oblik lopte ili uopšte oblik prostornog tela (na pr. oblik stubova); jer u pravom redu postavljene okrugle ploče bi se na slici ocrtavale opet kao niz geometrijski potpuno pravilnih krugova. To loptasto izopačenje raste prema ivicama slike, t. j. sa većim iskorišćenim zahvatnim uglom i do 40° je vrlo malo; kod zahvatnog ugla 50° se već malo opaža, a kod 60° postaje tako jako, da se već oseća kao izrazit poremećaj perspektive. Da se u pravcu duže strane formata ne bi koristio ugao preko 45° , mora žižna daljina objektivna da bude približno jednaka diagonalni formata. Čim je žižna



Sl. 195.

Smanjivanje dimenzija objekta kod male udaljenosti objekta

daljina jednaka dužoj strani, korišćeni ugao iznosi 55° ; a kod žižne daljine jednake kraćoj strani formata obuhvata zahvatni ugao u pravcu duže strane već približno 65° . Time je opet obrazloženo načelo, da korisni zahvatni ugao normalnih objektivna treba da iznosi približno 45° do 55° , jer je kod zahvatnih uglova iznad 60° , t. j. kod tipičnih širokougaonih objektivna, pojava loptastog izopačenja neizbežna.

Kao što je izopačeno ocrtavanje lopte na ivicama slike, tako se unakazi na ivicama fotografske slike svako drugo telo, čiji pravi oblik je na slici na više ili manje nerazumljiv način perspektivno ocrtan. Usled toga ne možemo pri posmatranju slike izopačene na ivicama da dobijemo pravi pojam o prostornom objektu. Najporaznije može da deluje ovako izopačena perspektiva kod snimaka grupa širokougaonih objektivima; jer su na krajevima slike glave rastegnute u širinu, glave na gornjoj ivici (naročito kod uspravnog formata) međutim stisnute; usled toga je najviše unakažena glava u uglu slike, koja je u dva pravca, t. j. koso izopačena.

Loptasto izopačenje se međutim ne pokazuje uvek samo u širenju, nego može da se pokaže i u sužavanju dimenzija objekta. Ako se objektivom kratke žižne daljine slika obiman obli objekat sa malog otstojanja (sl. 195), onda se zbog velikog zahvatnog ugla na slici ne ocrtava cela širina objekta. Objekat izgleda na slici tanji nego što jeste, a dimenzija slike splasne utoliko više, ukoliko je veći prečnik objekta i ukoliko je kraće otstojanje od njega.

Svakako međutim, bar u principu, može da se postigne da slika uprkos loptastom izopačenju da pravilan utisak o obliku objekta, ako se posmatra sa rastojanja jednakog žižnoj daljini fotografskog objektivna. U tom trenutku se loptasto izopačenje izgubi i na pr. eliptične slike daju utisak krugova. Ali iz fizioloških razloga obično nije moguće da se naše oko akomoduje na relativno kratku žižnu daljinu širokougaonih objektivna.

Na osnovu dosadašnjih razmatranja o izopačenoj perspektivi, zbog kratkog otstojanja od objekta i zbog velikog zahvatnog ugla, proizlazi opšte pravilo, da je upotreba širokougaonih objektivna zbog neizbežne izopačene perspektive opravdana samo u najnužnijim i optički opravdanim slučajevima. U smislu fotografske optike objektivni pri snimanju ne smeju suviše da se opterete, t. j. smeju samo toliko da se približe objektu snimanja, da posmatrač ne izgubi orijentaciju odnosno mesta odakle je snimak napravljen i da nije prinuđen da posmatra sliku sa većeg otstojanja nego što je pri snimanju bio objektiv udaljen od sloja emulzije.

IV. PERSPEKTIVA SLIKE I POJIMANJE PROSTORNOSTI

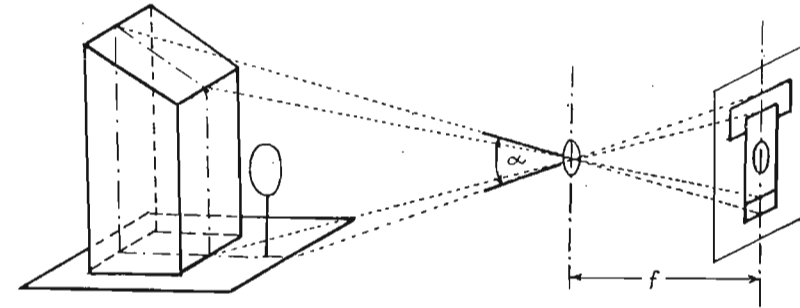
Svaka fotografska slika treba, u pogledu veličine i prostornog rasporeda slikanog objekta, da stvara isti utisak kao što bi ga dobio posmatrač pri neposrednom posmatranju objekta sa mesta fotografske kamere. Fotografska slika treba dakle, u izvesnom smislu, da bude zamena za snimljeni objekat i da kod posmatrača stvori isti utisak prostornosti kao originalni objekat.

Pogled na sl. 190a, b i c kao perspektivne slike istog arhitektonskog objekta međutim i nehotice stvara kod posmatrača utisak, da je na svakoj slici ocrtan drugi objekat, istina po obliku sličan ali po dimenzijama prilično različit. Međutim bi pretpostavka da sve tri slike predstavljaju isti objekat mogla kod laika da izazove zaključak, da je perspektiva dveju slika svakako nepravilna i loša. Ali svaka slika izrađena korigovanim objektivom je apsolutno pravilna centralna perspektiva i u tom smislu ne može da bude loša ili dobra.

Posmatranje svake perspektivne slike se, sa fiziološkog gledišta, sastoji u subjektivnom optičkom procesu kod kojega prodiru zraci, koji dospevaju u naše oko, kroz pojedine tačke slike i tako predstavljaju oku ocrtni objekat u prostoru pri potsvesnom uvažavanju geometrijskih odnosa centralne perspektive.

Da se postigne potpuna sličnost između perspektive fotografske slike i originalnog objekta, neophodno je da grade zraci posmatranja perspektivne slike s okom iste uglove, koje su gradili svetlosni zraci u trenutku snimanja objekta sa objektivom. U tu svrhu, t. j. za pravilno poimanje prostornih stanja objekta mora svaka fotografska slika da se posmatra sa rastojanja koje odgovara žižnoj daljini objektiv snimanja, t. j. sa rastojanja koje kod kopije u kontaktu mora da bude jednako žižnoj daljini, odnosno kod povećane ili projicirane slike jednako proizvodu žižne daljine objektiv snimanja i uvećanja slike. Opšte uzev bi izraz »žižna daljina« morao da se zameni sa »rastojanje slike«, a razlika bi morala da se ima u vidu samo kod izrazitih snimaka iz blizine, kod kojih je slika samo malo manja od originalnog objekta. Ovo načelo, odnosno pogrešno poimanje perspektive zbog nepravilnog rastojanja posmatranja, objasnio je fizičar J. H. Lambert (u svome delu »Freye Perspektive«, Zürich 1759.) odavno pre pronalaska fotografije.

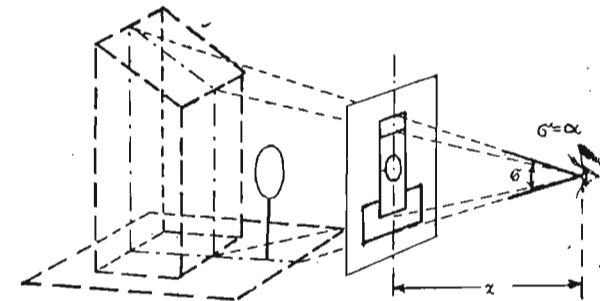
U svrhu obrazloženja navedenog uslova za objektivno poimanje prave veličine i pravog dubinskog rasporeda fotografske slike, posmatrajmo jednostavan objekat (kuću, drvo i ulicu) i njegovu perspektivnu sliku, obrazovanu fotografskim putem objektivom žižne daljine f



Sl. 196a.

Fotografska slika kao perspektiva dubinskog objekta

(sl. 196a). Ako kao sliku posmatramo kopiju u kontaktu sa daljine posmatranja z , koja je jednaka žižnoj daljini f objektiv snimanja (sl. 196b), onda su uglovi za pojedine tačke objekta jednaki zahvatnim uglovima svetlosnih zraka i perspektivna slika stvara pojam prostornosti istina manjeg, ali dimenzionalno originalu sasvim sličnog objekta.

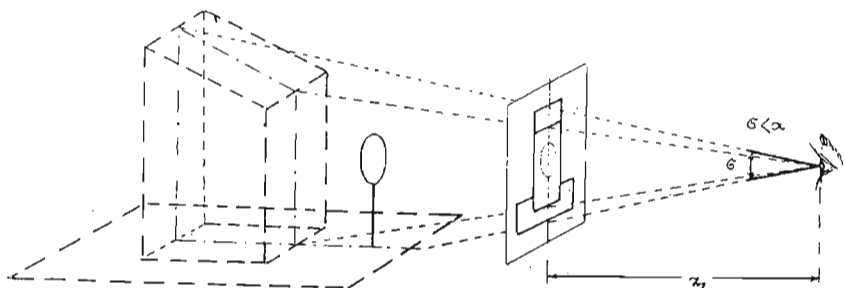


Sl. 196b.

Vidni utisak pri posmatranju fotografije iz razdaljine $z = f$

Čim međutim posmatramo istu perspektivnu sliku sa veće daljine posmatranja z_1 (sl. 196c), onda se uglovi posmatranja u poređenju sa zahvatnim uglom smanje; usled toga dobijamo — ako uvažimo srazmernu prirodnu veličinu pojedinih vertikalnih dimenzija (veličina drveta, prednje i zadnje ivice kuće) — utisak objekta koji se jače prostire u dubinu i ima neprirodno povećan prednji plan. Ako međutim

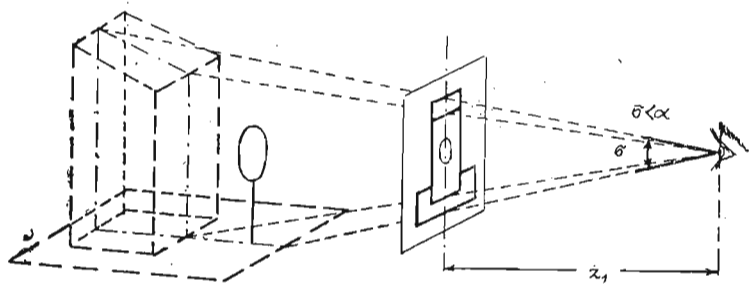
na perspektivnoj slici ocenjujemo pravilno dubinsko protezanje objekta po iskustvu (sl. 196d), onda se iskrivi poimanje vertikalnih dimenzija; jer nam drvo u poređenju sa fasadom kuće izgleda više, a zadnja visina kuće manja nego što jeste. Krovna površina izgleda



Sl. 196c.

Vidni utisak pri posmatranju fotografije iz razdaljine $z_1 > f$

položeniya, a ulica izgleda da se prema kući diže. U oba slučaja posmatrač po perspektivnoj slici ne dobije pravo poimanje objekta, nego mu, s obzirom na poimanje prostornosti, objekat izgleda prostorno duži ili prema pozadini snižen.



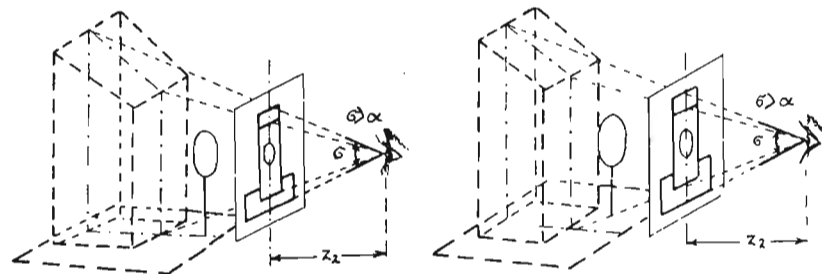
Sl. 196d.

Vidni utisak pri posmatranju fotografije iz razdaljine $z_1 > f$

Baš suprotne optičke varke se pojavljuju kod smanjene daljine posmatranja z_2 , odnosno kod povećanja uglova posmatranja. Kod pravilnog ocenjivanja vertikalnih dimenzija (sl. 196e) izgleda nam objekat prostorno plitak, a kod pravilnog ocenjivanja dubinskog stanja (sl. 196f) neprirodno se povećava pozadina odnosno snizi prvi plan.

Ako dakle posmatramo perspektivnu sliku ocrtanog objekta iz daljine posmatranja, koja se ne slaže sa žižnom daljinom fotografskog objektiva, onda postoje svi uslovi za poimanje pogrešne perspektive, koja u svakom slučaju stvara neprirodan utisak. Posmatrač pri po-

smatranju slike oseća neku dilemu između poimanja prostora na koji je navikao pri direktnom posmatranju i poimanja koje mu nameće fotografska slika. Ova neskladnost prouzrokuje neku optičku nelagodnost, koja se prosto izravna pojmom pogrešne perspektive. Ova nelagodnost se međutim ne oseća kod takvih slika, kod kojih naše



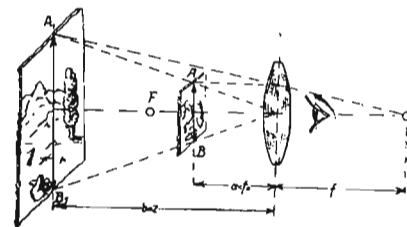
Sl. 196e.

Sl. 196f

Vidni utisak pri posmatranju fotografije iz razdaljine $z_2 < f$

sećanje nema osnove za upoređenja; stoga se na pr. kod pokrajinskih slika samo retko govori o pogrešnoj perspektivi, jer raznolikost pokrajinskih slika obično ne daje nikakav kriterium za pravilno poređenje prostornosti.

Gornji uslov za postizavanje pravilnog poimanja prostornosti može samo onda da se zadovolji, kada potrebna daljina posmatranja nije manja od najpovoljnije daljine posmatranja čovečjeg oka, koja iznosi približno 25 cm. S obzirom na sposobnost akomodacije oka



Sl. 197.

Posmatranje fotografije malog formata kroz sočivo

može daljina posmatranja, u svrhu prilagođavanja žižnoj daljini objektiva, doduše još da se smanji do najviše 10 cm, ma da je posmatranje slika sa tako malog rastojanja svakako već spojeno sa naprezanjem očiju. Čim je međutim žižna daljina objektiva snimanja manja od 15 do 10 cm, moraju slike, u svrhu pravilnog poimanja prostornosti, da se povećaju (str. 208); ako su međutim na raspoloženju

samo kopije u kontaktu, onda moraju ove, u svrhu prirodne i pravilne plastike, da se posmatraju lupom, čija žižna daljina mora biti prilagođena žižnoj daljini upotrebljenog objektiva.

Kao što je iz optike poznato daje lupa, od predmeta postavljenog između sočiva i žiže, virtualnu uvećanu sliku (sl. 197) koja se obrazuje u razdaljini b od sočiva u smislu recipročne formule

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

gde je f žižna daljina lupe. Optička kakvoća lupe se međutim obično izražava njenim uvećanjem, koje proizlazi iz sl. 197

$$p = \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{b}{a}$$

Pošto dobijamo iz recipročne formule

$$\frac{b}{a} = \frac{b}{f} + 1$$

uvećanje je dakle određeno izrazom

$$p = \frac{b}{f} + 1$$

S obzirom na to da svaki posmatrač nesvesno podesi rastojanje a predmeta tako, da se povećana slika obrazuje na najpovoljnijoj daljini posmatranja z , pri čemu se oko obično nalazi neposredno iza sočiva, onda je približno $b = z$ i uvećanje iznosi

$$p = \frac{z}{f} + 1$$

Da bi se zadovoljio uslov prostorno pravilne perspektive, u smislu kojega mora fotografska slika da se posmatra sa rastojanja jednakog žižnoj daljini f_0 objektiva snimanja, mora dakle na sl. 197 da bude $a = f_0$. Pošto je iz gore navedenog razloga $b = z$, važi na osnovu recipročne formule

$$\frac{1}{f_0} - \frac{1}{z} = \frac{1}{f}$$

ili

$$\frac{z}{f_0} = \frac{z}{f} + 1 = p$$

Za postizavanje pravilnog poimanja prostora mora dakle fotografska slika da se posmatra lupom, čije je uvećanje određeno količnikom između najpogodnije daljine posmatranja (20 do 25 cm) i žižne daljine objektiva snimanja. Na osnovu toga su lupe potrebne za obične žižne

daljine objektiva, odnosno meniskusi (stakla za naočare), za prosečno najpogodniju daljinu posmatranja 20 do 25 cm, navedene u tabeli L.

Fotografska slika obrazovana objektivom žižne daljine 18 do 25 cm može, u smislu navedenih odnosa, da se posmatra neposredno. Ipak je međutim kod ovih slika, u svrhu sasvim pravilnog poimanja prostora, pogodna upotreba vrlo slabog meniskusa; jer za prirodan utisak

Tabela L:

Dimenzije lupe za posmatranje slika

Žižna daljina objektiva snimanja (cm)	15	12	10,5	7,5	5	4	3
Uvećanje lupe	1,5×	1,8×	2,2×	3,0×	4,5×	5,6×	7,5×
Žižna daljina lupe (cm)	45	28	19	11	6,5	5	3,5
Dioptrijske meniskusa	2,25	3,5	5,25	9,0	15,5	20,0	28,5

slike nije merodavna samo jednakost uglova, nego i akomodaciono stanje očiju. Dok je na pr. pri posmatranju pokrajinskog objekta oko skoro uvek akomodirano na beskonačno, mora pri posmatranju fotografske slike iste pokrajine da se akomodira na blizinu. Ova promena u akomodacionom stanju prouzrokuje kod osetljivog oka poremećaje u sličnosti perspektivne slike i prostornog objekta. Kod upotrebe lupe ostaje međutim oko akomodirano na beskonačno; usled toga, sa fiziološkog gledišta, nema između posmatranja objekta i posmatranja perspektivne slike nikakve razlike i prostorno poimanje dostiže odnosno vernosti prirodi svoj maksimum.

Kao što nije pogodna normalna daljina posmatranja za snimke s objektivima kratkih žižnih daljina, tako isto nije pogodna ni za snimke velikih formata sa žižnom daljinom preko 30 cm. I ove slike zahtevaju u svrhu najpogodnijeg poimanja prostornosti pravilnu daljinu posmatranja, na koju posmatrača nehotice primora već sama činjenica, da oko uopšte ne može najedamput da obuhvati veliki format.

V. KARAKTERISTIČNE PERSPEKTIVE SLIKE

Opšti prostorni izgled svakog fotografskog snimka zavisi sa gledišta perspektive u prvom redu od položaja fotografske kamere prema objektu; jer promenom pravca optičke ose objektiva bitno se promeni perspektiva, a time i opšti efekat slike.

Pošto obično svaki čovek svoju okolinu posmatra stojeći iz visine oka, najčešće se i fotografira iz visine oka; fotografska slika obično sadrži perspektivu oka koja uopšte stvara najprirodniji utisak. Horizont slike obično približno prepolovi format, čiju donju polovinu ispunjava prednji plan, a gornju polovinu pozadina. Svojim načinom upotrebe daju perspektivu oka prvenstveno kamere na sklapanje sa mutnim staklom, sa okvirmim ili Newton-ovim tražilom i kamere malog formata slike sa spojenim daljinarom.

Kod malih objekata koji ne sežu do visine oka stojećeg posmatrača mora položaj kamere da se spusti, da bi se izbegla izopačena perspektiva usled nagiba optičke ose; rezultat toga je takozvana trbušna perspektiva, kod koje doduše horizont ostaje još približno na sredini formata, ali se pozadina osetno smanji, a prednji plan poveća. Sa trbušnom perspektivom rade, kod normalne upotrebe, kamere na sklapanje sa Watson-ovim i briljantnim tražilom i sve jednooke i dvooke refleksne kamere, ma da su te kamere izuzetno upotrebljive i za druge perspektive slike.

Potpuno svojstven utisak slike dobija se kod još izrazitije sniženog položaja kamere. Snimak sa zemlje nagore pruža posmatraču potpuno nov i najneobičniji pogled u obliku takozvane žablje perspektive. Horizont se pomeri prema donjoj ivici slike i prednji plan se — ma da je u prirodi nizak i skroman — zbog kratkog otstojanja od objekta digne prema nebu i zauzme priličan deo slike; suprotno tome se međutim potpuno izgubi pozadina. U tome je veliko preimućstvo žablje perspektive, što može da se eliminiše neželjena i nemirna pozadina, a zameni je ravnomerni nebeski svod koji se pruža duboko do donje ivice slike. Sa gledišta tehnike slike postoji kod žablje perspektive velika opasnost da neposredni prednji plan, zbog svoje male udaljenosti, može vrlo lako da se ocrta neoštro.

Protivnost žablje perspektive je ptičja perspektiva koja se pojavljuje kod snimaka iz višeg položaja. Kod te perspektive se horizontat

pomeri prema gornjoj ivici ili leži već uopšte izvan slike. Vertikalne dimenzije su, zbog kose optičke ose, suviše skraćene, a istovremeno se kao neizbežna posledica pojavljuje konvergencija vertikala prema donjoj ivici slike. Pošto kod ptičje perspektive pozadina postaje bitni element stvaranja slike, na vrlo očigledan način je pretstavljen prostorni raspored pojedinih objekata. Izrazit karakter ptičje perspektive pokazuju svi avionski snimci sa kosom optičkom osom.

Ekstremni primer ptičje perspektive je takozvana balonska perspektiva, koja se pojavljuje kod upravno nadole izvršenih snimaka. Horizontat slike se uopšte izgubi, vertikalne dimenzije objekata su jako skraćene ili uopšte više ne dolaze do izražaja i ceo format slike je ispunjen masom slike više ili manje ravnomerne razmere; usled toga nema balonska perspektiva niti izraziti prednji plan niti izrazitu pozadinu. Prema tome je balonska perspektiva najplića i mnogo više liči na horizontalnu projekciju (situaciju) nego li na perspektivnu sliku; poimanje prostornosti, koje je zbog ravnomerne razmere slike skoro potpuno isključeno, omogućeno je samo stereoskopskim posmatranjem dva snimka snimljena sa dva različita mesta. Iz navedenih razloga je balonska perspektiva u običnoj fotografskoj tehnici skoro bez značaja; međutim je karakteristična za sve aerofotogrametrijske snimke, koji služe za izradu geodetskih nacrti i karata.

VI. REKONSTRUKCIJA OBJEKTA IZ FOTOGRAFSKE SLIKE

1. FOTOGRAFSKA SLIKA KAO FOTOGRAM

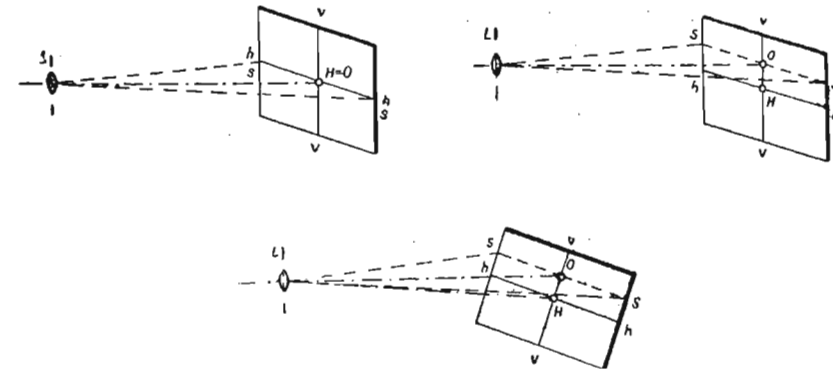
Cinjenica da fotografski snimak, kao centralna perspektiva, pod izvesnim uslovima daje više ili manje očiglednu sliku snimljenog objekta, je navela na ideju i na rešenje problema, na osnovu kojih bi iz fotografske slike mogli da se rekonstruišu prostorni oblik i veličina objekta, odnosno međusobni položaj i rastojanje pojedinih njegovih tačaka. Fotografska slika koja u tom smislu služi kao osnova za prostornu rekonstrukciju objekata ima specijalan naziv fotogram.

Da bi fotografska slika bila upotrebljiva kao fotogram, mora na njoj neposredno da se vidi, ili mora da postoji mogućnost da se rekonstruiše, takozvana glavna tačka slike, t. j. podnožje vertikale iz zadnje glavne tačke objektiva na ravan slike i mora da bude poznata razdaljina slike, t. j. razdaljina perspektivnog centra (zadnje glavne tačke objektiva) od ravni slike. Pri postavljanju na beskonačno je ova razdaljina slike konstantna i jednaka žižnoj daljini objektiva. Glavna tačka slike i razdaljina slike određuju takozvanu unutrašnju orijentaciju fotografskog snimka odnosno fotograma.

Kroz optičku osu objektiva položena vertikalna ravan seče fotogram u glavnoj vertikali, a kroz zadnju glavnu tačku objektiva položena horizontalna ravan u horizontu slike. Kroz glavnu tačku slike povučena paralela sa horizontom slike predstavlja takozvanu glavnu horizontalu. Kod vertikalne ravni slike (sloj emulzije) i kod normalnog položaja objektiva se dakle horizont slike i glavna horizontala poklapaju (sl. 198a); ako je međutim objektiv pomeran nagore ili nadole iz normalnog položaja, onda se horizont slike nalazi za toliko ispod, odnosno iznad glavne horizontale koliko je bilo pomeranje objektiva (sl. 198b). Isto tako je kod normalnog položaja kamere perspektivna glavna tačka O, koja je u smislu perspektive definisana kao presečište horizonta slike sa glavnom vertikalom, identična sa glavnom tačkom slike H (sl. 198a). Kod kosog položaja optičke ose iznad, odnosno ispod horizontale, leži međutim horizont slike, a sa njim i perspektivna glavna tačka O ispod, odnosno iznad glavne tačke slike H (sl. 198c). Dok se kod vertikalnog

položaja ravni slike razdaljina slike uvek meri horizontalno, kod kosog položaja optičke ose je i razdaljina slike kosa.

Glavna tačka slike kao element unutrašnje orijentacije fotograma je kod običnih fotografskih kamera više ili manje tačno određena presečištem diagonala formata slike. Kod specijalnih (fotogrametrijskih)



Sl. 198a, 198b, 198c.

L — objektiv; vv — glavna vertikala; hh — glavna horizontala; ss — horizont slike; LH — udaljenost slike

kamera je međutim tačka slike određena pomoću četiri ivičnih znački, koje se pri snimanju automatski ocrtaju na negativu. Spojne linije suprotnih znački određuju glavnu horizontalu i glavnu vertikalu, a njihovo presečište glavnu tačku slike.

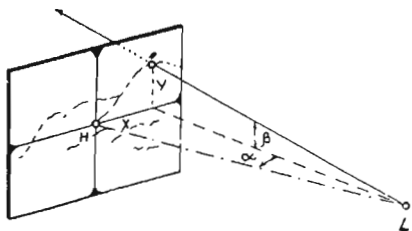
Razdaljina slike je međutim uopšte promenljiva vrednost, koja zavisi od rastojanja objekta; a time bi se kod svakog fotograma menjao drugi element unutrašnje orijentacije. Da bi međutim ta unutrašnja orijentacija ostala konstantna, vrši se svaki snimak, namenjen rekonstrukciji objekta, uvek postavljanjem na beskonačno; pod tim uslovom je razdaljina slike konstantna i jednaka datoj žižnoj daljini objektiva. Ako za fotogram nije poznata žižna daljina objektiva snimanja i ako na fotografskoj slici ne može da se utvrdi glavna tačka, takav snimak nije upotrebljiv za rekonstrukciju objekta.

2. SUŠTINA REKONSTRUKCIJE

Na osnovu jedne same fotografske slike, kao fotograma sa poznatom unutrašnjom orijentacijom, je pojedina tačka snimljenog objekta ili pak objekat u potpuno opštem primeru samo orijentisan. Koordinate slike x i y , t. j. odnosi horizontalni ugao α i vertikalni ugao β (sl. 199.), određuju neposredno samo pravac prema objektu, t. j. položaj objekta prema optičkoj osi. Na osnovu koordinata slike x i y međutim nikako

nije moguće da se utvrde prave veličine rastojanja, visina i t. d.; za geometrijsko određivanje ovih vrednosti je u opštim slučajevima neophodna još druga fotografska slika istog objekta snimljena sa drugog mesta (stereofotografija).

Ako međutim objekat, koji treba da se rekonstruiše iz fotografske slike, ima više ili manje pravilan geometrijski oblik, koji se iz fotograma kao tačne perspektivne slike jednoznačno vidi, onda je za rekonstrukciju dovoljna već i samo jedna slika. Naravno je i u ovom slučaju neposredno izvodljivo samo utvrđivanje pojedinih tačaka objekta u pro-



Sl. 199.

Orijentisanje tačke na fotografiji: L — objektiv

storu u pogledu njihovog međusobnog položaja; ali zbog pravilnog oblika objekta je ovom relativnom orijentacijom dat i raspored pojedinih tačaka u prostoru, čime je određen objektu potpuno sličan prostorni model. Time međutim još nikako prave dimenzije, odnosno stvarna veličina objekta nisu određeni. Određivanje ovih dimenzija je međutim kod rekonstrukcije pravilnih objekata odmah moguće, čim se u fotografski snimak unese razmera na taj način, što se istovremeno sa objektom snimi i prava poznate dužine, na osnovu koje poređenjem mogu da se utvrde i druge dužinske dimenzije.

Pošto se dimenzije rekonstruisanog objekta, u smislu opštih tehničkih nacrti, skoro uvek predstavljaju u ortogonalnoj projekciji, t. j. u prvoj i u drugoj projekciji; sastoji se rekonstrukcija objekta u suštini u tome, što se upotrebom fotograma centralna perspektiva pretvori u običnu ortogonalnu projekciju. Osnovna pravila za rekonstrukciju perspektive u paralelnu projekciju je teoriski osnovao fizičar J. H. Lambert već 1759., dakle već mnogo pre pronalaska fotografije. Fotografske snimke za rekonstrukciju topografskih objekata je međutim kao prvi upotrebio 1851. (t. j. samo dve godine posle pronalaska fotografije) francuski oficir Aimé Laussedat, savremenik Nièpce-a i Daguerre-a.

Samo se po sebi razume da iz fotografske slike mogu da se rekonstruišu samo one tačke, koje su na njoj vidljive. Skrivene tačke moraju da se dobiju na osnovu pravilnog oblika objekta; u protivnom slučaju bio bi potreban još jedan drugi snimak istoga objekta sa druge strane.

3. REKONSTRUKCIJA NA OSNOVU PERSPEKTIVNIH ODNOSA

Primer rekonstrukcije pravilnog objekta na osnovu fotograma donosi sl. 200., čiji crtež perom je izrađen po fotografskom snimku arhitektonskog objekta sa horizontalnom optičkom osom i sa vertikalnom ravni slike. Fotografija je jedan i po struko povećanje snimka sa žižnom daljinom $f = 12,5$ cm.

U svrhu grafičke rekonstrukcije se dati fotogram zalepi na tabak crtače hartije odgovarajuće veličine. Onda se u prvoj i u drugoj projekciji nacrtavaju ravan slike $\pi'\pi''$, njena glavna tačka $H'H''$ i projekcioni centar ili mesto snimka O u razdaljini slike, t. j. $12,5 \text{ cm} \times 1,5 = 18,75$ cm (u pravoj veličini, dakle u razmeri 1:1). Pri tome mora druga projekcija ove razdaljine slike da se poklapa sa horizontom slike, tako da fotogram prema drugoj projekciji ravni slike π'' zauzima položaj treće projekcije. Uostalom je međutim rastojanje glavne tačke H od ravni slike π'' potpuno proizvoljno. Zatim se produže slike svih izrazitih horizontala objekta, t. zv. linije nedogleda, do presečišta; njihova presečišta određuju, u smislu perspektive, nedoglednice F_1 i F_2 , koje moraju kao tačke beskonačnosti horizontalnih pravaca da leže tačno na horizontu slike; u tome se sastoji neposredna kontrola horizonta slike, odnosno visinskog položaja glavne tačke H. Na osnovu pretpostavke, da obe na fotogramu obrazovane fasade grade međusobom prav ugao, se razdaljina F_1 i F_2 prepolovi u tači M. Iz ove tačke M kao središta povuče se polukrug preko F_1 i F_2 . U presečištu (O) glavne vertikale s ovim krugom leži u horizontalnu projekciju oborena glavna tačka objektiva, odnosno perspektivni centar. Za kontrolu pravilnosti razdaljine slike i glavne vertikale mora razmak (O)H da bude jednak razdaljini slike 18,75 cm.

Na fotogramu se označe pojedine vertikalne ivice, odnosno za oblik objekta najvažnije tačke A, B, C, D, E, G, J, K, L, N, R, S, T i t. d. koje se projiciraju na pomoćni trag ravni slike, povučen paralelno sa horizontom slike pod samim fotogramom. Na ovaj način određene tačke A, B, C... predstavljaju prve projekcije perspektivnih slika dotičnih tačaka. Razdaljine ovih perspektivnih slika na pomoćnom tragu ravni slike od glavne tačke H nacrtaju se onda u prvoj projekciji ravni slike π' od prve projekcije glavne tačke H' na obe odgovarajuće strane, čime se dobijaju tačke A'_x, B'_x, C'_x, \dots ; po mogućstvu i ukoliko ima mesta, povuku se u prvoj projekciji i rastojanja obeju nedoglednica F_1 i F_2 . Spojne linije nacrtanih tačaka A'_x, B'_x, C'_x, \dots sa prvom projekcijom projekcionog centra O' određuju kao projekcioni zraci pravac prema prvoj projekciji pojedinih tačaka, odnosno ivica objekta.

Time je privremeno položaj tačaka u prvoj projekciji neodređen; ako se izrično ne traži rekonstrukcija objekta u umanjenoj razmeri, onda se prva projekcija jedne tačke, na pr. tačke A, odnosno najbliža ivica objekta, mogu proizvoljno izabrati. Prve projekcije ostalih tačaka međutim nisu više proizvoljne i mogu odmah da se odrede, čim je

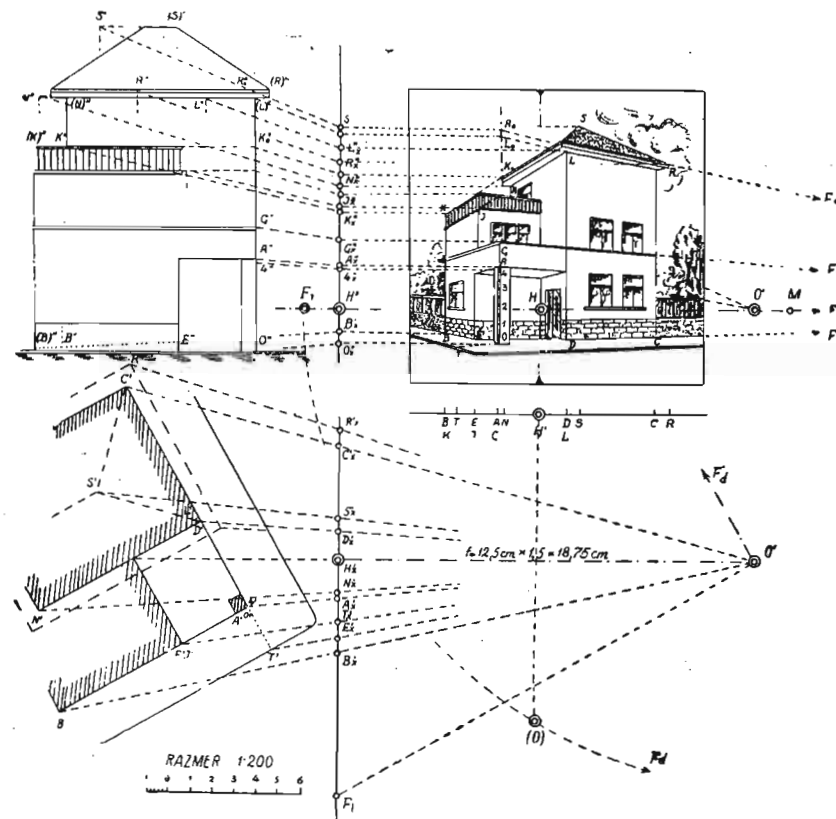
poznat nagibni ugao površina fasada prema optičkoj osi; ali ovaj nagib se ne vidi neposredno iz perspektivne slike, može međutim da se utvrdi konstruktivno u smislu sledećeg razmišljanja: Pošto imaju karakteristične ivice leve fasade svoju nedoglednicu u F_1 , onda je i ova površina u prvoj projekciji paralelna sa pravcem $O'F'_1$; ako se dakle kroz proizvoljno izabranu tačku A' povuče paralela sa $O'F'_1$, ova seče projekcioni zrak $O'B'_x$ u tački prve projekcije B' . Analogno razmatranje važi i za desnu fasadu, iz čega proizlazi prva projekcija rogla C' . Pod pretpostavkom paralelnosti svih drugih površina objekta, dobijamo brzo i prve projekcije drugih ivica D' , E' , N' ...

U svrhu rekonstrukcije druge projekcije moraju da se odrede vertikalna rastojanja pojedinih tačaka od horizontalne ravni, koja se proteže preko horizonta slike i projekcionog centra. U tu svrhu se projiciraju pojedine tačke fotograma A , G , B , J , K , L , N , R , S ... pomoću horizontala, paralelnih sa horizontom slike, do druge projekcije ravni slike π'' ; tako dobijamo tačke A''_x , C''_x , B''_x ..., čije spojne linije sa drugom projekcijom projekcionog centra O'' određuju projekcione zrake u drugoj projekciji. Presecišta ovih zrakova sa vertikalama kroz već određene prve projekcije odnosnih tačaka, određuju druge projekcije ivica tačaka A'' , G'' , B'' , J'' ...

Kod primera sl. 200 bi se zbog iskošenog položaja objekta u prvoj projekciji pojavila u drugoj projekciji leva fasada skraćena, usled čega bi rekonstrukcioni crtež bio manje pregledan. Stoga je na sl. 200 druga projekcija objekta obrnuta oko prednje ivice $A''G''$ za toliko, da leva fasada u drugoj projekciji postane paralelna ravni slike; pri tome se tačke koje ne leže na ivici $A''G''$, pomere iz prvobitnog položaja B'' , J'' , K'' ... u krajnji položaj $(B)''$, $(J)''$, $(K)''$... Jedna ivica, t. j. u ovom slučaju ivica $A''G''$ mora međutim na svaki način u drugoj projekciji da ostane na svom prvobitnom mestu, da bi preko nje bio mogućan eventualan prenos vertikalnih rastojanja ostalih tačaka, koje se pri obrtanju prve projekcije zasuču.

Ako je rekonstrukcija u konstruktivnom pogledu tačna, moraju pojedine kontrole, koje se zasnivaju na suštini svake tačne perspektivne slike, da budu uspešne. Tako moramo na pr. za tačku K da dobijemo isto vertikalno rastojanje bilo duž ivice B bilo duž ivice A ; jer osim neposredne rekonstrukcije tačke K mogućna je i posredna rekonstrukcija prema ivici AG . U tu svrhu se tačka K pomoću linije nedogleda prenese na ivicu AG do tačke K_0 ; vodoravna projekcija ove tačke na ravan slike π'' određuje sa O'' drugu projekciju projekcionog zračka, koji u tački K''_0 na ivici $A''G''$ otseca vertikalno rastojanje tačke K'' nad horizontom slike. A ovo rastojanje mora da se poklapa sa neposredno utvrđenim rastojanjem duž ivice $B''K''$. U istom smislu vrše se i kontrole za tačke L , R ..., čije visine se pomoću linije nedogleda prenese na prednju ivicu AG do pomoćnih konstrukcionih tačaka L_0 , R_0 ...

U navedenom smislu rekonstruisani objekat bi istina po obliku potpuno ličio na objekat u prirodi; ali ovakva rekonstrukcija ne sadrži nikakvu razmeru, na osnovu koje bi jednoznačno bile određene i dimenzije objekta. Da bi bila mogućna i rekonstrukcija u razmeri, neophodno je da je poznata bar jedna dimenzija objekta na fotogramu, odnosno



Sl. 200.

Rekonstrukcija objekta sa fotografskog snimka

da se pri snimanju istovremeno snimi i pogodna metarska mera. U tu svrhu je bila na sl. 200 na prednjoj ivici postavljena 4-metarska značka sa podelom 0, 1, 2, 3 i 4 m; upotrebom ove odgovarajuće dužine na slici sada je mogućna još i rekonstrukcija u pogodnoj razmeri. Prema tome se prva projekcija tačke A' , t. j. prva projekcija metarske podele, ne izabere proizvoljno, nego se istovremeno odrede u drugoj projekciji

projekcioni zraci za početnu tačku 0 i krajnju tačku 4-metarske podele. Između ta dva zraka $O''O''_x$ i $O''4''_x$ se zatim u pogodnoj razmeri (na sl. 200 na pr. 1:200) potraži odnosna vertikalna dužina 4 m. Dotični položaj, projiciran do preseka sa projekcionim zrakom $O'A'_x$ određuje prvu projekciju ivice A' . Ako se na osnovu ovako određene tačke A' izvede rekonstrukcija u gore opisanom smislu, onda imaju rekonstruisana prva i druga projekcija razmeru 1:200; time je omogućeno neposredno utvrđivanje svih dimenzija rekonstruisanog objekta.

Kao što se iz opisanog konstrukcionog postupka vidi, potrebni su, za uspešnu rekonstrukciju objekta po obliku i dimenziji, sledeći uslovi:

1. slika na fotogramu mora da bude što oštija i njegova razmera mora da bude po mogućstvu što veća;

2. na fotogramu ne smeju da se pojavljuju nikakva izopačenja kao posledice mana fotografskog objektiva (distorzija, izbočenost polja slike i t. d.);

3. optička osa objektiva treba da je po mogućstvu horizontalna i ravan slike (sloj emulzije) vertikalna;

4. fotogram mora da pruža mogućnost što pouzdanijeg utvrđivanja glavne tačke slike, odnosno glavne tačke perspektive i horizonta slike;

5. bezuslovno mora da bude poznata razdaljina slike fotograma, odnosno žižna daljina objektiva i

6. mora da bude poznata bar jedna dimenzija objekta, odnosno na fotogramu mora da bude snimljena zajedno sa objektom metarska podela pogodne dužine.

Opisani grafički postupak rekonstrukcije, na osnovu perspektivnih odnosa, jedino tada dovodi do željenog cilja, ako objekat sadrži izrazito pravolinisne horizontalne i vertikalne konture. Čim međutim objekat sadrži ukrivljene, kose i međusobno nepravilno raspoređene linije, postaje rekonstrukcija mnogo teža i komplikovanija. Rekonstrukcija sasvim nepravilnih objekata, u prvom redu rekonstrukcija oblika i veličine pojedinih delova zemljine površine, na osnovu opšte orijentisanih fotograma, otvara obiman kompleks matematičkih, optičkih i fotomehaničkih problema, kojima se bavi i koje rešava fotogrametrija kao specijalna grana geodetske tehnike.

SADRŽAJ

Predgovor	7
Uvod i istorijski razvoj	9

Prvo poglavlje

FOTOGRAFSKI APARAT I NJEGOVI SASTAVNI DELOVI

I. Fotografska kamera	19
1. Formati	19
2. Najvažnije vrste fotografskih kamera	19
A. Boks kamere ili sandučare	21
B. Kamere za sklapanje	22
C. Refleksne kamere sa jednim objektivom	23
D. Refleksne kamere sa dva objektiva	24
E. Kamere malog formata slike	26
II. Fotografski objektivi diafragma	29
1. Fototehničke osobine objektiva	29
A. Žiža ili žižna daljina	30
B. Polje slike i zahvatni ugao	33
C. Svetlosna jačina i relativni otvor objektiva	38
2. Diafragma i njen relativni otvor	41
3. Diafragme i dubina prostiranja objekta	46
A. Pojam dubine slike i neoštine slike	46
B. Odnos između diafragme i dubinske oštine	48
C. Odnos između žižne daljine i dubinske oštine	53
III. Zapori	56
1. Zapor — poklopac	56
2. Rotacioni zapor	56
3. Centralni zapori	57
4. Zavesni zapor	59
5. Zapori na razrez	60

Drugo poglavlje

NEGATIVSKI MATERIJAL

I. Oblici i formati negativskog materijala	63
1. Ploče	63
2. Filmovi	63

II. Supstance osetljive na svetlost	67
1. Srebro-jodid	67
2. Srebro-bromid	68
3. Srebro-hlorid	68
III. Emulzije osetljive na svetlost	69
1. Kolodijumova emulzija i mokra ploča	69
2. Želatinska emulzija i suva ploča	71
IV. Osobine negativskog materijala	73
1. Opšta osetljivost	73
2. Gradacija	76
3. Osetljivost za boje	81
4. Izolarnost, ugušivanje pojave iradijacije (svetlosnog kruga)	85
5. Zrnatost i moć razlaganja	86
V. Vrste fotografskih emulzija	89
VI. Držanje negativskog materijala	91

Treće poglavlje

SNIMANJE

I. Opseg slike i oštrina slike	93
1. Mutno staklo, tražilica i postavljanje oštine	93
2. Postavljanje razdaljine kod snimanja prostornog objekta	96
3. Dubinska oštrina i diafragma	99
4. Daljinari — sprave za merenje ostojanja	108
5. Postavljanje na dve tačke	112
II. Ekspozicija ili osvetljavanje	114
1. Komponente ekspozicije	114
A. Osvetljenje	114
B. Faktori objekta i svetlina objekta	118
2. Pomoćna sredstva za određivanje ekspozicije	120
A. Tabele za ekspoziciju	122
B. Fotometri	122
3. Ekspozicija i kretanje objekta	125
4. Ekspozicija pri snimanju bliskih objekata	132
5. Toleranca ekspozicije	134

Četvrto poglavlje

NEGATIVSKI PROCES

I. Latentna slika i negativ	139
II. Sastav izazivača	141
1. Opšti pojmovi	141
2. Izazivačke supstance i njihove osobine	142
3. Alkalije	144
4. Supstance za konzervisanje	145
5. Supstance za kočenje	146

6. Vrste izazivača	146
7. Spravljanje rastvora	147
8. Jačina rastvora izražena procentima i odnosima	148
9. Recepti za izazivače	148
A. Za izazivanje u zdeli	148
B. Za izazivanje u tankovima	149
C. Izjednačujući izazivači	150
D. Izazivači za sitno zrno	151
III. Teorija procesa izazivanja	152
1. Teorija srebrovih klica	152
2. Adsorpcija i difuzija	152
3. Uticaj izazivača na proces izazivanja	154
4. Zaključna diskusija	157
IV. Tehnika izazivanja	159
1. Temperatura	159
2. Izazivanje u zdelama	160
A. Izazivanje u jednoj zdeli	161
B. Izazivanje u trima zdelama	162
C. Izazivanje u dvema zdelama	163
3. Izazivanje u tankovima ili u doznama	163
4. Ispiranje posle izazivanja	166
5. Desenzibilizacija	166
6. Gradacija i faktor izazivanja	167
V. Fiksiranje	169
1. Supstance za fiksiranje	169
2. Sastav fiksira	170
3. Fiksiranje	170
VI. Završno ispiranje i sušenje	172
VII. Vrste i mane negativa	174
1. Ocenjivanje negativa	174
2. Karakter negativa	175
3. Velovi	176
VIII. Popravljanje loših negativa	178
1. Pojačavanje	178
2. Oslabljivanje	180

Peto poglavlje

POZITIVSKI PROCES

I. Pozitivski materijal	185
1. Vrste pozitivskih papira	185
2. Formati papira	186
II. Papiri za dnevnu svetlost	187
1. Emulzije i vrste papira za dnevnu svetlost	187
2. Kopiranje	188
3. Tonovanje i fiksiranje	189

A. Odvojeno tonovanje	190
B. Istovremeno tonovanje i fiksiranje	191
4. Nedostaci papira za dnevnu svetlost	192
III. Papiri na izazivanje	194
1. Emulzije i vrste papira na izazivanje	194
2. Kopiranje	195
3. Izazivanje i fiksiranje	196
4. Gradacija papira i opseg kopiranja	198
5. Karakter negativa i opseg kopiranja	200
IV. Završni radovi na kopijama	205
1. Satiniranje	205
2. Retušovanje	205
3. Kaširanje	206

Sesto poglavlje

POVEĆAVANJE

I. Opšti pregled	207
1. Cilj i osnovi povećavanja	207
2. Optički princip povećavanja	208
3. Granice povećavanja	211
4. Osvetljavanje i karakter povećanja	213
II. Aparature za povećavanje	219
1. Sistem aparature	219
2. Ručni aparati za povećavanje	220
3. Dopunski delovi za povećavanje (kućica za osvetljenje)	221
4. Aparati za povećavanje sa postavljanjem oštine rukom	222
5. Aparati za povećavanje sa automatskim postavljanjem oštine	223
III. Fotografski papiri za povećavanje	225
1. Emulzije	225
2. Gradacija i opseg kopiranja	226
3. Površina papira za povećavanje	226
IV. Tehnika povećavanja	227
1. Karakter negativa	227
2. Rukovanje aparatom za povećavanje	228
A. Postavljanje formata i oštine povećanja	228
B. Pomoćna sredstva za postavljanje oštine	228
C. Diafragma	230
D. Ispravljanje nagnutih linija	230
3. Ekspozicija povećanja	238
A. Probna ekspozicija	238
B. Pomoćna sredstva za određivanje ekspozicije	239
C. Ekspozicija i razmera povećanja	239
4. Izazivanje i fiksiranje povećanja	243
5. Korekture na povećanjima	243
A. Pojačavanje	243
B. Oslabljivanje	244

6. Praktične intervencije prilikom povećavanja	245
A. Povećavanje vrlo kontrastnih negativa	245
B. Odmahivanje (dopunska ekspozicija)	245
C. Huktanje	245
D. Ublažavanje zrna	245
E. Newton-ovi prstenovi	246

Sedmo poglavlje

SVETLOST I BOJE

I. Fizičko optički osnovi	247
1. Jedinice vizuelne fotometrije	247
2. Načela fotometrije	250
3. Disperzija svetlosti	251
4. Zračenje svetlosnih izvora	252
A. Bojeni sastav svetlosti svetlosnih izvora	252
B. Temperatura zračenja svetlosnih izvora	255
II. Osnovni pojmovi nauke o bojama	257
1. Mešane boje	257
2. Pigmenti	259
3. Obojena svetlost	260
III. Fiziologija osećanja boja	263
IV. Svetlost i fotografski snimak	266
1. Sunčana i nebeska rasuta svetlost	266
2. Razdeoba svetlosti na zemaljskoj kugli	267
3. Košebanje svetlosti u razno doba dana i godine	268
4. Pravo sunčano vreme i vremenska jednačina	272
5. Uticaj atmosfere i nadmorske visine	275
6. Pravac sunčane svetlosti i plastika slike	276
V. Senzibilizovanje negativske emulzije za boje	278
1. Suština optičkih senzibilizatora	278
2. Spektralne osobine boja	279
A. Pojam apsorpcionog spektra	279
B. Transparenca, ekstinkcija i apsorpciona kriva	279
3. Spektralna osetljivost i senzibilizaciona kriva	282
VI. Svetlosni filtri	287
1. Vrste i svrha svetlosnih filtara	287
2. Filtri za osvetljenje	288
A. Filtri za mračnu komoru	288
B. Korekcionni filtri za veštačko osvetljenje	290
3. Kompenzacioni filtri za snimanje	291
A. Svrha i vrste kompenzacionih filtara	291
B. Optičke osobine filtara	293
C. Filtar i registrovanje boja u tonovima sivina	294
D. Faktor filtra i ekspozicija	297
E. Odnosi između filtra i emulzije	299

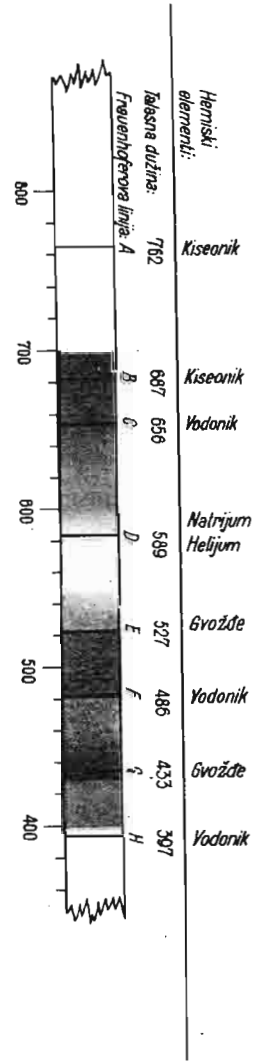
Osmo poglavlje
FOTOGRAFSKA OPTIKA

I. Fotografski objektivi i obrazovanje slike	303
1. Perspektivno ocrtavanje	303
2. Idealno ocrtavanje	305
II. Mane sočiva i objektiva	307
1. Hromatična aberacija	308
2. Sferna aberacija	312
3. Astigmatizam	317
4. Izbočenost polja lika	319
5. Koma	323
6. Distorzija	325
III. Opšti pojmovi o fotografskom objektivu	328
1. Načelni sastav objektiva	328
2. Optičko staklo	329
3. Okvir objektiva	330
4. Svetlosni gubici objektiva	331
A. Apsorpcija i odbijanje	331
B. Vinjetiranje	335
5. Održavanje objektiva	336
IV. Tipovi fotografskih objektiva	338
1. Meniskus ili prosto sočivo	338
2. Pokrajinsko sočivo ili ahromat	338
3. Periskop	339
4. Aplanatski sistemi	340
5. Anastigmati	341
A. Dubleti	342
B. Tripleti	346
6. Tele-objektivi	350
7. Širokougaoni objektivi	354
V. Određivanje optičkih konstanta objektiva	356
1. Žižna daljina i glavne tačke	356
2. Svetlosna jačina	357
3. Zahvatni ugao	358
VI. Optički pribor	359
1. Dopunska sočiva	359
2. Omekšivači	363
3. Polarizacioni filtri	363

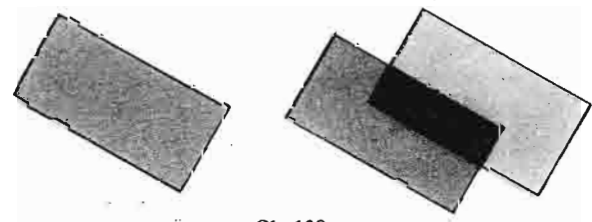
Deveto poglavlje
PERSPEKTIVA U FOTOGRAFIJI

I. Stvaranje perspektive u oku i u fotografskoj kameri	367
1. Pojam i utisak perspektive	367
2. Fotografska slika kao centralna perspektiva	369

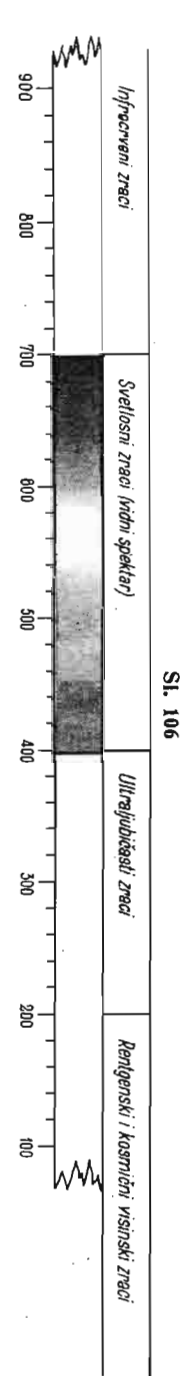
II. Perspektiva slike i žižna daljina objektiva	372
III. Izopačena perspektiva	375
1. Izopačena perspektiva usled kose optičke ose	375
2. Izopačena perspektiva usled kratkog otstojanja od objekta	378
3. Izopačena perspektiva usled velikog zahvatnog ugla	379
IV. Perspektiva slike i poimanje prostornosti	382
V. Karakteristične perspektive slike	388
VI. Rekonstrukcija objekta iz fotografske slike	390
1. Fotografska slika kao fotogram	390
2. Suština rekonstrukcije	391
3. Rekonstrukcija na osnovu perspektivnih odnosa	393



Sl. 107

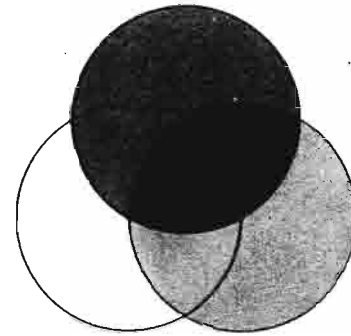


Sl. 108

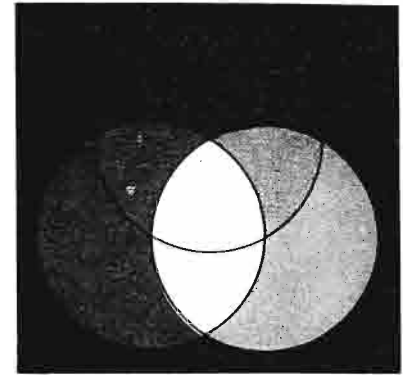


Sl. 106

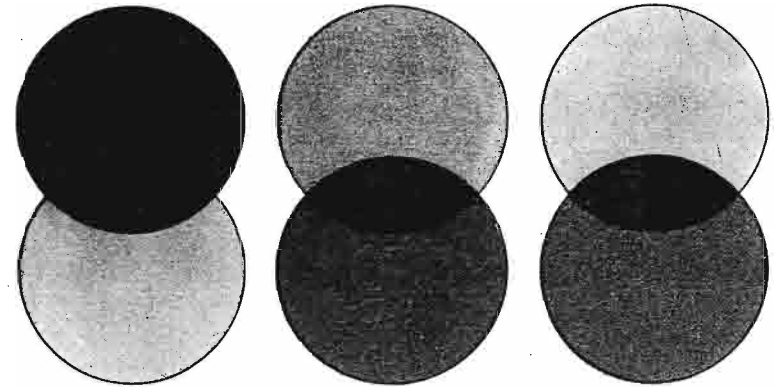




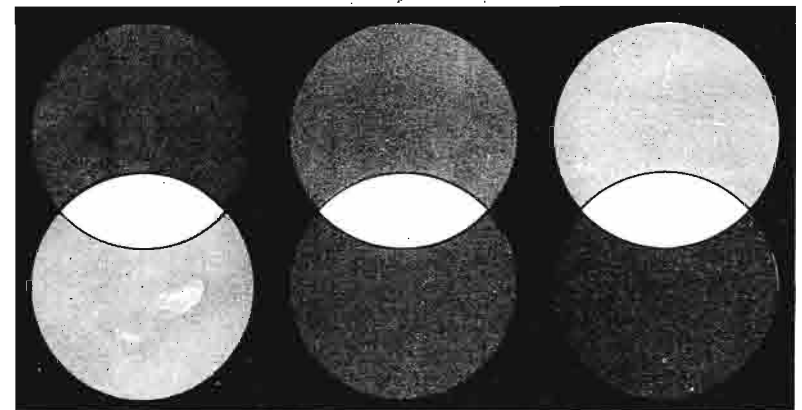
Sl. 100

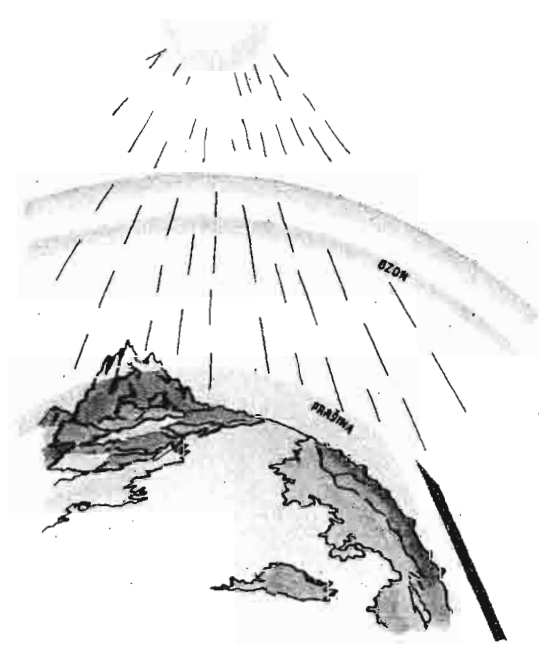


Sl. 111

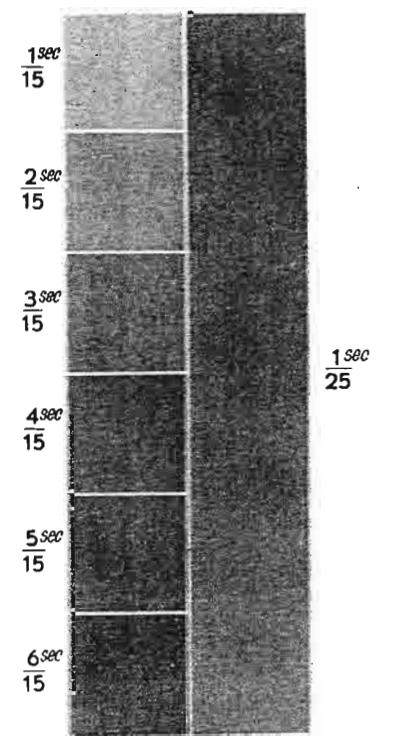


Sl. 110

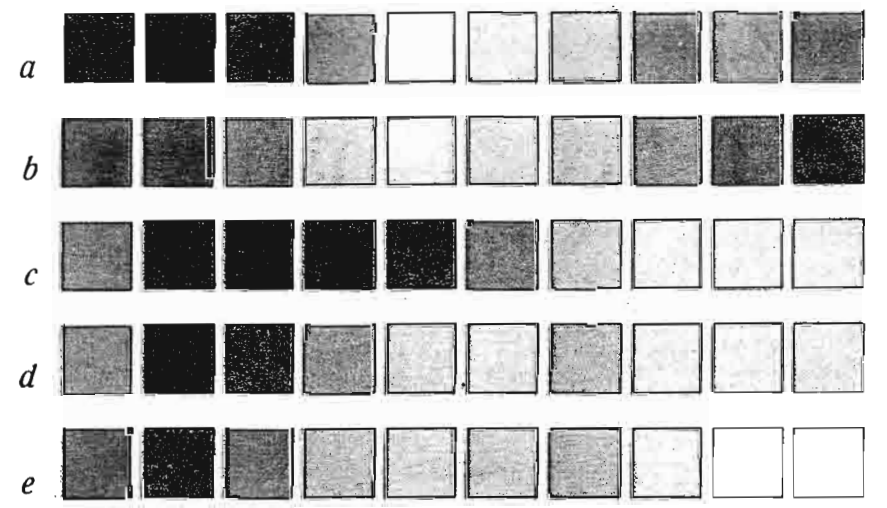




Sl. 113



Sl. 129



a



b



c



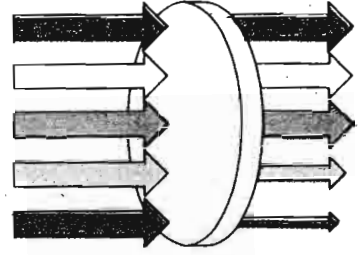
d



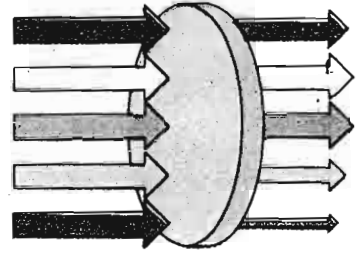
e



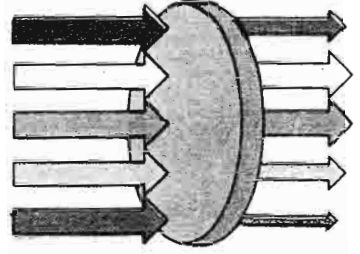
a



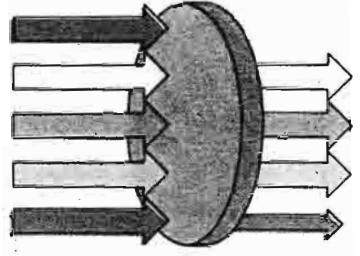
b



c



d



e

