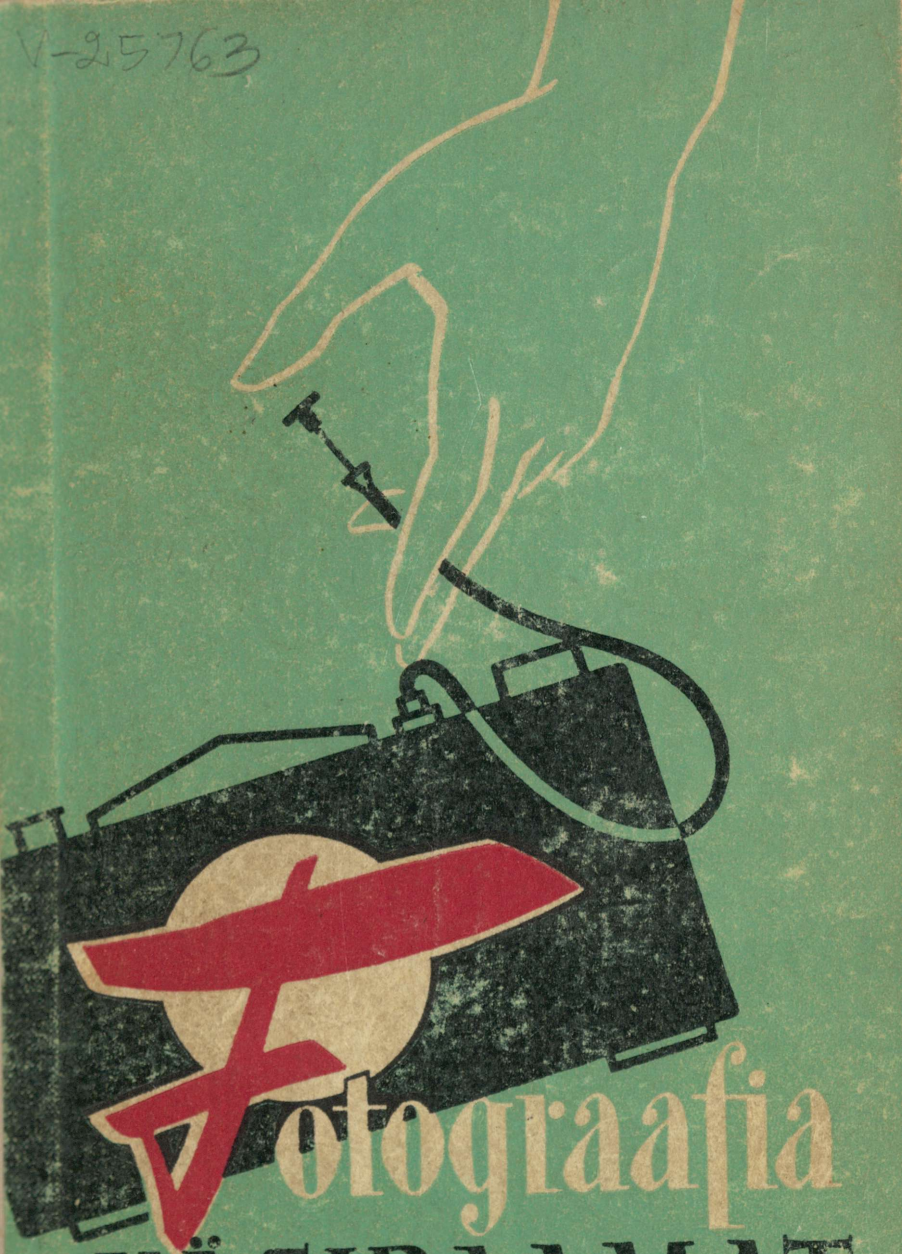
V-25763



Fotograafia KÄSIRAAMAT

Originaali tiitel:

Краткий фотографический справочник

Под общей редакцией доктора технических наук В. В. Пуськова.
Издание 2-е, переработанное и дополненное.
Государственное издательство «Искусство»
Москва 1953

Tõlkinud *J. Seilental ja P. Talvre*

Retsenseerinud A. Leppik ja L. Türn

EESSÕNA

Fotograafiat kasutatakse laialdaselt peaaegu kõigil teadus-, tehnika- ja kultuurialadel. Eriti on levinud amatöörfotograafia.

Miljonite fotohuviliste rahuldamiseks toodavad kodumaine optika- ja mehaanikatööstus seeriaviisiliselt mitut tüüpi täiuslikke fotoaparaate.

Fotoharrastajate abistamiseks on kirjastatud raamatuid fotograafia teooria ja praktika alalt. Tavaliselt on need raamatud kas pühendatud teatud kindlatele küsimustele (fotograafiline retseptuur, fotomaterjalide töötlemine jne.) või kujutavad endast eri-käsiraamatuid must-valge või värvilise fotograafia alalt. See asjaolu, et real fotopraktika aladel puuduvad vastavad käsiraamatud ja et ilmunud raamatud on mitmesuguse suunaga, ongi tinginud vajaduse luua fotograafia käsiraamat, millesse oleksid koondatud kõik vajalikud teatmed must-valge ja värvilise fotograafia alalt, samuti küsimused, mis puudutavad fotografeerimist klaasile, metallile ja teistele materjalidele.

Fotoharrastajate teoreetiliste teadmiste laiendamiseks on raamatusse võetud materjale, mis pole küll vahetult seotud fotograafia praktikaga, kuid aitavad paremini mõista fotoaparaadi ehitust ja töötamise printsiipe, kvalifitseeritumalt tunda pildistamist ja fotomaterjalide töötlemise protsesse.

Nii käsitletakse I osas praktiliste juhiste kõrval küsimusi valguse iseloomust ja omadustest ning fotomeetrilistest suurustest ja antakse põhiteadmisi geomeetrilisest optikast.

II osas on küllaldase täiuslikkusega, kuivõrd seda lubas käsiraamatu iseloom, käsitletud fotoobjektiivide karakteristikat (fookuskaugust, valgustugevust jne. ning nende määramisviise praktilisel teel).

III osas käsitletakse valgustundliku kihi ehitust, valgustundlikkust ja peidetud (latentse) kujutise iseloomu, fotomaterjalide omadusi ning nende töötlemise protsesside olemust. Samas osas käsitletakse lühidalt ka fotomaterjalide sensitomeetriliste mõõtmiste põhimõtteid.

Käesoleval ajal määratakse NSV Liidus sensitomeetrilisi suurusi GOST-süsteemi alusel. Samal ajal aga kasutatakse laialdaselt negatiiv- ja positiivmaterjali DIN- ja H & D-süsteemilise sensitomeetrilise karakteristikaga, mistõttu iseloomustatakse lühidalt ka neid süsteeme.

Selleks et üht süsteemi taandada teiseks, on antud spetsiaalsed tabelid. Et aga sensitomeetriliste mõõtmiste metoodika on igas süsteemis erinev, siis on need tabelid ainult orienteerivat laadi.

Praktiliste teatmete kõrval on värvilise fotograafia kohta antud ka mõningad teoreetilised põhialused, millel rajaneb värvifoto (värvuse karakteristika, kolmevärvilise nägemise teooria, värvilise fotografeerimise meetodid, mitmekihiliste materjalide karakteristika jne.).

Mitmesuguste erialade inseneride ja õpetlaste kauaaegse ja visa töö tulemusena on välja töötatud värviline fotografeerimine mitmekihilisele materjalile. Selle protsessi põhimõtteline sarnasus tavalise must-valge fotograafia protsessiga on ta teinud kättesaadavaks fotoharrastajate laiale ringile. Seoses sellega on kõik, mis puudutab pildistamist mitmekihilistele materjalidele ja nende materjalide töötlemist, eraldatud iseseisvaks peatükiks.

Muid värvilise fotograafia meetodeid, mis rajanevad additiivseil ja subtraktiivseil meetodeil ja leiavad enam-vähem piiratud kasutamist, on käsitletud lühidalt, et võimaldada lugejale ainult üldist tutvumist nendega.

Et vältida kordamisi fotoaparaatide ja nende üksikosade ehituse, samuti muu iseloomult analoogilise materjali kirjeldamisel, on tekstis antud viited vastavatele lehekülgedele.

Fotoobjektiivide tehnilised arvuliselt väljendatud karakteristikad on antud ainult väikesele grupile objektiividele, mis fotograafiliste tööde praktikas on kõige enam levinud. Harvemini kasutatavate kodumaiste ning välismaiste fotoobjektiivide optilised andmed on koondatud tabelisse.

Mõningaid käsiraamatus esitatud nõukogude fotoaparaate käesoleval ajal enam ei toodeta, kuid nende laialdane käibelolek tingis vajaduse kirjeldada ka nende aparaatide ehitust ja iseärasusi.

Nõukogude fotoaparaatide tehnilis-fotograafiliste andmete esitus piirdub nende juures kasutatavate põhielementide nimetamisega. Üksikasjalisemaks tutvumiseks fotoaparaatide põhiliste osade ja mehhanismide ehituse ja tööprintsiipidega tuleb üles otsida vastavad leheküljed peatükkides «Foto-objektiiv» ja «Fotoaparaatide mehhanismid ja sõlmed».

Erinevalt teistest käsiraamatutest on üksikasjaliselt kirjeldatud fotokaamerate katikute ehitust ja töötamist.

Kuid katikute, eriti väikeformaadiliste kaamerate katikute lahtivõtmist rikete kõrvaldamiseks või katikukiiruse reguleerimiseks võib soovitada ainult neile fotoamatööridele, kes on detailselt tundma õppinud mehhanisme, nende töötamist ja kel on olemas vajalikud tööriistad.

Sama maksab ka fotoaparaatide justeerimise ning objektiivide ja raamistuste lahtivõtmise kohta nende puhastamise eesmärgil.

Osa «Fotograafiline pildistamine» algab lühikeste juhenditega fotokompositsiooni põhijoonte ja mitmesuguste pildistamisliikide alal (portree, maastikuvõte, arhitektuur jne.). Need juhendid orienteerivad lugejat, kuidas talitada ühel või teisel juhul, sõltuvalt tema ees seisvaist ülesannetest.

Siin puudutatakse küsimusi, nagu valgustamine, valgusfiltrite kasutamine igal üksikjuhul, pildistamispunkti valik, kaadri kompositsioon jne. Seejuures aga ei tohi toodud juhendeid pidada püsivateks ja muutumatuteks, vaid neid tuleb kasutada loominguliselt, vastavalt igale üksikjuhule.

Fotograafilise võtte kvaliteet sõltub muude tegurite kõrval õigesti

valitud säriajast. Eksponomeetri kasutamine võimaldab fotoamatööril vältida jämedaid vigu ja kergendab tunduvalt säriaja määramise ülesannet mitmesugustes valgustingimustes, seepärast on raamatus antud meil laiemalt levinud fotoeksponomeetrite ehituse ja tööprintsiipide lühike kirjeldus.

Alapeatükk «Säriaeg ja selle määramine» tutvustab fotoamatööri õige säriaja mõistega ja teguritega, mis mõjustavad selle kestust; annab säriaja määramise viisid liikuvate ja liikumatute objektide puhul.

Väikekaameraid «Zorki» ja «Kiiev» toodetakse ühes vahetatava optikaga, seepärast on käsiraamatus iseloomustatud vahetatavate objektiivide ülesannet, vahetamisviise ja kasutamispraktikat.

Põhiliste ilmutite ja kinnitite lühike fotograafiline karakteristika on antud selleks, et fotoamatöör võiks neid oma praktilises töös otstarbekamalt kasutada.

Osas «Negatiivprotsess» on antud küllaldaselt põhjalikke teadmisi negatiivretušist, kuna enamikes fotograafia käsiraamatuis negatiivretuši küsimusi peaaegu üldse ei puudutata või kirjeldatakse neid üsna pealiskaudselt.

Positiivretušš kui vähem efektiivne (me ei kõnele siinkohal niinimetatud kunstilisest retušist) on antud lühemalt.

Negatiivid, mis on saadud pildistamisel väikekaameraga «Zorki»-, «Kiiev»- või «Moskva»-tüüpi laifilm-kaameratega, nõuavad suurendamist. Suurendamise teel võib kaameratega «Zorki» ja «Kiiev» saadud negatiividest valmistada küllaldase teravusega koopiaid, suurusega 24×30 cm ja koguni suuremaidki. Suurendamisprotsessis võib parandada samuti mõningaid negatiivi puudusi (negatiivi mõningate osade ebaühtlane tihedus, mõningane perspektiivne moonutamine) ja teostada pildivälja valikut. Seoses sellega sisaldab käesolev raamat materjali, mis tutvustab lugejaid nõukogude suurendusaparaatide tüüpide ja ehitusega ja peamiselt suurendamise praktikaga.

Alaosas «Fotokoopiate viimistlemine» on toodud toonimise, lakkimise, retuši, samuti rea defektide (koltumise, toonide luitumise jne.) parandamise viisid.

Arvestades praktilise materjali suurt tähtsust must-valges fotograafias, on käsiraamatu vastavad osad varustatud tabelitega; see hõlbustab fotoamatööridel vastavate teatmete kiiret ülesleidmist.

Osa «Värviline fotograafia» annab küllaltki täieliku ülevaate värvilise fotograafia aparatuurist, korrekteerivate filtrite valikust ja kasutamisest, säriaja arvutamisest positiivpiltide valmistamisel.

Värvifoto materjalide töötlemine on keerukam kui must-valgete materjalide töötlemine. Värviliste fotode kvaliteet sõltub suurel määral sellest, kuivõrd õigesti on see protsess teostatud. Seepärast on üldteadmiste kõrval, mis käsitlevad värviliste positiivide ja negatiivide saamist, käsiraamatus üksikasjaliselt iseloomustatud eraldi negatiiv- ja positiivfilmide töötlemise meetodeid ning ümberpööratavate filmide ja fotopaberite töötlemist. Samuti on toodud värvilise kopeerimise protsessi lihtsustatud ja kiirmeetodite ülevaade ja mõningate värviliste kujutiste defektide kõrvaldamise viisid.

Kogu materjali esitamisel on arvesse võetud fotoamatööri tööd

nii väikese arvu ülesvõtete kui ka värvifotokoopiate massilise valmistamise puhul.

Fotoamatööride hulgas alles suhteliselt vähe levinud pildistamine metallile, klaasile, marmorile ja muudele materjalidele on tinginud selle, et käsiraamatusse on võetud peamiselt praktilised juhendid neile materjalidele piltide saamiseks ja töölahuste retseptuur.

Käsiraamatusse ei ole võetud mõningaid eriotstarbelisi (röntgenograafia jne.) fotograafia alasid.

Käsiraamatu koostamisest võttis osa autorite kollektiiv järgmises koosseisus: D. Z. Bunimovitš, J. A. Jofis, M. D. Makover, J. P. Smirnõhh ja M. V. Streltsov.

Kirjastus palub lugejaid saata oma seisukohad raamatu suhtes ühes kriitiliste märkuste ja soovidega aadressil: Tallinn, Pärnu mnt. 10, Eesti Riiklik Kirjastus, tehnilise kirjanduse toimetus.

I osa

FOTOGRAAFILINE OPTIKA

VALGUS JA SELLE OMADUSED. FOTOMEETRILISED SUURUSED

Valguse iseloom

Valgus kujutab endast kiirgusenergiat, mis levib ruumis (vaakuumis) valgusallikast kiirusega umbes 300 000 km/sek.

Valguse olemuse ja tema levimise seletamisel lähtuti kuni 19. sajandini kahest eri teooriast. Esimene käsitas valgust ülipisikeste osakeste, korpusklite vooluna, mida kiirgab valgusallikas ja mis lendavad sirgjooneliselt igas suunas (korpuskulaarne teooria), teine teooria aga väitis, et valgus on üks laineliikumise liike, mille tekkimise põhjustab allika poolt väljasaadetav valgus (laineteooria).

Valguse laineliste omaduste täieliku seletuse andis Maxwelli poolt 19. sajandi keskpaiku loodud elektromagnetiline teooria, mille järgi valgus kujutab endast elektromagnetilisi laineid. Need omavad samaaegselt vahelduvaid elektri- ja magnetivälju, mis on jõult võrdsed ja suunalt vastastikku perpendikulaarsed. Elektri- ja magnetiväli on teineteisega lahutamatult seotud ja levivad ruumis.

Vaatamata nende teooriate näilikule vasturääkivusele on valgusel tänapäeva teoreetiliste kujutluste kohaselt üheaegselt nii korpuskulaarseid kui ka lainelisi omadusi ja sellepärast tuleb ühtede nähtuste (difraktsioon, interferents, polarisatsioon) seletamiseks kasutada valguse kui lainete mõistet, teiste nähtuste seletamiseks aga valguse kui osakeste voolu (valguse levimise sirgjoonelisus, valguse kiirgamise ja neeldumise seadused) mõistet.

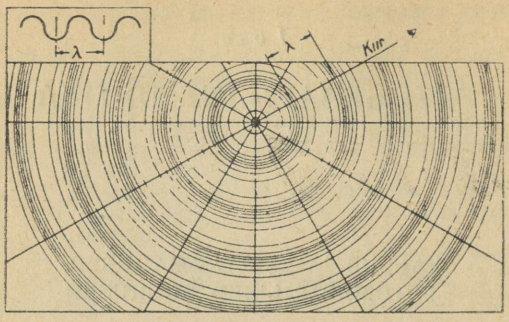
Joonisel 1 on antud valguslainete levimise skemaatiline kujutus.

Valguslainetel ei ole mitte rõngakujuline, nagu joonisel näidatud, vaid kerakujuline levimisvorm. Kerakujuliste ehk, nagu neid on hakatud kutsuma, sfääriliste valguslainete tsentriks on valgusallikas.

Vahemaad λ kahe naaberharja või -nõo vahel nimetatakse *lainepikkuseks*.

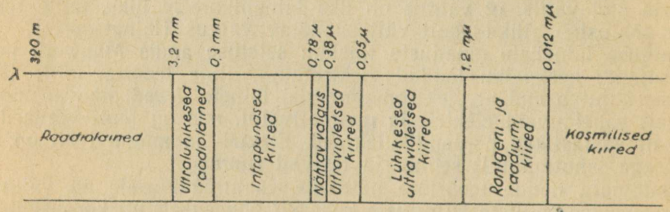
Ühe täisvõnke aega nimetatakse *võnkeperioodiks*, võnkumiste arvu ühes sekundis *võnkesageduseks*.

Ühest keskkonnast teise üleminekul valguse kiirus muutub. Näiteks on mingi läbipaistva ainega täidetud keskkonnas valguse kiirus väiksem kui tühjuses. Eriti mitmekesine on elektromagnetiliste lainete võnkumine; lainepikkused võivad esineda sajast miljondikust millimeetrist kuni sadade ja tuhandete meetriteni.



Joon. 1. Valguslainete levimise skemaatiline kujutamine.

Joonisel 2 on toodud mitmesuguste elektromagnetiliste lainete liigid. Sellest skaalast nähtub, et nähtavad kiired, mida meie silm tajub valgusena, moodustavad ainult väikese osa elektromagnetilistest lai-



Joon. 2. Elektromagnetiliste lainete pikkuste skaala.

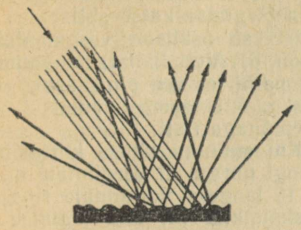
netest, mille lainepikkus on 780 mμ kuni 380 μm. Kogu päikese poolt kiiratavast energiast moodustab nähtav osa kõigest umbes 40%.

Valguse omadused

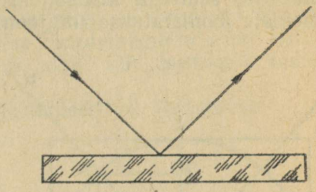
Valguse peegeldumine.

Kui ese, millel puudub endakiirgus, on nähtav eri vaatenurkadest, siis tähendab see, et ta peegeldab temale langevaid valguskiiri igas suunas. Valgustatud valget paberilehte või toaseina näeme mitmesuguste nurkade all. See seletub sellega, et kehadel, millel on matt või kare pind, on omadus valgust peegeldada hajutatult (difuusselt) (joon. 3).

Klaasil või mõnel muul poleeritud tasapinnal (joon. 4) on omadus peegeldamist suunata, s. t. peegeldada temale langevaid kiiri rangelt kindlaksmääratud suunas.



Joon. 3. Valguse hajutatud peegeldumine.



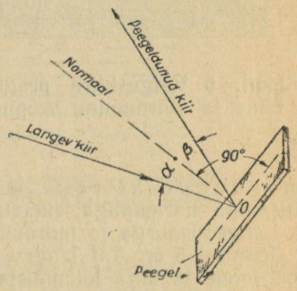
Joon. 4. Valguse peegeldumine klaasplaadilt.

Kui valguskiir suunata mingi nurga all peegelpinnale, siis peegeldumisel sellelt muudab kiir oma suunda peegliga **kokkupuute** punktis.

Peeglile suunatud kiirt (joon. 5) nimetatakse langevaks kiireks, punkti *O*, milles kiir puutub kokku peegelpinnaga — langemispunktiks. Ristjoont, mis on tõmmatud peegelpinnale langemispunktis, nimetatakse peegelpinna normaaliks.

Peegelpinnalt peegeldunud kiirt nimetatakse peegeldunud kiireks.

Nurka, mis moodustub langeva kiire ja peegli normaali vahel, nimetatakse langemisnurgaks; nurka peegli normaali ja peegeldunud kiire vahel nimetatakse peegeldumisnurgaks.



Joon. 5. Valguskiire peegeldumine tasapeeglilt.

Peegeldumises kehtib kaks peegeldumisseadust:

1) langemisnurk ja peegeldumisnurk on võrdsed;

2) peegelduv kiir asub ühes tasapinnas langeva kiirega ja peegelpinna normaaliga.

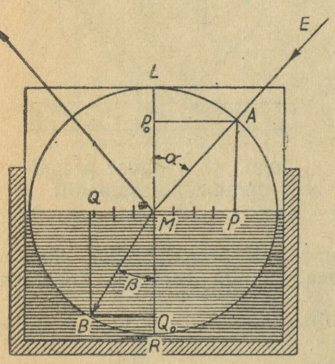
Pöörates peegeldavat pinda mingisuguse nurga võrra langeva kiire suhtes, pöördub ka peegelduv kiir samas suunas kaks korda suurema nurga võrra.

Valguse murdumine ja täielik sisepeegeldus

Valgusvihu esialgsest suunast kõrvalekaldumist üleminekul ühest keskkonnast teise nimetatakse valguse murdumiseks.

Valguse murdumist on kerge jälgida järgmise katse abil.

Lamedate seintega klaasanum täidetakse osaliselt veega. Valgele tagaseinale joonistatakse ringjoon (joon. 6). Vett kallatakse anumasse nii palju, et vee pind asuks ringi keskpunkti tasemel. Joon *LM* on veepinnaga risti.



Joon. 6 Valguskiire peegeldumine ja murdumine veepinnal.

Kui suunata kitsas kiirtevihk *E* mingi nurga all veepinnale niiviisi, et ta langeks veepinnale ringjoone keskpunktis *M*, siis jaguneb valgusvihk kahte ossa: esimene osa peegeldub suunas *MS*, teine osa aga tungib vette. Ent teine osa kiirtest ei levi endises suunas: kiirtevihk kaldub esialgsest suunast kõrvale, lähenedes ristjoonele *LR*. Kui muuta langeva kiirtevihu suunda, siis muutub ühtlasi ka vette tunginud kiirte suund. Kiirt, mis langeb murdvale pinnale, nimetatakse langevaks kiireks; nurka, mille moodustab langev kiir lahutuspinna normaaliga, nimetatakse langemisnurgaks. Oma esialgsest suunast kõrvale kaldunud kiirt nimetatakse murdunud kiireks; nurka mille moodustab murdunud kiir lahutuspinna normaaliga, nimetatakse murdumisnurgaks.

Langemisnurga ja murdumisnurga vahel on kindel sõltuvus.

Joonisel 6 on *AM* langev kiir, *MB* — murdunud kiir. Kui tõmmata ringjoone ja kiire lõikumispunktist *A* ristjoon *AP* ja murdunud kiire ning ringjoone lõikumispunktist *B* ristjoon *BQ*, siis leiame, et suhe $MP : MQ$ või langemisnurga α siinuse ja murdumisnurga β siinuse suhe ei sõltu nende nurkade suurusest ja jääb muutumatuks nurkade mistahes suuruste puhul, sõltudes ainult kokkupuutuvate keskkondade omadustest, s. o.

$$\frac{MO}{MQ} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

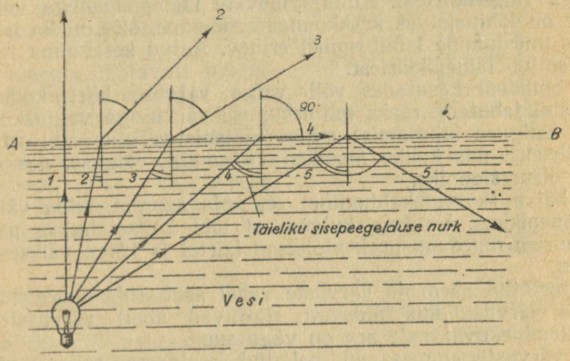
Seda suhet nimetatakse murdumisnäitajaks.

Murdumisnurk sõltub keskkonna murdvaist omadustest. Näiteks on õhu murdumisnäitaja 1,0003, s. o. ta võrdub peaaegu ühega (nagu tühjuses, milles ei toimu kiirte murdumist). See vahe on niivõrd väike, et seda tavaliselt ei arvestata ja õhu murdumisnäitaja võetakse tinglikult ühena. Murdumisnäitajat, mis on saadud mõõtmisel tühjuse suhtes, nimetatakse absoluutseks murdumisnäitajaks. Läbi-

paistva keskkonna murdumisnäitajat mingi teise läbipaistva keskkonna suhtes nimetatakse suhteliseks murdumisnäitajaks.

Selle tõttu, et mitmesuguse lainepikkusega kiired ühest läbipaistvast keskkonnast teise üleminekul levivad selles erinevate kiirustega ja omavad selles keskkonnas erinevat murdumisastet, teostatakse mõõtmisi rangelt püsivate tingimuste juures kiirtega, millel on kindel lainepikkus (monokromaatiline valgus) — tavaliselt Fraunhoferi «*D*»-joon, mis võrdub 589,3 mμ. Vee murdumisnäitaja on 1,33. Optilise klaasi murdumisnäitaja on 1,5 kuni 1,9; teemandi murdumisnäitaja on kuni 2,47.

Valguse murdumisseadused on formuleeritud järgmiselt.



Joon. 7. Valguse murdumine ja täielik sisepeegeldumine kiirte üleminekul ühest keskkonnast teise.

Valguskiired, tungides õhust teise läbipaistvasse keskkonda, kalduvad oma esialgsest suunast kõrvale seda rohkem, mida suurem on nende langemisnurk.

Langev ja murduv kiir on samas tasapinnas lahutuspinna normaaliga.

Kui valgusallikast, mis on asetatud tihedasse läbipaistvasse keskkonda, näiteks vette (joon. 7), langeb rida kiiri (*1*, *2*, *3*, *4* ja *5*) mitmesuguse nurga all hõredama keskkonna — õhu — lahutuspinnale *AB*, siis kiir *1*, mis langeb pinnale risti, ei murdu üleminekul veest õhku, teised kiired aga murduvad.

Langemisnurga suurendamisel suureneb ka murdumisnurk (kiired *2* ja *3*). Kui murdumisnurk on 90°, siis ei välju kiir veest, vaid kulgeb mööda selle pinda (kiir *4*).

Langemisnurga edasisel suurendamisel valgus ei välju veest üldse, vaid peegeldub lahutuspinnalt peegeldusseaduse kohaselt (kiir *5*) täielikult.

Kiire langemisnurka, mille puhul murdunud kiir moodustab pinna-

normaaliga 90°-se nurga, nimetatakse täieliku sisepeegelduse piirnurgaks ja nähet, mille puhul murdunud kiir moodustab pinna normaaliga 90°-se või suurema nurga, nimetatakse täielikuks sisepeegelduseks.

Täieliku sisepeegelduse nähet kasutatakse fotoaparaatides eriti kaugusmõõdikute peegelprismade arvutlustes (vt. lk. 77—80), milles on kõrvaldatud valgusenergia murdumiskaod valguse peegeldumisel peegeldamispindadelt.

Valguse dispersioon *

Hariliku valge valguse kiir koosneb hulgast mitmesuguse lainepikkusega valguskiirtest. Kuna erinevate lainepikkustega valguskiirte levimine on läbipaistvas keskkonnas erisugune, siis on ka nende valguskiirte murdumine lahutuspiiril erinev. Antud keskkonna murdumisnäitaja sõltub lainepikkusest.

Seda omadust kasutades võib valge valguse kiirt kolmetahulise prisma abil lahutada reaks mitmesuguse värvusega valguskiirteks.

Valge valguse lahutamist mingi läbipaistva aine abil värvilisteks valguskiirteks, mis kokku moodustavad valge valguse, nimetataksegi valguse dispersiooniks.

Kiire hälve (kõrvalekaldumine) on seda suurem, mida väiksem on tema lainepikkus. Valguse kulgemisel läbi kolmetahulise prisma on kõige suurem murdumisnurk violetseil kiirtel ja kõige väiksem punastel kiirtel.

Ülalnimetatud äärmiste värvuste vahel asub rida suure hulga varjunditega värvusi, mis pidevalt siirduvad ühelt värvuselt teisele. Nende üleminekuvärvuste arv on väga suur.

Kogu värvustegammast on hakatud eraldama seitset põhi- ehk peavärvust: punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, tumesinine, violett. Kogu värvusteriba kannab spektri** nimetust.

Tabel 1

Lainepikkus (mμ)	Värvus	Lainepikkus (mμ)	Värvus
780—620	Punane	510—480	Helesinine
620—585	Oranž	480—450	Tumesinine
585—555	Kollane	450—380	Violett
555—510	Roheline		

Fotomeetrilised suurused

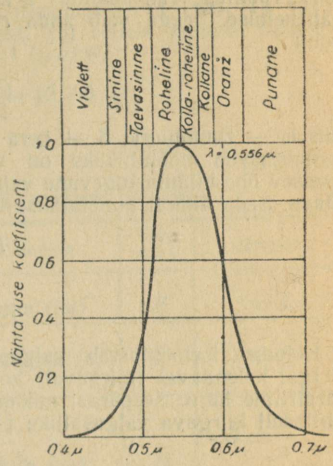
Nägemisaistingu intensiivsus sõltub nii valgusenergia üldisest hulgast, mis satub silma teatud ajaühiku vältel, kui ka valguse lainepikkusest. Nii näiteks silma langeva ühesuguse valgusenergia hulga

* Dispergere (lad.) — hajutama
** Spectrum (lad.) — nägemus

juures näib kollakasroheline valgus kõige eredamana, punane ja violetne tunduvalt nõrgemana ja, lõpuks, lainepikkuse edasisel suurenemisel või vähenemisel lakkab valgus olemast nähtav.

Joonisel 8 on toodud graafik nägemisköveraga, mis näitab erinevate lainepikkustega valguskiirte mõjuastet silmale, kusjuures kiirgava energia hulgad on võrdsed. Graafikus on horisontaalil lainepikkused ja neile vastavad värvused, vertikaalil aga suhteline nähtavus. Graafikust nähtub, et silmale mõjub kõige intensiivsemalt valgus, mille lainepikkus $\lambda = 556$ mμ. See suurus on võetud põhiühikuks.

Kiirgusenergia nähtavate valguskiirte mõõtmist nimetatakse fotomeetriaks. Fotomeetrilised põhisuurused, mida fotograafias alaliselt kasutatakse, on a) valgusallika valgustugevus, b) valgusvoog, c) heledus (heledustihedus) ja g) valgustustihedus.



Joon. 8. Erinevate lainepikkustega valguskiirte mõju silmale.

Valgustugevus

Valgusallika valgustugevuse mõõtühikuks on võetud uus küünal (lühend c=candela), mis on $^1/_{60}$ sellest valgustugevusest (normaali suunas), mis saadakse absoluutselt musta keha 1 cm²-selt pinnalt plaatina tardumise temperatuuril (1773,5°). Valgustugevust tähistatakse tähega I.

Märkus: Kuni 1948. a. kasutati valgustugevuse mõõtühikuna Hefneri küünalt, mis võrdus umbkaudu 0,86 uuele küünlale.

Valgusvoog

Valgusvooks nimetatakse kiirgusenergia võimsust, mida mõõdetakse tema poolt tekitatava valgusaistingu tugevuse järgi.

Teades valguse levimise sfäärilist iseloomu, võime öelda, et täielik valgusvoog, mida saadakse ühtlasest punktikujulisest valgusallikast, on $F = 4\pi r^2 I$.

Kui võtta kera, mille raadius $r = 1$ m, siis ruuminurka, mille tipp asub kera tsentris, mõõdetakse kera pinna osaga, mille ta välja lõikab kera üldpinnast. Terve kera pind võrdub $4\pi r^2$; kera, mille raadius $r = 1$, kogupind võrdub 4π, seega ühe punkti ümber olev terve ruuminurk võrdub 4π.

Ruuminurga mõõtühikut defineeritakse kui nurka, millele vastava

sfäärilise pinna suurus võrdub tema raadiuse ruuduga. Seda ühikut nimetatakse steradiaaniks. 1 steradiaani suurune ruuminurk lõikab 1 m raadiusega kerast 1 m² suurusega pinna.

On loomulik, et kui kahekordistada pinda, siis kahekordistub ka nurk, raadiuse vähendamine 2 korda aga tingib ruuminurga 4-kordse vähenemise. Seega võib anda ruuminurgale ka teistsuguse definitsiooni:

$$\omega = \frac{S}{r^2},$$

kus ω — ruuminurk, S — kera pind ja r — kera raadius.

Valgusvoo mõõtühikuks on valgusvoog, mida ruuminurga tipus asetsev ühe küünla tugevune valgusallikas kiirgab ruuminurka 1 steradiaan. Seda ühikut nimetatakse luumeniks (*lm*). Seega

$$F = I\omega.$$

Heledus

Heledus iseloomustab valgusvoogu, mis kiirgub antud suunas. Igal helendaval (kiirgaval) kehal on alati kindlad mõõtmed ja geomeetriline kuju. Seepärast mõõdetakse heledust pinnanormaali suunas ühtlaselt kiirgava valgusallika pinna ühiku kaudu.

$$B = \frac{I}{s},$$

ja kiirgava pinna kaldasendi puhul

$$B = \frac{I}{s \cos \alpha},$$

kus B — heledus, I — valgustugevus küünlais, s — kiirgava pinna suurus ruutsentimeetrites, α — kiirgava pinna kaldenurk.

Heleduse mõõtühikuks on stilb (sb), mis võrdub 1 c/cm².

Et stilb on väga suur ühik, mida mitte-isehelenduvad valgusallikad harva saavutavad, siis leiab laiemat kasutamist apostilb (asb), mis võrdub absoluutselt valge, ideaalselt hajutava pinna heledusega, mille pinnavalgustus on 1 luks. Üks stilb võrdub 31 400 apostilbiga.

Valgustustihedus

Erinevalt valgusallika heledusest, mis on valgusallikast väljasaadetava (kiirgava) valguse mõõduks, on valgustustihedus pinnale langeva valguse mõõduks.

Valgustustiheduse mõõtühikuks on lm/m². Seda ühikut nimetatakse luksiks (lx).

Seega on luks 1 m² suuruse pinna valgustus, mille tekitab valgusallikas, mis kiirgab 1 lm suuruse valgusvoo, või 1 m raadiusega kera pinnale langev valgustus, mille tekitab 1 c suurune punktikujuline valgusallikas.

Valgustustihedust võib väljendada valemiga

$$E = \frac{F}{S} = \frac{I\omega}{S} = \frac{I}{\pi r^2}.$$

Teine valgustustiheduse ühik kannab nimetust **fott (ph)**. Ta väljendab 1 cm^2 suuruse pinna valgustust, kui sellele pinnale langeb 1 lm suurune valgusvoog, s. t. 1 ph = 1 lm/cm^2.

Kuna 1 $cm^2 = \frac{1}{10\,000}$ m^2, siis 1 ph = 10 000 lx.

Tabel 2

Fotomeetrilised põhisuurused ja nende olenevus

Suurus	Definitsioon	Mõõtühik	Tingmärk	Võrrand
Valgusvoog	Luumen	Luumen (lm)	F	$F = I\omega$
Valgustugevus	Luumen steradiaanides	Uus küünal (c)	I	$I = \frac{F}{\omega}$
Heledus	Küünal pinnaühiku suhtes või luumen steradiaanides pinnaühiku suhtes	Stilb (sb)	B	$B = \frac{I}{s}$ $B = \frac{F}{s\omega}$
Valgustustihedus	Luumen pinnaühikule	$\frac{lm}{m^2}$ = luks (lx)	E	$E = \frac{F}{S} = \frac{I}{\pi r^2}$
		$\frac{lm}{cm^2}$ = fott (ph)	Φ	
Ruuminurk	Nurk, mis lõikab kerast, mille raadius $r = 1$, pinna, mille suurus võrdub ühe ruutühikuga	Steradiaan	ω	$\omega = \frac{S}{r^2}$
Pindala	Valgustava pinna suurus	cm^2	s	—
Pindala	Valgustatava pinna suurus	m^2	S	—
Kaugus	Valgusallika kaugus ekraanist	m	d	—

Valgustustihedus kahaneb valgusallika ja ekraani vahelise kauguse suurenemisel ja suureneb selle vähenemisel. Seda sõltuvust väljendab järgmine valem:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}.$$

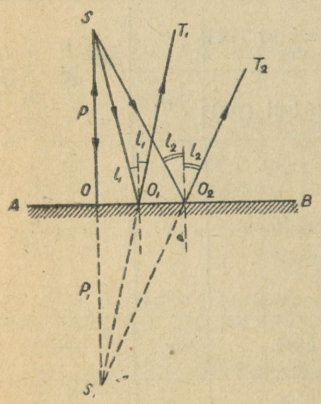
Valgustustihedus on punktikujulise valgusallika korral pöördvõrdeline ekraani ja valgusallika vahelise kauguse ruuduga.

GEOMEETRILISE OPTIKA PÕHIMÕISTEID

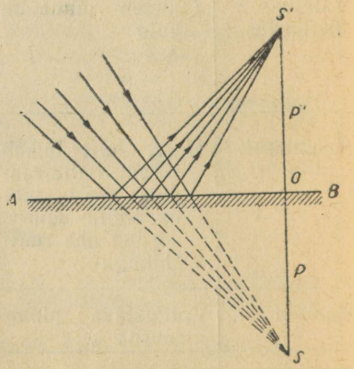
Tasapeeglid

Lihtsaimaks optiliseks riistaks on peegel, mis endast kujutab lamedat siledat peegeldavat pinda. Joonisel 9 vaadeldakse kiirtevihu peegeldumist tasapeeglilt *AB*. Kiir *SO* langeb pinnale normaali suunas; ta langemisnurk on null. See kiir peegeldub peeglilt suunas *OS*.

Kui ehitada võrdsed langemis- ja peegeldumisnurgad kiirtele SO_1 ja SO_2 ning jätkata peegeldunud kiiri O_1T_1 ja O_2T_2 peegli taha kuni nende lõikumiseni, siis võib lihtsa, geomeetrilisest ehitusest järgneva arutlusega tõestada, et kõigi peegeldunud kiirte pikendused lõikuvad ühises punktis S_1, mis asub kaugusel P_1 peegli taga, kusjuures



Joon. 9. Kiirtevihu peegeldumine tasapeeglilt.



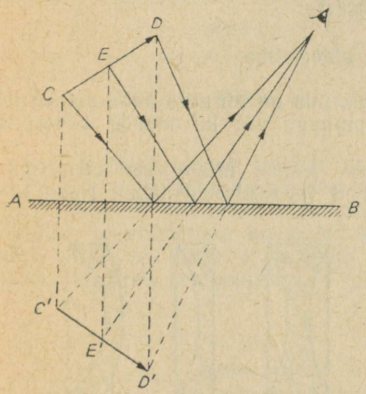
Joon. 10. Hajuva homotsentrilise kiirtekimbu peegeldumine tasapeeglilt.

$P_1 = SO$. Kõigi teiste kiirte pikenduste lõikepunkt S_1 on punkti S kujutis peeglis.

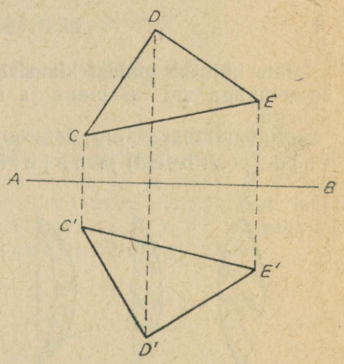
Kujutis on näiline * (ebakujutis), sest vaatlejale näivad kiired väljuvat punktist S_1. Tegelikult nad aga seal ei lõiku.

Kui muuta kiirte suund vastupidiseks (joon. 10), kujutledes homotsentrilist, läätse abil saadavat kiirtekimpu **, mis koondub ühises punktis S, jääb konstrueerimine samasuguseks.

Kui selle kiirtekimbu teele asetada tasapeegel, siis kogu kiirtekimp peegeldub ja koondub peegli ees punktis S'.



Joon. 11. Kujutise tekkimise skeem peeglis.



Joon. 12. Tasapinnalise kujundi kujutise skeem peeglis.

Antud juhul S' on tõeline punkt, punkt S aga, mis näib esemena, on näiline. Sirglõik — nool CD (joon. 11), mis on asetatud peegli ette, peegeldub sama pika sirglõigu $C'D'$ kujul. Kui ehitada lõigu C ja D tippude kujutised, siis on hõlpus tõestada, et iga vahepealse punkti E kujutis peab asuma sirgel $C'D'$.

Samuti kujutab peegel meelevaldset tasapinnalist kujundit (joon. 12) sellega võrdsena, kusjuures üks tema suundi on alati vastupidine kujundi suunale.

Esemeid ja nende peegelkujutisi, mis on võrdsed oma mõõtmetelt,

* Kujutise punkti nimetatakse näiliseks, kui kiired tegelikult seda punkti ei läbi, vaid lõikuvad selles ainult kiirte geomeetrilised pikendused. Kui aga kiirtekimbu koonduvad kiired lõikuvad nende geomeetrilises tsentris tegelikult, siis nimetatakse kujutist tõeliseks.

** Kimpu, mille kiired koonduvad ühes tsentris, nimetatakse koonduvaks homotsentriliseks kimbuks ja, vastupidi, kimpu, mille kiired hajuvad ühisest tsentrist — valguspunktist, nimetame hajuvaks homotsentriliseks punktiks.

ei ole võimalik ühitada omavahel ümberpaigutamise või pööramise teel. Kui on vaja saada eseme õige, mitte aga peegelkujutis, siis kasutatakse peegeldamiseks kaht või mõnd muud paarisarvulist hulka peegleid, kusjuures teine peegel muudab esimese peegli pööratud kujutise esialgseks peegelduseks. Niisugust kujutist nimetatakse k o n g r u e n t s e k s.

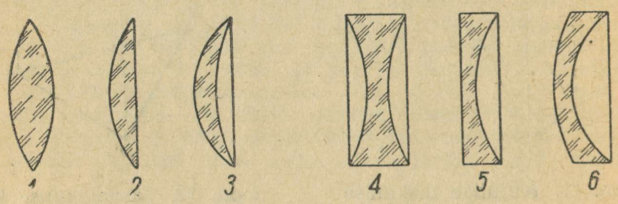
Tasapeegli peegeldusprintsiipi rakendatakse terves reas aparaatides (kaugusmõõdikud, peegelkaamerad, peegelvisiirid jne.).

Läätsed

Läätsede karakteristika

Lääts kujutab endast klaasist keha, mis on piiratud kahe poleeritud kerapinnaga või tasapinna ja kerapinnaga või ka muude kõverpindadega.

Sõltuvalt läätse piiravate pindade kujust eristatakse k o o n d a v a i d (positiivseid) ja h a j u t a v a i d (negatiivseid) läätsi (joon. 13).



Joon. 13. Läätsede liigid.

K o o n d a v a d l ä ä t s e d: *1* — kaksikkumer, *2* — tasakumer, *3* — nõguskumer; h a j u t a v a d: *4* — kaksiknõgus, *5* — tasanõgus, *6* — kumernõgus.

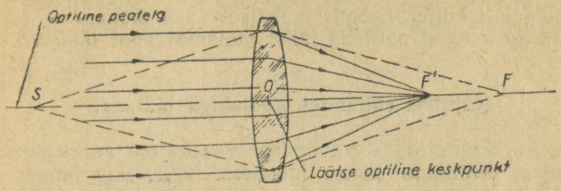
Koondavate läätsede hulka kuuluvad läätsed, mis on keskkohalt paksemad kui äärtelt; hajutavate läätsede hulka aga kuuluvad läätsed, mille ääred on paksemad kui keskkoht. Koondavad läätsed jagatakse omakorda kaksikkumeraiks, tasakumeraiks ja nõguskumeraiks; hajutavad läätsed — kaksiknõgusaiks, tasanõgusaiks ja kumernõgusaiks.

Koondavate läätsede iseloomustavaks omaduseks on võime koondada temale langevaid kiiri ühte teisel pool läätse asetsevasse punkti.

Läätse põhielemendid on a) o p t i l i n e p e a t e l g — sirge, mis läbib läätse piiravate kerapindade kõverustsentrid, b) o p t i l i n e t s e n t e r (keskpunkt) *O* — punkt, mis kaksikkumeral või kaksiknõgusal (ühesuguste raadiustega) läätsel asub optilisel teljel läätse sees (tema keskkohas) ja mida kiired läbivad sihti muutmata.

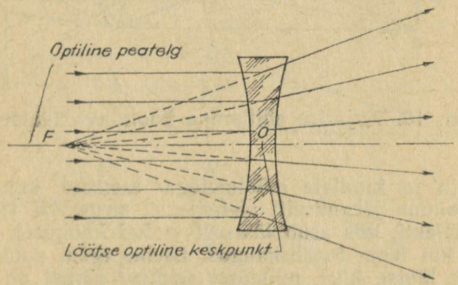
Kui asetada teatavale kaugusele koondava läätse ette valguspunkt *S* (joon. 14), siis valguskiir, mis suundub mööda telge, läbib läätse

murdumata, kiired aga, mis ei läbi tsentrit, murduvad optilise telje suunas ja lõikuvad sellel punktis *F*, mis on punkti *S* kujutis. Seda punkti nimetatakse *kaasfookuseks* ehk lihtsalt *fookuseks* (tulipunktiks).



Joon. 14. Kiirte kulgemine läbi koondava läätse.

Kui läätsele langeb valgus väga kaugel asuvast valgusallikast, mille kiiri võib kujutada paralleelselt kulgeva kiirtevihuna, siis pärast läätse läbimist murduvad kiired suurema nurga all ja punkt *F* nihkub optilisel teljel läätsele ligemale. Antud tingimustes nimetatakse läätsest väljuvate kiirte lõikepunkti p e a f o o k u s e k s *F'* ja kaugust läätse tsentrist peafookuseni — p e a - f o o k u s k a u g u s e k s.



Joon. 15. Kiirte kulgemine läbi hajutava läätse.

Hajutavale läätsele langevad kiired (joon. 15) murduvad läätsest väljumisel läätse äärte suunas, s. o. hajuvad. Kui neid kiiri pikendada vastassuunas nõnda, nagu näidatud joonisel (punktiirjoonega), siis koonduvad nad mingis punktis *F*, mis on selle läätse fookuseks. Seda fookust nimetatakse ebafookuseks.

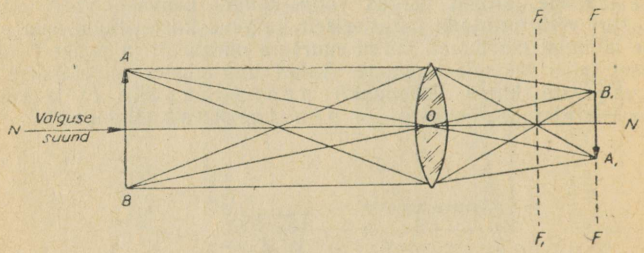
Optilisel peateljel asuva fookuse kohta öeldu on võrdsel määral kehtiv ka nendel juhtudel, kui punkti kujutis asub optilisel k õ r v a l - ehk k a l d t e l j e l, s. o. joonel, mis kulgeb läätse tsentrist teatud nurga all optilise peatelje suhtes.

Tasapinda, mis on perpendikulaarne optilise peateljega ja asub objektiivi peafookuses, nimetatakse p e a - f o k a a l p i n n a k s, kõrvalfookuses asuvat aga lihtsalt f o k a a l p i n n a k s.

Koondavad läätsed võivad olla suunatud esemele ükskõik kumma küljega, mille tõttu kiired võivad pärast läätse läbimist koonduda nii ühel kui ka teisel küljel. Seega on läätsel kaks fookust — eesmine ja tagumine. Nad asuvad optilisel teljel mõlemal pool läätse.

Kujutise ehitamine koondava läätsega

Läätsede karakteristikaga tutvumisel vaatlesime valguspunkti kujutise ehitamise printsiipe läätse fookuses. Kiir, mis langeb läätsele vasakult, läbib tema tagumise fookuse, paremalt langev kiir läbib aga eesmise fookuse. Tuleb arvesse võtta, et hajutavail läätsedel, vastupidi, asub tagumine fookus läätse ees ja eesmine taga.



Joon. 16. Kujutise ehitamine koondava läätse abil.

Kindla kuju ja kindlate mõõtmetega esemete kujutise ehitamine läätse abil toimub järgmiselt: oletame, et sirge AB (joon. 16) kujutab endast objekti, mis asub läätsest teatud kaugusel, mis on tunduvalt suurem kui tema fookuskaugus. Eseme igast punktist läheb läbi lõpmatu hulk läätse kiiri, milledest selguse pärast on joonisel kujutatud ainult kolme kiire käik.

Kolm kiirt, mis väljuvad punktist A ja läbivad läätse, lõikuvad punktis A_1; samuti lõikuvad punktis B_1 punktist B väljuvad kiired.

On täiesti ilmne, et kiired, mis väljuvad objekti AB mistahes punktist, murduvad läätse läbides ja lõikuvad vastavais punktides tasapinnal A_1B_1, moodustades kujutise. Saadud kujutis on tõeline ja ümberpööratud.

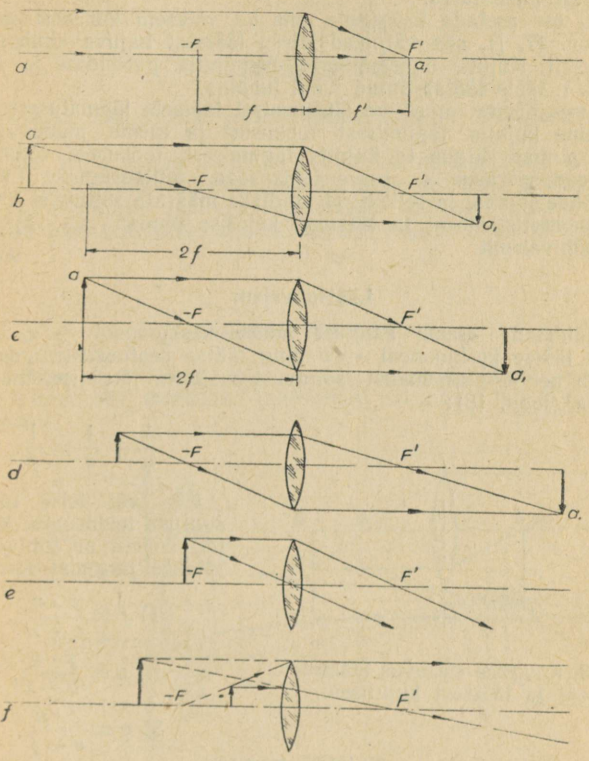
Antud juhul saadakse kujutis kaasfookuses fokaalpinnal FF; see asub pisut eemal pea-fokaalpinnast F_1F_1, mis kulgeb temaga paralleelselt läbi peafookuse.

Joonisel 17 on toodud läätsest mitmesugustel kaugustel asuvate esemete kujutiste ehitamise erinevad juhud.

1) Kui ese asub läätsest lõpmata kaugel, siis tekib ta kujutis

läätse tagumises fookuses F' (joon. 17, *a*) ja on tõeline, ümberpööratud ja vähendatud, sarnanedes punktiga.

2) Kui ese on läätsele lähemale toodud (joon. 17, *b*) ja asub kaugusel, mis on siiski suurem kui läätse kahekordne fookuskaugus, siis



Joon. 17. Eseme kujutiste ehitamise mitmesugused juhud.

on tema kujutis tõeline, ümberpööratud ja vähendatud ning asub peafookuse ja kahekordse fookuskauguse vahel.

3) Kui ese asub läätsest kahekordsel fookuskaugusel (joon. 17, *c*), siis saadud kujutis asub teisel pool läätse temast kahekordsel fookuskaugusel. Kujutis on tõeline, ümberpööratud ja esemega võrdse suurusega.

4) Kui ese asub e e s m i s e fookuse ja kahekordse fookuse vahel

(joon. 17, *d*), siis asub kujutis tagapool kahekordset fookuskaugust ja on tõeline, ümberpööratud ning suurendatud.

5) Kui ese asub läätse esimeses peafokaalpinnas (joon. 17, *e*), siis kiired, mis läbivad läätse, kulgevad paralleelselt ja kujutis võib tekkida ainult lõpmatuses.

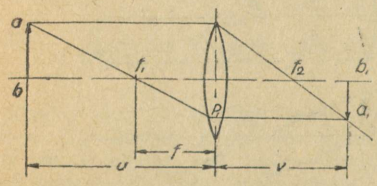
6) Kui ese asetada kaugusele, mis on väiksem kui peafookuskaugus (joon. 17, *f*), siis väljuvad kiired läätsest hajuva kimbuna ega lõiku kuskil. Kujutis on sealjuures ebakujutis, päripidine ja suurendatud, s. t. lääts töötab antud juhul luubina.

Seejuures näeme, et eseme lähenemisel läätsele lõpmatusest eemaldub eseme kujutis tagumisest fookusest ja eseme jõudes esimese fookuse pinnani liigub ta kujutis tagumisest fookusest lõpmatusse.

See seaduspärasus on suure tähtsusega mitmesuguste fotograafiliste tööde juures, ja selleks, et kindlaks määrata sõltuvust kauguste vahel esemest läätseni ja läätsest kujutise pinnani, on vaja tunda läätse põhivalemit.

Läätse valem

Kui tähistada eseme kaugust läätse keskjooneni — u, kujutise kaugust läätse keskjooneni — v ning läätse peafookuskaugust — f, siis võib nende vastastikust sõltuvust määrata järgmise, nn. läätse valemiga (joon. 18):



Joon. 18. Kauguse sõltuvus läätsest esemeni ja läätsest kujutiseni.

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}.$$

Ühe või teise tundmatu suuruse leidmiseks, kui kaks teist suurust on tuntud, kasutatakse järgmisi võrrandeid:

$$1)\ f=\frac{v\cdot u}{v+u};$$

$$2)\ u=\frac{f\cdot v}{v-f};$$

$$3)\ v=\frac{f\cdot u}{u-f}.$$

Kujutise mastaap

Kujutise mastaabiks (m) nimetatakse kujutise joonsuuruse suhet eseme joonsuurusega. Seda suhet võib kaudselt väljendada murruga $\frac{v}{u}=m$, kus v — kujutise kaugus läätsest; u — eseme kaugus läätsest.

Siin on m vähenduskoefitsient, s. o. arv, mis näitab, mitu korda on kujutise joonsuurus väiksem eseme tegelikust joonsuurusest.

Arvutuspraktikas on seda suhet hoopis soodsam väljendada suurustes u ja f või suurustes v ja f, kus f on läätse fookuskaugus.

$$R=\frac{f}{u-f};\quad R=\frac{v-f}{f}.$$

Näide. Leida fotoaparaadist 2,5 m kaugusel asuva eseme kujutise mastaap. Objektiivi fookuskaugus on 50 mm.

$$R = \frac{f}{u - f} = \frac{50}{2500 - 50} = \frac{1}{49}.$$

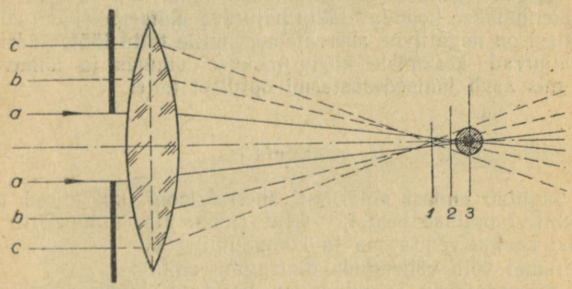
Lihtläätse vead

Tänapäeva fotograafia esitab eseme kujutise kvaliteedile kõrged nõuded.

Kujutis, mille annab lihtlääts, ei rahulda neid nõudeid mitme puuduse tõttu. Enamik puudusi kõrvaldatakse sel teel, et objektiiv kui tsentraalne optiline süsteem koostatakse läätsede vastava komplekteerimise teel. Lihtläätsedega saadavatel kujutistel on mitmesuguseid puudusi.

Sfääriline aberratsioon

Sfääriline aberratsioon seisab selles, et valguskiired, mis läbivad läätse äärmisi osi, murduvad tugevamini kui kiired, mis läbivad läätse keskpunkti.



Joon. 19. Sfääriline aberratsioon ja selle vähendamine diafragmeerimise abil.

Selguse mõttes võtame kolm kiirterühma, mis läbivad läätse pinna erinevaid tsoone (joon. 19): *a* — läätse keskosa läbivad kiired; *b* — läätse keskosa ja ääre vahelist ala läbivad kiired; *c* — läätse ääri läbivad kiired.

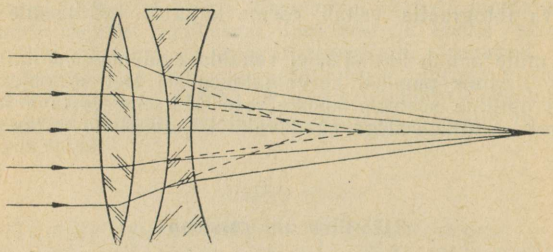
Kõige äärmisemad kiired (*c*) kui kõige tugevamini murduvad kiired lõikuvad pärast läätsest väljumist optilisel teljel punktis *1*.

Kiired *a*, mis läbivad läätse keskosa, murduvad kõige vähem ja lõikuvad teljel tunduvalt kaugemal läätsest punktis *3*.

Vahepealset ala läbivad kiired *b* lõikuvad mingis vahepealses punktis *2*, mis asub punktide *1* ja *3* vahel.

Antud juhul on eseme teravat kujutist võimatu saada, sest ühe tsooni kiirte poolt moodustatud punkti teravale kujutisele langeb nende hajutatud kiirte ketas, millede fookus asub teises tasapinnas.

Kui sfäärilise aberratsiooni vähendamiseks tõkestada läbi läätse äärte minevate kiirte teed (vt. joon. 19) diafragmaga, siis muutub kujutis teravaks, kuid seejuures kulgeb läbi läätse vähem valguskiiri, mistõttu kujutise heledus tunduvalt väheneb.



Joon. 20. Sfäärilise aberratsiooni kõrvaldamine.

Optilistes süsteemides kõrvaldatakse sfääriline aberratsioon sel teel, et ühendatakse koondav lääts hajutava läätsega (joon. 20). Hajutaval läätsel on negatiivne aberratsioon, mille tõttu läätse ääri läbivad kiired kalduvad keskmiste kiirte fookuse suunas ja lõikuvad ühes punktis, mis asub läätsedesüsteemi optilisel teljel.

Koma

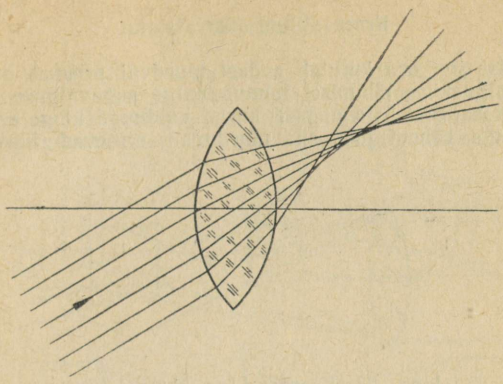
Koma kujutab endast sfäärilist aberratsiooni, kui kiired langevad läbi objektiivi optilise peatelje viltu (joon. 21), mille tõttu kujutise tasapinnal saame venitatuna ja komakujulisena.

Koma nähet võib vähendada diafragma abil.

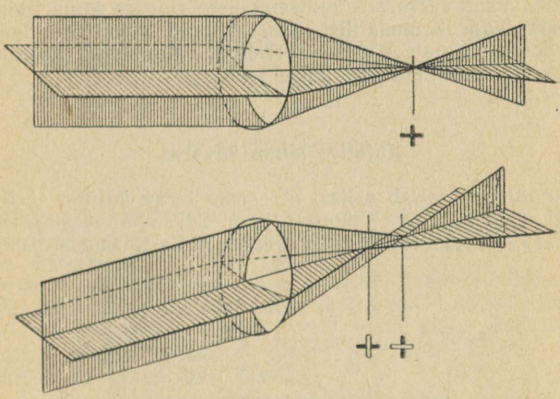
Koma parandatakse koondava ja hajutava läätse kombineerimise teel.

Astigmatism

Astigmatism kujutab endast kõige kahjulikumat ja sealjuures kõige raskemini kõrvaldatavat aberratsiooni liiki. Astigmatism esineb läbi läätse kaldsuunas kulgevate valguskiirte kimbu puhul. See nähe seisab selles, et lääts ei koonda valguse ühisest punktist lähtuvaid horisontaalseid ja vertikaalseid kaldkiiri ühte ühisesse fookusse, vaid kahte eraldi tasapinda (joon. 22). Näiteks annab lääts risti kujutise kahe vastastikku perpendikulaarse joone kujul, mis asetsevad erine-



Joon. 21. Koma.

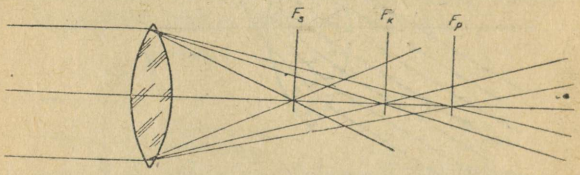


Joon. 22. Astigmatism.

vais fokaalpindades, s. t. ristjooned ei ole ühevõrra selged. Astigmatism on kõrvaldatav vastavate läätsede ja klaasisortide valikuga. Objektiive, millel astigmatism on kõrvaldatud, nimetatakse anastigmaatideks.

Kromaatiline aberratsioon

Kuna läätse iga osa kujutab endast murdvat prismat, siis on loomulik, et valguskiire läbimisel toimub valge segavalguse lahutamine tema koostisosadeks. Et violetsed kiired kalduvad kõige enam, punased aga kõige vähem jne., siis murduvad erinevad kiired läätsest

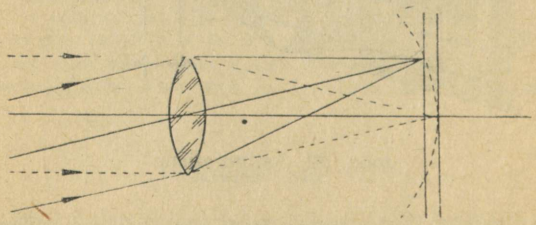


Joon. 23. Kromaatiline aberratsioon.

väljumisel erineva nurga all ja lõikuvad eri fookustes (joon. 23). Seega on võimatu valgest helendavast punktist teravat kujutist saada. Selle kujutis tekib terve rea kontsentriliste ringide kujul, mis on erinevate värvidega. Kromaatilist aberratsiooni võib parandada erinevate murdumisnäitajatega klaasisortidest valmistatud koondavate ja hajutavate läätsede kombineerimise teel.

Kujutise pinna kõverus

Nähtuse olemus seisab selles, et eseme terav kujutis ei teki mitte tasapinnal, vaid sfäärilisel pinnal (joon. 24), s. t. telg- ja kaldkiirte fookused asuvad erinevail fokaalpindadel. Selle tulemusel saame nega-

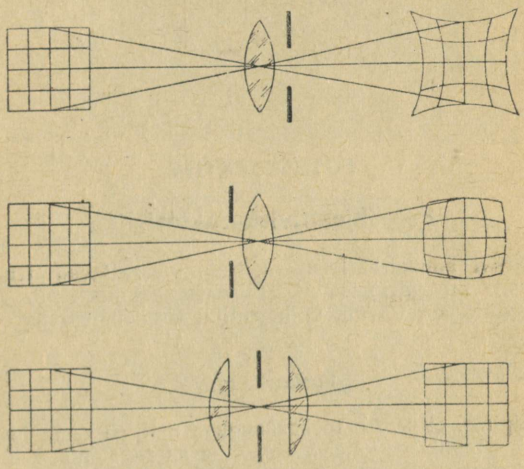


Joon. 24. Kujutise pinna kõverus.

tiivil teravana kujutise keskosa, äärmised osad aga jäävad ebateravaks või, vastupidiselt, äärealad on teravad ja kujutise keskosa on ebaterav.

Distorsioon

See läätsede puudus seisab selles, et eseme sirged jooned muutuvad kujutisel kõveraks, ja seda enam, mida kaugemale keskosast. Nii võtab ruut kujutisel tünni- või padjataolise kuju.
Joonte kõverdumise iseloom sõltub diafragma asendist (joon. 25).



Joon. 25. Distorsioon.

Kui diafragma paigutada läätse ette, siis tekib vaadikujuline distorsioon, kui aga diafragma paigutada läätse taha, siis tekib padjakujuline distorsioon.
Distorsioon kõrvaldatakse kahe läätse sümmeetrilise paigutamisega, kui läätsede vahele asetatakse diafragma. Läätsede ja diafragma taolisel kombineerimisel kompenseerib teine lääts oma vastassuunalise kõverdumisega esimese läätse tekitatud joonte vaaditaolise kõverdumise ja annab õige kujutise.

II osa

FOTOAPARAAT

FOTOOBJEKTIIV

Fotoobjektiivi karakteristika

Fotoobjektiivi põhikarakteristikad, mis määratlevad tema kasutamisvõimalusi, on järgmised: 1) fookuskaugus, 2) valgusjõud, 3) nägemisnurk ja pildiväli, 4) objektiivi sügavusteravus.

Fookuskaugus

I osas nägime, et läätse fookuskauguse määrab tema fookuse kaugus läätse keskpunktist, kuid see on õige ainult sümmeetriliste pindadega kaksikkumera või kaksiknõgusa läätse puhul. Enamasti ei asu optiline keskpunkt ehk sõlmpunkt mitte objektiivi tsentris. Vahel võib ta asuda optilisel teljel väljaspool objektiivi. Seepärast ei saa kasutada asjaarmastajate praktikas esinevat objektiivi fookuskauguse määramise viisi, kus objektiivi fookuskaugus määratakse kauguse mõõtmisega objektiivi keskosast küllaldaselt kauge eseme kujutise parima teravuse tasapinnani.

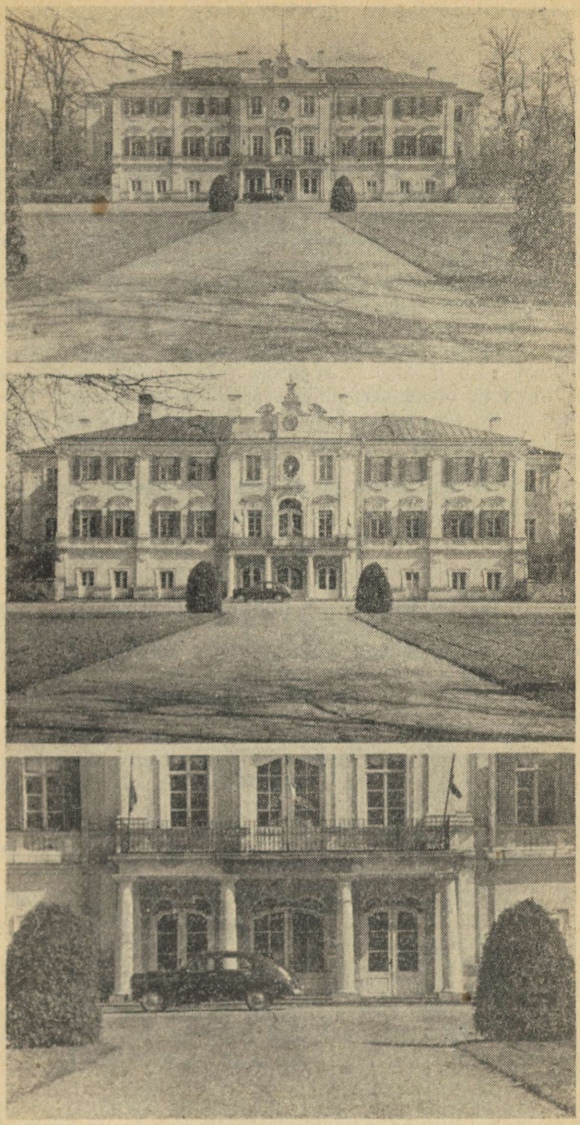
Fotoobjektiivide fookuskaugus graveeritakse objektiivi raamistisele (näit. $F = 50$ mm).

Fookuskaugus on tähtis tegur, millest sõltub kujutise suurus. Kui eseme ja läätse vaheline kaugus on ühesugune, annab objektiiv, mille fookuskaugus $F = 100$ mm, kaks korda suurema kujutise kui objektiiv, mille fookuskaugus $F = 50$ mm.

Erinevate fookuskaugustega objektiivide kasutamine võimaldab pildistada ühest ja samast punktist erinevate mastaapidega. Võimalus kasutada mitmesuguste fookuskaugustega objektiive omandab erilise tähtsuse neil juhtudel, kui pildistamistingimused ei luba pildistatavale esemele läheneda vajalikule kaugusele või sellest eemalduda.

Joonisel 26 on toodud kolm ülesvõtet, mis on tehtud erinevate fookuskaugustega objektiividega, kusjuures objektiivi ja eseme vaheline kaugus on jäänud muutumatuks.

Tavalistes pildistamistingimustes kasutatakse harilikult objektiivi, mille fookuskaugus võrdub ligikaudu pildi diagonaaliga.



Joon. 26. Samalt kauguselt tehtud ülesvõtted:
a — lainurk-objektiiviga, $F = 35$ mm; *b* — normaalobjektiiviga, $F = 50$ mm; *c* — teleobjektiiviga, $F = 105$ mm.

Objektiivi fookuskauguse võib küllaldase täpsusega määrata järgmiselt.

1. Kahekordse lõõtsa pikkusega kaamerate puhul.

Valgele paberilehele joonistatakse kaks paralleelset joont, mis asetsevad teineteisest teatud kaugusel (30—40 mm). Aparaat paigaldatakse nii, et objektiivi optiline telg oleks perpendikulaarne paberi tasapinnaga. Aparaadi eemaldamise või lähendamisega objektile, teravustades samaaegselt kujutist mattklaasi järgi, saavutatakse niisugune asend, kus kujutise mõõtmed vastavad täpselt eseme mõõtmetele. Niisuguses asendis saadud kaugus objektiivi ja mattklaasi vahel jagatakse neljaks. Saadud arv näitab fookuskauguse suurust küllaldase täpsusega.

2. Kaameratel, millel puudub mattklaas ja kahekordne lõõtsapikkus, võib fookuskauguse määrata kujutise mastaabi ja pildistatava objekti kauguse kaudu.

Valinud suuremamõõtmelise pildistusobjekti, näiteks maja fassaadi, mille pikkust võib mõõta, ja seadnud fotoaparaadi niiviisi, et objektiivi optiline telg oleks perpendikulaarne hoone fassaadi tasapinnaga ja objekti ning aparaadi vaheline kaugus võimaldaks saada terava kujutise, kui objektiiv on seatud kaugusskaala abil lõpmatusele, tehakse ülesvõte.

Teades objekti mõõtmeid ja mõõtes ära temale vastava kujutise negatiivil, koostame saadud suurustest järgmise võrrandi:

$$\frac{A}{B} = \frac{D}{F},$$

kus A — objekti suurus, B — kujutise suurus, D — pildistatava objekti ja fotoobjektiivi vahemaa.

Saadud võrrandist leiame fookuskauguse suuruse

$$F = \frac{B \cdot D}{A}.$$

Valgusjõud

Objektiivi valgusjõuks nimetatakse tema võimet tekitada valgustundlikul kihil või mattklaasil suurema või väiksema heledusega kujutist.

Objektiivi valgusjõud sõltub mõjuva ava ja fookuskauguse suurusest. Mõjuva ava all ei mõelda mitte diafragma ava, vaid ava, mis määratleb diafragmat läbiva valgusvihu diameetri, sest asetades diafragma objektiivi kahe komponendi vahele (mis esineb kõige sagedamini), koondab eesmine komponent temale langevaid kiiri kui kondensor ja suunab need läbi diafragma hoopis kitsama kimbuna. Diafragma ava ja efektiivava vaheline erinevus on tingitud objektiivi konstruktsioonist ja võib olla väga suur; sellepärast tuleb valgusjõu arvutamisel seda erinevust arvesse võtta.

Mõjuva ava suurust võib mõõta järgmiselt: teravustada mattklaasi abil kauge eseme kujutis, eemaldada mattklaas ja asendada kartongitükiga, mille keskel on väike ava.

Asetanud valgusallika kartongis oleva ava taha, tungib osa kiiri kaamerasse ja langeb objektiivile. Objektiivist väljudes tekib paralleelne kiirtekimp, mille läbimõõt vastab mõjuvale avale. See on hästi nähtav ja seda võib mõõta mattklaasil, mis on asetatud väljuva kiirtekimbu teljega perpendikulaarselt.

Kujutise heledus sõltub mõjuva ava läbimõõdust. Mõjuva ava vähendamisel objektiivi diafragmeerimise teel väheneb ka kujutise heledus, kusjuures mõjuva ava vähendamisel kaks korda väheneb kujutise heledus neli korda. See heleduse arvuline sõltuvus mõjuva ava läbimõõdust on tingitud sellest, et läbimõõdu vähenedes kaks korda väheneb ava pind neli korda (ruudus); järelikult langeb kujutisele valgust neli korda vähem ja eseme kujutise heledus langeb sama palju kordi. Seega on kujutise heledus võrdeline objektiivi mõjuva ava läbimõõdu ruuduga.

Kui võtta kaks ühesuguse mõjuva ava, kuid erinevate fookuskaugustega objektiivi, siis on valgusjõulisem see objektiiv, millel on lühem fookuskaugus.

Selgitame seda näite varal. Võtame võrdluseks kaks objektiivi, millede mõjuva ava diameetrid d on võrdsed, kusjuures ühe fookuskaugus f_2 on kaks korda pikem kui teise fookuskaugus f_1 (joon. 27). Loomulikult annab kaks korda suurema fookuskaugusega objektiiv kujutise D_2, mis on joonmõõtmetelt kaks korda suurem kui D_1.

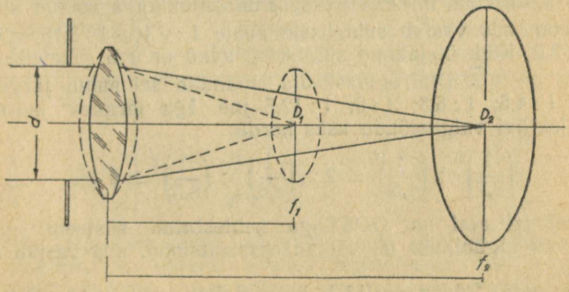
Sellest järgneb, et

$$\frac{\text{läbimõõt } D_1}{f_1} = \frac{\text{läbimõõt } D_2}{f_2}.$$

Kuna kujutiste D_1 ja D_2 ringide pinnad suhtuvad teineteisesse nagu nende läbimõõtude ruudud, võime koostada võrrandi

$$\frac{D_1^2}{f_1^2} = \frac{D_2^2}{f_2^2}.$$

Võrrandist järgneb, et kujutiste D_1 ja D_2 ringide pinnad on võrdelised vastavate fookuskauguste ruutudega. Et objektiivide mõjuvate avade läbimõõdud on võrdsed, kujutise D_2 pind aga on neli korda



Joon. 27. Optilise kujutise heledus.

suurem kui kujutise D_1 pind, siis on kujutise D_2 heledus neli korda väiksem kujutise D_1 heledusest, s. t. kujutise heledus on pöördvõrdeline fookuskauguse ruuduga.

Kujutise heleduse määrab objektiivi mõjuva ava läbimõõdu ruudu suhe pea-fookuskauguse ruuduga $\frac{d^2}{f^2}$ ehk $\left(\frac{d}{f}\right)^2$. See suhe näitab objektiivi valgusjõudu.

Eespool toodud definitsioon on õige geomeetrilise mõiste seisukohalt, praktiliselt on aga objektiivi nn. mõjuv ehk füüsikaline valgusjõud tunduvalt väiksem valguse kadude tõttu, mis tekivad peegeldamise, hajumise ja objektiivi klaasi valgusneeldumise tagajärjel (vt. lk. 51—54).

Objektiivi mõjuva ava ja tema fookuskauguse suhet nimetatakse suhteliseks avaks.

Hõlpsamaks käsitsemiseks on objektiivi suhtelist ava hakatud tähistama murruna, mille lugeja on 1. Sel juhul näitab murru nimetaja, mitu korda objektiivi fookuskaugus on suurem tema mõjuva ava läbimõõdust, näiteks 1 : 3,5; 1 : 4; 1 : 5,6 jne.

Fotoobjektiivide raamistustel näidatakse objektiivi suurim suhteline ava, mis iseloomustab tema valgusjõudu.

Siiski tuleb meeles pidada, et see arv ei väljenda valgusjõudu, sest eseme heledust mõõdetakse suhtelise ava ruuduga.

Kahe objektiivi valgusjõu võrdlemisel võetakse nende suhtelised avad ruudus ja suurem arv jagatakse väiksemaga.

Fotoobjektiivid on varustatud diafragmadega, mis võimaldavad mõjuvat ava vähendada vajalike mõõtmeteni. Diafragma kasutamise hõlbustamiseks on sellele kantud suhteliste avade skaala, millele vastavad mõjuva ava ühed või teised vähendamised.

Fotograafia ajaloo vältel on esitatud hulk diafragma tähistamise süsteeme, mille aluseks on olnud mitmed erinevad kriteeriumid (suhtelised ekspositsioonid, suhtelised valgusjõud, diafragma avade või objektiivi sisenemisavade suurused jne.). Tänapäeval kasutatakse peaaegu kõikjal diafragmade tähistamiseks suhtelisi avasid, s. t. objektiivi mõjuva ava suhet tema pea-fookuskaugusega. Sõltuvalt sellest, missugune ekspositsioon on võetud aluseks, võib diafragmaskaala jaotusrida olla mitmesugune. Nii kasutatakse mõningail objektiividel jaotusrida, millel on ekspositsiooniühikuna võetud aluseks ekspositsioon, mis vastab suhtelisele avale $1 : \sqrt{10} = 1 : 3{,}16$ või ümardatult 1 : 3,2. Kõik ülejäänud suhtelised avad on rea liikmeteks, kus rea teguriks on $\sqrt{2}$. Diafragmaskaala omandab sel puhul järgmise kuju: 1 : 3,2; 1 : 4,5; 1 : 6,3; 1 : 9; 1 : 12,5 jne. Iga järgnev jaotus vähendab objektiivi valgusjõudu kaks korda:

$$\left(\frac{1}{3{,}2}\right)^2 : \left(\frac{1}{4{,}5}\right)^2 = 2; \quad \left(\frac{1}{4{,}5}\right)^2 : \left(\frac{1}{6{,}3}\right)^2 = 2 \text{ jne.}$$

Käesoleval ajal on GOST-iga kehtestatud süsteem, milles ekspositsiooni algühikuks on võetud ekspositsioon, mis vastab suhtelisele avale 1 : 4.

Nõukogude fotoaparaatidel kasutatakse mõlemaid ülaltähendatud süsteeme.

Suhteliste avade rida on üles ehitatud geomeetrilise reana teguriga $1 : \sqrt{2}$ ja ümardatud arvutähendustega järgmises järjestuses (vt. tabel):

Suhteline ava	1 : 0,7	1 : 1	1 : 1,4	1 : 2	1 : 2,8	1 : 4	1 : 5,6
Suhteline säriaeg	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2
Suhteline ava	1 : 8	1 : 11	1 : 16	1 : 22	1 : 32	1 : 45	1 : 64
Suhteline säriaeg	4	8	16	32	64	128	256

Sel juhul vähendab nagu varemgi iga järgnev jaotus objektiivi valgusjõudu kaks korda.

Vigade vältimiseks säriaegade kindlaksmääramisel tuleb meeles pidada, et seoses objektiivide optiliste süsteemide arvutuse mõningate iseärasustega ei lange mõnede objektiivide maksimaalsed suhtelised avad kokku normaalse reaga. Nii näiteks kaamera «FED» normaalseil objektiividel, milledel fookuskaugus $F=50$ mm ja suhteline ava on 1 : 3,5, ei anna diafragmaskaala kaks esimest jaotust 3,5 ja 4,5 valgusjõu muutumist mitte kaks korda, vaid 1,7 korda. Veelgi suurem kõrvalekaldumine esineb objektiivil «Industar-22» (kaamera «Zorki» põhiobjektiiv), millel diafragma skaala kaks esimest jaotust (3,5 ja 4) annavad valgusjõu muutumise ainult 1,3 korda. Samuti esineb ka kõrvalekaldumine objektiividel «Industar-23», millega on varustatud kaamerad «Moskva» (1., 2. ja 3. mudel). Neil objektiividel annavad diafragmaskaala kaks esimest jaotust valgusjõu muutumise 1,5 korda.

Tabel 3

Säriaegade parandused kaamera suurte lõõtsapikkuste puhul

Originaali vähenemine (. . . korda)	Kaamera lõõtsapikkus	Säriaja suurenemine (. . . korda)
1	$F\times2$	4
2	$F\times1,5$	2,25
4	$F\times1,25$	1,5
8	$F\times1,12$	1,25
16	$F\times1,06$	1,12

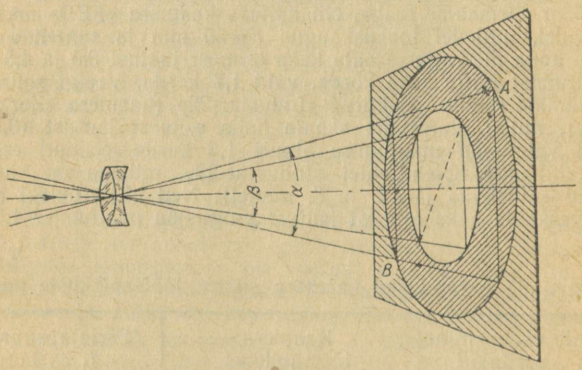
Objektiivide valgusjõu kohta on varemöeldu õige normaalse pildistamise tingimustes: objekti asudes lõpmatusest kuni objektiivi 15—20 fookuskauguseni, kuna sellest lähemal asetsevate objektide pildistamiseks nihkub objektiiv valgustundlikust kihist pisut eemale ja suhteline ava loomulikult väheneb. Seepärast reprodutseerimistöö-

del, kui pildi mastaap on 1 : 1 ja kaasfookuskaugus võrdub $2f$, ei mõõdeta ka kujutise heledust mitte tavalise suurusega $\left(\frac{d}{f}\right)^2$, vaid suurusega $\left(\frac{d}{2f}\right)^2 = \frac{d^2}{4f^2}$.

Veelgi suuremal määral muutub fookuskaugus ja järelikult ka objektiivi valgusjõud, kui reprodutseerimisel tahetakse saada suurendatud kujutist. Kõigil neil juhtudel on vaja teha korrektiiv fookusele, mille väärtust on hõlpus määrata läätsevalemi järgi.

Nägemisnurk ja pildiväli

Kui fotoaparaadi mattklaasi ette, mille külgmõõtmed tunduvalt ületavad proovitava objektiivi fookuskauguse suuruse, asetada objektiiv ja teravustada objektiivi vaatevälja sattunud objekti kujutis kõige teravamaks keskpunktis (joon. 28), siis näeme, et mattklaasil olevat kujutist piirab hajunud, ebateravate äärtega ring. Selle keskosas on kujutis kõige teravam ja heledam, keskpunktist äärte poole väheneb kujutise teravus ja heledus kuni kujutise täieliku kadumiseni.



Joon. 28. Nägemisnurk ja objektiivi pildiväli.

Kogu ringi *AB*, mille piirid määrab kujutise nähtav osa, nimetatakse objektiivi nägemisväljaks. Kui ühendada objektiivi sõlmpunkt kahe joone abil ringjoone diametraalsete punktidega, siis tekib nurk α, mida nimetatakse objektiivi nägemisnurgaks.

Nägemisvälja keskosa, mille piirides kujutis on küllalt terav ja hele, nimetatakse pildiväljaks. Ühendades pildivälja kaks vastaspunkti joonte abil objektiivi sõlmpunktiga, saame nurga β, mida nimetatakse pildinurgaks.

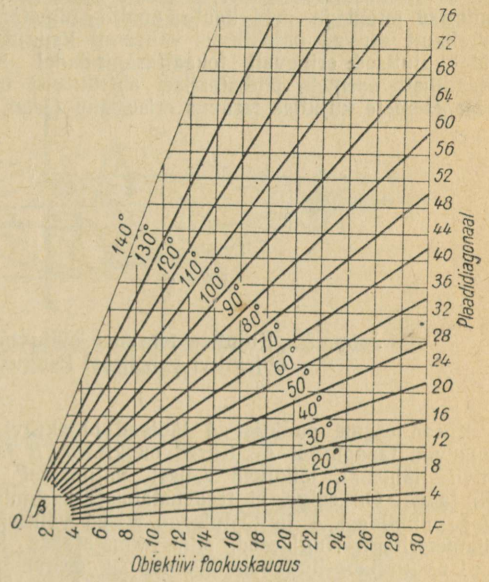
Pildivälja mõõtmed määravad negatiivmaterjali suurima formaadi. On ilmne, et negatiivmaterjali maksimaalne formaat on pildivälja ringi sisse joonestatud ristkülik.

Sõltuvalt konstruktsioonist võivad ühesuguste fookuskaugustega objektiividel olla erinevad pildinurgad.

Pildinurga suuruse järgi eristatakse objektiivid järgmiselt:

1) pika fookusega objektiivid (pildinurga suurus 15—30°);
2) normaalse pildinurgaga objektiivid (pildinurk 40—60°);
3) lainurk-objektiivid (pildinurk on üle 60°).

Plaatide mõõdud	Diagonaali pikkus
4×4	5,66
6×6	8,5
6×9	11
6,5×9	11,1
9×12	15
9×14	16,7
10×15	18
13×18	22,2
18×24	30
24×30	38,4
30×40	50
2,4×3,6	4,33



Joon. 29. Fookuskauguse, pildivälja nurga ja negatiivmaterjali formaadi suuruse määramise graafik.

Joonisel 29 on toodud graafik, mille abil on kerge leida üht kolmest suurusest: fookuskaugust, pildivälja nurka või plaadi formaati kahe tuntu abil. Näiteks, soovides kindlaks määrata pildivälja nurka objektiivil, mille fookuskaugus $F = 13{,}5$ cm, kui formaat on 9×12 cm, talitatakse järgmiselt: joonel OF leitakse punkt, mis vastab fookuskaugusele $F = 13{,}5$ cm, vertikaalskaalal aga leitakse punkt, mis vastab 9×12 cm formaadilise plaadi diagonaalile, mis võrdub 15 cm-ga (mitmesuguste formaatide diagonaalid on näidatud vasakul olevas tabelis).

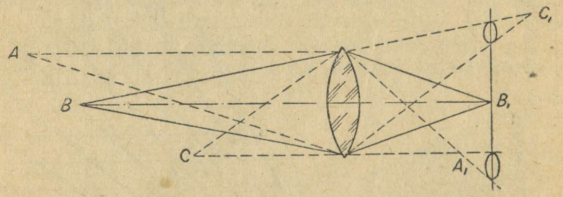
Punktist O lähtuvad jooned lõikavad vertikaalskaalal sirgeid, mis määravad kujutise diameetri tasapinnal, ja näitavad neile vastavaid

pildinurki. Antud fookuskaugusele ja plaadi diagonaalile vastavate vertikaal- ja horisontaaljoonte lõikumiskoha järgi leitakse otsitav pildinurk. Vaadeldaval juhul võrdub see ligikaudu 56°-ga. Analoogiliselt leitakse ka teisi suurusi.

Sügavusteravus

Objektiivi sügavusteravuseks nimetatakse kaugust, mille piirides asuvad esemed on kujutisel küllaldaselt teravad.

Varem juba kõnelesime, et eseme igale punktile vastab ainult üks kujutise punkt ja neid kahte punkti nimetatakse paarispunktideks, järelikult asuvad objektiivist erinevail kaugustel olevate esemepunktide kujutised erinevail fokaaltasapindadel. Sellepärast on mitmeplaaniliste esemete pildistamisel objektiivist erinevail kaugustel olevate esemete kujutise teravus erisugune (joon. 30).



Joon. 30. Kujutise teravuse sõltuvus esemete ja objektiivi vahelisest kaugusest.

Kiired eseme punktist *A* läbivad objektiivi ja pärast murdumist lõikuvad tasapinnal A_1. Kiired punktidest *B* ja *C*, mis asuvad objektiivile lähemal, lõikuvad sellest väljumisel vastavalt tasapindadel B_1 ja C_1. On selge, et teravustamisel keskmisele punktile *B* kujutavad punktidest *A* ja *C* tulevad kiired väikesed ebaselged, vastavate diameetritega ringikesed, mida nimetatakse *hajumisringikesteks*. Analoogiline nähe toimub ka teravustamisel punktidele *A* ja *C*. Seega on antud tingimustes võimatu ühel tasapinnal saada eseme kõigi punktide kujutisi ühtviisi teravatena. Hajumisringikeste mõõtmed sõltuvad objektiivi suhtelisest avast — mida suurem on suhteline ava, seda suuremad on hajumisringikesed.

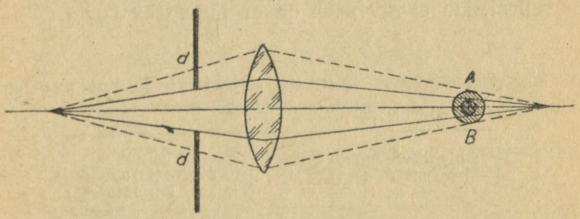
Seega võib ideaalselt terava kujutise saada vaid esemeist, mis asuvad ühel tasapinnal. Ent meie nägemismeele ebatäiuslikkuse tõttu näeme ka küllalt teravaina nende esemete kujutisi, mis asuvad objektiivist mitmesugustel kaugustel. See seletub sellega, et silm tajub parima nägemise kauguselt (25 cm) kõiki esemeid, mille mõõtmed on alla 0,1 mm, punktina.

Praktiliselt on kindlaks tehtud, et mistahes suurusega esemed, kui neid vaadelda kauguselt, mis ületab nende läbimõõdu 3400 ja enam korda, näivad silmale punktina. Nurksuurustes võrduvad need nägemisnurgaga 1′, selleks aga, et silm võiks esemeid selgesti ära tunda, on vaja nende nägemist vähemalt 5′ nurga all.

Sellest järgneb, et kujutis näib teravana siis, kui punktide väljaspool teravustasapinda tekkinud kujutiste hajumisringide läbimõõt ei ületa 0,1 mm.

Siiski peab märkima, et hajumisringi suurim lubatav läbimõõt 0,1 mm kehtib valmispildi, mitte aga negatiivi suhtes. Kui pildistamisel on teada, et negatiivi suurendatakse, siis tuleb hajumisringi suurimat lubatavat läbimõõtu vähendada proportsionaalselt oletatava suurendusega.

Vahel, eriti fotokoopiate suuremõõtmeliste suurendamiste puhul, ületab hajumisring tunduvalt näidatud mõõtmed, ent kujutise ebateravuse kompenseerib kaugus, millelt fotot vaadeldakse. Hajumisring ei tohi plaatkaamerail olla suurem kui 0,1 mm, väikeformaadilistel kaameratel 0,03 mm.



Joon. 31. Sügavusteravuse suurendamine diafragmeerimisega.

Sügavusteravust mõjutavad järgmised tegurid: 1) objektiivi fookuskaugus; 2) objektiivi mõjuv ava; 3) kaugus teravustamispinnani; 4) hajumisringi suurim lubatav läbimõõt.

Sügavusteravus suureneb objektiivi fookuskauguse vähenemisega. Kui pildistatav objekt asub objektiivist küllalt kaugel, siis sügavusteravus muutub pöördvõrdeliselt fookuskaugusega. Sügavusteravust võib suurendada objektiivi mõjuva ava vähendamisega diafragma abil. Nagu näeme jooniselt 31, väheneb hajumisringi läbimõõt *AB* diafragma *dd* vähendamisel kiirtekimbu nurksuuruse vähenemise tõttu.

Kujutatava ruumi sügavusteravust võib välja arvutada hüperfokaalse kauguse vahemaa valemi järgi.

Hüperfokaalseks kauguseks nimetatakse kaugust objektiivi sõlmpunktist kuni selle optilisel teljel asuva punktini, millest alates kõik esemed muutuvad kujutisel teravaks teravustamisel lõpmatusele. Kui teravustamine lõpmatusele teostati sellel kaugusel, siis sügavusteravuse tagumine piir asub lõpmatuses, eesmine piir aga asub objektiivist kaugusel, mis võrdub poole hüperfokaalse kaugusega. Toome valemi hüperfokaalse kauguse arvutamiseks:

$$D = \frac{F^2}{zn},$$

kus D — hüperfokaalne kaugus; F — objektiivi fookuskaugus; n — objektiivi suhtelise ava nimetaja; z — hajumisringi läbimõõt.

Sügavusteravuse piiride arvutamine toimub järgmiste valemite järgi:

$$T_1 = \frac{d(D+F)}{D-d} \text{ ja } T_2 = \frac{d(D+F)}{D+d},$$

kus T_1 — kaugus sügavusteravuse tagumise piirini; T_2 — kaugus sügavusteravuse eesmise piirini; D — objektiivi hüperfokaalne kaugus antud diafragma puhul; d — objektiivi kaugus pildistatavast esemest; F — objektiivi fookuskaugus.

Tänapäeva objektiividel on enamasti raamistustel sügavusteravuse skaala, mis on ühendatud kaugusskaalaga, mille abil on hõlpus määrata objektiivi suhtelist ava ja kaugust teravustamise tasapinnani, sõltuvalt sellest, kui sügav peab olema kujutatav ruum.

Tabel 4

Ruumi sügavusteravuse sõltuvus objektiivi fookuskaugusest, kui mõjuv ava on 50 mm

Objektiivi fookuskaugus F (cm)	Ruumi sügavusteravus (teravustamisel lõpmatusele)
5	25 m — ∞
10	50 m — ∞
15	75 m — ∞
20	100 m — ∞
25	125 m — ∞

Fotoobjektiivi eraldusvõime

Fotoobjektiivi eraldusvõime all mõistetakse ta võimet kujutada eraldi eseme väga väikesi detaile (punkte või jooni), nii et need omavahel kokku ei sulaks.

Praktikas hinnatakse fotoobjektiivi eraldusvõimet selle järgi, mitu joont või punkti objektiiv annab eraldi edasi 1 mm kohta, kusjuures kasutatakse valemit

$$N = \frac{1473}{K},$$

kus N — eraldatavate joonte arv; K — suhe $\frac{D}{F}$.

Fotoobjektiivi eraldusvõime on tavaliselt tunduvalt suurem fotograafilise kihi eraldusvõimest, mille tõttu fotoobjektiivi eraldusvõime ei avalda olulist mõju kujutise kvaliteedile. Oluline on ta ainult väikeformaadiliste kaamerate objektiivide puhul, kuna negatiivpildi mitmekordsel suurendamisel võivad peened detailid kaotsi minna;

suuremaformaadiliste negatiivide puhul, mida ei suurendata, ei ole see niivõrd oluline. Objektiivi eraldusvõime suureneb suhtelise ava vähendamisega, olles optimaalne teatud vahepealse suhtelise ava puhul ja langedes uuesti suhtelise ava lähenedes miinimumile.

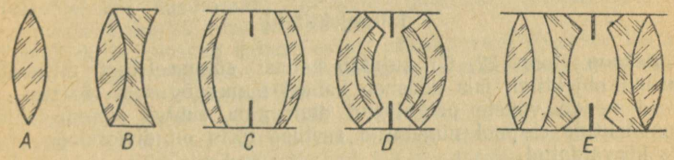
Objektiivi (F=50 mm) optimaalne eraldusvõime

Objektiivi valgustugevus	1 : 1,5	1 : 2	1 : 2,8 1 : 3,5 1 : 4	1 : 5,6 1 : 6,3
Optimaalne eraldusvõime esineb suhtelise ava puhul	1 : 4	1 : 5,6	1 : 8	1 : 11

Fotoobjektiivide tüübid

Fotopraktikas kasutatavad objektiivid jaotatakse oma konstruktsiooni järgi liht- ja liitobjektiivideks.

Lihtobjektiivide rühma kuuluvad objektiivid, mis koosnevad ühest läätsest või mitmest kokkukititud läätsest (joon. 32, *A* ja *B*).



Joon. 32. Objektiivide tüübid.

Lihtobjektiivid: *A* — monokkel; *B* — akromaat; kokkukititud objektiivid: *C* — periskoop; *D* — aplanaat, *E* — anastigmaat.

Liitobjektiivide hulka kuuluvad objektiivid, mis koosnevad kahest läätsest või kahest läätsede süsteemist, mis on kinnitatud raamistuse vastaspoolsetesse otstesse, ja nendevahelisest diafragmast (joon. 32, *C*, *D*, *E*).

Liitobjektiivid omakorda jagunevad sümmeetrilisteks ja asümmeetrilisteks. Sümmeetriliste hulka kuuluvad objektiivid, mille eesmine ja tagumine komponent on ühesugused (joon. 32, *C* ja *D*), asümmeetriliste hulka kuuluvad objektiivid, millel vastavad komponendid on erisugused (joon. 32, *E*).

Objektiive, millel kromaatiline aberratsioon on kõrvaldatud, nimetatakse akromaatilisteks. Objektiivi tüüp on tavaliselt näidatud selle raamistusel.

Lihtobjektiivid

Monokkel (joon 32, *A*) kujutab endast lihtsat raamistusse asetatud koondavat läätse. Sel objektiiviliigil on palju puudusi ja teda kasutatakse peamiselt kõige lihtsamate aparaatide juures. Kujutise parima kvaliteedi annab kumernõgus lääts (menisk), mis on pööratud nõgusa poolega pildistatava eseme suunas.

Monokkel leiab mõningat kasutamist kunstilises fotograafias, sest temale omane suur sfääriline aberratsioon võimaldab saada pildistatava eseme kontuuride pehmuse.

Rangete geomeetriliste vormidega esemete pildistamiseks on monokkel suure distorsiooni tõttu sobimatu.

Kuna objektiiv ei ole kromaatiliselt parandatud, peab teravustamisel tegema paranduse, lähendades mattklaasi objektiivile 2% võrra tema fookuskaugusest.

Akromaat (joon. 32, *B*) koosneb koondavast ja hajutavast läätsest, mis on omavahel kokku kititud. Läätsede eriliselt valitud klaasisordid ja pinna kõverused võimaldavad kõrvaldada kromaatilise aberratsiooni ja tunduvalt vähendada sfäärilist aberratsiooni.

Akromaatilist läätse nimetatakse sageli ka maastikuläätseks, kuna teda kasutatakse peamiselt maastikuvõteteks.

Enamik objektiive on neile omaste puuduste tõttu väga väikese valgusjõuga (1 : 11; 1 : 16). Tänapäeval neid peaaegu üldse ei toodeta.

Liitobjektiivid

Periskoop (joon. 32, *C*) kujutab endast sümmeetrilist mitte-akromaatilist objektiivi, mis koosneb kahest kumernõgusast läätsest, mis asuvad nende vahele paigutatud diafragma suhtes sümmeetriliselt. Komponentide eespool nimetatud asetuse tõttu on distorsioon objektiivis kõrvaldatud.

Ülejäänud puudused, mis on omased lihtläätsele, ei ole periskoobis kõrvaldatud. Periskoopi kasutatakse vaid lihtsa konstruktsiooniga aparaatides.

Aplanaat (joon. 32, *D*) kujutab endast sümmeetrilist objektiivi, mis koosneb kahest akromaatilisest läätsest ja nendevahelisest diafragmast. Aplanaadil on enamik puudusi kõrvaldatud miinimumini, välja arvatud astigmatism ja pildivälja kõverus.

Aplanaat, võrreldes eespool kirjeldatud objektiividega, annab parandatud omadustega kujutise, mille tõttu teda on võimalik kasutada mitmesugust laadi töödeks; suurem valgusjõud (1 : 6,3; 1 : 9) võimaldab momentvõtteid. Objektiivi konstruktsiooni iseärasus võimaldab ühe komponendi välja keerata, mis suurendab fookuskaugust kaks korda ja võimaldab teha maastiku- ja portreevõtteid suurema plaaniga.

Anastigmaat (joon. 32, *E*) kujutab endast täiuslikku objektiivi, mis on vaba läätsede põhipuudustest.

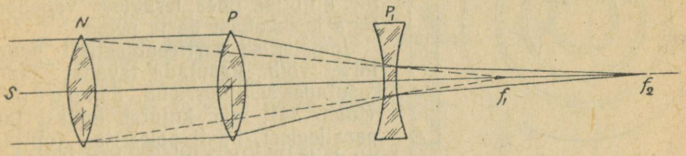
Anastigmaadid on sümmeetrilised ja asümmeetrilised ning koosnevad mitmest läätsest (läätsede arv kuni 8). Peale suure valgusjõu (kuni 1 : 1,5) annavad nad kõrge kvaliteediga kujutise ja heledus

jaotub ühtlaselt üle kogu välja diafragmeerimata. Objektiivi diafragmeeritakse põhiliselt ainult sügavusteravuse suurendamiseks.

Oma kõrgete optiliste omaduste tõttu rahuldavad anastigmaadid nõudeid, mida esitatakse kõige erinevama iseloomuga fotograafilistele töödele; käesoleval ajal on enamik aparaate varustatud anastigmaatidega.

Eriotstarbelised objektiivid

Peale normaalsete ehk universaalsete objektiivide, s. o. objektiivide, millede fookuskaugus võrdub ligikaudu pildi diagonaaliga, kasutatakse fotopraktikas eriotstarbelisi objektiive fototöödeks, mis erinevad oma spetsiifikalt tavalistest võtetest kujutise mastaabilt, pildinurgalt või mõnelt muult objekti edasiandmise eriliselt omaduselt.



Joon. 33. Teleobjektiivi tööprintsiip.

Teleobjektiivi kasutatakse kaugete objektide pildistamisel suurema-mastaabilise kujutise saamiseks.

Teleobjektiiv koosneb kahest osast: esiosas asub koondav lääts või koondav läätsede süsteem — telepositiiv, aparaadipoolses osas aga hajutav süsteem — telenegatiiv.

Kui mingist kaugel asuva pildistatava eseme punktist (joon. 33) langevad telepositiivi P komponendi pinnale kiired, siis pärast murdumist (telenegatiivi puudumisel) nad lõikuksid telepositiivi peafookuse f_1 pinnal. Telenegatiivi P_1 olemasolu korral aga kiired, mis temas murduvad, lähevad edasi hajuva kimbuna ja lõikuvad fookuses f_2. Selletõttu tekib kujutis kaugemal ja suuremas mastaabis.

Pikendades telenegatiivist väljuvaid kiiri vastassuunas kuni nende lõikumiseni telepositiivist langevate kiirtega, võib kindlaks määrata läätse N asendi, kus me saaksime kujutise mõõtmed, mis vastaksid teleobjektiivi abil saadavale kujutisele.

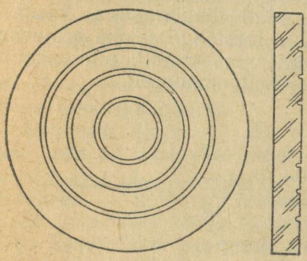
Kujutise suurendusaste sõltub teleobjektiivi läätsede kaugusest; telepositiivi ja telenegatiivi vahelise kauguse suurendamisega kasvab suurendusaste ja vastupidi.

Telepositiivi ja telenegatiivi vahelise kauguse vähendamisel eemaldub pea-(sõlm-) punkt süsteemist eseme suunas, mille tulemusel suureneb ka objektiivi fookuskaugus, mille määrab peapunkti ja fookuse vahemaa. See teleobjektiivi iseärasus võimaldab tunduval määral lühendada kaamera lõõtsapikkust ja «FED»- ja «Kiiev»-tüüpi kompaktse konstruktsiooniga kaamerail tunduvalt vähendada objektiivi enda gabariite.

Teleobjektiive on olemas alalise ja muudetava fookuskaugusega, ent viimased annavad hoopis madalama kvaliteediga kujutise ja käesoleval ajal neid ei toodeta.

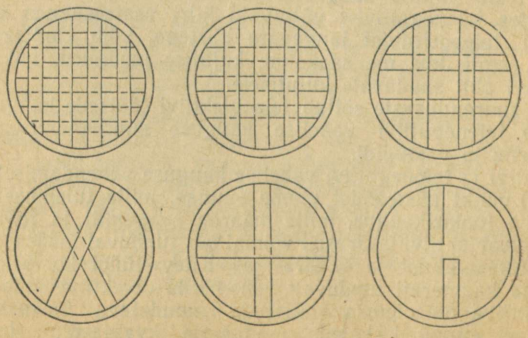
Portreeobjektiivid. Tavalised objektiivid ei rahulda enamikul juhtudel liigse teravuse ja kujutise väikese mastaabi tõttu neid nõudeid, mis esitatakse kunstipärastele portreevõtetele. Kujutise suur teravus teeb portree liiga kalgiks ja võtab talt kunstipärasuse, kujutise väike mastaap nõuab tunduvat suurendamist, mis samuti vähendab ülesvõtte kvaliteeti.

Portreeobjektiividele lisatakse pehmema kujutise saamiseks spetsiaalselt sfäärilise aberratsiooni element ja suurendatakse fookuskaugust, mille tulemusena saavutatakse kujutise vajalik pehmus ja suurem mastaap. Vahel kasutatakse portreevõteteks lihtsat monoklitüüpi objektiivi, millel on suur sfääriline aberratsioon, mida võib vähendada diafragmeerimise teel. Ta annab küllaltki pehme kujutise ühes teravuse vähenemisega keskkohast äärte poole.



Joon. 34. Klaasist difuusor.

Spetsiaalse portreeobjektiivi puudumisel võib kasutada tavalist läätse, kasutades sealjuures nn. d i f u u s o r i t (joon. 34), mis kujutab endast tasaparalleelset, hästi poleeritud (optiliste pindade kvaliteedi seisukohalt) klaasplaati, mille pinnale on fluorisvesinikhappe abil söövitatud rida kontsentrilisi ringe, millel on läbilõikes poolringi kuju. Plaat suletakse raamistusse ja kinnitatakse objektiivide ette. Osa objektiivile langevaid kiiri murdub osaliselt difuusori kontsentrilistes ringides (hajuvad) ja pärast sellest väljumist kalduvad nad põhikiirte suunast kõrvale, imiteerides teatud määral sfäärilist aberratsiooni. Mida suurem on ringide arv plaadil objektiivi mõjuva ava väljal ja mida suuremad on rõngaste lõigete pinnad, seda pehmem on saadud kujutis. Samasugust mõju avaldavad kujutisele ka Ponomarjovi-tüüpi difuusorid (joon. 35), mis kujutavad endast rida teatud kindlas asendis raamistusse kinnitatud kitsaid klaasribasid.



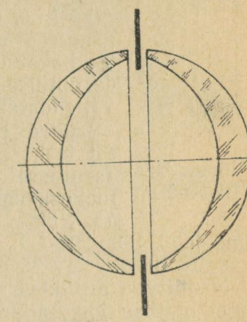
Joon. 35. Ponomarjovi-tüüpi difuusorid.

Peab siiski märkima, et erinevalt objektiividest, millel on (lubatavais piirides) sfäärilise aberratsiooni omadus ja mis võimaldavad säilitada kujutise teravuse, pehmendades seda oreoolide moodustamisega kujutise punktide ümber ja vähendades seega ühtlasi kontrastsust, kutsuvad diafuusorid koos uduse fooni moodustamisega esile ka kujutise üldise teravuse vähenemise.

Tähtsat osa etendab portreeoptika pildistamisel väikekaameratega, mille juures isegi pildivälja väikesed kaotsiminekud põhjustavad pildi kvaliteedi tunduva halvenemise, kuna suurendamisprotsessis kerkib esile emulsiooni teralisus.

Portreevõteteks väikekaameratega kasutatakse 75—90 mm fookuskaugusega objektiivi, mis annab kõrgekvaliteedilise kujutise.

Käesoleval ajal valmistab meie tööstus objektiivi «Jupiter-9», fookuskaugusega 85 mm ja suhtelise avaga 1 : 2. Kujutise suure teravuse kõrval on sellel objektiivil täie mõjuva ava puhul mõningane sfääriline aberratsioon, mis tõstab ta esile teiste objektiivide hulgast.



Joon. 36. Lainurk-objektiivi optiline skeem.

Lainurk-objektiivid on määratud mitmesugusteks suure pildinurgaga ülesvõteteks.

Konstruktiivselt erinevad nad ülejäänud fotoobjektiividest lühendatud optilise süsteemi ja suhteliselt lühikese fookuskaugusega (joon. 36).

Sõltuvalt konstruktsioonist on lainurkobjektiividel mitmesugused nägemisnurgad: 75°—135°. Eraldusvõime on kõrge, mõninga langusega pildivälja äärtel.

Lainurk-objektiivid on eriti sobivad siseruumides pildistamisel, kui ruumi mõõtmed ei võimalda aparaati viia ruumi paremaks haaramiseks küllaldasele kaugusele.

Lisaläätsed

Lisaläätsi kasutatakse objektiivi fookuskauguse lühendamiseks või pikendamiseks, mis põhjustab vastavalt kujutise mastaabi suurenemise või vähenemise.

Lisaläätsed kujutavad endast mitmesuguse optilise jõuga kumernõgusaid läätsi (meniske). Neil on spetsiaalsed metallist raamistused ja nad kinnitatakse objektiivile kas keerme või sätteraamiga (joon. 37). Positiivsed läätsed lühendavad läätse fookuskaugust, negatiivsed aga pikendavad. Seega võidakse normaalset läätse ühes negatiivse lisaläätsega tarvitada teleobjektiivina, positiivse lisaläätsega aga lainurk-objektiivina. Normaalse lõõtsakauguse säilitamisel võib teda eduga kasutada väikeste objektide pildistamiseks suurel plaanil.

Lisaläätsede kasutamine on erilise tähtsusega pildistamisel väikeaparaatidega, millede konstruktsioon ei võimalda objektiivi kuigi tunduvat väljatõmbamist, et saada kujutist esemeist, mis on lähemal

Joon. 37. Lisalääts.

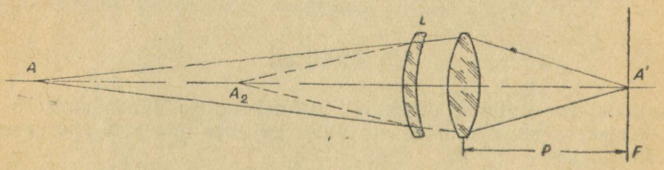
kui 1 m. Kui normaalse objektiivi ette, mis on teravustatud mingile esemele A, asetada positiivne lääts L (joon. 38), siis väheneb süsteemi fookuskaugus vastavalt lisaläätse optilisele jõule. Kui sealjuures kaugust P säilitada end sena, siis on täiesti ilmne, et fokaaltasapinnal F asuva punkti A' parim teravuspunkt nihkub objektiivi poole punkti A_2 tasapinnale, mis vastab kujutise A' fookusele. Kui nüüd eseme A punkt nihutada tasapinnale A_2, siis saame kaks korda suurema mastaabiga kujutise. Amatööripraktikas valitakse lisalääts lihtsa arvutuse abil.

Kõik prilliklaasid toodetakse teatud kindlate fookuskauguste diapasoonis. Prillide optilist karakteristikat ei ole hakatud väljendama mitte fookuskauguse, vaid nende optilise jõu abil, mis sõltub pindade kõverusest ja väljendatakse optilise jõu ühikuis — dioptrites (D).

Läätse optiline jõud dioptrites määratakse kindlaks sel teel, et jagatakse 100 cm läätse fookuskaugusega (sentimeetreis). Kui on teada optiline jõud, siis leitakse fookuskaugus sel teel, et jagatakse 100 cm dioptrite arvuga. Näide: läätsel, mille fookuskaugus on 20 cm, on optiline jõud $100 : 20 = 5D$; läätsel, mille optiline jõud on $4D$, on fookuskaugus 100 cm : 4 = 25 cm.

Positiivsed prilliklaasid tähistatakse märgiga «+» (pluss) ühes vastava optilise jõu näitamisega, negatiivsed märgiga «—» (miinus).

Lisaläätsega ühendatud objektiivi optilise jõu määramiseks väljendatakse tema fookuskaugus dioptrites ja liidetakse saadud arvule lisaläätse dioptrite arv (kui see on positiivne) või lahutatakse vastav dioptrite arv (kui see on negatiivne). Saadud süsteemi fookuskugus leitakse sel teel, et 100 cm jagatakse süsteemi dioptrite arvuga.

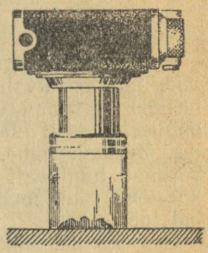


Joon. 38. Lisaläätse töötamise optiline skeem.

Tuleb märkida, et lisaläätsede kasutamine halvendab kujutise kvaliteeti suurenenud aberratsiooni tõttu. Selle mõju vähendatakse diafragmeerimisega. Diafragmeerimine on eriti vajalik pildistamisel positiivsete lisaläätsedega, mis peale nende poolt tekitatava aberratsiooni lühendavad fookuskaugust ja suurendavad pildinurka ning halvendavad kujutise teravust ülesvõtte äärtel. Kujutise kvaliteedi tunduv paranemine pildistamisel lisaläätsedega saavutatakse kollase valgus-

filtrit ja spektraalselt sensibiliseeritud negatiivmaterjalide kasutamisega, mis neutraliseerivad lisaobjektiivide kromaatilise aberratsiooni mõju.

Lisaläätsede kasutamise originaalse meetodi väikekaameratele on esitanud A. P. Terentjev ja V. A. Spanauer (Moskva Riiklik Ülikool). See seisab selles, et kasutatakse teravustamis- ja pildivälja otsimise seadiseks orgaanilisest klaasist läbipaistvat silindrit, mida nimetatakse «Fokkad». See seadis (joon. 39) võimaldab kergesti ja kiiresti pildistada väikesi esemeid mastaabis 1 : 0,5 ja 1 : 1 ja 1 : 2 ilma statiivi kasutamata. «Fokkad» koosneb positiivsest läätsest dioptriga 10—20. Läätse raamistus on monteeritud õõnsasse läbipaistvasse silindrisse, mille kõrgus ja läbimõõt valitakse vastavalt pildinurgale ja kaugusele objektiivi raamistusest eseme tasapinnani.



Joon. 39. «Fokkad» kaameraga «FED».

Pildistamiseks peab ese asuma silindri sees ja selle esiserva tasapinnal.

Lisaläätsi puhastatakse pulga otsa mähitud vatitampooniga, mis on niisutatud kas piirituses või eetrisegus (vt. lk. 54). Läätsi säilitatakse nende mõõtmetele vastavates papp- või metallkarpides.

Lisaläätse muudab objektiivi valgusjõudu, sest objektiivi fookuskaugus suureneb või väheneb (sõltuvalt läätse optilisest iseloomust), mõjuv ava aga jääb muutumatuks. Fookuskauguse suurenemisel valgusjõud väheneb, fookuskauguse vähenemisel suureneb.

Võtame näiteks objektiivi, mille $F = 135$ mm ja suhteline ava on 1 : 4,5, ning vaatleme valgusjõu muutumise iseloomu mitmesuguse optilise karakteristikaga lisaläätsede puhul.

Võetud objektiivi läbimõõt on 30 mm. Sellest järgneb: a) põhiobjektiivi suhteline ava on 30 : 135 = 1 : 4,5; b) fookuskauguse suurenemisel 150 mm-le on suhteline ava 30 : 150 = 1 : 5; c) fookuskauguse vähenemisel 75 mm-le on suhteline ava 30 : 75 = 1 : 2,5.

Seega ei näita objektiivi diafragmaskaala lisaläätsede tarvitamisel suhtelise ava tõelist suurust, vaid nõuab igal üksikjuhul suhtelise ava kindlaksmääramiseks ümberarvutamist.

Säriaja muutumise koefitsient pildistamisel lisaläätsega määratakse kindlaks objektiivi ja lisaläätse üldise fookuskauguse ruudu ja objektiivi fookuskauguse ruudu suhtega.

Näide 1. Pildistamine toimub objektiiviga, mille fookuskaugus on 135 mm, koos lisaläätsega, mis pikendab fookuskauguse 185 mm-le. Säriaegade muutumise koefitsient võrdub

$$n = \frac{185^2}{135^2} = \frac{34225}{18225} = 1{,}9,$$

s. t. säriaega tuleb peaaegu kaks korda.

Näide 2. Pildistamine toimub sama objektiivi ja lisaläätse abil, mis lühendab fookuskauguse 105 mm-le. Säriaegade muutumise koefitsient on:

$$n = \frac{105^2}{132^2} = \frac{11025}{18225} = 0{,}6,$$

s. t. säriaeg peab moodustama 0,6 sellest säriajast, mida nõuab objektiiv ilma lisaläätseta.

Fotoobjektiivi elemendid

Optiline klaas

Erakordselt kõrgete nõuete tõttu, mida esitatakse optiliste süsteemide kujutise kvaliteedile, tekkis vajadus valmistada laialdases sortimendis spetsiaalseid klaasisorte. Erinevalt tavalisest klaasist peab optilisel klaasil olema eriti kõrge läbipaistvus, puhtus, värvitus, ühtlus, murdmisvõime. Kõigi nende nõuete täitmine teeb tema keemilise koostise tunduvalt keerulisemaks. Põhiliselt kuuluvad optilise klaasi koostisse räni, sooda, boorhape, baariumisoolad, tinahapend, fluorisoolad jne.

Üks põhilisi näitajaid, mis iseloomustab optilise klaasi omadusi, on murdumisnäitaja. Kõrge murdumisnäitajaga on nn. flintklaasid, madala murdumisnäitajaga — kroonklaasid.

Klaasi murdumisnäitaja sõltub tema koostisse kuuluvast ühest või teisest keemilisest ainest, mille omadused ja hulk määravad klaasi optilise karakteristika. Nii lisatakse murdumisnäitaja suurendamiseks klaasi koostisse seatinahapendit, vähendamiseks — fluorisooli.

Värvilise klaasi valmistamisel lisatakse valge klaasi segule aineid, mis sisaldavad vaske, kulda, seleeni jm.

Optilist klaasi sulatatakse spetsiaalseis tulekindlais pottides klaasisulatamise ahjus. Sulatamine vältab umbes 24 tundi.

Pärast klaasi sulatamist võetakse pott ahjust välja ja jahutatakse aeglaselt, umbes 6—8 päeva jooksul.

Massi ebaühtlase jahtumise tõttu tekivad pinged, mis põhjustavad klaasi killunemise paljudeks tükkideks.

Pärast klaasitükkide jahtumist sorteeritakse need suuruse ja kvaliteedi järgi ja kõlblikud tükid saadetakse edasisele töötlemisele. Mehaanilise töötlemise kiirendamiseks ei valmistata optilisi detaile mitte tavalistest, pärast sulatamist saadud klaasitükkidest, vaid spetsiaalseist pressitud plaadikestest või toorikutest.

Pingete vältimiseks jahutatakse sel viisil saadud toorikuid ahjudes eriti aeglaselt.

Optilise klaasi vigadeks, mis tavaliselt esinevad tootmise algstaadiumides (valmistooteis esinevad nad harva), on «kivid», mullid, «sääsed», vinetised, triibud ja pinged.

«Kivid» kujutavad endast väikesi läbipaistmatuid, potist klaasisulatamise ajal eraldunud või algainete sulamata jäänud osakesi.

Kui «kivid» on väikesed ja neid on vähe ning kui nad ei asu fokaaltasapinnas või selle läheduses, siis ei ole mõjustatud kujutise kvaliteet, sest klaasi läbivast valgusest peatub ainult väike osa.

Mullid tekivad klaasi sulatamisel gaaside eraldumise tõttu klaasi-

segu koostisosadest, mis võtavad reaktsioonist osa. Praktiliselt on see klaasivalmistamisel vältimatu.

Mullid põhjustavad valguse hajumist ja kujutise mõningat ähmasust, sest valguskiired, murdudes mullide pindadel tunduvalt suurema nurga all kui läätse muudel pindadel, neelduvad peaaegu täielikult kaamera seinte ja objektiivi raamistuse sisepindadel. Kuid mullide pinna ja objektiivi mõjuva ava suhe on isegi tehniliste tingimustega maksimaalselt lubatava mullide hulga ja pinnasuuruse puhul niivõrd tühine arv, mida võib väljendada vaid kümnendikes protsentides. Seepärast ei mõjusta väikese arvu mullide esinemine objektiivi läätsedes praktiliselt kujutise kvaliteeti.

Mulle ei tohi leiduda detailides, mis asetsevad fokaaltasapindadel või nende läheduses.

«Sääsk» kujutab endast klaasimassis suuremat kogumit tillukesi mulle, mis hõlmavad tunduva osa tema mahust. «Sääse» tõttu hajub klaasi läbivast valgusest suurem osa. Valmisdetailides on see lubamatu.

Vinetistel on klaasi sisemuses ämblikuvõrgu või kerge lainelise suitsuvine kuju. Põhiliselt tekivad nad klaasikihtide paatumisest pressimisel ning varem märkamata jäänud pragude paatumisest.

Triibud esinevad klaasimassis läbipaistvate ribade või niitide kujul klaasimassi ebaühtlase murdumiskoefitsiendi tõttu.

Triipudest annab ettekujutuse võrdlus küllastatud suhkrulahuse tilgaga, mis on lastud veeklaasi. Suhkrulahuse tilga sulamisel tekib vees hästimärgatav jälg laineliste ribade ja niitide näol.

Tihedad triipude kogumid avaldavad kujutise kvaliteedile kahjulikku mõju. Seetõttu lubatakse optilistes detailides ainult üksikuid väikesi triipe.

Pinged tekivad klaasi ebaühtlusest, mis on tingitud selle ebaühtlasest jahtumisest sulatamisel või liiga suurest survest klaasile selle kinnitamisel raamistusse. Tavalistes tingimustes on nad silmale nähtamatud ja tulevad ilmsiks alles klaaside kontrollimisel eriaparaadi — polariskoobi abil. Optilistes detailides on pinged lubamatud, sest nad halvendavad tunduvalt kujutise kvaliteeti.

Raamistused

Fotoobjektiiv koosneb läätsest või sageda mini läätsede süsteemist, milles läätsed on asetatud rangelt kindlas järjestuses üksteisest täpselt määratud kaugusele ja on kinnitatud raamistusse — metallpidemesse, mis hoiab läätsed vastavas asendis ja on varustatud diafragmamehhanismiga.

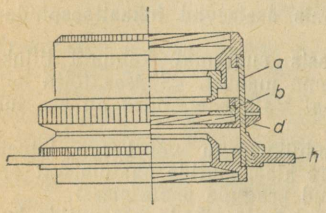
Raamistusi võib konstruktiivsete tunnuste järgi jagada liht- ja liitraamistusteks.

Lihtraamistuste hulka kuuluvad kompaktsed liikumatud konstruktsioonid, mis on kinnitatud kaamera esiseinale, mille nihutamise teel toimubki kujutise teravustamine

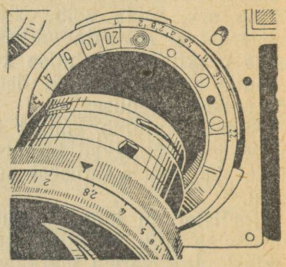
Liitraamistuste hulka kuuluvad liikuvad süsteemid, mis neis. olevate keeruliste ühenduste tõttu võimaldavad teravustamist, üksikjuhtudel aga objektiivi kinemaatilist sidet fotoaparaadi kaugusmõõdikuga.

Lihtraamistused

Normaalraamistus (joon. 40) kujutab endast metalltuubust *a*, mille sisemuses asetseb diafragmasõlm *b*, mis on seotud tihvti abil diafragma ava reguleeriva välise rõngaga *d*. Tuubuse otstes olevaisse keermeisse kruvitakse raamid koos neisse kinnitatud läätsedega. Tuubuse otsa väliskeermele on keeratud rõngas *h*; rõngas on rida kruvi-



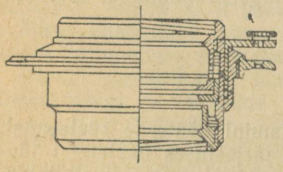
Joon. 40. Normaalraamistus.



Joon. 41. Bajonettraamistus.

auke objektiivi kinnitamiseks kaamera külge. See raamistustüüp ei võimalda kiiresti asendada üht objektiivi teisega, seepärast on viimasel ajal hakanud laialt levima bajonettraamistused (joon. 41), mille paigaldamiseks piisab raamistuse pistmisest kaamera küljes olevasse rõngasse ja keeramisest teatud nurga võrra.

Normaalseid raamistusi kasutatakse statiividega tehnilistel, paviljoni- ja reproduktsioonikaamerail.



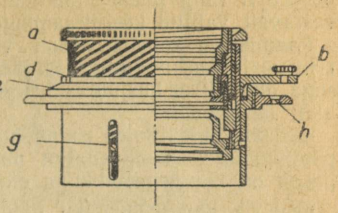
Joon. 42. Süvisraamistus.

Süvisraamistused (joon. 42) erinevad normaalseist raamistustest selle poolest, et rõngas, mille abil objektiiv kinnitatakse kaamera külge, ja diafragma rõngas on viidud tuubuse eri ossa. Seetõttu asetseb suurem osa objektiivist kaamera sisemuses, mis muudab ta kompaktseks. Kuna süvisraamistus ei võimalda enda külge kinnitada katikut, kasutatakse teda peamiselt tavalist tüüpi pilukatikuga kaamerate ja peegelkaamerate juures.

Liitraamistused

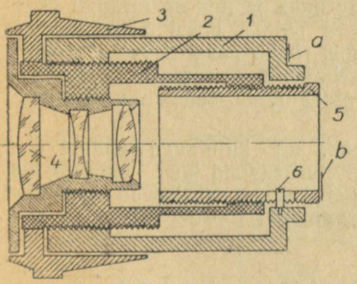
Tigukäiguga ehk seaderaamistused (joon. 43) kujutavad endast liikuvat konstruktsiooni, mis koosneb objektiivi tuubusest *a*, mille välispinnal on mitmekäiguline keere; viimane on seotud kanderõngaga *b*, mis on kinnitatud raamistuse väliskesta külge. Tõkkekruvide

g tõttu, mis libisevad väliskesta pikilõhedes, saab tuubus kanderõnga keeramisel pikiliikumise. Diafragma reguleerimisrõngas on monteeritud tuubuse esiossa. Kanderõngale on kantud indeks *d*, mis on sidestatud raamistuse väliskesta otspinnal asuva kaugusskaalaga *e*. Kogu raamistus ühendatakse rõngaga *h* keerme või bajonettühenduse abil. Tigukäiguga raamistusega objektiive kasutatakse fotokaamerate juures, milledel puudub teravustamisseadis (kast-, klappkaamerad jne.).

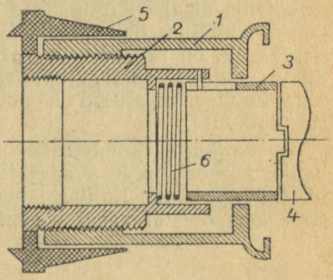


Joon. 43. Tigukäiguga ehk seaderaamistus.

Moodsate väikekaamerate raamistused («Zorki», «Kiiev» jne.) kuuluvad kõige keerukamate hulka. Nende abil ei toimu mitte ainult objektiivi teljesuunaline nihutamine teravustamisel, vaid ka objektiivi liikumise ja kaugusmõõdiku töö keerukas kinemaatiline sidestamine. Selletaolise raamistustüübi keerukusest kõneleb see fakt, et kui kooskõlastamatus raamistuse üksikute osade liikumise vahel on suurem kui 0,02 mm, on vajalik vastastikune side objektiivi ja kaugusmõõdiku vahel võimatu. Joonisel 44 on toodud fotoaparaadi «Zorki» objektiivi raamistuse printsipiaalne töötamisskeem.



Joon. 44. Fotoaparaadi «Zorki» objektiivi raamistuse skeem.



Joon. 45. Fotoaparaadi «Kiiev» objektiivi raamistuse skeem.

Raamistuse korpuses *1*, mis toetub kaamerale otspinnaga *a*, on mitmekäiguline keere, millesse kruvitakse pidemuhv *2*. Pidemuhvisse kinnitatakse objektiivi plokk *4*, mis asub oma raamistuses koos diafragmaga. Pidemuhv *2* on ühendatud kaugusskaalaga varustatud rõngaga *3*, mille abil toimub pidemuhvi pööramine. Raamistuse tagumises osas on pidemuhv ühendatud keerme abil puksiga *5*, mis, olles tõkestatud tihvtiga *6*, liigub pidemuhvi pööramisel teljesuunaliselt ning on otspinna *b* kaudu ühendatud kaugusmõõdikuga. Pidemuhvi ja

objektiivi ning puksi *5* pikiliikumise proportsionaalsus saavutatakse vastavalt valitud keermesammude erinevusega.

Raamistuse konstruktsioon võimaldab kaamera külge monteerida erineva fookuskaugusega ja järelikult ka erineva telgliikumise suurusega objektiive, kusjuures kaugusmõõdikuga sidestatud otspind liigub alati ühtemoodi.

«Kiievi» objektiivide raamistustes objektiivi ploki kesta pöörduv- ja pikiliikumine on ühendatud puksi pöörduva liikumisega, kusjuures puksil on kaugusmõõdikuga otssidestus (joon. 45).

«Kiievi» kaugusmõõdiku näidud muutuvad raamistuse pöördumisel; raamistus on monteeritud kaamera külge ja on nii põhiobjektiivide kinnitamiseks kui ka teiste objektiivide raamistuste ja kaugusmõõdiku kinemaatiliseks sidestamiseks.

Kuna kaugusmõõdiku näidud sõltuvad kaamera külge monteeritud raamistuse rõnga *4* pööramise suurusest, peavad muhvi *2* ja objektiivi vastavad teljesuunalised liikumised olema võrdsed. Objektiivi, järelikult ka objektiivi pöörlevat liikumist rõngale *4* edasi andva puksi *3* teljesuunaliste nihkumiste kooskõlastamiseks pidemuhvi *2* pööramise määraga tuleb nimetatud tüüpi raamistuste projekteerimisel arvestada keerme sammu, mis on tarvilik objektiivile ettenähtud nihkumise saamiseks selle pööramisel mingi kindla nurga võrra.

Objektiivi pööratakse rõnga *5* abil, mis on kinnitatud objektiivi kesta külge, ning pöörlemine antakse objektiivilt raamistusele puksi *3* abil, mille otsal on rõngaga *4* hambuv nukk ja mis on kestaga ühendatud pikipilus libiseva tihvti abil. Et pidada puksi *3* hambumises rõngaga *4*, on raamistuses vedru *6*, mis rõhub puksi *3* vastu rõngast. Silmas pidades põhilisi optilisi ja mehaanilisi parameetreid, tagavad seda tüüpi raamistused kaamerate objektiivide täieliku vastastikuse asendatavuse.

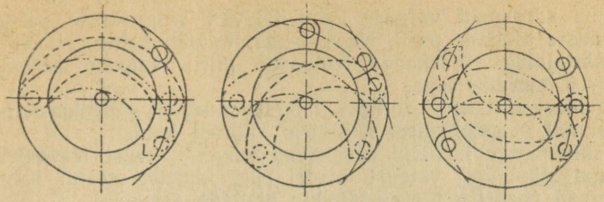
Keskkatikuga raamistused (vt. joon. 50) kujutavad endast õieti katiku korpust, mille avadesse on kruvitud raamid koos nendesse kinnitatud optikaga. Katiku lamellid (lehekesed) asetsevad objektiivi kahe komponendi vahel kõrvuti diafragmaga.

Diafragmad

Tänapäeval kasutatakse nõukogude fotoaparaatide objektiividel iirisdiafragmasid.

Iirisdiafragma (joon. 46) koosneb reast sirbikujulistest lehekestest (lamellidest), mille üks ots on kinnitatud lehekese küljes oleva tihvtiga raamistuse korpuse avaustesse, lehekese teise otsa tihvt asub aga kulissi (seaderõnga) pilus, mille abil lehekesi pööratakse. Lehekeste sisemised raadiused määravad ava suuruse.

Ühe objektiiviga peegelkaamerail on hakatud kasutama e t t e v a l i t a v a t ehk «h ü p p a v a t» diafragmat. Objektiivi küljes oleva erilise rõngasseadise abil fikseeritakse vajalik diafragmaava enne pildistamist; pildi teravustamise ajal on aga diafragma täiesti avatud, mis hõlbustab teravustamise täpsust. Katiku päästikunupule



Joon. 46. Iirisdiafragma töötamise skeem.

vajutamisel «hüppab» diafragma enne peegli kerkimist ettevalitud diafragmaavani, mille järel toimub katiku avanemine. Nõukogude fotoaparaadi «Start» objektiivid on ettevalitava diafragmaga.

Valguse kaod objektiivis, refleksid ja nende vastu võitlemise vahendid

Valguse kaod objektiivis

Valguse kaod objektiivis on tingitud klaasisordist ja selle omadustest ning neid võib jaotada 3 liiki:

1) kaod, mis tekivad valguse neeldumisest klaasis;
2) kaod, mis tekivad osa valguse peegeldumise tõttu klaasi pindadelt;
3) kaod, mis on seotud valguse hajumisega.

Tabel 5

Valguse kaod peegeldumisel

Läätsede arv	Murdvate pindade arv	Väljuva kiirtevihu heledus*
1	2	0,91
2	4	0,83
2	6	0,75
4	8	0,63

Tabel 6

Valguse kaod neeldumisel

Valguse kulgemise tee pikkus klaasis (sentimeetrites)	Väljuva kiirtevihu heledus*
1	0,99
4	0,96
8	0,92
10	0,90

Valguse neeldumist optilises klaasis põhjustab rauahapendi ja kroomhapendi üsna väike kogus, mis tungib klaasisulatamisel poti seintest klaasi. Nende lisandite tõttu omandab klaas kerge roheka varjundi, mis on hästi näha läbivaatamisel paksudest klaasitükkidest. Mitmesuguste klaasisortide valguse neeldumise koefitsient moodustab 1 cm paksuses klaasis kõigest 1—3%.

* Objektiivile langeva valgusvihu heledus võetakse ühena.

Hoopis suuremad valguse kaod tekivad valguskiirte peegeldumisel optiliste pindade piiril. Nagu teada, toimub kahte erinevate murdumisnäitajatega keskkonda eraldaval piiril valguse peegeldumine üheaegselt murdumisega.

Peegelduskoefitsient sõltub langemisnurgast. Keskmiselt läheb klaasipinnal peegeldumisel kuni 6% valgust kaotsi.

Täiuslikumad objektiivid koosnevad suurest arvust läätsedest, mille pinnal läheb osa valgust kaotsi peegeldumise tõttu; valguskaod suurenevad võrdeliselt peegelduvate pindade arvuga.

Suuri valguskadusid kutsub klaasis esile hajumine. Hajumine toimub klaasimassis olevate mullide, triipude, väikeste «kivide» jne tõttu, kuid kõige suuremaid valguskadusid hajumisel põhjustavad kriimustused, plekid ja kirmed optiliste detailide pindadel.

Hajunud valgus moodustab loori, vähendades tunduvalt kujutise kontrastsust ja teravust.

Keerukais, mitmest läätsest koosnevais objektiivides ulatuvad neeldumise, peegeldumise ja hajumise kaod kuni 50%-ni.

Valguskadude vähenemine saavutatakse optikas kahel viisil: süsteemi peegeldavate pindade vähendamisega üksikute läätsede kittimisega kanada balsami või balsamiini abil, millede murdumisnäitaja on lähedane klaasi murdumisnäitajale, ja optika valgusläbivuse suurendamise teel (nn. «sinised» objektiivid).

Kaasaegsetes keerukates optikasüsteemides kasutatakse üheaegselt nii esimest kui ka teist valguskadude vähendamise viisi.

Refleksid

Refleksideks nimetatakse kujutise helke, mis tekivad kiirte peegeldumisest fotoaparaadi optilistelt või mehaanilistelt detailidelt. Üldiselt ei teki refleksid kogu kujutise pinnal, vaid ainult tema üksikutel osadel, tekitades kujutisele loori.

Eraldatakse kahesuguseid reflekse:

a) mehaanilised, mis on kaldkiirte peegeldumise tulemuseks objektiivi raamistusel ja kaamera siseseintel;

b) optilised, mis on esile kutsutud valguse osalisest peegeldumisest läätsede pindadelt.

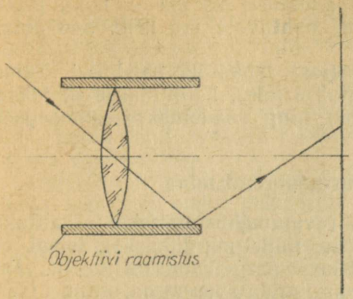
Mehaanilise refleksi tekkimine on kujutatud joonisel 47.

Mehaanilised refleksid tekivad tavaliselt neil juhtudel, kui kaamera ja objektiivi raamistuse siseseintelt langeb ära must matt värv ja metall paljastub. Mehaanilised refleksid kaotatakse kaamera paljastunud osade korraliku värvimisega musta mattlakiga, objektiivi raamistustes aga väljuva kiirtevihu piiramisega piirdediafragmaga ja samuti matiks lakkimisega.

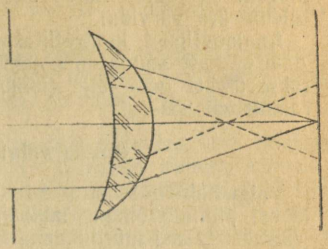
Optilise refleksi tekkimine on näidatud joonisel 48.

Optilised refleksid tekivad valguse osalise peegeldumise tõttu läätsede pindadelt ja neid ei saa täielikult kõrvaldada.

Optilised refleksid suurenevad koos objektiivi läätsede arvu suurenemisega, kui läätsed on õhuvahedega eraldatud. Optilised refleksid vähenevad tunduvalt optiliste pindade kõveruse õige valimise, läätsede kittimise ja eriti optika valgusläbivuse suurendamise puhul.



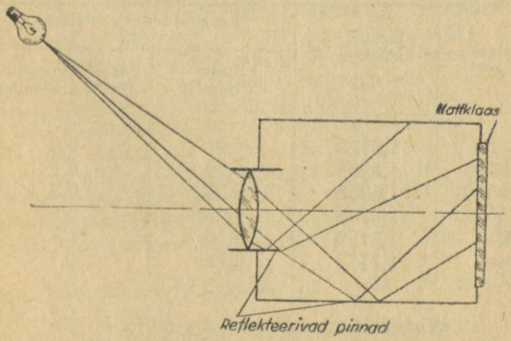
Joon. 47. Mehaanilise refleksi tekkimine.



Joon. 48. Optilise refleksi tekkimine.

Mehaaniliste refleksides tekkimise põhjuste väljaselgitamiseks ja nende kõrvaldamiseks soovitatakse järgmist abinõu.

Praktikast on teada, et refleksid suurenevad, kui objektiivi vaatevälja on üksikud heledasti valgustatud esemed või valgusallikad, seepärast, asetanud fotoaparaadi tumeda ekraani ette nii, et selle kujutis täielikult kataks pildivälja, toome objektiivi vaatevälja elektrilambi (joon. 49).



Joon. 49. Mehaaniliste reflekside kollete väljaselgitamise skeem.

Nihutades lampi mitmesuguste nurkade all objektiivi suhtes nõnda, et ta ei satuks kujutusvälja, jälgime kujutise iseloomu tuhmklaasil. Märgates tuhmklaasil hajutatud valguslaigu ilmumist, kinnitame lambi selles asendis ja, võttes ettevaatlikult ära mattklaasi, vaatame järele kaamera siseosa selles suunas, mis vastab joone suunale.

mis umbkaudu ühendab objektiivi raamistuse siseosa ja laiku mattklaasil. Seejuures ilmub ühel detailil nähtavale ere helk. See detail tulebki ära värvida.

Analoogiliselt kontrollitakse kaamerast lahus ka objektiivi. Tumedale pinnale suunatud objektiivi hoitakse käes, kallutatakse ja pööratakse ümber oma telje (lambi suhtes) ning vaadeldakse samaaegselt raamistuse siseosi.

Optika valgusläbivuse suurendamine

Valgusläbivuse suurendamiseks («valgusjõustamiseks») kantakse klaasi pinnale õhuke läbipaistev kile, mille murdumiskoefitsient on väiksem klaasi murdumisnäitajast. Klaasi peegeldumiskoefitsient väheneb sealjuures tunduvalt, ja seda enam, mida suurem on antud klaasisordi murdumisnäitaja.

«Valgusjõustamise» tõttu suureneb optiliste süsteemide mõjuv valgusjõud ning suureneb kujutise kontrastsus optiliste reflekside ja valgushajuvuse vähenemise tõttu. «Valgusjõustatud» optikal on samuti oreoolivastane mõju.

Fotoobjektiivide valgusläbivuse suurendamise efektiivsuses võib kergesti veenduda tabelite 7 ja 8 abil.

Tabel 7

Klaaside peegeldumiskoefitsientide vähenemine valgusläbivuse suurendamisel füüsilise meetodi puhul (magneesium- ja kaltsiumfluoriidide kihi abil)

Klaasisort	Murdumisnäitaja n_D	Peegeldumiskoefitsient %	
		Enne töötlemist	Pärast fluoriidide kihi pealekandmist
К-8	1,5163	4,21	0,3
БК-10	1,5688	4,90	0,1
ВФ-12	1,6259	5,68	0,3
ЛФ-5	1,5749	4,97	0,5
ТК-6	1,6126	5,50	0,4
ТФ-3	1,7172	6,78	0,1

Tabel 8

«Valgusjõustatud» optika mõju objektiivi valgusläbivuse koefitsiendile

Objektiiv	Spektri keskosa kiirte läbivuse koefitsient	
	Enne „valgusjõustamist" (%)	Pärast „valgusjõustamist" (%)
„Jupiter-12"	68	89
„Jupiter-3"	72	91
„Industar-22"	69	90

Objektiivide hooldamine

Mehaaniliste vigastuste vältimiseks on soovitatav fotoobjektiive hoida spetsiaalseis sametiga vooderdatud metall-, plastmass- või äärmisel juhul pappkarpides.

Soodsaim hoidmisrežiim on minimaalse õhuniiskusega toatemperatuur. Ühelgi juhul ei tohi objektiive hoida niisketes ruumides, sest õhuniiskus rikub tugevasti läätsede pinda, moodustades neil parandamatu ähmase kihi.

Objektiivide hoidmine kõrge temperatuuriga ruumides võib põhjustada keermeis oleva määrdeõli auramist. Läätsede pinnale kondenseerudes moodustavad need aurud ähmase kihi, mis tugevdavad valguse hajumist ja halvendavad objektiivi optilisi omadusi. Läätsepinna juhuslikust puudutamisest tekkinud ja õigeaegselt eemaldamata sõrmejäljed võivad objektiivi parandamatult rikkuda, sest higi avaldab klaasile kahjulikku keemilist mõju.

Et kasutamisel ja hoidmisel kaitsta objektiivi määrdumise ja klaasikihi pinna vigastamiste eest, on soovitatav objektiivile valgusfilter ette asetada. Isegi sel puhul, kui pildistamistingimused ei nõua valgusfiltri kasutamist, on soovitatav objektiiv katta kõige heledama kollase filtriga, mis ei avalda kuigi suurt mõju pildistamise tulemustele. Töötades fotoaparaadiga talvel väljas, jaheneb optika tugevasti ja aparaadi toomisel siseruumi loomulikult muutub «higiseks». Niisugustel juhtudel ei tule optikat pühkida. Udu kaob toatemperatuuris iseenesest.

Suur tähtsus objektiivi kaitsmisel rikkumise eest on puhastamisel. Enne puhastamist tuleb kummipalli abil objektiivi pinnalt ära puhuda tolm, mille kõvad terad võivad puhastamisel kriimustada objektiivi.

Tingimata tuleb loobuda mõningates kirjanduslikes allikates ekslikult soovitatavast optika puhastamisest seemisnaha, vanade puhtakspestud lapide jne. abil, sest need koguvad tolmu ja tekitavad puhastamisel läätsede pinnale väikeste kriimustuste tiheda võrgu. Puhastamisel ei tohi kasutada leeliste ega hapete lahuseid.

Optikat tuleb puhastada steriliseeritud vatist tampooni abil, mis on tihedasti mähitud pulga otsa ja niisutatud petrooleetri (kõrge bensiini fraktsioon, keeb 40°—70° C intervallis) ja piirituse seguga. Segu valmistatakse 80—90%-st eetrist ja vastavalt 20—10%-st piiritusest. Eetri puudumisel võib puhastamiseks kasutada puhast piiritust.

Läätsede puhastamisel liigutatakse tampooni ringitaoliselt läätse keskpaigast äärte poole.

Liigne tampooni niisutamine eetri või piiritusega on lubamatu, sest liigne vedelik, mis voolab tampooni surumisel läätsele, moodustab kuivamisel rõngataolised viirud, üksikuil juhtudel aga võib tungida raamistuse ja läätsede vahele, rikkudes läätse kittimise tugevust.

Puhastatakse mitu korda järjest, kusjuures iga kord vahetatakse tampooni.

Objektiivide vead ja nende kõrvaldamine

1. **Ähmased laigud läätse üksikutes kohtades või kogu pinnal.** Laigud tekivad raamistuses olevate rasvasid sisaldavate ainete auramisest ja kondenseerumisest klaasile või õliosakeste juhuslikust klaasi pinnale sattumisest, mis aja jooksul õhuniiskuse mõju tõttu levivad tilgakeste näol üsna suurele pinnale.

Laigud kõrvaldatakse hoolika puhastamisega.

2. Läätsede sisepindade ähmastumine. Tekib niiskuse kondenseerumisest läätsede pinnale.

Ähmasus kõrvaldatakse läätsede puhastamise ja raamistuse sisemuse kuivatamise teel kuiva sooja õhujoa abil.

3. **Prügi.** Esineb mustusetükikeste, tolmu või metall-laastukeste näol läätsede sisepindadel.

Kõrvaldatakse raamistuse puhastamisega ja hoolika läbipuhumisega kummipalli abil.

4. **Liimist lahtiminek.** Tekib peamiselt objektiivi raamistuse ja läätsede mehaaniliste vigastuste ning kahjulike temperatuurimõjude tõttu; väljendub liimi kihis hiilgavate ümarate, sakiliste äärtega, tammelehe kontuure meenutavate laikudena.

Viga on kõrvaldatav ainult tööstuslikes tingimustes.

5. **Rooste katiku ja diafragma lehekestel.** Esineb enamasti väikeste punakaspruunide laigukestena.

Roostetamine aeglustub mõnevõrra, kui lehekeste pinnale määritakse vatitopi abil õhuke kiht happevaba õli.

Seda võib teha ainult spetsiaalses töökojas, sest pisimgi ettevaatamatus määrimisel võib lehekeste kinnikleepumise tõttu põhjustada katiku mittetöötamise.

Objektiivide sisepindade puhastamine nõuab nende lahtivõtmist. Tähelepanematu suhtumine sellesse operatsiooni põhjustab sageli objektiivi omaduste tõsise halvenemise, tihti aga ka tema parandamatu rikkimineku. Seepärast tuleb enne objektiivi lahtivõtmisele ja puhastamisele asumist õppida tundma põhireegleid, mis tagavad objektiivi endiste optiliste karakteristikate säilimise:

1) enne optiliste komponentide väljakeeramist tuleb veenduda, kas nad pole mitte kinnitatud tuubuse välis- või otspinna kaudu keermesse käiva stopp-kruviga. Stopp-kruvi tuleb ettevaatlikult välja keerata väikese kellasepa-kruvikeerajaga;

2) tuubusele ja objektiivi raamistusele tuleb hoolikalt, ilma raamistuse välimust rikkumata teha joonistussule või pliiatsiga kahe detaili liitumiskohale jooneke, mis kokkupanemisel näitab, kui kaugele olid komponendid kokku keeratud.

Samuti talitatakse ka mitmekäiguliste keermete lahtikeeramisel;

3) üksikute komponentide väljakeeramisel raamistusest ei tohi kinnitada raamistuse üksikuid osi tangide või kruustangide vahele, sest selle tagajärjeks on objektiivi vältimatu rikkumine.

Tavaliselt ei nõua optika väljakeeramine raamistusest liiga suurt jõudu. Kui aga lahtikeeramine ei õnnestu lihtsalt palja käega, tuleb kasutada kaht 1—1,5 mm paksust lehtkummitükki, mille abil, samuti ainult kätega, haaratakse üks ja teine raamistuse osa ja kruvitakse lahti tavalisel viisil;

4) ei tohi lahti keerata ega välja võtta üksikuid läätsi, sest selle tulemuseks on enamikul juhtudel objektiivide optiliste omaduste halvamine (detsenteerumine, läätsede kohtade ümbervahetamise võimalus jne.);

5) üksikud osad tuleb raamistusse kruvida erilise hoolikusega, sest nende detailide erakordselt peente keermete tõttu ei ole kerge tunda, kas keermed on sattunud õigesti. Jõu kasutamine neil puhkudel põhjustab ainult objektiivi rikkimineku.

Soovitatav on enne detaili sissekeeramist seda pisut pöörata vasakule kuni iseloomuliku naksatuseni, mis näitab, et keere on sattunud käiku. Keermete kinnikeeramise tugevust kontrollitakse varem tehtud märkide järgi.

Lõpuks tuleb juhtida tähelepanu sellele, et objektiivi võib iseseisvalt lahti võtta ainult äärmise vajaduse korral, juhul kui puudub võimalus kasutada spetsialisti abi.

FOTOOBJEKTIIVID

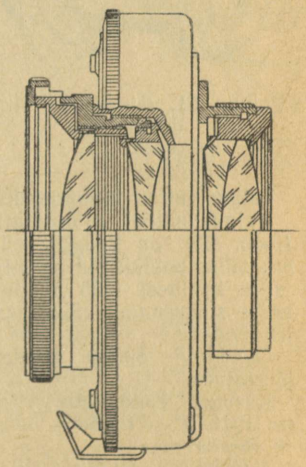
Nõukogude optiline mehaanikatööstus toodab suurel hulgal täiuslikke optilisi riistu ja fotooptika-liike. Allpool iseloomustatakse ainult väikest rühma fotoobjektiive, mis on fototööde praktikas kõige enam levinud.

Fotoobjektiiv «Industar-23»

Objektiiv «Industar-23» (joon. 50) on määratud kaameraile «Moskva-1», «Moskva-2» ja «Moskva-3». Teda kasutatakse ka suurendusaparaatides «У-4» ja «Fotam». Objektiiv «Industar-23» kujutab endast neljalääteselist poolkititud anastigmaati. Kolmas, tagumine komponent koosneb kahest omavahel kititud läätsest. Teravustamine toimub õhuvahe suurendamisega esimese ja teise komponendi vahel, mis saavutatakse esimese läätse raamistuse liigutamisega mitmekäigulises keermes.

Enamikel juhtudel monteeritakse objektiiv «Industar-23» keskkatiku raamistusse. Objektiivi optika on sinine («valgusjõustatud»).

Üsna hästi korrigeeritud aberratsiooni tõttu kasutatakse objektiivi nii professionaalseiks kui ka amatöörvõteteks.



Joon. 50. Objektiiv «Industar-23».

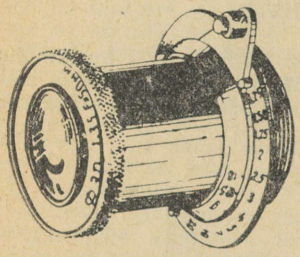
Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	110
Suhteline ava	1 : 4,5
Pildivälja nurk	52°
Suhteliste avade skaala	1 : 4,5; — 1 : 32
Kaugusskaala diapasoon	1,5 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	28
„ äärtel	14

Fotoobjektiiv «Industar-10»

Objektiiv «Industar-10» on neljalääätseline poolkititud anastigmaat. Kolmas, tagumine komponent koosneb kahest omavahel kititud läätsest.

Objektiivi optika ei ole «valgusjõustatud». Kasutatakse aparaatidel «FED»* ja «Sport».



Joon. 51. Objektiiv «Industar-10».

Tehniline karakteristika

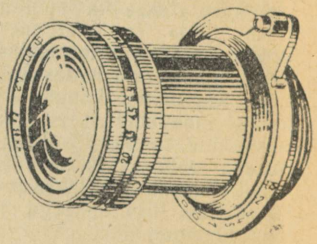
Fookuskaugus (mm)	50
Suhteline ava	1 : 3,5
Pildivälja nurk	47°
Suhteliste avade skaala	1 : 3,5—1 : 16
Kaugusskaala diapasoon	1 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	40
„ äärtel	madal**

Valgusjõuline fotoobjektiiv «FED»

Valgusjõuline fotoobjektiiv «FED» (joon. 52) on kuueläätseline asümmeetriline poolkititud anastigmaat. Kujutise kvaliteet jääb tunduvalt maha teiste süsteemide väikekaamerate objektiividest.

Objektiivi optika ei ole «valgusjõustatud».

Kasutati kaameraile «FED». Alates 1941. a. ei toodeta.



Joon. 52. Valgusjõuline objektiiv «FED».

* Objektiivi «Industar-10» juures, mida kasutatakse aparaadi «FED» jaoks, on tehas-tootja teinud mõningaid muudatusi.

** Madal eraldusvõime pildivälja äärtel on seletatav mõningase astigmatismiga ja pildivälja suurendatud kõverusega.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm) 50
Suhteline ava . . . . . 1 : 2
Pildivälja nurk . . . . . 47°
Suhteliste avade skaala 1 : 2; — 1 : 18
Kaugusskaala diapasoon 1 m —∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
pildivälja keskel 25
„ äärtel . . . . 10—12

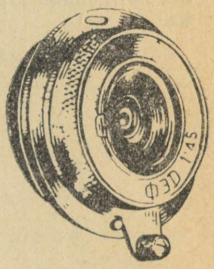
Lainurk-objektiiv «FED»

Lainurk-objektiiv «FED» (joon. 53) on kuueläätseline poolkititud anastigmaat. On erakordselt kõrge eraldusvõimega ja annab kõrge kvaliteediga kujutise. Väga suur pildivälja nurk kutsub esile pildi nurkade üsna tugeva vinjeteerumise (valgustatuse languse).

Objektiivi optika ei ole «valgusjõustatud».
Valmistati kaameraile «FED». Alates 1941. a. ei toodeta.

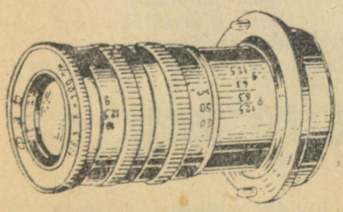
Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm) 28
Suhteline ava . . . . . 1 : 4,5
Pildivälja nurk . . . . . 76°
Suhteliste avade skaala 1 : 4,5, 1 : 6,3; 1 : 9; 1 : 12,5; 1 : 18
Kaugusskaala diapasoon 1 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
pildivälja keskel 45
„ äärtel 15



Joon. 53. Lainurk-objektiiv «FED».

Teleobjektiiv «FED»



Joon. 54. Teleobjektiiv «FED».

Teleobjektiiv «FED» (joon. 54) koosneb kahest komponendist — telepositiivist ja telenegatiivist, millest kumbki koosneb kahest omavahel kititud läätsest.

Objektiiv annab rahuldava kvaliteediga joonise. Distorsioon ulatub kuni 2%-ni.

Kasutati kaamerail «FED». Alates 1941. a. ei toodeta.

Tehniline karakteristika

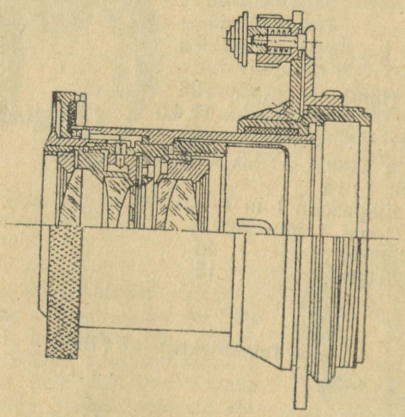
Fookuskaugus (mm)	100
Suhteline ava	1 : 6,3
Pildivälja nurk	24°
Suhteliste avade skaala	1 : 6,3; 1 : 9; 1 : 12,5; 1 : 18
Kaugusskaala diapasoon	1 m — ∞
Eraldusvõime* (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	38—40
„ äärtel	25

Fotobjektiiv «Industar-22»

Fotoobjektiiv «Industar-22» (joon. 55) on määratud väikekaamerale «Zorki».

Kasutatakse samuti suurendajais «У-2» ja reprodutseerimis-suurendusaparaadis «РУ-1».

«Industar-22» kuulub anastigmaatide rühma; optika astigmatism on äärmise piirini korrigeeritud. Objektiiv koosneb kolmest komponendist; kolmas, positiivne komponent on kokku kititud kahest läätsest.



Joon. 55. Objektiiv «Industar-22».

Kuna objektiiv «Industar-22» omab kõrget eraldusvõimet hea teravuse jaotusega üle kogu välja, kasutatakse teda kõige mitmekesisemateks fotograafilisteks töödeks.

* Kaamerale «FED» määratud objektiivide eraldusvõime on antud eksperimentaalse analüüsi põhjal, mis tehti üksikute eksemplaridega.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	52,4*
Suhteline ava	1 : 3,5
Pildivälja nurk	45°
Suhteliste avade skaala	1 : 3,5 — 1 : 16
Kaugusskaala diapasoon	1 m — ∞
Eraldusvõme (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	32
„ äärtel	20

Fotoobjektiiv «Industar-26»

on neljalääatseline anastigmaat ja sarnaneb optiliselt skeemilt objektiiviga «Industar-22». Kasutatakse fotoaparaadi «FED-2» põhiobjektiivina ja «Zorki» ning «Zeniti» vahetatava objektiivina vastavais raamistustes.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	50
Pildivälja nurk	45°
Suhteline ava	1 : 2,8
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	30
„ äärtel	12—14

Fotoobjektiiv «Industar-50»

on optiliselt skeemilt ja karakteristikalt, raamistuse konstruktsioonilt ja otstarbelt nagu «Industar-22», kuid suurema eraldusvõimega. Samuti on parandatud kromaatiline aberratsioon, mis teeb ta väärtuslikuks värvilises fotograafias ja reprodutseerimisel. Toodetakse kahesuguses raamistuses, aparaatidele «Zorki» ja «Zenit».

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	50
Suhteline ava	1 : 3,5
Pildivälja nurk	45°
Suhteliste avade skaala	1 : 3,5 — 1 : 16
Kaugusskaala diapasoon «Zorki» raamistuses	1 m — ∞
ja «Zeniti» „	0,65 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	38
„ äärtel	22

* Objektiivi raamistusel on fookuskaugus märgitud ümardatult (F=50 mm).

Fotoobjektiiv «Orion-15»

on määratud väikekaameratele «Zorki» ja «Leningrad». Optiline süsteem koosneb neljast positiiv-meniskist. Objektiiv on ülilaia nurgaga ja ta läätsede konkaavküljed on pööratud objektiivi keskosas asuva diafragma suunas.

Suure sügavusteravuse, suure pildinurga ning kõrge eraldusvõime tõttu sobib arhitektuuriliste sisevõtete, mitmekorruseliste hoonete ning suurte gruppide pildistamiseks.

Objektiiv on asendamatu juhtudel, kui pole võimalik küllaldaselt eemalduda pildistamisobjektist.

Valguse intensiivsuse langus pildi äärtel on suhteliselt väike.

Toodetakse kahes raamistuses aparaatidele «Zorki» ja «Leningrad».

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus	28
Suhteline ava	1 : 6
Pildivälja nurk	75°
Suhteliste avade skaala	1 : 6 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon	1 m —∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	45
„ äärtel	18

Fotoobjektiiv «Mir-1»

Fotoobjektiiv «Mir-1» on määratud väike-peegelkaamerale «Zenit». Objektiiv on kuueläätseline anastigmaat-lainurkobjektiiv. Objektiivi iseloomulikuks jooneks on pikk tagalõik (kaugus objektiivi tagumise läätse pinnalt kuni fookuseni), mistõttu ta on kasutatav peegelkaamerais ja ka aparaatidel, mille keskkatik asub objektiivi taga.

Suure eraldusvõime ja valguspinna ühtlase jaotuse tõttu kasutatav kõrgekvaliteedilise objektiivina, kui on vajalik pildistatava eseme kõigi detailide eriti suur teravus.

Objektiiv on varustatud poolautomaatse ettevalitava diafragmaga.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	37
Pildivälja nurk	60°
Suhteliste avade skaala	1 : 2,8 — 1 : 16
Kaugusskaalade diapasoon	0,7 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	45
„ äärtel	23

Fotoobjektiiv «Jupiter-3»

Fotoobjektiiv «Jupiter-3» (joon. 56) on määratud väikekaameratele «Zorki» ja «Kiiev». Objektiiv kujutab endast seitsmeläätselist asümmeetrilist süsteemi. Keskmine ja tagumine komponent koosnevad kumbki kolmest omavahel kititud läätsest.

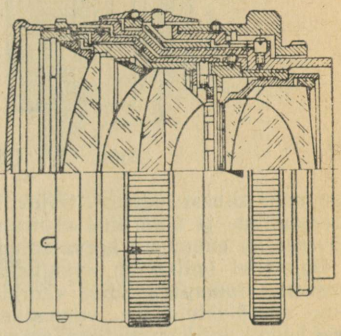
Väga suure valgustugevuse kõrval on objektiivi aberratsioon hästi korrigeeritud.

Objektiivi optika on «valgusjõustatud», kusjuures objektiivi läätsede välispindadel on eriti tugev «valgusjõustav» kile *, mis lubab ilma tõsise ohuta nende puhastamist.

Objektiivi toodetakse kahes vaheraamistuse variandis. Kaameral «Zorki» objektiivi vaheraamistus on ühendatud kaameraga keerme abil ja tagab objektiivi ja kaugusmõõdiku automaatse sidestuse; kaamera «Kiiev» objektiivides on vaheraamistus varustatud bajonettlukuga.

Valmistamise täpsus kindlustab objektiivide täieliku vahetatavuse ilma täiendava justeerimise vajaduseta.

Objektiivi kasutatakse peamiselt siis, kui pildistamisobjekt on nõrgalt valgustatud.



Joon. 56. Objektiiv «Jupiter-3».

Tehniline karakteristika

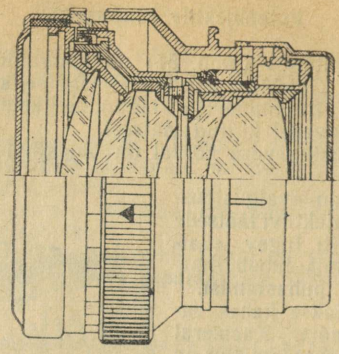
Fookuskaugus (mm)	52,4**
Suhteline ava	1 : 1,5
Pi'divälja nurk	45°
Suhteliste avade skaala	1 : 1,5 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon kaamera «Zorki» raamistuses	1 m — ∞
„ „ kaamera «Kiiev» „	0,9 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	30
„ äärtel	14

Fotoobjektiiv «Jupiter-8»

Objektiiv «Jupiter-8» (joon. 57) on keerukas valgusjõuline objektiiv. Ta koosneb kuuest läätsest. Keskmine komponent on kititud kolmest.

* Kõigile seeria «Jupiter-3» objektiividele on läätsede välispindadele kantud tugev «valgusjõustav» kiht, mis lubab objektiivi puhastamist ilma eriliste ettevaatusabinõudeta.

** Objektiivi raamistusel on fookuskaugus märgitud ümardatult (F=50 mm).



Joon. 57. Objektiiv «Jupiter-8».

tagumine kahest läätsest. Objektiiv on suure valgusjõuga ja objektiivi kromaatiline ja sfääriline aberratsioon ning astigmatism ja pildivälja kõverus on enamuses kõrvaldatud.

Objektiivi optika on «valgusjõustatud». Objektiivi toodetakse raamistustes fotoaparaatidele «Zorki» ja «Kiiev». Kasutatakse maastikuning spordivõtete jne. valmistamiseks nii objektide halva valgustatuse puhul kui ka tavalistes tingimustes.

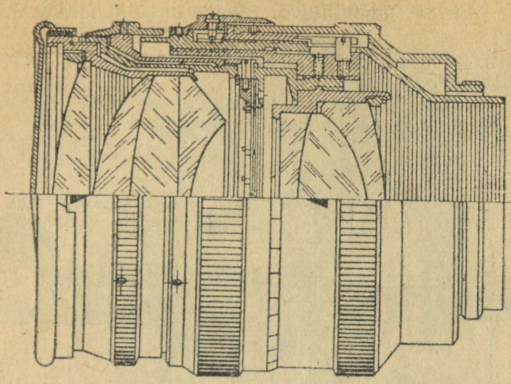
Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)		52,4*
Suhteline ava		1 : 2
Pildivälja nurk		45°
Suhteliste avade skaala		1 : 2 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon:		
fotokaamera «Zorki» raamistuses	1 m — ∞	
„ «Kiiev» „	0,9 m — ∞	
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)		
pildivälja keskel		30
„ äärtel		14

Fotoobjektiiv «Jupiter-9»

Objektiiv «Jupiter-9» (joon. 58) on määratud väikekaameratele «Zorki» ja «Kiiev». See on keerukas valgusjõuline anastigmaat, mis koosneb seitsmest läätsest. Keskmine ja tagumine komponent sisaldavad kumbki kolm omavahel kititud läätse. Aberratsiooni korrektsioonilt see objektiiv ei erine objektiivist «Jupiter-8».

* Objektiivi raamistusel on fookuskaugus märgitud ümardatult (F=50 mm).



Joon. 58. Objektiiv «Jupiter-9».

Objektiivi optika on «valgusjõustatud».

Seda objektiivi toodetakse kahte liiki raamistuses (aparaatidele «Zorki» ja «Kiiev»).

Pildivälja väikese nurga ja vastava aberratsiooni korrektsiooni tõttu kasutatakse väikekaameratega portreevõteteks, ning ka siis, kui tahetakse saada kaugete esemete kujutisi suuremates mõõtmetes.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	85
Suhteline ava	1 : 2
Pildivälja nurk	28°
Suhteliste avade skaala	1 : 2 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon:	
kaamera «Zorki» raamistuses	1,8 m — ∞
kaamera «Kiiev» raamistuses	1,15 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	30
„ äärtel	18

Fotoobjektiiv «Jupiter-11»

Teleobjektiiv «Jupiter-11» (joon. 59) on määratud väikekaameratele «Zorki» ja «Kiiev». See on neljaläätseline anastigmaat.

Objektiivi optika on «valgusjõustatud».

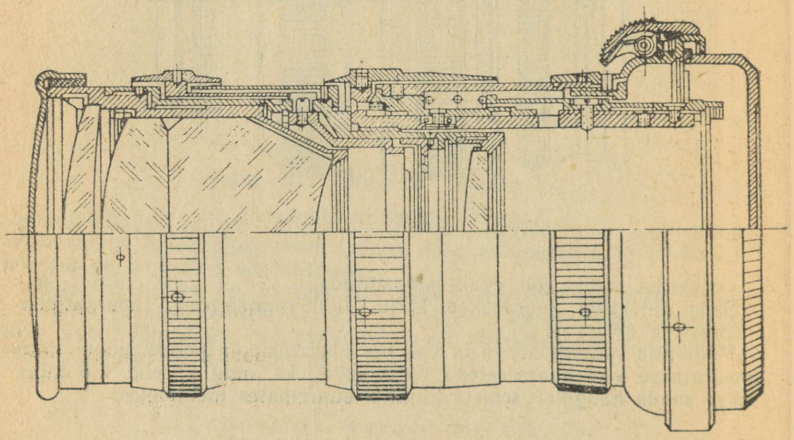
Toodetakse vaheraamistustes aparaatidele «Zorki» ja «Kiiev».

Vaheraamistus, mis on määratud kaamerale «Kiiev», on varustatud bajonettlukutiga, mille abil seda on võimalik kiiresti aparaadi külge kinnitada.

Aparaadi «Zorki» objektiivide raamistus ühendatakse viimasega keerme abil.

See objektiiv, samuti nagu varem kirjeldatudki, on kaamerail vastastikku vahetatav.

Kõrge eraldusvõime ja suure fookuskauguse tõttu on «Jupiter-11» asendamatu kaugemate esemete pildistamiseks.



Joon. 59. Objektiiv «Jupiter-11».

Tehniline karakteristika

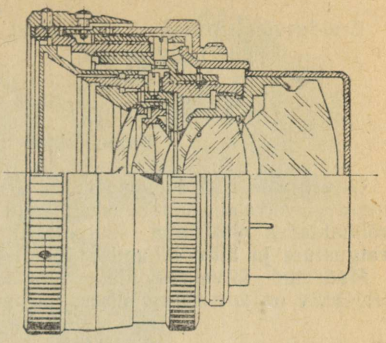
Fookuskaugus (mm)	135
Suhteline ava	1 : 4
Pildivälja nurk	18°
Suhteliste avade skaala	1 : 4 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon:	
kaamera «Zorki» raamistuses	2,5 m — ∞
kaamera «Kiiev» raamistuses	1,5 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	34
„ äärtel	19

Fotoobjektiiv «Jupiter-12»

Fotoobjektiiv «Jupiter-12» (joon. 60) on määratud väikekaameratele «Zorki» ja «Kiiev». See on poolkititud kuueläätseline lainurkanastigmaat.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm) . 35
Suhteline ava . . . . 1 : 2,8
Vaatevälja nurk . . . 63°
Suhteliste avade skaala 1 : 2,8; 1 : 4 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon:
kaamera «Zorki» raamistuses 1 m — ∞
kaamera «Kiiev» raamistuses 0,9 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
välja keskel 34
välja äärtel 12



Joon. 60. Objektiiv «Jupiter-12».

Objektiivi optika on «valgusjõustatud». Toodetakse kahes vaheraamistuses kaameraile «Zorki» ja «Kiiev».

Väga hea kvaliteedi ja suure nägemisnurga tõttu kasutatakse maastikkude ja arhitektuuriliste ansamblite fotografeerimiseks.

Fotoobjektiiv «Jupiter-17»

Universaalne valgusjõuline viiest läätsest koosnev anastigmaat. Kasutuse otstarve, raamistuse konstruktsioon ja karakteristika on samasugune nagu objektiivil «Jupiter-8».

Fotoobjektiiv «Helios-44»

Objektiiv «Helios-44» on kuuelääteline, eriti hästi korrigeeritud optilise süsteemiga anastigmaat. Oma fookuskauguse ja pildi formaadi poolest kuulub universaalsesse tüüpi. Suure suhtelise ava ja kujutise hea kvaliteedi tõttu kõigi suhteliste avade juures on kasutatav mitmesugustes valgustustingimustes. Eriti soodus puuduliku või kunstliku valgustuse puhul (sisevõtted) ja kiireid säriaegu nõudvates tingimustes (spordivõtted, liikumised jne.).

Põhiobjektiiviks aparaadile «Start» ja vahetusobjektiiviks aparaadile «Zenit». Aparaadile «Start» toodetakse raamistuses, mis on varustatud automaatse ettevalitava diafragmaga, aparaadile «Zenit» — valitava diafragmaga.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm) 58
Pildivälja nurk . . . . . 40°
Suhteliste avade skaala . . . . . 1 : 2 — 1 : 22 («Zenit»)
1 : 2 — 1 : 16 («Start»)

Kaugusskaala diapasoon kaamera «Zenit» raamistuses 0,5 — ∞
„ «Start» 0,7 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
pildivälja keskel 35
„ äärtel 14

Fotoobjektiiv «Helios-40»

Ülivalgusjõuline kuueläätseline anastigmaat. Universaalsete objektiividega võrreldes on fookuskaugus ja valgusjõud tunduvalt suuremad, võimaldades pildistada suuremas mastaabis kaugeid esemeid nõrga valgustuse ja kiire liikumise puhul.

Määratud ülivalgusjõulise vahetusobjektiivina kaamerale «Zenit». Objektiiv on varustatud diafragma ettevalimisseadisega.

Tehniline karakteristika

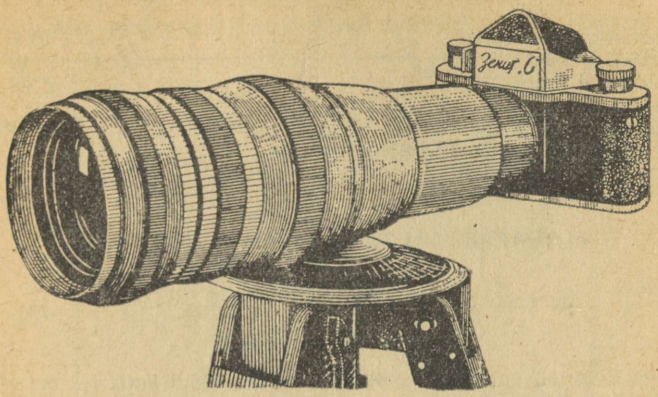
Fookuskaugus (mm) 85
Pildivälja nurk . . . . . 28°
Suhteliste avade skaala . . . . . 1 : 1,5 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon . . . . . ∞ — 0,8 m
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
pildivälja keskel 32
„ äärtel 16

Teleobjektiiv «Tair-3»

Koosneb kolmeläätselisest optilisest süsteemist, mille teine komponent on paks negatiivne menisk, mida esimesest komponendist eraldab pikk õhuvahe. Küllaldase valgusjõu, kõrge eraldusvõime ja suure fookuskauguse tõttu võimaldab saada suhteliselt kaugel asuvaist esemeist hästi detailiseeritud kujutise. Objektiivi toodetakse kaamera «Zenit» raamistuses. Objektiivi suure raskuse tõttu pildistatakse peamiselt statiivilt, kusjuures statiivile ei kinnitata mitte aparaat, vaid objektiiv, milleks tal on raamistuses vastav statiivi pesa (keere $^3/_8$″).

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm) 300
Pildivälja nurk . . . . . 8°
Suhteliste avade skaala . . . . . 1 : 4,5 — 1 : 22
Kaugusskaala diapasoon . . . . . 3 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)
pildivälja keskel 36
„ äärtel 30



Joon. 60a. Teleobjektiiv «Tair-3».

Teleobjektiiv MTO-500

Menisk-teleobjektiiv, kujutab endast D. D. Maksutovi peegelläätse optilist süsteemi. Objektiiv on määratud väga kaugete esemete pildistamiseks kaameraga «Zenit».

Teravustamisel võrdub pilt 10-kordse suurendusega binoklis saadava kujutisega. Objektiivi teravus suhteliselt kõrge. Peegelobjektiividel puudub kromaatiline aberratsioon.

Tehniline karakteristika

Fookuskaugus (mm)	500
Suhteline ava	1 : 8
Pildivälja nurk	5°
Diafragma puudub	
Kaugusskaala diapasoon	4 m — ∞
Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)	
pildivälja keskel	35
„ äärtel	22

Teleobjektiiv MTO-1000

Sarnaneb objektiiviga MTO-500.

On määratud vahetusobjektiivina peegelkaamerale «Zenit» pildistamiseks mitme kilomeetri kauguselt. Aparaadi peeglil paistev pilt võrdub suuruselt binoklis saadava kujutise 20-kordse suurendusega.

Tehniline karakteristika

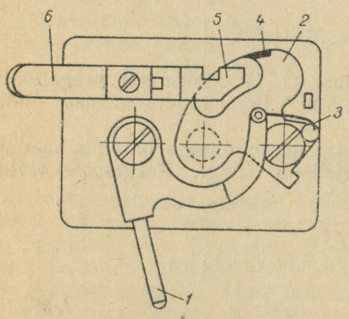
Fookuskaugus (mm)	1000
Suhteline ava	1 : 10
Pildivälja nurk	2°30′
Diafragma puudub	
Kaugusskaala diapasoon	10 m — ∞
Eraldusvõime nagu objektiivil MTO-500	

FOTOAPARAADI MEHHANISMID JA SÕLMED

Katikud

Ketas-sektorkatik

Ketaskatik on kujutatud joonisel 61. Seda tüüpi katikuga on varustatud muuhulgas laste fotoaparaat «Liliput». Katik koosneb teljel pöörduvast avaga metallsektorist *2*, mille paneb liikuma päästikuhoovaga *1* seotud vedru *3*.



Joon. 61. Ketaskatik.

Katiku täielik töötsükkel (avanemine, säritamine, sulgumine) toimub sektori liikumisel ühes suunas.

Seda tüüpi katikud võimaldavad ainult üht momentsäriaega (enamasti kas $^1/_{50}$ või $^1/_{25}$ sek.) ja võimaldavad aegvõtet sel teel, et peatatakse sektori pöördumine avamisfaasis sektori küljes oleva nuki *4* ja säriaegade seadehoova *6* küljes oleva nuki *5* abil.

Keskkatikud

Keskkatikuid toodetakse kahte tüüpi — «GOMZ» ja «Temp». Joonisel 62 on näidatud «GOMZ»-tüüpi keskkatik. See koosneb kahest telgedele kinnitatud sirbikujulisest teraslamellist *A* ja *B*. Lamellid, olles ühendatud vedru ja päästikuhoovaga, avavad ja sulevad objektiivi ava. Katiku tööprintsiipi on kerge selgitada joonisel 63 oleva skeemi abil: lamell *A*, mis on kinnitatud teljele ja mida pingutab vedru 5, on ühendatud teise lamelliga *B* hoova *3* ja kulissi *4* abil.

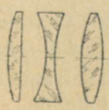
Lehekesed pannakse tööle katiku käivitusmehhanismiga ühendatud hoova *1* abil, mis surub õlale *2*.

Katiku töökiirust reguleeritakse käivitusmehhanismi vedru pingutamisega.

Tavaliselt võimaldavad «GOMZ»-tüüpi katikud kolme säriaega ($^1/_{25}$, $^1/_{50}$ ja $^1/_{100}$ sek.), samuti võimaldavad nad säritada aegvõttel. Neid

Tabel 9

Fotograafias kasufatavate kodumaiste fotoobjektiivide karakteristika

Objektiivi nimetus	Optiline skeem	Fookuskaugus mm	Suhteline ava	Pildi nurk (kraadi)	Eraldusvõime (jooni 1 mm kohta)		Kasutatakse kaamerail
					Välja keskel	Välja äärtel	
«Ortagoz»		135	1 : 4,5	58	30	14	«Fotokor № 1»
«Industar-7»		105	1 : 3,5	55	28	14	«Turist»
«Industar-11»		300 450 600 900 1200	1 : 9	45	35	14	Reprodukt-sioonikaamerad
«Industar-13»		300	1 : 4,5	56	24	8	«FK»
«Industar-51»		210	1 : 4,5	56	32	8	«FK»
«T-21»		80	1 : 6,3	55	28	12	«Komsomolets»
«T-22»		75	1 : 4,5	60	28	12	«Ljubitel»

Kodumaiste väikekaamerate objektiivide

Objektiivi nimetus	Objektiivi liik	Fookuskaugus (mm)	Valgusjõud (1:—)	Pildinurk	Katiku diapasoon	Kaugusskaala piirid
Orion-15	Ülilainurk	28	6	75°	1 : 6 — 1 : 22	1 m — ∞
Jupiter-12	Lainurk	35	2,8	63°	1 : 2,8 — 1 : 22	1 m — ∞
Mir-1	Lainurk	37	2,8	60°	1 : 2,8 — 1 : 16	0,7 m — ∞
Industar-22	Normaalne	50	3,5	45°	1 : 3,5 — 1 : 16	1 m — ∞
Industar-26	Normaalne	50	2,8	45°	1 : 3,5 — 1 : 16	1 m — ∞
Industar-50	Normaalne	50	3,5	45°	1 : 3,5—1 : 16	1 m — ∞ (Zorki) 0,65 m —∞ (Zenit)
Jupiter-3	Normaalne	50	1,5	45°	1 : 1,5 — 1 : 22	1 m — ∞
Jupiter-8	Normaalne	50	2	45°	1 : 2 — 1 : 22	1 m — ∞
Jupiter-17	Normaalne	50	2	45°	1 :2 — 1 : 22	1 m — ∞
Helios-44	Normaalne	58	2	40°	1 : 2 — 1 : 22 (Zenit) 0,5 m — ∞ 1 : 2 — 1 : 16 (Start) 0,7 m — ∞	
Helios-40	Portree-objektiiv	85	1,5	28°	1 : 1,5 — 1 : 22	0,8 m — ∞
Jupiter-9	Portree-objektiiv	85	2	29°	1 : 2 — 1 : 22 (Zorki, 1,5 m—∞ Leningrad, Kiiev) 1 : 2 — 1 : 16 (Zenit) 0,8 m—∞	
Jupiter-11	Teleobjektiiv	135	4	18°30′	1 : 4 — 1 : 22	1,5 m — ∞ (Kiiev, Zenit) 1,5 m — ∞ (Zorki, Leningrad)
Tair-3	Teleobjektiiv	300	4,5	8°	1 : 4,5 — 1 : 22	3 m — ∞
MTO-500	Peegel-objektiiv	500	8	5°	Diafragma puudub	4 m — ∞
MTO-1000	Peegel-objektiiv	1000	10	2°30′	Diafragma puudub	10 m — ∞

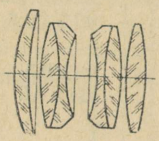
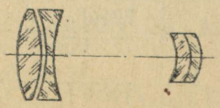
tehnilised andmed

Tabel 9a

Eraldusvõime läie avaga (M) pildivälja		Vahetusobjektiiviga kaameraile		Filtriraamistuse mõõted (mm)	
keskel	äärel	kruviraamistus	bajonett-raamistus	kruvitav	eteasetatav
45	18	Zorki Leningrad	Kiiev	40,5×0,5 49×0,5	48 51
34	12	Zorki Leningrad	Kiiev	40,5×0,5	51
45	23	Zenit		49×0,5	51
32	20	Zorki Zenit		23×0,5	36
30	12—14	Fed-2, Zorki Zenit		40,5×0,5	42
38	22	Zorki Zenit		23×0,5 33×0,5	36
30	14	Zorki Leningrad	Kiiev	40,5×0,5	42
30	14	Zorki Leningrad	Kiiev	40,5×0,5	42
30	14	Zorki Leningrad		40,5×0,5	42
35	14	Zenit	Start	49×0,5 40,5×0,5	51
32	16	Zenit		66×0,75	68
30	18	Leningrad Zorki Zenit	Kiiev	40,5×0,5	42
34	19	Zorki Leningrad Zenit	Kiiev	40,5×0,5	42
36	30	Zenit		72×1	76
35	22	Zenit		77×0,75	80
35	22	Zenit		120×1	125

Tabel 10

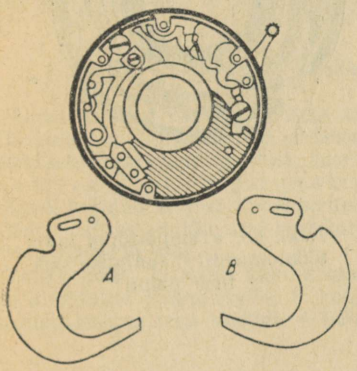
Fotograafias kasutatavate välismaiste fotoobjektiivide karakteristika

Objektiivi nimetus	Optiline skeem	Suhteline ava	Fookuskaugus (mm)
«Heliar»		1 : 3,5 1 : 4	50; 75; 105; 135; 180; 210 50; 75; 105; 135; 180; 210; 300
«Biotar»		1 : 1,4 1 : 2	50; 75 40; 45; 58; 80
«Tessar»		1 : 2,7 1 : 3,5 1 : 4,5	25; 35; 50; 80; 100; 120; 125; 145; 165 28; 35; 40; 50; 75; 105; 135; 210; 300 28; 40; 50; 75; 80; 105; 135; 210; 300
«Ernostar»		1 : 1,8 1 : 2,8	50 75
«Tele-Tessar»		1 : 6,3	180

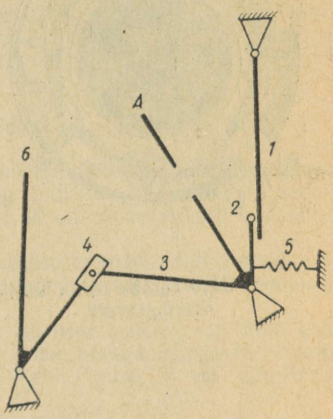
katiku'd kasutatakse lihtsama konstruktsiooniga kaamerail («Arfo», «Fotokor nr. 1» jne.).

«Temp»-tüüpi keskkatik (joon. 64) kujutab endast kõige täiuslikumat keskkatiku tüüpi.

Katiku tööprintsiip on järgmine: vinnastusrõngas *1*, mis pöördub tuubuse ümber vedru *2* toimel, hoitakse vinnastatud seisundis lingi *3* abil. Surumisel päästikuvinnale *4* väljub link *3* vinnastusrõnga hambast; vinnastusrõngas, pöördudes tema külge kinnitatud hambaga *5*,



Joon. 62. «GOMZ»-tüüpi keskkatik.



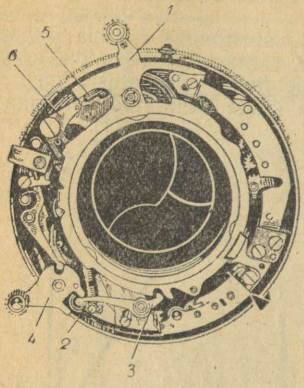
Joon. 63. «GOMZ»-tüüpi katiku kinemaatiline skeem.

surub kaheõlgsele hoovale *6*, mis on sidestatud rõngaskulissiga, ja viimane avab katiku lamellid. Katiku täielik töötsükkel (avanemine, säritus ja sulgumine) toimub vinnastusrõnga liikumisega tuubusel umbes 30° piirides. Katiku säriaegade muutmine toimub vinnastusrõnga pidurdamisega ankurregulaatori abil.

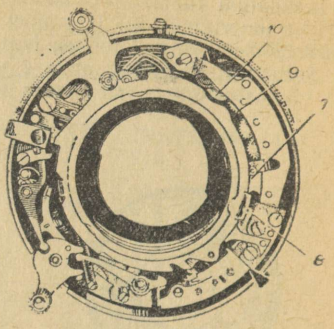
Joonisel 65 on kujutatud katiku mehhanism töömomendil pikaajalise särituse puhul. Lamellide täieliku avanemise hetkel peatab vinnastusrõnga pöörlemise ankrumehhanismi sektor *7*, mis vinnastusrõngal oleva nuki *8* survel aeglaselt pöördub. Tõuganud sektori kuni lõpuni, libiseb vinnastusrõngas edasi, viies täieliku töötsükli lõpule.

Automaatsed säriajad sõltuvad ankruregulaatori seatud asendist ja sellest, kuivõrd ankru ratas *9* on hambunud ankruga *10*. Säriaegadel 1 sekundist kuni $^1/_{10}$ sekundini töötab pidurdusmehhanism töösse lülitatud ankruga; alates $^1/_{25}$ sekundist aga lülitatakse ankur välja ja pidurdamine toimub hammasrataste pöörlemisega. Kõige lühemate säriaegade puhul on ka need välja lülitatud.

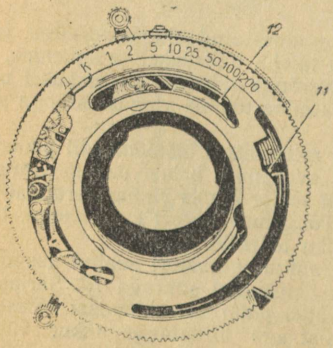
Sektori vajalike asendite ning ankru hambumise seadmine toimub reguleerimisrõnga abil (joon. 66), mis on varustatud kõvera liitprofiiliga, mida mööda libisevad tihvtid *11* ja *12*, mis on kinnitatud sektori



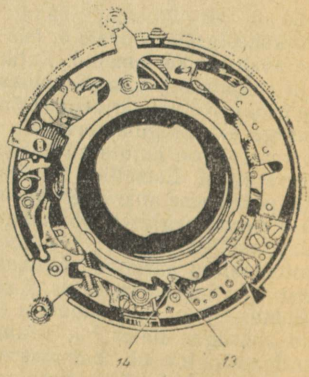
Joon. 64. «Temp»-tüüpi katik vinnastatult.



Joon. 65. «Temp»-tüüpi katik töömomendil pikaajalise särituse puhul.



Joon. 66. «Temp»-tüüpi katik ühes vinnastatud reguleerimisrõngaga.



Joon. 67. «Temp»-tüüpi katik iseavaja mehhanismi töömomendil.

ja ankruhoova külge. Paljud seda tüüpi katikud on täiendavalt varustatud isesäritaja mehhanismiga.

Selle mehhanismi töötamisprintsiip seisab selles, et link *13* (joon. 67), mis on liikumatult kinnitatud vinnastusrõnga külge, hambub katiku vinnastamisel vastu ankur-pidurdusmehhanismi nukki. Päästiku hoovale vajutamisel hakkab vinnastamisrõnga lingi *13* kaudu pöörduma nukk *14*. Nuki *14* pöördumisel $^1/_3$ pöörde võrra, milleks ankurpiduril kulub 10—12 sekundit, lahutuvad link ja nukk ja vinnastusrõngas teeb oma töökäigu.

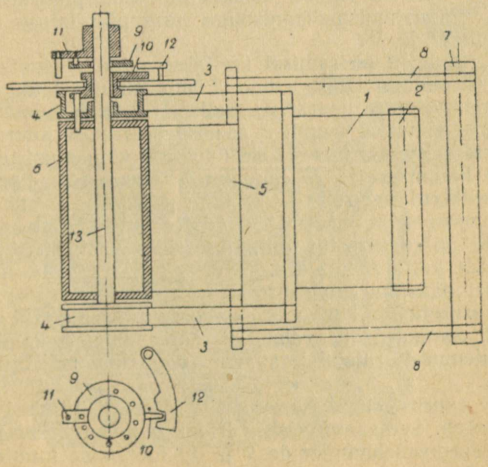
Käesoleval ajal on kaamerad «Moskva-1», «Moskva-2» ja «Moskva-3» varustatud «Moment»-tüüpi keskkatikutega. Need katikud ei erine põhimõtteliselt «Temp»-tüüpi katikuist.

Pilukatikud

Pilukatikud on rajatud ühtsele tööprintsiibile. Kuid olles määratud mitmesugustele kaameratele, erinevad nad üksteisest mõningate konstruktiivsete iseärasuste poolest. Joonisel 68 on skemaatiliselt kujutatud kaamera «Zorki» pilukatik.

Katik kujutab endast kummeeritud siidist valguskindlat rulood, mis möödub valgustundliku kihi eest katiku tegevuse ajal ja millel on muudetava laiusega pilu.

Katiku ruloo koosneb kahest osast. Esimene ruloo *1* on ühte otsa pidi kinnitatud pingutusvõlli *2* külge, teise otsaga siidpaelte *3* abil särimehhanismi telje seibide *4* külge. Teine ruloo *5* on kinnitatud



Joon. 68. Fotoaparaadi «Zorki» pilukatiku skeem.

vabalt pöörleva trumli *6* külge ja on ühendatud pingutussilindri *7* külge paelte *8* abil.

Pilu laiust reguleeritakse jaotusmehhanismi abil.

Katiku töötamisprintsiip seisab järgmises. Mõlemad rulood vinnastatakse lähteasendisse nii, et ühe serv on pisut teise peal, mis tagab küllaldase valguskindluse. Katiku päästmise hetkel langeb link *12* alla ja haarab hambaga nuki *10*, mis on ühendatud tihvti abil teise ruloo trumliga *6*, telg *13* aga ühes temale liikumatult kinnitatud seibidega *4* hakkab pöörlema pingutussilindri *2* vedru toimel, mis on temaga ühendatud ruloo ja paeltega, mille tagajärjel ruloo avab osa pildiväljast. Teljele kinnitatud ja oma asendit muuta võiv nukk *11* lööb pöördudes vastu linki *12*, mille tulemusel ta vabastab nuki *10*, ja teine ruloo, mis on kinnitatud trumlile *6*, suleb pildivälja.

Nuki *11* asend fikseeritakse tema küljes oleva tihvti abil säriaegade ketta *9* aukudes.

Nuki liikumisdiapasoon võimaldab muuta ruloodevahelise pilu laiust 3-st — 40 mm-ni, mis tagab automaatsed säriajad $^1/_{20}$-st kuni $^1/_{500}$ sekundini.

Fotoaparaadi «Kiiev» pilukatik on kujutatud joonistel 70a ja 70b.

Katiku rulood *1* ja *2* koosnevad reast omavahel šarniirselt ühendatud profileeritud metalliribadest.

Katiku töötamise printsiip on järgmine. Rulood ühes nende külge kinnitatud trumlitega *3* ja *4* on kinnitatud telgedele korpuse *5* seinte vahel. Alumine trummel *4* on seestpoolt varustatud spiraalvedrudega, mis tagavad kummagi ruloo pingutamise eraldi. Rulood on ühendatud omavahel ja trumlitega paelte *6* ja *7* abil. Hammasratta *8* ja hammasrataste *11* abil on rulood ühendatud ankurpidurdusmehhanismiga *9* ja *10*, vinnastamismehhanismiga ning pilu laiuse reguleerimise mehhanismiga *17* ja *18*.

Vinnastustrumli *12* pööramisel keritakse ruloo *1* trumlile 3 ja haarad tõmbavad endaga kaasa ruloo *2*, mis minnes tõkkeni *13* peatub ja samaaegselt vabaneb haaradest. Selle tõttu tekib ruloode vahel pilu, mille mõõtmed sõltuvad trumli *3* edasise pööramise suurusest.

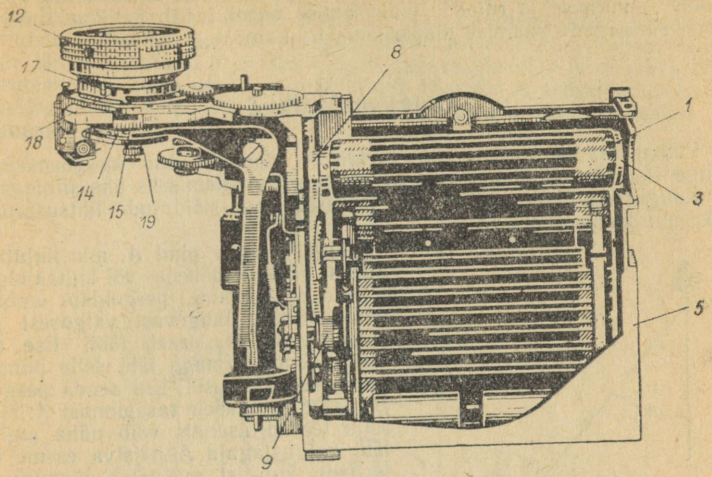
Vinnastatud seisundis fikseeritakse ruloo *1* vinnastustrumli *12* ääriku *19* lukus *14* hammasratta *15* lauppinnal oleva fiksaatori abil ning haak *16* haarab ruloo *2* selle tõkke taga peatumise momendil.

Ruloodevahelise pilu mõõtmeid reguleeritakse vinnastustrumli *12* mitmesuguste pöördeastmete abil, fikseerides vastava asendi tihvti *17* abil säriaegade ketta *18* piludes.

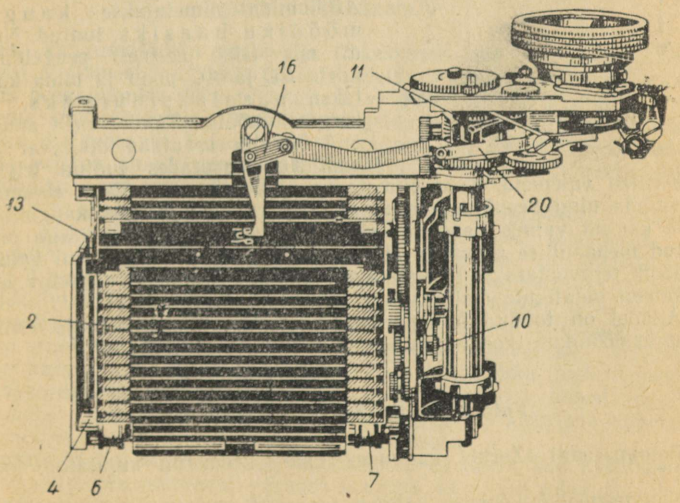
Vajutamisel päästiku nupule vajub alla äärik *19*, mis on temaga sidestatud, surub hoovale *20*, mis omakorda pöörab haaki *16*, ja vabastab ruloo *2*. Samaaegselt vabastab äärik lukust ka hammasratta *15*, mille tulemusel ruloodel avaneb võimalus mähkuda pingutustrumlile *4*.

Säriaegade suurust reguleeritakse pilu laiuse muutmisega ja ruloode liikumiskiirusega. See saavutatakse trumli hammasratastega *3* sidestatud ankur-pidurdusmehhanismide *9* ja *10* töötamise muutmisega.

Sõltuvalt vinnastustrumli asendist säriaegade ketta *18* suhtes lülitatakse tööle kas üks või mõlemad ankur-pidurdusmehhanismid, muutes ankruratastе hambumise astet ankruga.



Joon. 69. Fotoaparaadi «Kiiev» pilukatik (vaade eest).

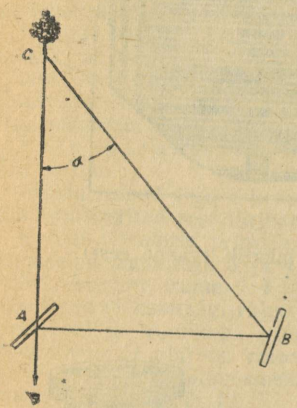


Joon. 70. Fotoaparaadi «Kiiev» pilukatik (vaade tagant).

Tänu vastastikuste funktsioonide keerukale kombinatsioonile pilu laiuse muutmise ja ruloode pidurdamise vahel tagab katik automaatsete säriaegade saamise diapasoonis $^1/_2$ kuni $^1/_{1250}$ sekundit.

Kaugusmõõdikud

Fotoaparaadid varustatakse tavaliselt monokulaarse kaugusmõõdikuga (kaugusmõõdikuga, mis on määratud vaatlemiseks ühe silmaga). Kaugusmõõdikute töötamise printsiip on näidatud lihtsustatud skeemil joonisel 71.



Joon. 71. Kaugusmõõdiku lihtsustatud skeem.

Valgust jagav pind *A*, mis kujutab endast õhukese hõbeda- või kullakihiga kaetud klaasplaati, peegeldab umbes poole temale langevast valgusest ja samasuguse osa laseb läbi. Ese *C*, mida näeme silmaga läbi selle pinna, on teatud kaugusel. Kui seada peegel *B* teatud kaugusele tasapinnast *A*, siis selle teatud asendis võib näha peale läbi valgusjagaja *A* paistva eseme *C* ka tema kujutist, mis tekib peegelduse tagajärjel pindadelt *B* ja *A*. Peegli *B* pööramisel võib saavutada peegelpildi ja eseme täieliku ühtelangemise vaateväljas.

Toodud kolmnurgas *ABC* on külg *AB*, mida nimetatakse kaugusmõõdiku baasiks, tuntud. Nurka α, mis tekib esemelt peegelduvate kiirte *BC* ja *AC* poolt ja mida kutsutakse paralaksinurgaks, võib kergesti mõõta. Tundes neid suurusi, on võimalik arvutada otsitavat kaugust *AC*, kasutades tuntud trigonomeetrilisi valemeid. Kuid pildistamise juures on äärmiselt ebamugav arvutada ning seepärast on parallaksinurkade α asemel kaugusskaalale kantud valmis kaugusmõõdud. Kaugusmõõdik ise on aga sidestatud mehaanilise ülekande abil objektiiviga. Samal ajal kui kaugusmõõdik teravustatakse pildistatavale objektile, seatakse objektiiv automaatselt vajalikule distantsile.

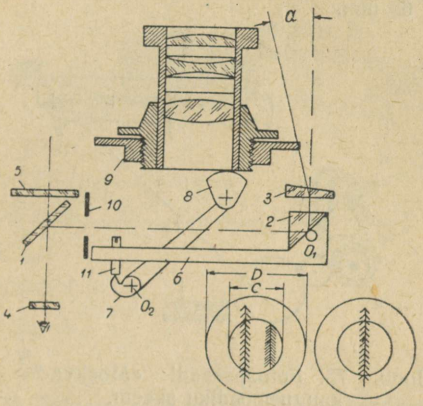
Allpool on toodud fotoaparaatide «Zorki», «Moskva-2» ja «Kiiev» kaugusmõõdikute konstruktsioon ja töötamise printsiip.

Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdik

Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdiku skeem on kujutatud joonisel 72.

Kaugusmõõdik koosneb valgust jagavast plaadist *1*, peegeldavast prismast *2*, optilisest kiilust *3* ja kaitseklaasidest *4* ning *5*. Kaugus-

mõõdiku baas on 38 mm. Kaugusmõõdiku töö on kooskõlastatud objektiivi liikumisega mehaanilise ülekande abil. Kaugusmõõdiku töötamise printsiip seisab järgnevas. Teravustatavalt esemelt tulnud kiired lähevad läbi kaitseklaasi *5* ja läbi valgust jagava plaadi *1* ja on näha läbi vaateakna *4*. Teine osa kiiri, mis langeb prismale *2*, peegeldub valgust jagava plaadi *1* poole, mis omakorda peegeldab nad vaateakna *4* suunas.



Joon. 72. Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdiku skeem.

Seega kaugusmõõdiku vaatevälja *D* keskosas, mis on piiratud kaitseklaasi 5 diameetriga, tekib peale vaadeldava eseme veel tema teine kujutis peegeldumise tõttu prismalt ja valgust jagavalt plaadilt.

Eseme otse nähtava ja prismalt *2* peegelduva valguskiirtekimbu teravamaks eraldamiseks kasutatakse diafragmat *10*, nii et peegeldunud kujutis paistab ainult ringis *C*, mille läbimõõt moodustab poole kaugusmõõdiku kogu vaateväljast.

Kujutiste täielikuks kokkulangemiseks pööratakse prismat *2* ümber telje O_1. Liikumise ülekanne objektiivilt prismale toimub järgmiselt.

Objektiiv *9*, mis liigub mitmekäigulises keermes, on sidestatud nukiga *7* hoova ja nuki *8* abil, mis libiseb mööda objektiivi otspinda.

Objektiivi liikumisest sõltuvalt pöördub nukk *7* ümber telje O_2 ja, surudes hambaga kruvi *11* otsale, pöörab telge *6* ühes selle külge kinnitatud prismaga. Optiline kiil *3* on selleks, et kõrvaldada kõrgussuunas kujutise kahekordsed kontuurid kaugusmõõdiku justeerimisel.

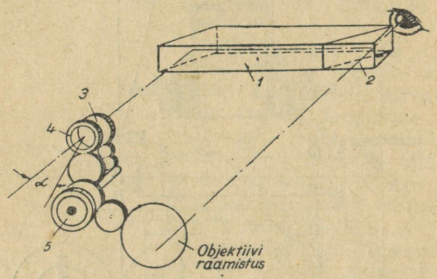
Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdik erineb «FED»-i omast ainult kinemaatika poolest, mis võimaldab kaamera juures kasutada vahetatavaid objektiive ilma täiendava justeerimiseta.

Kaugusmõõdiku valgusjagajal uut tüüpi peegeldava kile kasutusele võtmise tõttu, mis suurendab värvuse kontrasti kujutiste vahel, on fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdiku kujutis selgemini nähtav kui teist tüüpi kaugusmõõdikuil.

Fotoaparaadi «Moskva-2» kaugusmõõdik

Fotoaparaadi «Moskva-2» kaugusmõõdiku skeem on kujutatud joonisel 73.

Kaugusmõõdik koosneb omavahel kititud prismade *1* ja *2* blokist ja objektiiviga mehaaniliselt sidestatud kiil-kompensaatorist *3* ja *4*. Valgust jagav kiht on kantud prismade kokkukittimispinnale. Kaugusmõõdiku baas on 65 mm.



Joon. 73. Fotoaparaadi «Moskva-2» kaugusmõõdiku skeem.

Kaugusmõõdiku kummastki otsast paistvate kujutiste kokkunihutamine toimub parallaksinurga muutmisega kiil-kompensaatori abil, mis koosneb kahest vastassuunaliselt pööratavast kiilust.

Kiilude pööramine kantakse käepidemelt *5* üle hammasrataste süsteemi kaudu. Üheaegselt kiilude pööramisega pöördub oma keermes ka objektiiv. See tagab teravustamise ja kaugusmõõdiku parallaksinurga muutumise täieliku vastavuse.

Fotoaparaadi «Kiiev» kaugusmõõdik

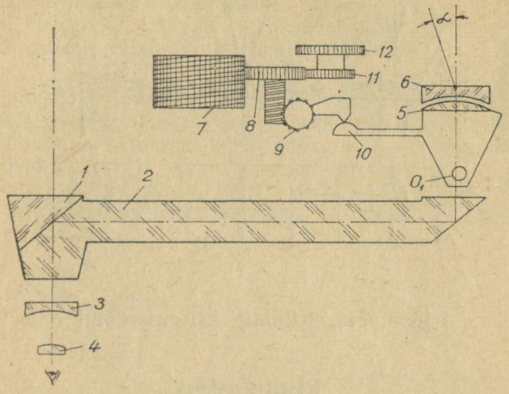
Fotoaparaadi «Kiiev» kaugusmõõdik töötab sidestatult objektiiviga ja on ühendatud pildiotsija vaatevälja ühe poolega, mis tagab objektiivi teravustamise kõrge täpsuse pildistamismomendil. Teravustamise suurem täpsus saavutatakse samuti kaugusmõõdiku pikema baasi tõttu, mis on 90 mm. Kaugusmõõdiku skeem on toodud joonisel 74.

Omavahel kokkukititud prismade *1* ja *2* süsteemil on valgust jagav kiht kittimispinnal. Läätsed *3* ja *4* moodustavad teleskoop-pildiotsija suurendusteguriga 0,7*. Parallaksinurga muutmine toimub muudetava kaldnurgaga kiilu abil, mis koosneb kahest poolest *5* ja *6*, mille üks külg on lame, teine silindrilise pinnaga. Segmendi *5* pöördumisel ümber silindrilise pinna telje tekibki kiil.

* Kujutis on 0,7 loomulikust suurusest.

Mehaaniliselt sidestatakse kaugusmõõdik järgmiselt.

Objektiivi raamistuse tuubusel *7* on mitmekäigulise keerme harjal hammastik, mille abil ta on ühendatud hammasrattaga *8*. Viimase küljes olev tigukäiguga kruvi on sidestatud hammasratta *9* abil nukiga, mis liigutab hooba *10* ühes selle külge kinnitatud kiilu-segmendiga *5*.



Joon. 74. Fotoaparaadi «Kiiev» kaugusmõõdiku skeem.

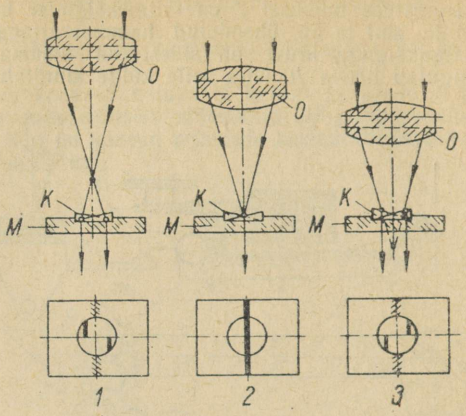
Kujutiste ühteviimine kaugusmõõdiku vaateväljas ja samaaegne objektiivi seadistamine vastavale kaugusele toimub korpusest väljaulatuva rihvratta *12* pööramise teel. Rihvratas on sidestatud hammasrattaga *11*, mis kannab pöörlemise üle kogu süsteemile.

Kiilseadis

Viimasel ajal on peegelkaamerates hakatud kasutama teravustamiseks nn. kiilseadist.

Kiilseadis koosneb kahest väikesest läbipaistvast klaaskiilust, mis on asetatud mattklaasi väikesesse ümara kujuga süvisesse, nagu näidatud joonisel 74a. Kiilude kaldtahkudel on ringi keskkohas ühine lõikepunkt, mis on ühel tasapinnal mattklaasi mateeritud pinnaga.

Jälgides kujutist mattklaasil, näeb fotograaf osa sellest kujutisest kiiludest moodustatud ringis, kusjuures kujutist eraldab selge piirjoon, mis jagab ringi pooleks. Kummagi poolringi kujutise kontuurid langevad kokku sel hetkel, kui kujutis mattklaasil on saavutanud maksimaalse teravuse (joon. 74a-*2*). Kiilseadis hõlbustab tunduvalt teravustamist ja tõstab olulisel määral teravustamise täpsust. Käesoleval ajal on kiilseadisega varustatud nõukogude kaamerad «Start» ja «Salut».

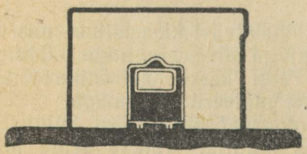


Joon. 74a. Kiilluup kaugusmõõdik.

Pildiotsijad

Soodsaima pildistamispunkti valik ja pildistatava objekti elementide paigutus mattklaasil teevad pildistamise ettevalmistuse protsessi tunduvalt keerukamaks, nõudes aparaadi asetamist statiivile ja pärast teravustamist mattklaasi asendamist kassetti pandud fotoplaadiga.

Pildiotsija, mis on kinnitatud tavaliselt aparaadi välisosade külge, võimaldab kiiresti suunata aparaadi pildistatavale esemele ja koostada pildivälja, kusjuures aparaat on täielikult pildistamisvalmis, samuti jälgida pildistamisobjekti vahetult võtte momendil. Erilist tähtsust omab pildiotsija mitmesuguste liikuvate, samuti ka liikumatute esemete pildistamisel käelt. Allpool vaatleme rida levinumaid pildiotsija tüüpe.



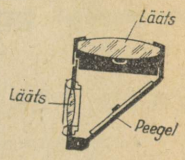
Joon. 75. Raam-pildiotsija.

Raam-pildiotsija

Raam-pildiotsija (joon. 75) koosneb kahest raamist, mis piiravad vaatevälja pildiväljaga, mis vastab aparaadi pildivälja nurgale. Väga mugav massiliste spordivõtete puhul; võimaldab pildistatava objekti vahetul vaatlemisel jälgida olukorda väljaspool aparaadi vaatevälja. Tavaliselt monteeritakse kaamerale väljatõmmatava või väljakäänatava raamina. Raam-pildiotsijaga on varustatud kaamerad «Fotokor», «Turist», «Ljubitel» jt.

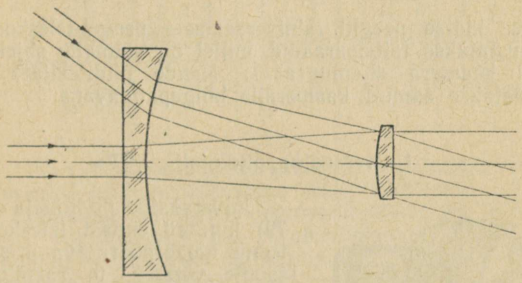
Peegel-pildiotsija

Peegel-pildiotsija (joon. 76) koosneb kahest koondavast läätsest ja peeglist. Pildiotsija annab kujutise ümberpööratud peegelpildi erakordselt väikesemõõtmelisena, mille tõttu fotograafil puudub võimalus õigesti otsustada pildi üle filmil; vajadus kujutist ülalt vaadelda nõuab aparaadi seadmist rinnakõrgusele, mis põhjustab perspektiivi moonutuse.



Joon. 76. Peegel-pildiotsija.

Peegel-pildiotsijat kasutati laialdaselt vanemail kaameratüüpidel. Seda tüüpi pildiotsija põhimõttelist optilist skeemi kasutatakse kaamerais «Komsomolets» ja «Ljubitel», kus kujutise rahuldav kvaliteet on tagatud pildiotsija gabariitide tuntava suurendamise arvel.



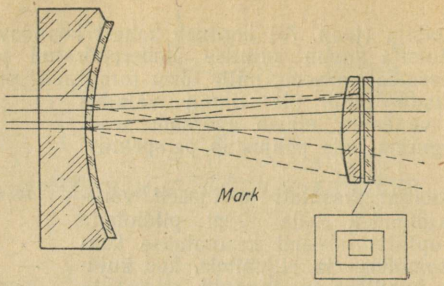
Joon. 77. Teleskoop-pildiotsija skeem.

Teleskoop-pildiotsija (joon. 77) koosneb positiivsest ja negatiivsest läätsest, mis kujutavad endast galilei pikksilma ümberpööratud süsteemi. Pildiotsija annab tõelise kujutise. Kujutise mastaap on vähendatud, kõikudes sõltuvalt konstruktsioonist 0,4x—0,7x. Teleskoop-pildiotsijad on kõige enam levinud: nendega on varustatud enamik tänapäeva fotoaparaate, sealhulgas aparaadid «Moskva», «Zorki», «Kiiev» jt.

Universaalsed peegel-teleskoop-pildiotsijad

Selle pildiotsija (joon. 78) optika skeem on samasugune nagu teleskoop-pildiotsijalgi, ainult selle erinevusega, et eesmine nõguslääts on kokku kititud kahest läätsest, millede kokkukittimispinnale on kantud 50%-lise valgusläbilaskvusega peegelkiht, tagumise läätse pinnale on monteeritud läbipaistev plaadike (mark), millel on sissegraveeritud ja valge värviga täidetud raamid.

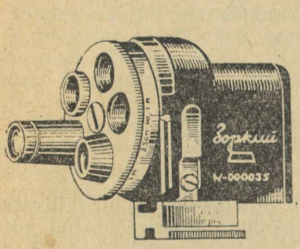
Nende konstruktiivsete iseärasuste tõttu on pildiotsija nägemisväljas selgesti näha rida raame, mille moodustavad margi kujutise peegeldi-



Joon. 78. Universaalse peegel-teleskoop-pildiotsija skeem.

sed esimese läätse peeglil. Universaalsete peegel-teleskoop-pildiotsijatega varustatakse fotoaparaadid, millel on võimalik objektiive vahetada (eriti kaamera «Leningrad»). Nende pildiotsijate mõningaid tüüpe toodetakse samuti kaameraile külgepandavana.

Universaalne pildiotsija «ВУ»



Joon. 79. Universaalne pildiotsija «ВУ».

Universaalne pildiotsija «ВУ» (joon. 79) kujutab endast teleskoopilist süsteemi ümberpööratava prismaga, ristjoonte võrguga ja raamiga okulaari fookuses. Pildiotsija objektiivid on monteeritud revolverkettasse, mis võimaldab kiiresti seada pildiotsija nägemisnurka, mis vastab antud objektiivi pildinurgale.

Seatakse väikekaameratele «Zorki» ja «Kiiev» mitmesuguste fookuskaugustega vahetusobjektiivide (F=28; 35; 50; 85 ja 135 mm) kasutamise puhul.

Valgusväärtuste skaala

Viimasel ajal on keskkatikuga aparaatidel hakatud kasutama pildistamise hõlbustamiseks nn. valgusväärtuste skaalat.

Fotokihi tuhmumisaste sõltub teatavasti valgustundlikule kihile langeva valguse hulgast, mis omakorda oleneb säriajast ja diafragma-ava suurusest. Fotomaterjali tundlikkuse ja valgustuse konstantseks jäädes saame erinevad tuhmumisastmed sama säriaja puhul diafragma ava muutmisega ja vastupidiselt.

Praktikast teame, et valgusmõõdikuga säriaja leidmisel saame arvu vastavalt valgustustingimustele, mis on vajalikud fotokihi normaal-

seks tuhmumiseks. See arv ei näita diafragma suurust ega säriaega, vaid ainult nn. valgusväärtust, mille alusel me leiame valgusmõõdiku arvutusskaalal meile sobivad diafragma avad ja säriajad. Arvutusskaala abil on meil võimalus valida antud valgusväärtusejärgi säriaegu ja neile vastavaid diafragma arvulisi suurusi, mis on kindlas sõltuvuses, s. t. suuremaile diafragma-ava väärtustele vastab lühem säriaeg ja vastupidi.

Sellele vastavalt on säriaegade skaalale ning diafragma-avade skaalale antud järgmised arvud:

Diafragma-ava	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32	64
Tingarv	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Säriaeg	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{125}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2
Tingarv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	—1

Valgusväärtuse kasutamiseks kaamerates («Junost», «Estafeta») on diafragma-ava reguleerimisrõnga külge kinnitatud lukustatav osuti, mis on ühendatud säriaegade reguleerimisrõngaga. Säriaja reguleerimisrõngast või diafragma-ava reguleerimisrõngast pöörates, s. t. vastavalt muutes säriaega või diafragma-ava, liigub kaasa ka teine reguleerimisrõngas, ning säriarv püsib valgusväärtuste skaalal endisena (säriaja lühenemisel muutub suuremaks diafragma-ava ja vastupidi).

Osuti on reguleerimisrõngast vabastatav ja võimaldab sel teel seadmist kõigile valgusväärtustele.

Säriavade skaala lihtsustab pildistamist, sest valgusmõõdiku arvutusskaalalt ei ole vaja säriaja ja diafragma kombinatsioone otsida, vaid seada otse aparaadile. Ühesugustes valgustustingimustes pildistades ei ole seega vaja ühe teguri muutumisel hakata teist leidma, sest see toimub automaatselt.

Säriarvude skaalas on arvesse võetud ka fotomaterjali tundlikkus, mis tuleb liita valgusmõõdiku näitarvule.

Filmi tundlikkus	DIN°	11/10	14/10	17/10	20/10	23/10	27/10
	ГОСТ	8	16	32	65	130	250
Tingarv		—2	—1	0	+1	+2	+3

Filtrite kasutamisel tuleb nende tihedusväärtused ümber arvestada säriarvudeks järgmiselt:

Filtri tegur	1×	1,5×	2×	3×	4×	6×	8×
Tingarv	0	—0,5	—1	—1,5	—2	—2,5	—3

Valgusväärtuste näitajaks saab kasutada kõiki valgusmõõdikuid, kusjuures tuleb katseliselt leida, missugused valgusmõõdiku näitarvud vastavad kaamera valgusväärtuste skaalale ja need edaspidiseks kasutamiseks meeles pidada.

FOTOAPARAATIDE KLASSIFIKATSIOON

Fotoaparaadid on konstruktiivselt mitmekesised; seejuures on sageli ühes aparaadis ühendatud mitme üksteisest printsipiaalselt erineva fotoaparaadi tüübi tunnused.

Selle tõttu klassifitseeritakse fotoaparaate nii kasutatavate negatiivmaterjalide kui ka konstruktiivsete tunnuste järgi.

Kasutatava negatiivmaterjali iseloomu järgi jagatakse fotoaparaadid kolme rühma: 1) plaataparaadid, 2) laifilmi- ja 3) kinofilmi- ehk väikeaparaadid.

Plaataparaadid moodustavad kaamerate rühma, mis on määratud fotografeerimiseks fotoplaatidele ja lamedale formaatfilmile (pakkfilmile) («Fotokor № 1», «Turist», «Reporter», «Moskva-3»).

Spetsiaalseadiste — adapterite — abil võib plaataparaatidega pildistada ka rull- ja pakkfilmidele.

Laifilmi-fotoaparaadid on määratud fotografeerimiseks rullfilmile («Komsomolets», «Ljubitel», «Moskva»).

Kinofilmi- ehk väikeaparaadid on 35 mm-lise perforeeritud kinofilmi tarvitamiseks («Sport», «Zorki», «Junost», «FED», «Zenit», «Kiiev» jne.).

Konstruktiivsete tunnuste järgi võib fotoaparaate samuti jagada 3 gruppi: 1) klappkaamerad, 2) kompaktse konstruktsiooniga kaamerad ja 3) peegelkaamerad.

Klappkaamerad (lõõtskaamerad) kujutavad endast fotoaparaate, mille objektiivi kandev osa on ühendatud aparaadi korpusega hoobadesüsteemi ja lõõtsa abil («Fotokor № 1», «Turist», «Reporter», «Moskva»).

Kompaktse konstruktsiooniga kaamerad (nn. kastkaamerad) kujutavad endast kokkupandamatuid fotoaparaate («Komsomolets», «Ljubitel», «Sport», «Zorki», «FED», «Kiiev», «Leningrad»).

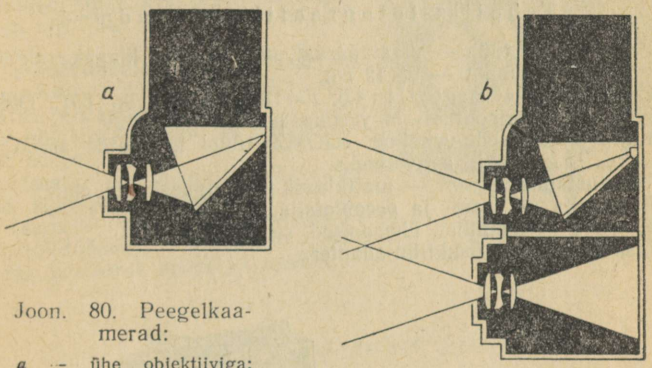
Kaamera suuremat portatiivsust silmas pidades valmistatakse nad väikeste mõõtmetega, mitte suurema pildivälja formaadiga kui 6×6 cm.

Peegelkaamerad moodustavad oma konstruktiivsete tunnuste poolest eri grupi. Neid valmistatakse kokkupandavate ja kompaktsete konstruktsioonidega, filmi- ja plaataparaatidena.

Peegelkaamera skeem on toodud joonisel 80, *a*. Peegel, mis on asetatud kiirte kulgemise teele objektiivi ja plaadi vahele, peegeldab

valguse kaamera ülaosa suunas, kus asub horisontaalpinnas mattklaas, mille järgi toimub teravustamine ja pildivälja valimine. Päästiku nupule vajutamisel tõuseb peegel vedru mõjul üles ja katab mattklaasi, katik asub automaatselt tööle ning toimub vajalik säritamine.

Peegelkaamera põhiline eelis seisab selles, et kujutis mattklaasil ei ole ümberpööratud, vaid normaalses asendis (tõsi küll, peeglis on vasak ja parem pool ümber vahetatud), mis tunduval määral kergendab pildi kompositsioonilist ülesehitamist ja teravustamist ning võimaldab jälgida kujutist vahetult pildistamise momendini. Seda tüüpi kaamerate hulka kuuluvad nõukogude fotoaparaadid «Sport» ja «Zenit».



Joon. 80. Peegelkaamerad:
a — ühe objektiiviga;
b — kahe objektiiviga.

Levinud on ka kahe objektiiviga peegelkaamerad (joon. 80, *b*). Neis on põhiobjektiiv määratud pildistamiseks, teine, mis on monteeritud põhiobjektiiviga ühele esilauale, pildi otsimiseks ja teravustamiseks.

Pildiotsija-objektiiv tehakse tavaliselt valgusjõulisem kui põhiobjektiiv, mis hõlbustab teravustamist ja pildivälja määramist.

Pildiotsimiskaamera juurdeehitamine toob loomulikult kaasa fotoaparaadi mõõtmete tunduva suurenemise, sellepärast ei ole seda tüüpi kaamerate portatiivsuse säilitamiseks nende pildivälja formaat tavaliselt suurem kui 6×6 cm.

Kuna objektiivide optilised teljed asuvad teineteisest teatud vahemaal, siis ei lange lähedaste objektide pildistamisel pildiotsija ja ülesvõtte pildiväljad ühte. Selle puuduse kõrvaldamiseks on enamikul kaamerail spetsiaalne kompenseeriv seadis — liikuv raam, mis piirab pildivälja mattklaasil vastavalt objektiivi liikumisele.

Kaheobjektiiviliste peegelkaamerate hulka kuulub nõukogude kaamera «Ljubitel».

FOTOAPARAADID

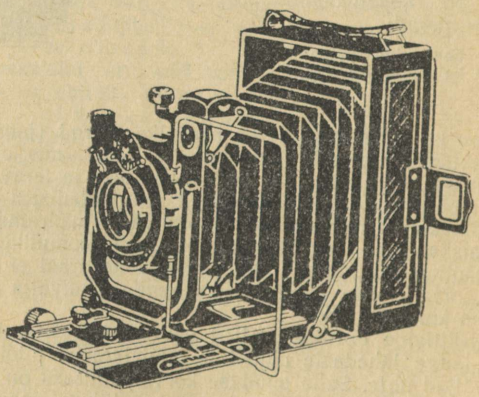
Allpool antakse lühidalt rea nõukogude fotoaparaatide tehniline karakteristika ja konstruktsiooni ning ekspluatatsiooniomaduste iseloomustus.

Plaat-fotoaparaadid

Fotoaparaat «Fotokor № 1» (joon. 81)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — plaataparaat, universaalne klappkaamera.
Pildivälja formaat — 9×12 cm.
Objektiiv — «Ortagoz» 1 : 4,5, F=13,5 cm (vt. lk. 65). Objektiivi tugiraam on horisontaal- ja vertikaalsuunas nihutatav.
Katik on läätsede-vaheline, «GOMZ»-tüüpi keskkatik säriaegadega $^1/_{25}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — mattklaasi ja kaugusskaala abil.
Pildiotsija — raam- ja peegelotsija.
Kassetid — metallist, ühepoolsed, sisselükatavad.
Lisavarustus — pakkfilm-adapter.



Joon. 81. Fotoaparaat «Fotokor № 1».

Kaameral on kahekordne lõõtsapikkus. Tehniliste omaduste poolest rahuldab «Fotokor № 1» amatöör- ja professionaal-fotograafide laiade ringide nõudeid. Käesoleval ajal neid aparaate enam ei toodeta.

Fotoaparaat «Turist» (joon. 82)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — plaat-, klappkaamera.

Pildivälja formaat — 6×9 cm.

Objektiiv — «Industar-7» 1 : 3,5, $F = 10{,}5$ cm (vt. lk. 65).

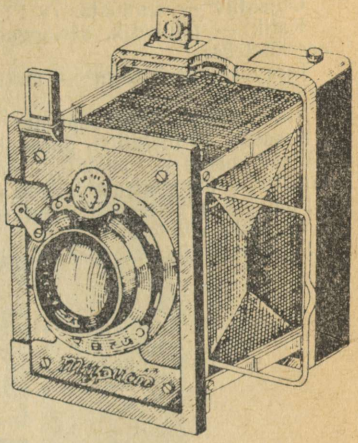
Katik — läätsede-vaheline «GOMZ»-tüüpi keskkatik, säriaegadega $^1/_{25}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ sek. ja aegvõteteks.

Teravustamine — mattklaasi ja kaugusskaala järgi (objektiivi esiläätse pööramisega).

Pildiotsija — raam- ja teleskoop-pildiotsija.

Kassetid — metallist, ühepoolsed, külgepandavad.

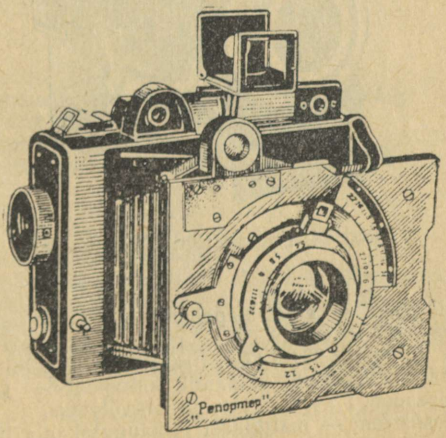
Kaamera on mitmesugusteks amatöörtöödeks. Praegusel ajal seda kaamerat enam ei toodeta.



Joon. 82. Fotoaparaat «Turist».

Fotoaparaat «Reporter» (joon. 83)

Tehnilis-fotograafilised andmed

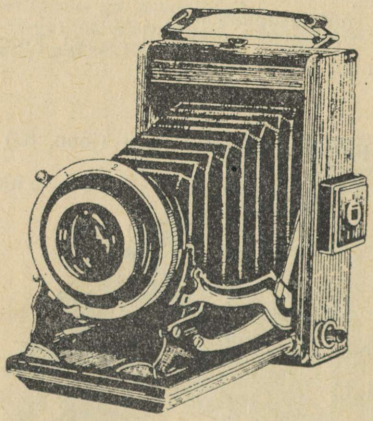


Joon. 83. Fotoaparaat «Reporter».

Fotoaparaadi tüüp — plaat-klappkaamera.
Pildivälja formaat — 6,5×9 cm.
Objektiiv — «Industar-7» 1 : 3,5, F=10,5 cm (vt. lk. 65).
Katik — pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_5$ kuni $^1/_{1000}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — mattklaasi ja kiilkompensaatoriga kaugusmõõdiku abil.
Pildiotsija — teleskoopiline.
Kassetid — metallist, ühepoolsed, külgepandavad.
Lisavarustus — pakkfilmi adapter, rullfilmi adapter, vahetatavad objektiivid bajonettraamistusega.
Fotoaparaat «Reporter» on määratud fotoreportaažiks, tehnilisteks ja muudeks võteteks.
Praegusel ajal fotoaparaati «Reporter» enam ei toodeta.

Fotoaparaat «Moskva-3» (joon. 84)

Tehnilis-fotograafilised andmed



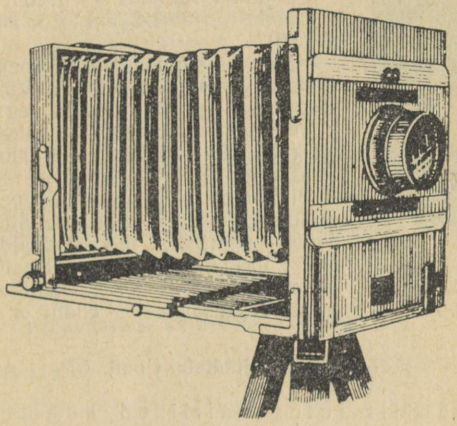
Joon. 84. Fotoaparaat «Moskva-3».

Fotoaparaadi tüüp — plaat-klappkaamera.
Pildivälja formaat — 6,5×9 cm.
Objektiiv — «Industar-23» 1 : 4,5, *F*=110 mm (vt. lk. 57).
Katik — läätsedevaheline keskkatik «Moment-5» («Temp»-tüüpi), säriaegade diapasoon 1 — $^1/_{250}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — mattklaasi ja kaugusskaala järgi (objektiivi esiläätse liigutamisega).
Pildiotsija — teleskoopiline.

Kassetid — metallist, ühepoolsed, külgepandavad.
Lisavarustus — rullfilmi adapter.
Fotoaparaat on määratud laiadele fotoamatööride ringidele.

Fotoaparaat «FK» (joon. 85)

Tehnilis-fotograafilised andmed

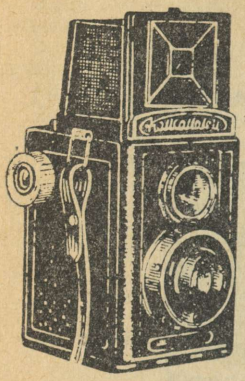


Joon. 85. Fotoaparaat «FK».

Fotoaparaadi tüüp — plaat-klappkaamera.
Pildivälja formaat — valmistatakse kahte tüüpi — mõõdetes 13×18 cm ja 18×24 cm.
Objektiiv: kaameraile 13×18 — «Industar-51» 1 : 4,5, F=21 cm (vt. lk. 65); kaameraile 18×24 — «Industar-13» 1 : 4,5, F=30 cm.
Katik puudub.
Teravustamissüsteem — mattklaasi järgi.
Kassetid — puust, kahe poolega (album-tüüpi).
Kaameral on kahekordne lõõtsapikkus.
Teravustamine teostub kremaljeeri abil, mis nihutab kasseti osa.
Objektiivi ja selle tugilauda on võimalik üles-alla ja paremale-vasakule nihutada. Kasseti osa on horisontaalses ja vertikaalses suunas kallutatav, mis võimaldab kujutise transformatsiooni üsna laias ulatuses. Mattklaasi raami võib asetada kas vertikaalse või horisontaalse võtte tegemiseks.
Kaamera «FK» on portreede, gruppide ja reproduktsioonide pildistamiseks ateljee ning maastiku, arhitektuuri, tehniliste ja muude võtete jaoks.

Laifilmiaparaadid

Fotoaparaat «Komsomolets» (joon. 86)



Joon. 86. Fotoaparaat «Komsomolets».

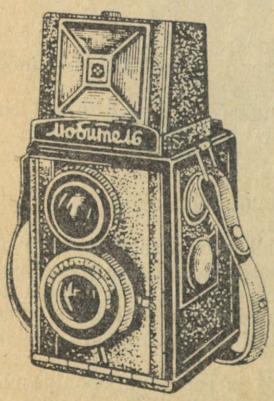
Tehnilis-fotograafilised andmed

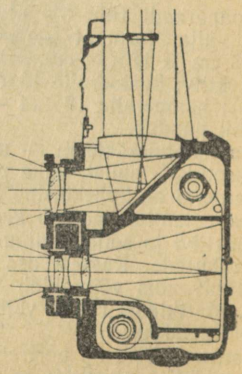
Fotoaparaadi tüüp — laifilmi-; kompaktse ehitusega (kastkaamera).
Pildivälja formaat — 6×6 cm.
Objektiiv — «T-21» 1 : 6,3, F=80 mm (vt. lk. 65).
Katik — lihtsustatud konstruktsiooniga läätsedevaheline keskkatik. Võimaldab säriaegu $^1/_{25}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ sek. ja aegvõtet.
Teravustamissüsteem — kaugusskaala järgi (objektiivi esiläätse keeramisega).
Kaugusskaala — 1,5 m — ∞
Pildiotsija — raam- ja peegelpildiotsija.
Fotoaparaadis kasutatakse standardset 6 cm laiust rullfilmi, mis võimaldab teha 12 võtet formaadis 6×6 cm. Kaamera on määratud algajaile fotoharrastajaile. Fotoaparaati «Komsomolets» enam ei toodeta.

Fotoaparaat «Ljubitel» (joon. 87)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — laifilmi-, peegel-; kompaktse konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 6×6 cm.





Joon. 87. Fotoaparaat «Ljubitel» (välisvaade ja läbilõige).

Objektiiv: 1) pildistamisobjektiiv — «T-22» 1 : 4,5, F=75 mm (vt. lk. 65);

2) visuaalse teravustamisega objektiiv — akromaatilise läätsega 1 : 2,8, F=60 mm.

Katik — läätsede-vaheline keskkatik, eelvinnastamisega, annab säriajad intervallis $^1/_{10}$—$^1/_{200}$ sek. ja võimaldab aegvõtet.

Teravustamissüsteem — peegli kaudu mattklaasile või kaugusskaala abil.

Kaugusskaala — 1,3 m — ∞

Kaamera on määratud standardse 6 cm laiuse rullfilmi kasutamiseks; filmile mahub 12 võtet formaadis 6×6 cm.

Kaamera pildiotsija-konstruktsioon võimaldab väga täpset teravustamist ja annab hea selgusega kujutise. Fotoaparaat on mõeldud laialdasele fotoharrastajate ringile.

Fotoaparaat «Ljubitel-2»

sarnaneb välimuselt ja tehnilis-fotograafiliste andmete poolest fotoaparaadiga «Ljubitel». Täiendatud on sisseehitatud iseavajaga ja välklambikontaktiga.

Fotoaparaat «Moskva-1» (joon. 88)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — laifilmi-klappkaamera.

Pildivälja formaat — 6×9 cm.

Objektiiv — «Industar-23» 1 : 4,5 cm, F=110 mm (vt. lk. 57).

Katik — läätsede-vaheline keskkatik «Moment» («Temp»-tüüpi), säriaegade diapasooniga 1 kuni $^1/_{250}$ sek. ja aegvõteteks.

Teravustamissüsteem — kaugusskaala abil (objektiivi esiläätse liigutamise abil).

Kaugusskaala — 1,5 m —∞

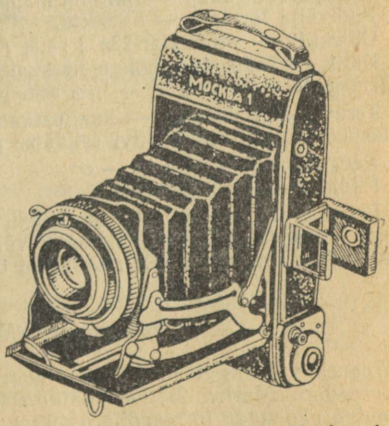
Sügavusteravuste skaala on objektiivi raamistusel.

Pildiotsija — teleskoopiline.

Katiku päästikunupp asub aparaadi korpusel ja on varustatud blokeerimismehhanismiga, mis väldib võtete kordamist samale pildile.

Aparaati võib laadida päevavalgel.

Fotoaparaat on mõeldud laia-

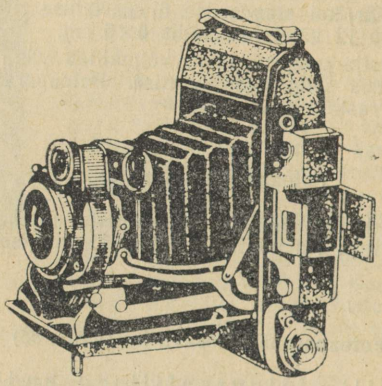


Joon. 88. Fotoaparaat «Moskva-1».

le fotoharrastajate ringile ja kasutatakse maastike, portreede, grupide, üksikute spordimomentide jne. pildistamiseks.

Fotoaparaat «Moskva-2» (joon. 89)

Tehnilis-fotograafilised andmed



Joon. 89. Fotoaparaat «Moskva-2».

Fotoaparaadi tüüp — laifilmi-klappkaamera.
Pildivälja formaat — 6×9 cm.
Objektiiv — «Industar-23» 1 : 4,5, F=110 mm (vt. lk. 57).
Katik — läätsede-vaheline keskkatik «Moment-1» («Temp»-tüüpi), säriaegade diapasoon 1 — $^1/_{250}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — kaugusskaala ja kiil-kompensaatoriga kaugusmõõdiku abil (objektiivi esiläätse pööramisega).
Kaugusskaala — 1,5 m — ∞
Pildiotsija — teleskoopiline.

Fotoaparaat «Moskva-1» on konstruktsioonilt analoogiline kaameraga «Moskva-1», erineb viimasest välimuselt ja kaugusmõõdiku poolest, mis on mehaaniliselt sidestatud objektiivi liikumisega.

Fotoaparaat «Moskva-4»

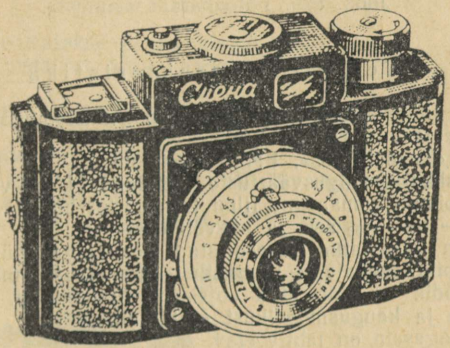
sarnaneb välimuselt ja tehnilis-fotograafiliste andmete poolest fotoaparaadiga «Moskva-2». Täiendatud sissepaigutatava raamiga, mis võimaldab pildistada formaadile 6×6 cm. Aparaadi juurde kuulub kandetasku.

Fotoaparaat «Moskva-5»

sarnaneb välimuselt ja tehnilis-fotograafiliste andmete poolest aparaadiga «Moskva-4». Objektiiv — «Industar-24» 1 : 3,5, $F=105$ mm. Katik — «Moment-24-c», mis sarnaneb aparaadi «Moskva-2» katikuga «Moment-1» ja on täiendatud sünkroniseerimiskontakti ja sisseehitatud iseavajaga. Jäiga konstruktsiooniga teleskoopiline pildiotsija (täiendatud pildiväljapiirajaga 6×6 cm formaadi jaoks) on ehitatud aparaadi korpusse. Aparaadi tagasein on eemaldatav.

Kinofilmi- (väikeseformaadilised) fotoaparaadid ehk väikekaamerad

Fotoaparaat «Smena» (joon. 89a)

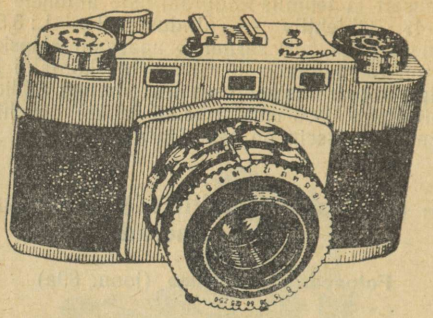


Joon. 89a. Fotoaparaat «Smena».

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, kompaktse ehitusviisiga.
Pildiväljа formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «T-22»-tüüpi, 1 : 4,5, $F=40$ mm.
Katik — keskkatik. Võimaldab säriaega $^1/_{10}$ kuni $^1/_{200}$ sekundit ja aegvõtet.
Teravustamissüsteem — kaugusskaala abil (objektiivi esiläätse pööramisega).
Pildiotsija — optiline.
Kassetid — standardkassetid FK-1.
Kaamera on mõeldud noortele fotoharrastajatele.
Fotoaparaadil «Smena-2» on samad tehnilised andmed, varustatud lisaks sünkroniseerimiskontakti ja iseavajaga.

Fotoaparaat «Junost»



Joon. 89b. Fotoaparaat «Junost».

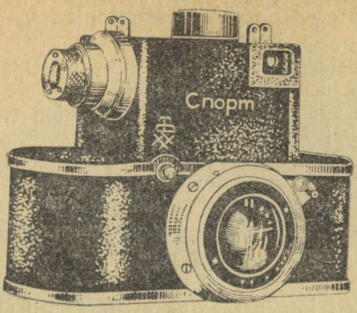
Tehniline karakteristika

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga, keskkatikuga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Triplet T-32», 1 : 3,5, F=45 mm.
Katik — keskkatik valgusväärtuste skaalaga. Hoob-vinnakuga vinnastamisel toimub samaaegne filmi transporteerimine.
Säriajad — $^1/_8$—$^1/_{250}$ sek. ja aegvõteteks.
Aparaat on varustatud sisseehitatud iseavajaga, sünkroniseerimiskontaktiga, pildiloendajaga ning filmi tundlikkuse märkimisringiga.
Kaugusmõõdik on sidestatud objektiivi liikumisega. Pildiotsija on teleskoopiline ja kaugusmõõdikust eraldatud.
Aparaadi tagasein on lahtivõetav.
Kassettidena kasutatavad kõik standardkassetid. Aparaat on tavaliselt laetav kahe kassetiga, kuid võib töötada ka ühe kassetiga, sest ta on varustatud tagasikerimisseadisega.

Fotoaparaat «Sport» (joon. 90)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — jäiga konstruktsiooniga kinofilmi-peegelkaamera.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Industar-10», 1 : 3,5, *F*=50 mm (vt. lk. 58).
Katik — täismetalne pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_{25}$—$^1/_{500}$ sek., võimaldab teha aegvõtteid.
Teravustamissüsteem — mattklaasi ja kaugusskaala abil.
Kujutist mattklaasil vaadatakse luubi abil.
Pildiotsija — teleskoopiline.



Joon. 90. Fotoaparaat «Sport».

Viseerimist teostatakse ka mattklaasi abil.

Kassetid — metallist, kahe kaanega. Mahutab filmi 50 võtte jaoks (2 m).

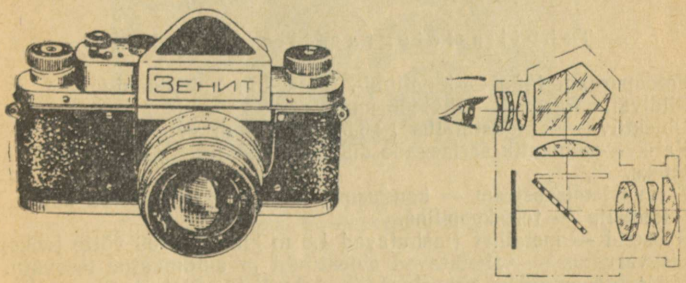
Filmi transport kaameras toimub üheaegselt katiku vinnastamisega.

Võtetelugeja ja katikukiiruse ümberlülitamise mehhanism on monteeritud vinnastuspea külge, mis teeb kaamera käsitsemise mugavaks.

Fotoaparaat on määratud spordivõteteks, reportaažiks ja muudeks fotograafilisteks töödeks.

Fotoaparaate «Sport» käesoleval ajal ei toodeta.

Fotoaparaat «Zenit» (joon. 91)



Joon. 91. Fotoaparaat «Zenit»:

ülal — kaamera välisvaade; all — kaamera optiline skeem.

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — jäiga konstruktsiooniga, kinofilmi-peegelkaamera.

Pildivälja formaat — 24×36 mm.

Objektiiv — «Industar-22» 1 : 3,5, F=50 mm (vt. lk. 60).
Katik — pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_{20}$ sek. — $^1/_{500}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem ja pildiotsimine — mattklaasil luubi abil, suurendatud kujutise ja kaugusskaala abil.
Kassetid — metallist «FED»- ja «Zorki»-tüüpi (mahutab 1,6 m kinofilmi 36 pildi jaoks).
Lisavarustus — vahetatavad objektiivid.
Fotoaparaat on määratud amatöör-, reportaaž- ja tehniliste võtete jaoks.

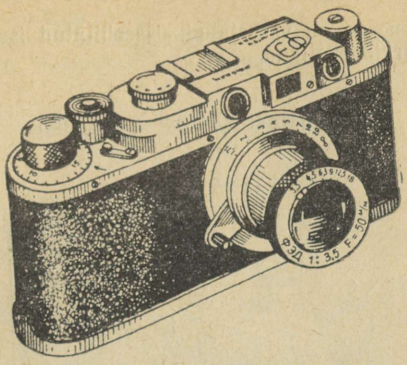
Fotoaparaat «Zenit-S»

sarnaneb välimuselt fotoaparaadiga «Zenit». Täiendatud on välklambi kontaktiga ja eelsüüteskaalaga.
Objektiiv — «Industar-22» või «Industar-50». F=50 mm.
Katik — pilukatik aegadega $^1/_{25}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$, $^1/_{250}$, $^1/_{500}$ ning aegvõteteks «B» ja «Д».
Kaugusskaala — meetrites 0,65 kuni ∞.
Reguleeritav sünkroniseerimismehhanism, mis on varustatud skaalaga 0 kuni 25 millisekundit, võimaldab mitmesuguse viivitusajaga välklampide kasutamist. Välklambi kasutamine on võimalik ainult säriajaga $^1/_{25}$ sek. või «B».
Fotoaparaati «Zenit-S» saab peale üldotstarbe kasutada ka koos optiliste riistadega, näiteks mikroskoobist pildistamisel.
Aparaati toodetakse ka iseavajaga.

Fotoaparaat «FED» (joon. 92)

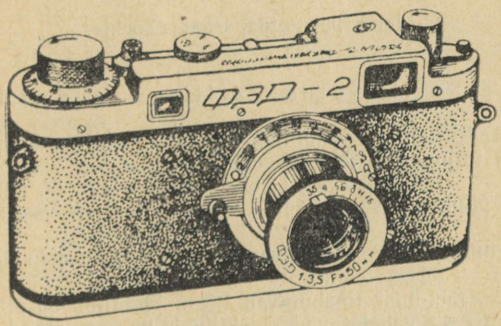
Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Industar-10» 1 : 3,5, F=50 mm (vt. lk. 58).
Katik — pilukatik säriaegade diapasooniga $^1/_{25}$—$^1/_{500}$ sek. ning aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala abil.
Pildiotsija — teleskoopiline.
Kassetid — metallist (mahutavad 1,6 m kinofilmi 36 võtte jaoks).
Lisavarustus — vahetatavad objektiivid ja automaatne iseavaja.
Määratud amatöör-, reportaaž- ja tehniliste võtete jaoks.
Kuni 1941. a. toodeti peale põhimudeli konstruktiivselt täiendatud mudeleid «FED-S» ja «FED-B».
Kaamera «FED-S» erineb põhimudelist sellega, et katik võimaldab täiendavalt $^1/_{1000}$ sek. pikkust säriaega, samuti valgusjõulise objektiivi poolest, mille suhteline ava on 1 : 2 ja fookuskaugus 50 mm.
Kaamera «FED-B» erineb selle poolest, et katiku sõlmes on täiendavalt ankurpidurdusega mehhanism, mis annab $^1/_{20}$—1 sekundi pikkused automaatsed säriajad.



Joon. 92. Fotoaparaat «FED».

Fotoaparaat «FED-2» (joon. 92a)



Joon. 92a. Fotoaparaat «FED-2».

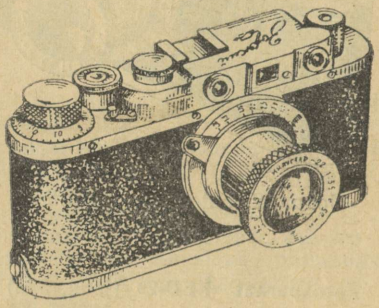
Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Industar-10» 1 : 3,5, $F=50$ mm.
Katik — pilukatik säriaegadega $^1/_{25}$ kuni $^1/_{500}$ sek. ning aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala abil. Kaugusmõõdiku baas, võrreldes fotoaparaadiga «FED», on pikendatud 67 mm-le.

Pildiotsija — teleskoopiline — on koondatud kaugusmõõdikuga ühisesse aknasse.

Uuemad kaamerad on varustatud sisseehitatud iseavajaga ja filmi tundliikkuse märkimiskettaga.

Fotoaparaat «Zorki» (joon. 93)



Joon. 93. Fotoaparaat «Zorki».

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.

Pildivälja formaat — 24×36 mm.

Objektiiv — «Industar-22» 1 : 3,5, F=50 mm (vt. lk. 60).

Katik — pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_{20}$—$^1/_{500}$ sek. ja aegvõteteks.

Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala abil.

Pildiotsija — teleskoopiline.

Kassetid — metallist (mahutavad 1,6 m kinofilmi 30 pildi jaoks).

Lisavarustus — vahetatavad objektiivid, universaalpildiotsija «BУ» ja iseavaja.

Fotoaparaat «Zorki» on fotoaparaadi «FED» konstruktiivselt parandatud mudel, erineb viimasest korpuse tugevamate detailide poolest, mis on valmistatud survevalu meetodil, kaugusmõõdiku optilise ja kinemaatilise skeemi arvutuse poolest, mis võimaldab vahetatavate objektiivide komplekti tarvitamist, kusjuures on tagatud nende täielik vastastikune asendatavus, ning katiku tööreżiimi konstruktiivsete muudatuste poolest, mis kindlustab automaatsete säriaegade suure täpsuse (vt. lk. 49, 60—67, 77).

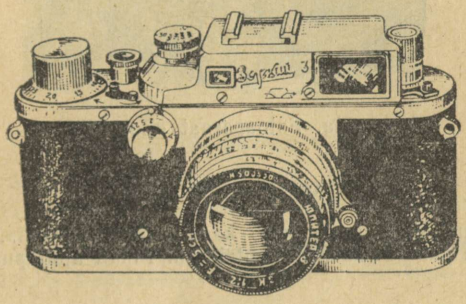
On määratud amatöör-, reportaaži- ja tehniliste võtete jaoks.

Fotoaparaat «Zorki-2» on võrreldes fotoaparaadiga «Zorki» täiendatud iseavajaga.

Fotoaparaat «Zorki-2S» on eelnevaga võrreldes täiendatud välklambi sünkroon-kontaktiga.

Nad varustatakse ühe alljärgnevaga viiest objektiivist: «Industar-26M», «Jupiter-8», «Jupiter-17», «Industar-50» või «Industar-22».

Fotoaparaat «Zorki-3» (joon. 94)



Joon. 94. Fotoaparaat «Zorki-3».

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.

Pildivälja formaat — 24×36 mm.

Objektiiv — «Jupiter-8» 1 : 2, F=50 mm (vt. lk. 61).

Katik — pilukatik, säriaegadega 1 sek. kuni $^1/_{1000}$ sek. ja aegvõteteks.

Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala järgi.

Pildiotsija — teleskoopiline.

Kassetid — metallist, mahutavusega 1,6 m kinofilmi (kasutatakse ka tavalisi «FED» ja «Zorki» kassette).

Lisavarustus — vahetatavad objektiivid ja universaal-pildiotsija.

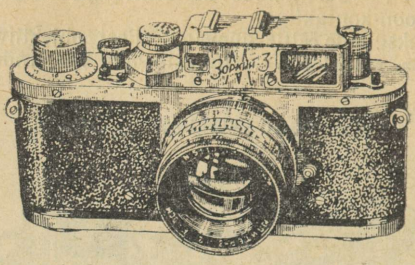
Fotoaparaadi kaugusmõõdik on sidestatud vaatevälja pildiotsijaga.

Katiku vinnastamine ja samaaegne filmi transportimine toimub vinnastuspea pööramisega. Pildiotsija on varustatud reguleerimismehhanismiga dioptri muutmiseks vastavalt silmale. Kaameral on lahtivõetav tagasein, mis tunduvalt hõlbustab laadimist ja fotoaparaadi justeerimist. Korpuse detailid ja kaas on valmistatud survevalu meetodil.

Fotoaparaat on määratud amatöör-, reportaaž- ja tehnilisteks võteteks.

Fotoaparaat «Zorki-3M» (joon. 94a) sarnaneb tehnilis-fotograafiliste andmete poolest aparaadiga «Zorki-3». Täiustuseks on pikkade (1 kuni $^1/_{10}$ sek.) ja lühikeste ($^1/_{25}$ kuni $^1/_{1000}$) säriaegade skaalade ühendamine ühisele ajaseade nupule kaamera peal.

Fotoaparaat «Zorki-3S» sarnaneb tehnilis-fotograafiliste andmete poolest eelmisega. Täienduseks on iseavaja ja välklambi kontakt.



Joon. 94a. Fotoaparaat «Zorki-3M»

Fotoaparaat «Zorki-4»

sarnaneb tehnilistelt andmetelt kaameraga «Zorki-3». Täiendatud iseavajaga ja sünkroniseerimiskontaktiga. Pikad ajad puuduvad.

Fotoaparaat «Zorki-5»

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv «Industar-50» 1 : 3,5, F=50 mm või «Industar-26M», 1 : 2,8, F=50 mm.
Katik — pilukatik, säriaegadega $^1/_{25}$ sek. — $^1/_{500}$ sek. ja aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala järgi, kaugusmõõdiku baas 70 mm.
Pildiotsija — teleskoopiline, sidestatud kaugusmõõdikuga ühisesse aknasse.
Kaugusmõõdik-pildiotsija on varustatud muudetava dioptrseadisega piirides +2 kuni —2 dioptrit.
Katiku vinnastamine toimub hoobvinnastaja abil.
Aparaadil on lahtikäiv põhi. Varustatud kahe sünkroniseerimiskontaktiga — impulsslambile ja ühekordselt kasutatavatele lampidele.
Fotoaparaat «Zorki-6» on varustatud iseavajaga.

Fotoaparaat «Kiiev» (joon 95)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Jupiter-8» 1 : 2, F=50 mm (vt. lk. 61).
Katik — metalne pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_2$ kuni $^1/_{1250}$ sek. ning aegvõteteks.

Joon. 95. Fotoaparaat «Kiiev».

Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala järgi.
Pildiotsija — teleskoopiline.
Kassetid — metallist, mahutavusega 1,6 m kinofilmi (36 võtet).
Lisavarustus — vahetatavad objektiivid, universaalpildiotsija ja iseavaja.

Fotoaparaadi kaugusmõõdik on ühendatud vaatevälja pildiotsijaga. Fotoaparaadi metalne pilukatik võimaldab aparaadi kasutamist ka madalatel temperatuuridel. Katiku vinnastamine toimub üheaegselt filmi transportimisega nupu abil, mida kasutatakse ka säriaegade reguleerimiseks.

Fotoaparaadi korpusse on monteeritud iseavaja, mille käigu kestus enne katiku päästmist on 15 sekundit.

Fotoaparaadi bajonettraamistus (vt. lk. 48) võimaldab objektiive kiiresti vahetada.

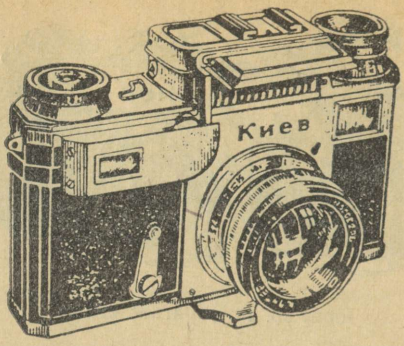
Lahtikäivate kassettide kõrval võimaldab aparaadi konstruktsioon kasutada aparaatide «FED» ja «Zorki» kassette.

Fotoaparaat «Kiiev» on määratud amatöör-, reportaaž- ja tehniliste võtete jaoks.

Fotoaparaat «Kiiev-III» (joon. 96a)

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.
Pildivälja formaat — 24×36 mm.
Objektiiv — «Jupiter-8», 1 : 2, F=50 mm (vt. lk. 61).
Katik — metalne pilukatik, säriaegade diapasooniga $^1/_2$ kuni $^1/_{1250}$ sek. ning aegvõteteks.
Teravustamissüsteem — kaugusmõõdiku ja kaugusskaala järgi.
Pildiotsija — teleskoopiline.
Kassetid — metallist, lahtivõetavad, 1,6 m kinofilmile (36 võtet).
Lisavarustus — vahetatavad objektiivid, universaalpildiotsija, eksponomeeter ja iseavaja.
Fotoaparaat «Kiiev-III» valmistatakse analoogiliselt fotoaparaadiga



Joon. 96a. Fotoaparaat «Kiiev-III».

«Kiiev», kusjuures kaamera ülakaanele on täiendavalt monteeritud fotoelektriline eksponomeeter (valgusmõõdik).

Käesoleval ajal toodetakse aparaate «Kiiev-III» sünkroonkontaktidega.

Kaamera «Kiiev-III» valgusmõõdik

Fotoaparaat «Kiiev-III» on varustatud fotoelektrilise valgusmõõdikuga (eksponomeetriga). Valgusmõõdiku skeem on toodud joonisel 96b.

Valguskiired, tulles pildistatavalt objektilt, läbivad läbipaistva rihvplaadi *1*, mis varjab eksponomeetri vaatevälja, ja langedes fotoelemendile *2*, tekitavad selles fotovoolu.

Fotovoolu tugevus sõltub fotoelemendi valgustusest ja seda mõõdetakse galvanomeetri *3* abil.

Fotoelemendi ja galvanomeetri ahelasse on lülitatud reostaat *4*, mille libiseja on ühendatud kettaga *5*, mis on ühendatud säriaegade skaalaga.

Samale teljele on teatud kindlas asendis ketta *5* suhtes jäigalt kinnitatud ketas *7* filmitundlikkuse skaalaga ja vabalt teljel pöörlev ketas *6* objektiivi suhteliste avade skaalaga ja indeksiga (joonisel on kettad kujutatud skemaatiliselt sirgetena). See skaalade süsteem kannab kalkulaatori nimetust.

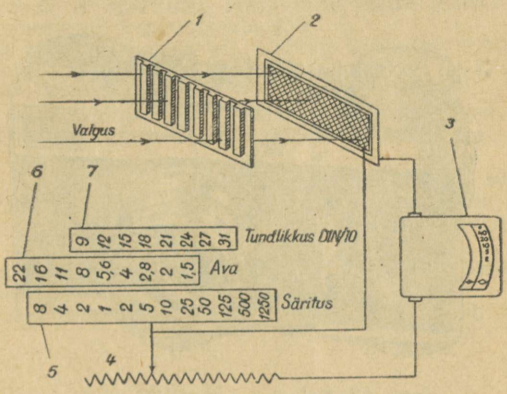
Säriaja määramiseks suunatakse fotoaparaat valgusmõõdikuga pildistatavale objektile, kusjuures fotoelemendi kate avatakse kerge sõrmevajutusega katte telje otsale kinnitatud nupule.

Suhteliste avade ketta pööramisega seatakse sellel olev indeks ühte aparaati laetud filmi tundlikkusele vastava arvuga tundlikkuseskaalal, mille järel alumise ketta pööramisega (koos säriaegade skaalaga) saavutatakse niisugune seis, kus galvanomeetri osuti langeb ühte rombikujulise märgiga galvanomeetri skaalal.

Sel juhul vastab suhteliste avade skaalale märgitud igale diafragma tähistusele kettale *5* kantud säriaeg.

Neil juhtudel, kus objekti valgustatus on niivõrd väike, et ketta *5* pööramisega pole võimalik saavutada galvanomeetri osuti ühtelangemist rombikujulise märgiga, viiakse osuti kokku mõne teise galvanomeetril oleva numbriga. Vastav number näitab, mitu korda tuleb kalkulaatori skaalal saadud säriaega suurendada.

Peab märkima, et valgusmõõdiku näitude täpsus sõltub objekti valgustatuse astmest, mis tingib real juhtudel mitmesuguste säriaegade määramise võtteid. Nii näiteks juhul, kui suhteliselt nõrga valgustusega pildivälja satub üksik eredalt valgustatud objekt, ei ole



Joon. 96b. Kaamera «Kiiev-III» valgusmõõdiku skeem.

pildi erinevate osade säriaegade proportsionaalsus õige ja nõrgemini valgustatud objekti osad satuvad eksponeemeetri abil säriaegade kindlaksmääramisel alasärituse tsooni.

Niisugustel juhtudel on soovitatav mõõta objekti 2—3 üksikut osa eraldi ja võtta keskmine säriaeg, arvestades sealjuures ka negatiivmaterjali omadusi.

Fotoaparaadid «Kiiev-2A» ja **«Kiiev-3A»** erinevad vastavaist põhimudeleist selle poolest, et on varustatud sünkroniseerimiskontaktiga.

Fotoaparaat «Kiiev-4»

erineb eelmistest mudelitest väiksemate mõõdete ja mõningate konstruktsiooniliste erinevustega. Statiivi kinnituspesa on erinevalt korpuse küljes; tagaseina kinnitamise lukud on põhja süvendis; põhjal on kolm kühmu, mis teeb tarbetuks toe olemasolu aparaadi tasasele pinnale asetamisel. Filmi tagasikerimisnupu peasse on kinnitatud filmi tundlikkuse märkimisketas. Objektiivi raamistusel on kaks skaalat, mis

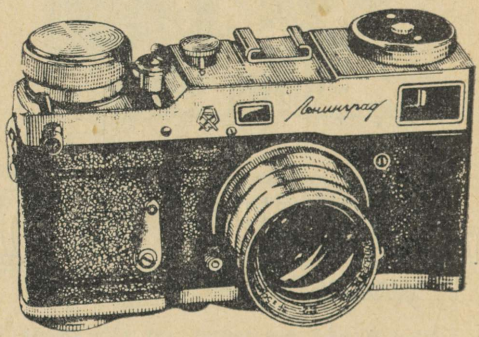
võimaldab nende lugemist nii vertikaal- kui ka horisontaalasendis. Peamised diafragma väärtused on varustatud fiksaatoritega, mis võimaldavad jälgida diafragma muutmist ka käsikaudu.

Diafragma skaala on lineaarne.

Vähendatud on valgusmõõdiku mõõteid, kusjuures kalkulaatorskaalad on asetatud lamedaile kontsentrilistele ketastele. Filmi tagasikerimise seadise nupp on mõõdetelt vähendatud.

Fotoaparaat «Kiiev-4A» sarnaneb eelmisega, kuid on ilma valgusmõõdikuta.

Fotoaparaat «Leningrad» (joon. 97)



Joon. 97. Fotoaparaat «Leningrad».

Tehnilis-fotograafilised andmed

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga.

Pildivälja formaat — 24×36 mm.

Objektiiv — «Jupiter-8», 1 : 2, F=50 mm.

Katik — kummeeritud siidist pilukatik, säriaegadega 1 sek. — $^1/_{1000}$ sek. ja aegvõteteks.

Teravustamissüsteem — optilise kaugusmõõdiku ja kaugusskaala abil. Kaugusmõõdiku baas 57 mm.

Pildiotsija — teleskoop.line, ühendatud kaugusmõõdikuga ühte okulaari; pildiotsija vaateväljas on piiramisraamid objektiividele fookuskaugusega F=35, 50, 85 ja 135 mm. Olemas diopter-seadis nägemisele kohandamiseks.

Kassetid — kahesilindrilised, täismetallist, lahtivõetavad, 1,6 m kinofilmi jaoks. Võimalik standardkassettide kasutamine.

Kaamera on varustatud sünkroniseerimiskontaktiga, sügavusteravuste skaalaga, filmi tundlikkuse märkimiskettaga. Kaamera tagasein on lahtivõetav. Kaamera peamiseks konstruktiivseks iseärasuseks on vedrumehhanism, mis võimaldab teha 10 võtet järgemööda.

Fotoaparaat «Start»

Tehniline karakteristika

Fotoaparaadi tüüp — kinofilmi-, jäiga konstruktsiooniga ühe objektiiviga pentaprismaga peegelkaamera.

Pildivälja formaat — 24×36 mm.

Objektiiv «Helios-44», 1 : 2, F=58 mm, automaatse diafragmaseadisega. Diafragma skaala — 2—16.

Katik — pilukatik, kummeeritud siidist.

Säriaegade skaala — 1 sek.—$^1/_{1000}$ sek. ja aegvõteteks.

Eriseadis võimaldab avada katiku pikemaks.

Teravustamine — visuaalne, tasakumera läätse mateeritud pinnal oleva kiilsüsteemi või kaugusskaala abil.

Pildiotsija — kuulub aparaadi optilisse süsteemi. Pildiotsija okulaari suurendus 5×. Okulaar kohandatav nägemisele 0—1,5 dioptri ulatuses.

Kassetid — kahesilindrilised, täismetalsed, lahtivõetavad, mahutavus 1,6 m filmi (36 võtet). Võimalik ka teiste standardkassettide kasutamine.

Aparaat on varustatud sünkroniseerimiskontaktiga, sünkroniseerimisregulaatoriga ja sisseehitatud iseavajaga. Aparaat on laetud kahe kassetiga. Spetsiaalne lõikamisseadeldis võimaldab säritatud osa äralõikamist.

Pentaprisma koos okulaariga on äravõetav ja võidakse asendada vaatlemissähtiga.

Filmi transportimine ja katiku vinnastamine toimub hoobvinnaku abil.

Fotoaparaat «Salut»

Tehniline karakteristika

Tüüp — ühe objektiiviga peegelkaamera 6 cm laiusele filmile. Filmikassett on kaamerast eraldatav.

Pildiformaat — 6×6 cm.

Objektiiv — «Industar-29», 1 : 2,8, $F = 80$ automaatse diafragma seadisega.

Katik — metallist pilukatik.

Säriajad — $^1/_2$ sek.—$^1/_{1500}$ sek.

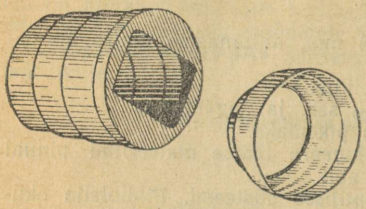
Vinnastamine toimub aparaadi küljel asuva nupu keeramisega, filmi samaaegse transporteerimisega. Sisseehitatud iseavaja ja sünkroniseerimiskontakt.

Teravustamine mattklaasi keskkohas asuva kiilseadise abil. Kassetid on aparaadist eraldatavad ja võimaldavad kasutada samaaegselt erinevaid filmisorte.

Aparaat on määratud reportereile ja nõudlikele amatöör- ja profesionaalfotograafidele.

FOTOAPARAATIDE TARVIKUD

Päikesevari

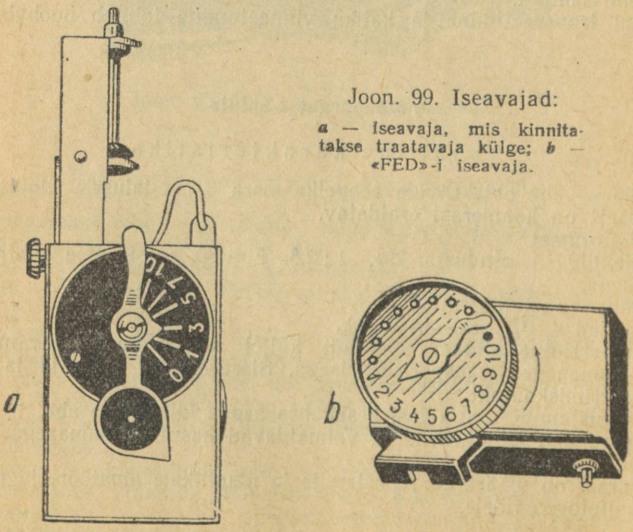


Joon. 98. Päikesevari.

Päikesevari (joon. 98) kujutab endast metallist rihveldatud sisepinnaga silindrit või koonust, mis on kaetud musta sügavmati lakiga. Päikesevari asetatakse objektiivi ette, et vältida otsese päikesevalguse või ereda hajutatud valguse kõrvalkiirte sattumist objektiivile fotografeerimise momendil, mis tekitab objektiivis refleksid ja valguse hajumise.

Iseavaja

Iseavaja kujutab endast ankurpidurdusega mehhanismi, mis automaatselt vajutab katiku päästikunupule teatud ajal pärast tööle panekut; samuti võimaldab ta automaatseid säriaegu 1 kuni 10—15 sekundini.



Joon. 99. Iseavajad:

a — iseavaja, mis kinnitatakse traatavaja külge; *b* — «FED»-i iseavaja.

Iseavajaid on mitmesuguse konstruktsiooniga. Joonisel 99 on toodud kaks varianti: a) iseavaja, mis kinnitatakse traatavaja külge.

b) fotoaparaadi «FED» iseavaja, mis tõukuri abil vajutab otse päästikunupule, kinnitatakse saba kaudu kaamera korpuse peal olevale klemmile.

Mehaanilise energia varud iseavajas tagavad 12—15-sekundilise eeljooksu kuni katiku avamiseni.

Traatavaja

Traatavajat kasutatakse fotografeerimisel statiivilt, et vältida fotoaparaadi värisemist säritamise momendil. Ta koosneb painduvast terastrossist, mille otsas on nupp ja mis on pandud spiraalvedrukujulisse painduvasse terasümbrisesse. Väljast on traatavaja kaetud siidkoega. Traatavaja ühes otsas on keermetatud otsik avaja keeramiseks katiku pesasse. Teises otsas on kraega muhv traatavaja mugavamaks näppude vahel hoidmiseks.

Statiivid

Statiivid kujutavad endast kokkupandavaid kolmjalgu teravate otstega allotsas ja keermetatud tapiga statiivi ülaosas asuval aluslauakesel fotoaparaadi kinnitamiseks sellele.

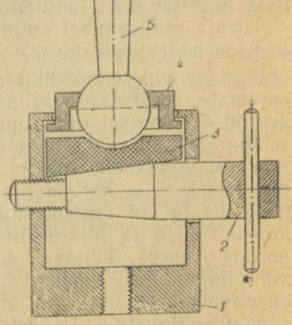
Statiive toodetakse nii šarniirühenduste abil kokkupandavate puust konstruktsioonidena kui ka väljatõmmatavate metallkonstruktsioonidena üksteise sisse käivate lühikeste torude kujul.

Statiivi kasutatakse kaamera kinnitamiseks pikemate säriaegadega (pikemate kui $^1/_{25}$ sek.) pildistamisel.

Originaalse konstruktsiooniga on taskustatiiv, mis kujutab endast metallist pigistuskruvi statiivipeaga ühes otsas. Pigistuskruvi võimaldab statiivi kinnitada toolile, laua äärele ja teistele püsivaile esemeile, allosas olev kooniline kruvi võimaldab teda kinnitada puutüvede külge.

Et aparaati asetada statiivi suhtes vajalikku kaldasendisse, on olemas statiivipea.

Statiivipea (joon 100) koosneb kerest *1*, milles on keermetatud auk statiivile kinnitamiseks, sulgurkruvi *2*, kiil *3*, pesa *4* ja kuulsõrm *5*, mille otsas on normkeere ja seib fotoaparaadi kinnitamiseks. Kuul võimaldab fotoaparaati kallutada mistahes suunas ja kinnitada teda antud asendisse kruviga, millel kooniline osa surub kiilu vastu kuuli.

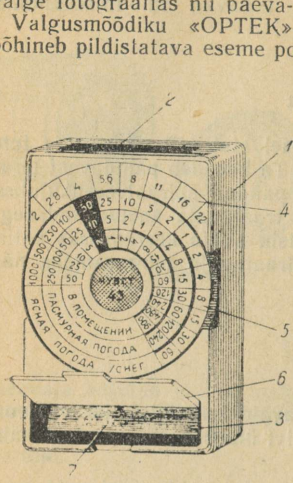


Joon. 100. Statiivipea.

Optiline valgusmõõdik «OPTEK» (joon. 100a)

Optiline valgusmõõdik «OPTEK» on säriaegade määramiseks mustvalge fotograafias nii päeva- kui ka kunstvalguses.

Valgusmõõdiku «OPTEK»-i (optiline eksponomeeter) tööprintsiip põhineb pildistatava eseme poole suunatud mattklaasi heleduse visuaalsel hindamisel.



Joon. 100a. Optiline valgusmõõdik «OPTEK».

Mattklaasi suhtelist heledust määratakse astmelise kiilu abil, millele on kantud rida läbipaistvaid numbreid 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16. Numbrite optiline tihedus kasvab koos nende arvulise väärtusega ning plaadi ülejäänud osa jääb läbipaistmatuks. Mida suurem on mattklaasi suhteline heledus, seda suurem arv numbreid on silmaga eraldatavad.

Valgusmõõdik ehk eksponomeeter kujutab endast plastmassist karpi *1*, mille kitsamas otsas on mattklaasiga *2* kaetud aken.

Valgus langeb pildistatavalt esemelt läbi mattklaasi optilisele kiilule ja läbinud selle, peegeldub peeglist *3* üles (vaatleja silma). Karbi ülemises ääres on suhteliste avade skaala *4* ja kettakujuline säriaegade skaala *5*. Viimasel on kolm rida numbreid, mis vastavad pildistamisel mitmesugustele valgustustingimustele (ruumis, sombuse ilmaga ning selge ilma või lumega). Ketta kõrval on pööratav kaas *6*. Ülespööratult võimaldab see vaadelda optilise kiilu skaalat ja varjab samaaegselt peeglit päikesekiirte eest.

Karbi alumisel küljel on tabel, mis võimaldab säriaega ümber hinnata mitmesuguse tundlikkusega filmidele pildistamisel.

Säriaja määramisel suunatakse mattklaas pildistatava eseme poole ja kaas pööratakse üles.

Jälgides valgusmõõdiku arve suurenevas järjekorras, s. o. vasakult paremale, määratakse viimane veel nähtav number. Oletame, et see arv on 4 (joonisel näidatud 7). Siis pööratakse säriaegade ketta must sektor kohakuti suhteliste avade skaalal *4* oleva arvuga 4. Seejärel tuleb säriaja määramiseks hinnata pildistamistingimusi. Ruumis pildistamisel, s. o. halbadel valgustustingimustel kasutatakse ketta sisemist skaalat (в помещении). Heades valgustustingimustes, s. o. päikesepaistelise ja pilvitu ilmaga kasutatakse välimist ketast (ясная погода / снег). Tänaval, sombuse ilmaga, kui kogu taevas on pilves või pildistatakse varjus, määratakse säriaeg keskmise skaala järgi (пасмурная погода). Antud näite puhul tuleb selge ilmaga diafragma 4 puhul valgustada $^1/_{50}$ sek., vahekatja 11 puhul $^1/_5$ sek. ja diafragma 2,8 korral $^1/_{100}$ sek.

Muudel pildistamistingimustel kasutatakse vastavaid säriaegade

ridu. Näiteks on säriajad vahekatja 11 puhul selge ilmaga $^1/_5$, sombuse ilmaga 1 sek. ning ruumis pildistamisel 4 sekundit.

Valgusmõõdik «OPTEK» annab otseselt säriajad, kui pildistatakse filmile, mille tundlikkus on 45 GOST-ühikut. Filmi suurema tundlikkuse puhul tuleb säriaega vastavalt vähendada. Kui valgustundlikkus erineb näiteks 2 korda, võib kasutada valgusmõõdiku tagaküljel olevat tabelit ja vastavalt sellele paigutada ketta must sektor ühe astme võrra paremale või vasakule.

Kui pildistada näiteks materjalile, mille tundlikkus on 90 GOST-ühikut, siis paigutatakse suhtelise ava arvu kohale ketta sektor arvudega 100; 25; 5; tundlikkuse 22 GOST-i korral aga sektor arvudega 25; 5; 1. Kui kasutatava filmi tundlikkus erineb 45 GOST-ühikust mitu korda, siis vähendatakse või suurendatakse säriaega vastav arv korda. Tundlikkuse korral näit. 180 GOST-ühikut tuleb valgusmõõdikuga määratud aega vähendada 4 korda.

Tuleb silmas pidada, et tulemused olenevad silma adaptsioonitingimustest pildistamise ajal. Ei ole võimalik saada õigeid tulemusi, kui vaatleja asub teistes tingimustes kui pildistatav objekt, näit. pildistamisel aknast õue või pimeda võlvi alt välja jne.

Optiliste valgusmõõdikute käsitlemine nõuab harjumist, sest valgustustingimusi ja optilise kiilu skaalal nähtavat suhtelise ava arvu tuleb hinnata silma järgi.

Fotoelektriline valgusmõõdik «Kiiev»

Fotoelektriline valgusmõõdik «Kiiev» võimaldab pildistamisel mustvalgele ja värvifotofilmile määrata säriaega vastavalt negatiivmaterjali tundlikkusele, pildistatava objekti heledusele ja valitud suhtelisele avale.

Valgusmõõdik on mõeldud fotoamatööridele ja fotoreporteritele.

Valgusmõõdikuga mõõdetav diapasoon on küllalt lai, et määrata säriaega mitmesugustes tingimustes, nii hämaras toas kui ka päikesepaistelisel mererannal.

Valgusmõõdiku heleduste mõõtmise intervall on 25—50 000 apostilbini, valguse vastuvõtunurk 70°.

Valgusmõõdiku põhielemendid on seleen-fotoelement, galvanomeeter, varjamisseade (vahekate) ja ümberarvestusseadis, mis on monteeritud ühisele korpusele.

Esiküljele paigutatud galvanomeetriskaala on jaotatud 12 vööndiks. Kogu heleduste intervall haarab kaht mõõtediapasooni. Mõõtediapasooni ümberlülitamine toimub valgusvoo katmisega klappseadise abil.

Esimesel diapasoonil töötamisel (heledate objektide pildistamisel) läbib klapi auku ligikaudu $^1/_{64}$ kogu fotoelemendile langevast valgusest.

Teisel diapasoonil töötamisel (nõrgalt valgustatud objektide pildistamisel) avaneb nupule vajutamisel klapp ja fotoelement võtab vastu kogu valguse.

Ümberarvestusseadis (kalkulaator) koosneb pööratavast säriaegade kettast punase ja musta indeksiga, ning suhteliste avade ja tund-

likkuse skaalast 8—250 GOST-ühiku piirides. Nummerdamata jaotuskriipsudele vastab 11, 22, 45, 90, 180 GOST-ühikut.

Keskmine kumer ketas on keermega korgiks, mis katab galvanomeetri osuti nullpunkti reguleerimisseadme.

Valgusmõõdiku kasutamine

Säriaja määramiseks tuleb eelnevalt kohale seada negatiivmaterjali tundlikkus suhteliste avade skaala ketta pööramisega, nii et märk jääks vastavale GOST-ühikule. Kui negatiivmaterjali tundlikkus on antud muus süsteemis (H & D või DIN), tuleb see valgusmõõdiku tagaküljel oleva tabeli abil ümber hinnata GOST-ile vastavaks.

Valgusmõõdiku akna suunamisel pildistatava objekti poole annab osuti väljalöögi. Sakilise äärega ketta keeramisel seatakse must märk vastava vööndi kohale, milleni osuti pöördus. Kui osuti ei hakka näitama (nõrga valgustuse korral), tuleb vajutada nupule, mis avab klapi täielikult, ja pöörata vööndi kohale punane märk. Juhul kui klappi ei avata täielikult, saadakse valgusmõõdikul ebaõige tulemus.

N ä i d e. Negatiivmaterjali tundlikkus on 32 GOST-ühikut. Galvanomeetri osuti näitab nupule vajutamisel kolmandale tumedale vööndile. Pärast punase märgi seadmist samale vööndile on suhteliste avade skaalal oleva arvu 5,6 kohal vajalik säriaeg $^1/_2$ sekundit.

Praktiliselt esineb juhtusid, kus valgusmõõdiku näite tuleb võtta parandusega. Vastu heledat valgust pildistamisel tuleb varjude paremaks läbitöötamiseks säriaega suurendada 4—8 korda.

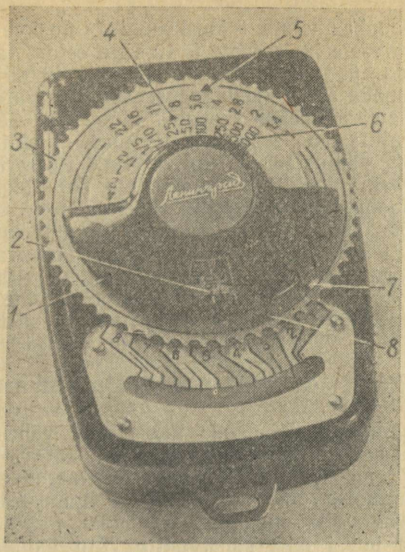
Talvel ei ole soovitatav hoida valgusmõõdikut kaua külma käes. Külma käest sooja ruumi minekul tuleb valgusmõõdikul lasta soojeneda 10—15 minutit.

Valgusmõõdikut tuleb hoida põrutuste, löökide ning tolmu ja niiskuse eest.

Fotoelektriline valgusmõõdik «Leningrad», tüüp Ju 11 (joon. 100b)

Valgusmõõdikus «Leningrad» kasutatakse pildistatava eseme heleduse määramiseks samuti seleen-fotoelementi ja tundlikku galvanomeetrit. Valgusmõõdiku kerele on monteeritud arvestikettad (kalkulaator), mis võimaldavad säriaega arvutada vastavalt fotomaterjali valgustundlikkusele ja pildistamisel kasutatavale suhtelisele avale. Valgusmõõdiku esiosas on aken, mille kaudu valgus langeb kere sisse paigutatud fotoelemendile. Akna ja fotoelemendi vahel asub kahe auguga vahekate, mis tugeva valgustuse korral kahandab fotoelemendile langevat valgust. Vahekatet juhitakse automaatselt arvestiketta pööramisega.

Valgusmõõdiku arvesti koosneb kahest kettast. Alumisel kettal *3* on kaks suhteliste avade skaalat, millest teine on kaetud sektoriga *1*. Ketta pööramisel skaalad vahetavad kohti ja sulevad või avavad



Joon. 100b. Fotoelektriline valgusmõõdik «Leningrad».

klapp-vahekatte. Mõlemale skaalale on kantud suhteliste avade väärtused 1 : 1 kuni 1 : 22. Nõrga valgustuse juures kasutatakse punast, tugeva puhul musta skaalat. Kummagi skaala jaoks on vastavat värvi märk *5* või *8*. Pealmisel kettal *6* on säriaegade skaala $^1/_{1000}$ kuni 60 sek. ja filmi tundlikkuse skaala 11 kuni 700 GOST-ühikuni, mis on nähtav läbi sektoris *1* oleva akna.

Valgusmõõdikul on kaheksa, numbritega 1 kuni 8 tähistatud vööndit. Arvestiketta märk *5* või *8* seatakse selle vööndi kohale, milleni näitab galvanomeetri osuti.

Suhtelise ava väärtuse kohalt loetakse vastav säriaeg.

Arvestikettal olev märk *4* võimaldab määrata suhtelise ava suurust, kui pildistatakse kinokaameraga, mille pildistamiskiirus on 16 võtet sekundis.

FOTOAPARAATIDE KASUTAMISE REEGLID

Allpool on käsitletud mõningate kõige enam levinud fotoaparaatide liikide ekspluatatsiooni eeskirju, käsitsemist, kontrollimist ja pisiremonti puutuvaid küsimusi.

Klappkaamerate avamine

Mõningate klappkaamerate («Moskva» ja «Moskva-3») avamisel on nende konstruktiivsete iseärasuste tõttu vaja erilist tähelepanu ja ettevaatlikkust. Seda tüüpi kaamerate avanemine ja objektiivi tugiraami fikseerimine hoobade abil toimub erakordselt tugevate vedrude toimel, mis hoiavad kaamera hoobasid püsiva pinge all. Seetõttu paiskuvad avaja nupule vajutamisel esikaas, katik ühes objektiiviga ja hoovad järsult ette, mis põhjustab objektiiviraami fikseerimise staadiumis tugeva löögi vastassuunaliselt toimivatele detailidele. Fotoaparaadi detailid ei ole loomulikult arvestatud selletaolistele järskudele mehaanilistele tõugetele ja nad võivad painduda ning hakata ühenduskohtadelt logisema. Et seda vältida, on soovitatav kaamera avamisel hoida kaant käega ja anda sujuvalt järele kuni objektiiviraami täieliku fikseerumiseni hoobades. Selle nõude täitmata jätmine võib põhjustada fotoaparaadi justeeringu rikkumist ja ta hoobade süsteemi purunemist.

Objektiivide tuubuste väljatõmbamine

Rida väikekaameraid on nende gabariitide vähendamiseks varustatud objektiividega, mille tuubus on sisselükatav. Tavaliselt libiseb tuubus õlgadega puksis, mille sisepind on kaetud sametiga, et teha aparaati valguskindlaks ja kaitsta ühtlasi tuubust kriimustuste eest. Objektiivi tuubuse väljatõmbamisel töötamisasendisse tuleb tema liikumine suunata puksi telje sihis, mitte viltu tõmmates ega liigset jõudu tarvitades, kuna selle tulemuseks võib olla tuubuse pealispinna kriimustamine. Tuubuse väänamine tema kinnitamisel bajonettraamistuse soontesse võib esile kutsuda tuubuse õlgade paindumise, mis lähevad neisse soontesse, ja selle tulemusel fotoaparaadi justeeringu rikkumise.

Aparaadi objektiivide vahetamine

Vahetatavate objektiivide kasutamine on seotud objektiivi kruvimisega kaamera keermesse või tema kinnitamisega bajonettraamistusse.

Liikuvate objektide pildistamisel toimub objektiivide vahetus vahel liigse kiirustamisega, mis võib põhjustada objektiivi rikkumise või kaamera justeeringu ebatäpseks muutumise. Näiteks nõuab vahetatava objektiivi keeramine aparaadi «FED» või «Zorki» külge üheaegset kaamera ja objektiivi sätteotste ning objektiivi liikuva osa sobitamist kaamera kaugusmõõdiku nukiga. Objektiivi viltu sissekeeramine võib põhjustada kaugusmõõdiku nuki kiilumist ja väljavääänamist objektiivi liikuva puksi poolt, mis omakorda põhjustab kaugusmõõdiku justeeringust väljasattumise või keerme rikkumise keermeniitide mitteühtesattumise tõttu.

Kaamerate «FED» ja «Zorki» vahetatavate objektiivide külgekeeramisel on vajalik:

1) pöörata objektiiv raamistuses äärmisesse vasakpoolsesse asendisse, mispuhul liikuv puks on maksimaalselt raamistuse sees;

2) hoides kaamerat vasaku käega, asetada objektiiv perpendikulaarselt sätterõngale, pöörates teda seni vasakule, kuni kostab iseloomulik naksatus, mis tõendab keermeniitide ühtelangemist, ja alles pärast seda alustada objektiivi külgekruvimist.

Objektiiv peab keermes liikuma kergelt, teatud lõtkuga. Pärast objektiivi täielikku sissekeeramist on vaja mõningat jõupingutust selle lõplikuks kinnikeeramiseks, et vältida läätse lahtikeerdumist teravustamise ajal;

3) enne objektiivi väljakeeramist tuleb see samuti asetada äärmisesse vasakusse asendisse. Ärakeeramisel, samuti nagu külgekeeramisel ei tohi kinni hoida teravustamise pöörderõngast, vaid raamistuse korpuse alumises osas olevast äärisest, sest nende detailide sagedane pingutamine võib põhjustada kruvide, tõkkekruvide jne. kinnitamise nõrgenemise.

Vahetatavate objektiivide seadmisel kaamerale «Kiiev» on vajalik bajonettraamistuse õnarate ja õlgade ning vaherõnga ja kaugusmõõdikuga sidestatud puksi täielik kokkusattumine. Selleks:

a) seada kaamera raamistuse fokuseerimisrõngas lõpmatusele kuni viimase lukustumiseni klõpsatusega;

b) pöörata raamistuses objektiivi vasakule kuni kaugusskaala sattumiseni lõpmatusele;

c) kaamerat vasakus käes hoides seada objektiiv aparaadi raamistuse sisse, sobitades nad kokku kaamera korpusel ja raamistusel olevate punaste punktide järgi, mille järel lükata objektiiv kaamera raamistusse.

Veendunud, et objektiiv on paigaldatud õigesti, tuleb objektiivi korpuse alumisest osast kinni hoides pöörata teda vasakule kuni luku sulgumiseni;

d) objektiivi vahetamise vajaduse korral suruda sõrmega lukule kuni raamistuse täieliku vabanemiseni, pöörata raamistust paremale ja eemaldada objektiiv kaamerast.

Vahetatavaid objektiive kasutatakse enamikul juhtudel pildistamisel väljaspool ruumi, kus nad paratamatult saavad tolmuseks. Liiv ja muud kõvad tolmuosakesed, langedes raamistuse detailidele, tungivad keermeühendustesse, põhjustades nende enneaegset kulumist ja järelikult ka justeeringu rikkumist surnud käikude (lõtkumine, logisemine keermes jne.) tõttu.

Objektiivide hoidmiseks on soovitatav kasutada spetsiaalset karpi, milles on pesad objektiivide jaoks, kaitseks nii tolmu kui ka mehaaniliste vigastuste eest.

Valgusfiltrite vahetamine

Reale objektiividele kinnitatakse valgusfiltrid keermete abil, mis on nii filtri kui ka objektiivi raamistusel. Erakordselt väikese keermesammu (0,5 mm) ja samal ajal filtrite võrdlemisi suurte läbimõõtude tõttu nõuab nende külgekruvimine erilist tähelepanu, sest filtri kõige väiksemgi viltuasetamine või liigne jõu tarvitamine keermekäikude mittekokkusattumise puhul võib põhjustada keermeniitide vigastamise ja järelikult keermete kiilumise.

Keermete kokkukiilumise puhul valgusfiltri jõuga lahtikeeramine põhjustab tavaliselt kas objektiivi või filtri keerme rikkimineku. Sellepärast on filtrite külgekeeramisel, samuti nagu objektiivide puhulgi, vaja enne filtri pealekeeramist pöörata raamistust pisut vasakule kuni keermekäikude ühtelangemiseni.

Valgusfiltreid ei tule liiga tugevasti kinni keerata, sest see tekitab sageli klaasis pingeid, mis tunduvalt rikuvad kujutise kvaliteeti.

Pildistamine statiivi pea külge kinnitatud fotoaparaatidega

Kogenematud fotograafid kallutavad üsna sageli statiivile kinnitatud aparaati ilma kuulikese sulgurkruvi eelnevalt vabastamata, ületades pesas oleva kuuli hõõrdumisjõu.

Neil juhtudel on kaamera statiivipesa kinnitus liiga suure koormuse all, mis põhjustab kinnituskruvide või neetide ja valtside nõrgenemise, üksikuil juhtudel kõverdub aga ka korpus või kaas, mille külge on kinnitatud statiivipesa. Nende vigastuste vältimiseks on vaja enne aparaadi kallutamist sulgurkruvi lahtikeeramisega vabastada kuul, seada aparaat vajalikku asendisse ja alles pärast seda kinnitada pea sulgurkruvi abil.

Võitlus aparaadi enneaegse kulumise vastu

Fotoaparaadi enneaegse kulumise ärahoidmiseks on vajalik
a) aparaadi õige hoidmine,
b) profülaktika kulumiskindluse tõstmiseks,
c) aparaadi õige käsitsemine kasutamisel.

Fotoaparaadi õige hoidmine nõuab ta maksimaalset kaitsmist määrdumise ning liigse õhuniiskuse mõju eest. Liiva ja tolmu osakesed, mis satuvad mehhanismi hõõrduvate osade vahele, kiirendavad suurel määral nende kulumist, sageli aga ka purunemist üksikute detailide vahel tekkiva hõõrdumise ja kinnikiilumise tagajärjel. Optika tolmumine ja igasugune muu määrdumine vähendab tema valgusjõudu ja kujutise kvaliteeti valguse hajumise suurenemise tõttu. Kestev rasva- või keemiliste ainete plekkide ning õhuniiskuse toime rikub klaasi välispindu. Eriti kahjulikku mõju avaldab aparaadi mehhanismidele liigne õhuniiskus, mis põhjustab mehhanismide üksikute detailide roostetamist ja laike objektiivil.

Profülaktika fotoaparaadi kulumiskindluse tõstmiseks seisab fotoaparaadi üksikute sõlmede perioodilises ülevaatuses ja kontrollimises, mehhanismide hõõrduvate pindade puhastamises ja määrimises ning pisiremondis (nõrgenenud kruvide ja detailide kinnikeeramises, paljastunud kohtade ülelakkimises jne.).

Aparaadi puhastamine tolmust toimub tavaliselt keskmise või suurema pintsliga, mis pärast puhastamist bensiinis läbi pestakse ja kuivatatakse.

Fotoaparaadi mehhanismide määret, mis säilib küll võrdlemisi kaua, tuleb vahetada pärast 8000—10 000 võtet (tingimusel, et mehhanisme

hoitakse tugeva määrdumise eest). Määrimisprotsess nõuab tingimata üksikute sõlmede lahtivõtmist, nende puhtakspesemist ja spetsiaalseid määrdesorte. Seepärast peab kohe, kui ilmnevad esimesed määrde vähesuse tunnused, mis väljenduvad tavaliselt mehhanismide pöörlemise sujuvuse kadumises, mehhanismide juures spetsiifilise krigina ilmumises või kinnijäämises, andma fotoaparaadi tingimata töökotta kvalifitseeritud profülaktilise remondi tegemiseks.

Paljastunud kohtade ülelakkimist kaamera sisemuses võib teostada fotoamatöör ise väikese oravasabakarvadest pintsli abil musta mattlakiga. Seejuures on vaja lakitavad kohad enne rasvast puhastada (bensiini või eetriga niisutatud vatitampooniga) ja hoolitseda, et lakk ei tungiks liikuvate detailide ühenduskohtadesse.

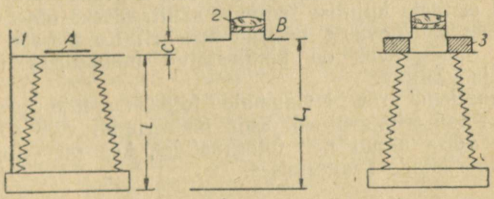
Kruvide järelkinnitamine toimub kruvipea lõhele vastava mõõduga kellasepa-kruvikeerajaga, kuid see operatsioon tuleb ette võtta alles pärast küllaldast tutvumist fotoaparaadi ehitusega, et vältida reguleerimiskruvide juhuslikku kinnikeeramist kinnituskruvide asemel, mis võib kaasa tuua aparaadi mehhanismide töörežiimi rikkumise.

Optika puhastamine toimub üldiste reeglite kohaselt (vt. lk. 55). Fotoaparaadi õige käsitsemine nõuab aparaadile valmistaja-tehase poolt kaasaantud kasutamisinstruktsiooni tingimatut täitmist, vahetatava optika kasutamise reeglite silmaspidamist (vt. lk. 115) ja aparaadi üldist kaitsmist mehaaniliste vigastuste eest kandmis- ja ekspluatatsiooniprotsessi ajal.

FOTOAPARAATIDE JUSTEERIMISE MEETODID

Fotoaparaatide justeerimine tehases toimub meetodeil, mis rajanevad a) individuaalse sobitamise, b) komplekteerimise ja c) vastastikku vahetatavuse printsiipidel.

Individuaalse sobitamise printsiip seisab järgnevas. Joonisel 101



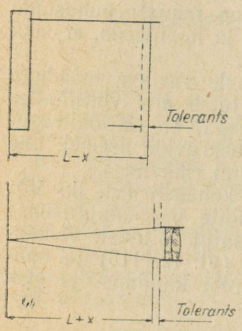
Joon. 101. Objektiivi individuaalne sobitamine kaamerale.

on näidatud kaamera *1* ja objektiiv *2*. Objektiiv tuleb kinnitada nii, et plaadi valgustundlik kiht oleks objektiivi fokaaltasapinnas. Mõõtnud ära kaamera töökauguse *L* (kauguse objektiivi aluslaua tugipinnast *A* fotoplaadi emulsiooni pinnani) ning objektiivi L_1 töökauguse (kauguse objektiivi tugipinnast *B* kuni fokaaltasapinnani), saame vahe

$$L_1 - L = C,$$

kus C on kaamera ja objektiivi lahknevuse suurus. Sõltuvalt sellest, kas objektiivi töökaugus on suurem või väiksem kaamera töökaugusest, kompenseeritakse vahe C vahekihi *3* asetamisega või ühe tugipinna (*A* või *B*) õhemaks lõikamisega.

Suure tülikuse tõttu ei ole see meetod masstootmises rakendatav ja seda kasutatakse ainult üksiktööde puhul ja amatöörpraktikas. Suureseerialises toodangus, kus töö on organiseeritud vool- ja konveiermeetodil, kasutatakse fotoaparaatide justeerimiseks komplekteerimise põhimõttele rajatud meetodit. See printsiip seisab järgnevas. Kaamerad ja fotoläätsed toodetakse rangelt kindlaksmääratud töökauguses, milles esinevad kõrvalekaldumised nominaalsuurustest on piiratud kindla tolerantsiga (joon. 102). Töökauguste ja tolerantside suurused on määratud sel viisil, et mis tahes negatiivsed töökaugused võivad anda lahknevuse suuruse C, mis võrdub kas nulli või kaamera ja objektiivi tolerantside summaga. Sõltuvalt maksimaalse lahknevuse suurusest nähakse tootmises ette vahekihtide kasutamist, mis võimaldavad täpselt kompenseerida iga konstruktsioonile ettenähtud lahknevuse. Komplektimise teel justeerimise printsiipi kasutatakse näiteks fotoaparaatide «Ljubitel», «Moskva-1», «Moskva-2», «Moskva-3» ja mõnede teiste juures.



Joon. 102. Kaamera komplekteerimine objektiiviga.

Kaamerate ja objektiivide vahetatavuse printsiip eeldab, et töökauguste ja muude suuruste tolerantsid on määratud sel viisil, et kaamera, objektiivi ja kaugusmõõdiku lahknevused kokkuvõetult isegi tolerantside äärmisel negatiivsel kokkusattumisel ei ületa kujutise teravuse säilitamiseks objektiivi ja kaamera vahelises lahknevuses lubatud suurust. Kaamerate ja objektiivide täielik vahetatavus on kindlustatud muuhulgas fotoaparaatidel «Kiiev» ja «Zorki».

Allpool vaatleme rea levinumate fotoaparaatide praktilisi justeerimis- ja reguleerimisvõtteid. Kuid justeerimist võib soovitada iseseisvalt ette võtta ainult neil fotograafidel, kes on vilunud mehhanismide ja tööriistade käsitsemises.

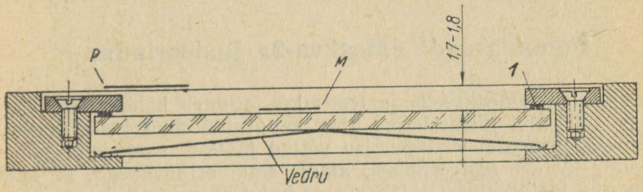
Fotoaparaadi „Moskva-3" justeerimine

Fotoaparaadi «Moskva-3» justeerimine koosneb järgmistest järjekorras teostatavaist operatsioonidest: 1) mattklaasi justeerimine raamis; 2) kaamera ja objektiivi justeerimine mattklaasi järgi; 3) kasseti vahe kontrollimine ja kõrvaldamine; 4) pildiotsija ja objektiivi optiliste telgede paralleelsuse kontrollimine.

Raamis oleva mattklaasi justeerimine (joon. 103) seisab klaasi

raami seadmises paralleelselt tugitasapinnaga. Seejuures peab klaasi mattpind *M* asuma raami tugipinnast *P* 1,7—1,8 mm võrra madalamal. Klaasi asendi muutmine toimub paberikihtide *1* kleepimise teel rõhkliistudele või rõhkliistude kõveraks painutamise teel.

Kaamera kinnitatakse statiivile horisontaalses asendis, pannakse ette mattklaas ja avatakse täielikult diafragma, seejärel suunatakse aparaat mõnele üsna kaugele ja detailiderikkale ning selgete kontuuridega maastikule. Vaadeldes mattklaasi keskosa (soovitatav 3—4-kordse suurendusega luubi abil) saavutatakse objektiivi teravustamise teel kujutise maksimaalne teravus, mille järel kontrollitakse teravust äärtel ning kaugusskaala näitude õigsust, mis antud juhul peavad vastama lõpmatusele. Kaugusskaala näitude mittevastavuse puhul võetakse skaala objektiivi küljest pärast kolme takistuskruvi 2—3 ringi



Joon. 103. Mattklaasi justeerimine raamis.

võrra lahtikeeramist, ja pärast seda, kui on saavutatud kujutise kvaliteetne teravus esiläätse abil teravustamise teel, asetatakse skaala uuesti objektiivile, kusjuures märk ∞ sobitatakse indeksiga.

Tuleb arvesse võtta, et kujutise parim kvaliteet ja kaugusskaala õigemad näidud saavutatakse sel juhul, kui objektiiv on asendis, kus esiläätse raamistusel jääb pööramisel puudu $^1/_5$ ringi. Lubatavad kõrvalekaldumised sellest asendist on 5—6 mm paremale ja 3—4 mm vasakule raamistuse välisääre pikisuunas.

Suuremad fookusest väljaminekud, mida ei saa parandada objektiivi esiläätse nihutamisega, samuti objektiivi kaardumised (ebaühtlane kujutise teravus pildivälja vastasäärtel) kõrvaldatakse katiku korpuse ja objektiivi tugiraami vahel olevate vahekihtide abil, keerates selleks kaamera sisemusest ära sulgrõnga, mis kinnitab katiku ja lõõtsa objektiivi tugiraami külge. Vahekihtideks kasutatakse tavaliselt 0,1—0,2 mm paksusi, tihedast paberist rõngaid. Selleks et kindlaks teha, kas vahekihti tuleb juurde lisada või ära võtta, on vaja arvestada järgmist seaduspärasust. Kui saadakse terav kujutis esiläätse väljakeeramisel nominaalasendist ($^1/_5$ ringi võrra takistusseisust), siis tuleb katiku alla asetada vahekiht ja, vastupidi, esiläätse sissekeeramisel vahekiht eemaldada. Vajaliku vahekihi ligikaudse paksuse võib ära määrata kaugusskaala järgi: esiläätse pöördumise iga millimeeter kaugusskaala ringjoonel võrdub ligikaudu 0,1 mm paksuse vahekihiga. Kui näiteks kujutise parim teravus saadi objektiivi esiläätse raamistuse väljakeeramisel 5 mm võrra, mõõdetult skaala raamistuse välisservalt, siis tuleb asetada objektiivi alla 5 mm×0,1 = =0,5 mm paksune tihend.

Objektiivi ärakeeramine tugiraami küljest ja külgekeeramine nõuab erilist täpsust, sest ettevaatamatus võib põhjustada lõõtsa või katiku korpuse keerme rikkumist.

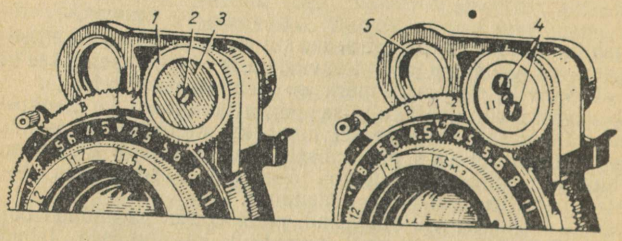
Kassetivahe väljendub selles, et kaamerasse kassetiga asetatud plaadi emulsioonitasapind ja mattklaasiga fokuseerimisel saadud faktiline fokaalpind ei lange kokku. See vahe kõrvaldatakse sel teel, et painutatakse kolme kassetis olevat haardekäppa senikaua, kui plaadipinna ja kasseti tasapinna vahe on 1,7—1,8 mm.

Pildiotsija ja objektiivi optiliste telgede paralleelsust kontrollitakse pildiotsijas paistva eseme piiride ja mattklaasil oleva kujutise võrdlemise teel. Juhul kui kujutise piirjooned ei lange ühte, seatakse pildiotsija, pärast seda, kui kolm teda korpusega ühendavat kruvi on 1—2 keeru võrra lahti keeratud, vajalikku asendisse ja kinnitatakse paigale.

Fotoaparaadi «Moskva-2» justeerimine

Fotoaparaadi «Moskva-2» justeerimine jaguneb kaheks etapiks: kaamera ja objektiivi justeerimine ning kaugusmõõdiku justeerimine.

Kaamera objektiivi justeerimise võtted jäävad samadeks mis kaamera «Moskva-3» justeerimisel, ainult selle erinevusega, et kaamera «Moskva-2» justeerimisel tuleb pärast kujutise parima teravuse saavutamist suunava fokaalraami vastu asetatud mattklaasil teha parandus

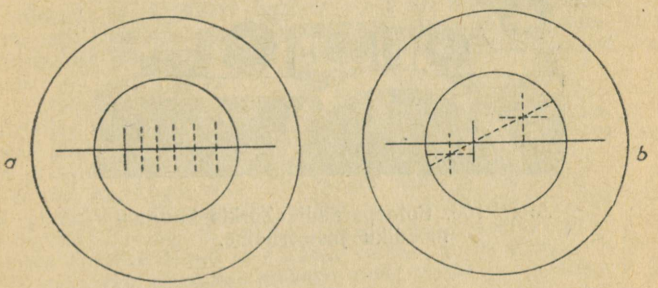


Joon. 104. Fotoaparaadi «Moskva-2» kaugusmõõdiku justeerimine.

filmi deformatsiooni võrra. Filmi deformatsioon kaameras ulatub tavaliselt 0,2—0,15 mm-ni. See tähendab, et pärast parima teravuse saavutamist mattklaasil tuleb esiläätse raamistust pöörata vasakule (väljakeeramine) 2 mm võrra, mõõdetult tema piirdejoont mööda, mille järel kinnitada talle kaugusmõõdik.

Peab tähendama, et aparaadi «Moskva-2» objektiivi kaugusskaala on sidestatud tema alumises osas oleva pilu abil kaugusmõõdiku rattaga, mis pöörleb objektiivi raamistuse välisdiameetril. Seepärast on tarvis enne skaala asetamist objektiivile pöörata pideme *1* (joon. 104) abil kaugusmõõdiku rõngast paremale kuni peatumiseni ja pärast seda kohaldada rõnga saba kaugusskaala piluga ning asetada kaugusskaala objektiivi raamistusele.

Juhul kui kaugusmõõdik ei ole kooskõlas kaugusskaalaga, justeeritakse seda järgmiselt. Keeratakse ära kruvi *2* ja eemaldatakse katte seib *3*, vabastatakse kruvid *4* 1—2 keeru võrra, mille tagajärjel lülitatakse välja kompensaatorimehhanismi ja objektiivi vaheline hambumine. Kui aparaat on seatud rangelt horisontaalsesse asendisse, suunatakse kaugusmõõdik mingile kaugele objektile (soovitatav hoone fassaad, mille mõni horisontaaldetail asuks kaugusmõõdiku kollase iirise vaatevälja keskkohas). Keerates pidet *1* joonisel näidatud noole suunas, jälgitakse liikuva kujutise nihkumist, mis kiilude ühe pöörde jooksul ühes suunas nihkub ühe korra paremale ja ühe korra vasakule. Kui liikuva kujutise täie käigu ulatusel vasakult paremale ei esine horisontaaljoone kahenemist, siis on kiilud vastastikku õigesti asetatud (joon. 105, *a*). Juhul kui liikuv kujutis nihkub põiki üle põhi-



Joon. 105. Kujutise liikumine fotoaparaadi «Moskva-2» justeerimisel.

kujutise (selle suhtes alt üles või vastupidi, joon. 105, *b*), nõuavad kiilud vastastikust justeerimist, mida tehakse esimese kiilu 5 raamistuse pööramisega väikese nurga võrra (vt. joon. 104), kuni kujutise täieliku ühtelangemiseni käigu algusest lõpuni.

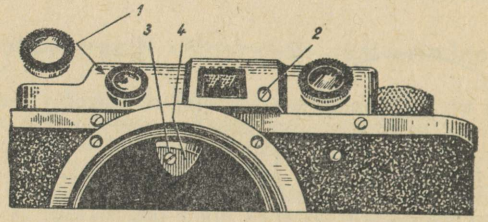
On vaja meeles pidada, et meelevaldse pöördumise vältimiseks keermes kinnitatakse kiilu raamistus *5* tööstusliku tootmise tingimustes šellakliimiga; seepärast on tema vaba pöörlemise tagamiseks soovitatav 10—15 minutit enne justeerimist panna kiilu raamistusele liimi lahustamiseks piiritusega niisutatud vatitampoon.

Pärast kahendamise kõrvaldamist vertikaalsihis asetatakse objektiiv kaugusskaala järgi lõpmatusele, kaugusmõõdik aga seatakse üsna kaugele objektile ja pööratakse pidet kuni kujutiste ühtelangemiseni (kusjuures kujutis nihkub vasakult paremale). Seejärel, ilma pideme *1* asendit muutmata, kinnitatakse kruvid *4*. Pärast kruvide kinnitamist kontrollitakse kaugusmõõdikut asendis «lõpmatus», 3 m ja 1,5 m distantsidel. Asendis «lõpmatus» ei tohi esineda kujutise kahenemist. Teravustamisel kaugustele 3 ja 1,5 m ei tohi kaugusskaala jaotuste erinevus indeksist olla suurem kui 1,5 mm, mõõdetult kaugusskaala välisservalt.

Fotoaparaadi «Zorki» justeerimine

Kaamera «Zorki» justeerimine objektiiviga nõuab suurt vilumust ja suure täpsusega mõõteriistu, mistõttu selle operatsiooni sooritamine amatöörpraktikas ei ole soovitatav.

Fotoaparaadi kaugusmõõdiku justeerimine toimub järgmiselt (joon. 106). Suunates kaugusmõõdiku mingile esemele ja sobitades kujutised, kontrollitakse, kas ei esine kujutise kahenemist kõrgussuunas. Kujutise kahenemisel kõrgussuunas tuleb lehtkummi abil ära keerata dekoratiivrõngas *1*, mille all peitub kiilu raamistus, mis on monteeritud pidemesse ja millel on sooned keeramiseks. Kiilu raamistuse keeramisega väikese nurga võrra saavutatakse kujutiste kahene-



Joon. 106. Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdiku justeerimine.

mise kõrvaldamine ja rõngas *1* asetatakse uuesti kohale. Pärast seda seatakse kaugusmõõdik üsna kaugel olevale esemele, mille kujutiste ühtelangemine peab toimuma siis, kui objektiiv on seatud lõpmatusele. Juhul kui kujutised ühte ei lange, seatakse objektiiv lõpmatusele, keeratakse ära kruvi *2* ja avasse, mida kruvi katab, pistetakse peenike kellassepa-kruvikeeraja, kuni on tunda, et see satub kaugusmõõdiku sees oleva kruvi lõhesse; kruvi pööratakse kuni kujutise ühtelangemiseni. Pärast seda seatakse kaugusmõõdik esemele (veel parem on tušiga valgele paberile joonistatud rist), mis asub korpuse tagumisest seinast 1003 mm kaugusel. Kui kaugusskaala annab ebaõige näidu, tuleb justeerimisel ka kaugusmõõdiku nukki *4* keerata.

Nuki pööramise suuna määramine toimub järgmiselt. Kui aparaadist 1 m kaugusel asuva eseme kujutis ühtelangemisel näitab objektiivi kaugusskaala kaugust üle 1 m, siis on nukki vaja pöörata vasakule (vt. joon. 106) ja, vastupidi, kui ta näitab alla 1 m, siis paremale, seejärel tuleb uuesti kontrollida kujutise ühtelangemist kaugustel ∞ ja 1 m. Nii korratakse, kuni saavutatakse justeeringu vajalik täpsus, misjärel kontrollitakse kaugusmõõdikut distantsidel 2 m ja 4 m.

Kaugusmõõdikut võib lugeda õigesti justeerituks, kui kaugusskaala hälve indeksist distantsidel 1 m, 2 m ja 4 m ei ole suurem kui 1 mm ning «lõpmatusel» ei esine kujutiste kahenemist.

Hoova küljes olev nukk on täiendavalt kinnitatud stoppkruviga

3*, mis järeljusteerimisel keeratakse lahti 1—2 ringi. Nukk pöördub raskesti, mispärast on soovitatav reguleerimiseks valmistada nuki kuju järgi võti või äärmisel juhul kasutada väikesi näpitstange, mille mokkadele on otsa pandud alumiiniumist katted, et vältida nuki pinna või kontuuride mehaanilist vigastamist.

On vaja tähelepanu juhtida sellele, et kaugusmõõdiku järeljusteerimisel ei ole enamikel juhtudel vaja kiilu, kruvi ega nukki kuigi palju pöörata ning seepärast tuleb seda teha eriti tähelepanelikult. Nende detailide asendi muutmine iga järgneva vaatluse eel ei tohiks ületada 3°—5° nurgamõõdus.

Pildiotsija ja kaamera optiliste telgede paralleelsuse kontrollimine

Pildiotsija ja objektiivi optiliste telgede mitteparalleelsust esineb harva, sest tööstustes tagab optiliste telgede paralleelsuse detailide valmistamise kõrge täpsus ja valmis fotoaparaatide järgnev kontrollimine.

Pildiotsija ja kaamera optiliste telgede paralleelsust kontrollitakse pildiotsijas paistva eseme piirjoonte võrdlemise teel kujutisega mattklaasil (kaamerate puhul, mis on mattklaasiga või avatava tagaküljega ja võimaldavad mattklaasi asetamist) ja objekti ülesvõtte võrdlemise teel objektiga, mille piirjooned määrati kindlaks vaatlemisel läbi pildiotsija (kaamerate puhul, mis ei võimalda mattklaasiga vaatlemist). Kaamerail, millede pildiotsija on kruvide abil kinnitatud kaamera korpuse külge ja kujutab endast eraldi sõlme, võidakse see seada vajalikku asendisse väikeste nihutamiste ja vahelehtede paigutamisega.

Pildiotsija ja objektiivi optiliste telgede paralleelsuse kontrollimine peab toimuma kaugete objektide järgi, sest lähedal asuvate esemete puhul ei lange pildiotsijas nähtava objekti piirid ja mattklaasil tekkiv kujutis kokku seetõttu, et objektiivi ja pildiotsija optilised teljed asuvad üksteisest üsna kaugel.

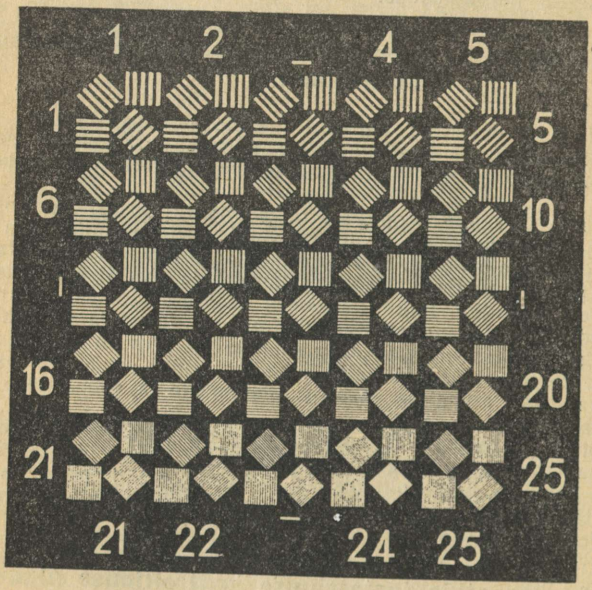
Fotoaparaatide justeerimise kontrollimise üldised meetodid

Fotoaparaatide justeerimise kontrollimise protsess sisaldab endas visuaalse (nähtava) ja fotograafilise kontrollimise meetodeid. Visuaalset meetodit kasutatakse enamikul juhtudel aparaadi kontrollimise vahepealse faasina (kontrollimine mattklaasi abil, fokuseerimise kontrollimine optiliste riistade abil, optiliste telgede paralleelsuse kontroll).

Aparaadi fotograafiliseks kontrollimiseks fotografeeritakse spetsiaalselt seadiselt kindla valgustugevuse juures testobjekte (joon. 107), mis võimaldavad otsustada kujutise kvaliteedi ja objektiivi eraldusvõime üle.

* Pärast 1952. a. septembrikuud toodetud aparaatidel puudub stoppkruvi.

Praktiliselt toimub kaamera fotograafiline proovimine järgmiselt. Fotoaparaat kinnitatakse spetsiaalsele statiivile-vankrikesele, mis on nihutatav rööbasteed mööda testobjektide suunas. Kaamera asend statiivil on rangesti fikseeritud ja tagab fokaalpinna ja tahvli tasapinna suure täpsusega paralleelsuse. Tahvli ja sellele asetatud katseobjekti gabariidid on arvestatud niiviisi, et tahvli fotografeerimisel hõlmab kujutis kogu pildivälja ulatuse. Pildistatakse mitmesugustelt kaugustelt, alates lõpmatusest kuni äärmise loppkauguseni (tavaliselt lõpmatusel, lõppkaugusel ja ühel-kahel nendevahelisel distantsil).



Joon. 107. Testobjekt objektiivi eraldusvõime proovimiseks.

Pildistamine lõpmatusele teravustatult teostatakse läbi kollimaatori (toru objektiiviga ja testobjektiga peafookuse pinnal, millest kiired väljuvad paralleelse kimbuna, imiteerides kiirte käiku lõpmatuses asetsevalt pildistamisobjektilt). Pärast negatiivmaterjali töötlemist vaadeldakse pilti mikroskoobi all ja antakse vastav hinnang kujutise kvaliteedi ja eraldusvõime kohta.

Objektiivi eraldusvõimet iseloomustab objektiivi poolt fotograafilisel kihil kujutise 1 mm kohta eraldi edasiantavate paralleelsete joonte maksimaalne arv. Tuleb märkida, et objektiivi eraldusvõime on tunduvalt kõrgem, kui saame fotografeerimisel, sest fotograafilise

kihi enese eraldusvõime enamikul juhtudel ei ületa 50—60 joont 1 mm kohta, objektiivi eraldusvõime aga ulatub kuni 600 jooneni 1 mm kohta.

Kaugusmõõdikuga varustatud fotoaparaatide justeeringu kontrollimiseks pildistatakse igal distantsil kaks korda: ühel korral teravustades objektiivi kaugusskaala abil, teisel korral — kaugusmõõdiku järgi. See võimaldab otsustada, kuivõrd on objektiiv ja kaugusmõõdik kooskõlas.

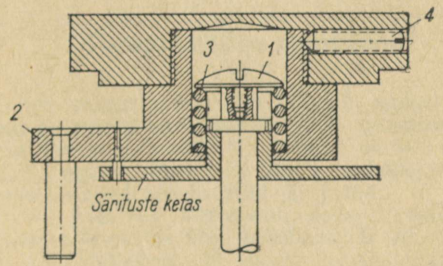
Fotoaparaadi kaugusmõõdikut kontrollitakse samuti spetsiaalsete testobjektidega varustatud seadiste abil, mis on aparaadist rangelt kindlaksmääratud kaugustele asetatud.

Spetsiaalsete tingimuste ja testobjektide puudumise tõttu ei anna fotoaparaadi kontrollimine amatöörtingimustes kujutise kvaliteedi ja eraldusvõime kvantitatiivset hinnangut ja piirdub enamikul juhtudel mingite objektide pildistamisel saadud ülesvõtete teravuse puhtsubjektiivse analüüsiga.

FOTOAPARAATIDE MÕNINGATE RIKETE KÕRVALDAMISE VÕTTEID

Fotoaparaatide «FED» ja «Zorki» katikukiiruse reguleerimise mehhanismi remont

Esineb juhtumeid, kus katiku tööprotsessis kruvi *1* (joon. 108) aja jooksul lahti läheb ja jaotusnukk *2*, vabanenud vedru *3* pingest, ei fikseeru oma tapiga ekspositsiooniketta aukudesse ja lakkab seetõttu töötamast.



Joon. 108. Fotoaparaadi «Zorki» katikukiiruste reguleerimise mehhanism.

Selle defekti kõrvaldamiseks tuleb ekspositsioonikettas olevat stoppkruvi *4* keerata 3—4 ringi võrra lahti. Võttes käega kinni ekspositsioonikettast, tuleb jaotusnukk seada normaalasendisse, kuni on tunda tema fikseerumist ekspositsioonikettas. Seejärel, hoides ketast

allasurutud asendis, vinnastada katik ja pöörata ekspositsiooniketast, mis on kruvitud jaotusnuki puksi otsa. Asetada vedru puksisse ja keerata kruvikeerajaga telje külge kruvi *1*, pidades sealjuures silmas, et vedru ots ei kiiluks puksi seina ja kruvipea vahele. Pärast seda asetada jaotusnukk säriajale «z» ja kruvida uuesti külge ekspositsiooniketas, mis enne stoppkruvi kinnitamist keeratakse keermes kinni, kuni «z» langeb ühte noolega kaamera klemmil.

Valguse läbilaske kõrvaldamine

Esineb juhtumeid, kus fotoaparaadi pikemaajalisel kasutamisel kujunevad kaamera lõõtsa teravatel ribidel pilud või läbikulunud kohad, kuhu tekivad väikesed augud, mis lasevad valgust kaamera sisemusse. Väikesed nõelaotsasuurused augud suletakse harilikult mõne tugeva liimiga, millele on hulka segatud musta pulbrilist värvainet. Aukude täitmiseks värviga ja täishõõrumiseks kasutatakse väikest pehmet pintslit. Suuremad augud võib katta sel teel, et lõõtsa läbipaistvaisse kohtadesse kleebitakse sissepoole šellakliimiga või äärmisel juhul tisleriliimiga väikesed tükid õhukest (0,1 mm) pehmet nahka (fotonahk ehk spalt).

Väikesed augud katiku kummiga immutatud siidruloodes, mis tekivad lõhede tõttu kummis ja nõelapisteaukudest äärte õmblemisel, võib samuti kinni katta värvitud musta šellakliimi või musta piirituslaki abil. Seda abinõu võib kasutada ainult äärmisel juhul, sest suure koormuse tõttu, mis langeb ruloodele osaks aparaadi üldises tööprotsessis, eraldub liim kiiresti nende pinnalt ja jätab augud uuesti paljaks. Seepärast tuleb niisugused rulood esimesel võimalusel asendada uutega.

III osa

VALGUSTUNDLIKUD MATERJALID

FOTOKIHI VALGUSTUNDLIKKUS

Valgustundlikeks ehk fotograafilisteks materjalideks nimetatakse materjale, mida kasutatakse selleks, et saada neil fotograafilist kujutist. Eristatakse läbipaistval ja läbipaistmatul alusel olevaid fotomaterjale. Sõltuvalt alusest jagatakse fotomaterjalid fotoplaatideks (klaasist alusel), filmideks (tselluloidalusel) ja paberiks (paberalusel).

Fotomaterjale, mis on määratud negatiivsete kujutiste saamiseks, nimetatakse negatiivmaterjalideks ja neid valmistatakse ainult läbipaistval alusel (negatiiv-fotoplaadid ja -filmid). Materjale, mis on määratud positiivkujutiste saamiseks, nimetatakse positiivmaterjalideks ja neid valmistatakse nii läbipaistval (diapositiiv-fotoplaadid ja positiiv-fotofilmid) kui ka läbipaistmatul (fotopaberid) alusel.

Sõltuvalt otstarbest eraldatakse must-valge ja värvilise fotograafia materjale.

Fotograafiline emulsioon

Fotomaterjalide valgustundlik kiht kujutab endast nn. fotograafilise emulsiooni kuivanud kihti, mis koosneb peamiselt želatiinist ja mingist valgustundlikust ainest. Need ained on hõbeda halogeensoolad: hõbebromiid AgBr, hõbekloriid AgCl ja hõbejodiid AgJ. Kõige enam kasutamist leiavad hõbebromiid ja -jodiid.

Hõbejodiidi ei kasutata iseseisvalt, seda lisatakse emulsioonile tavaliselt väikestes kogustes ühes hõbebromiidi või -kloriidiga.

Praktiliselt võib hõbebromiidi saada kaaliumbromiidi (KBr) ja hõbenitraadi (põrgukivi) ($AgNO_3$) vahetusreaktsiooni teel.

Nimetatud kahe aine vesilahuste segamisel toimub järgmine reaktsioon:

$$AgNO_3 + KBr = KNO_3 + AgBr.$$

Seejuures hõbebromiid sadestub helekollaka sadestisena. Asendades kaaliumbromiidi kloor- või joodbromiidiga, võib samal viisil saada hõbekloriidi või -jodiidi.

Kaaliumi halogeensooli võib samuti asendada naatriumi- või

ammooniumisooladega. Kõigil puhkudel eralduvad hõbeda halogeensoolad sadestisena, mis koosneb mikroskoopilistest kristallidest.

Kui reaktsiooni korraldada mitte vesilahuses, vaid želatiinlahuses, siis ei lange halogeenhõbe sadestisena välja, vaid jääb hõljuvasse olekusse. Saadud suspensioon kannab fotograafilise emulsiooni nimetust.

Želatiin ei ole üksnes hea sideaine, vaid ka väga sobiv emulsiooni kandmiseks alusele. Ta hoiab hästi hõbeda halogeensoolade teri ega lase neil ühineda tompudeks; säilib hästi pikema aja jooksul, muutmata oma või emulsiooni fotograafilisi omadusi. Tursudes vees, muutub ta läbitavaks fotograafilistele lahustele, pärast kuivamist aga võtab oma tugeva, hästi säiliva kihi esialgse oleku.

Peale tähendatud füüsikaliste omaduste on želatiinil rida väga hinnatavaid keemilisi omadusi. Želatiinis sisalduvate ainete hulgas on väike kogus ühendeid, millel on niinimetatud sensibiliseerivad omadused, s. o. omadus tõsta emulsiooni valgustundlikkust.

Emulsiooni valmistamine

Üldjoontes toimub fotograafiliste broomhõbeda emulsioonide valmistamine järgmiselt. Želatiin kallatakse veega üle ja lastakse seista kuni täieliku tursumiseni; pärast seda vedeldatakse ta soojendamise teel. Saadud želatiinilahusele lisatakse kaalium- või ammooniumbromiidi ja väike hulk kaaliumjodiidi. Pärast seda kallatakse hoolikalt segades kindlal kiirusel juurde hõbenitraadi-, vahel ka ammoniaagi hõbedaoksüüdi $Ag(NH_3)_2NO_3$ lahust (ammoniaagi meetod). Selle protsessi tulemusel, mida nimetatakse emulsiofikatsiooniks, tekibki hõbebromiid.

Hõbenitraadi lisamine lahusesse ja kõik edasised operatsioonid toimuvad vastava mitteaktiinse, s. o. emulsioonile mittetoimiva valguse käes.

Saadud lahust soojendatakse, mille jooksul toimub hõbebromiidi terade ümberkristalliseerumine (nende mõõtmete suurenemine väikeste terade lahustamise tõttu) ja emulsiooni fotograafiliste omaduste paranemine.

See protsess kannab esimese ehk füüsikalise valmimise nime.

Selle protsessi lõppemisel lisatakse lahusele niisugusel hulgal želatiini, et emulsioon muutuks pärast jahtumist tihedaks süldiks. Edasi peenestatakse emulsioon ja pestakse hoolikalt läbi, et eemaldada liiga ohtralt võetud soolade ja ammoniaagi (kui viimast lahusele lisati) jäägid.

Pestud emulsiooni soojendatakse uuesti. Toimub emulsiooni teine, niinimetatud keemiline valmimine.

Kui emulsiooni valgustundlikkus ja kontrastsus olid enne pesemist veel väikesed, siis teises valmimisprotsessis ühinevad hõbebromiidi kristallid želatiini sensibiliseerivate ainetega ja emulsiooni valgustundlikkus kasvab tunduvalt. Samuti suureneb kontrastsus. Teatud aja möödudes lakkab valgustundlikkuse suurenemine ja operatsioon lõpeb, sest protsessi edasine jätkamine toob kaasa loorituse tunduva

kasvamise. Emulsioon jahutatakse ja hoitakse kuni alusele valamiseni külmutusruumis.

Vahetult enne alusele valamist soojendatakse sülditaoline emulsioon kuni vedela olekuni.

Peale ülalloetletud põhiainete lisatakse emulsioonile selle valmistamise ühes või teises staadiumis rida lisaaineid ja nimelt: *parkivaid aineid* valgustundlikule kihile suurema tugevuse ja temperatuurikindluse andmiseks (tavaliselt kroommaarjast või kroomatsetaati), *plastifikaatoreid* — aineid, mis vähendavad emulsiooni pindpinevust ja kergendavad tema valamist (selleks tarvitatakse tavaliselt glütseriini), *antiseptikuid* — aineid, mis hoiavad emulsiooni pisikutega nakatamise eest (karboolhape, kloorkresool jne.), ja lõpuks *optilisi sensibilisaatoreid* — aineid, mis annavad emulsioonile valgustundlikkuse valgusspektri pikalainelise osa suhtes (optiliste sensibilisaatoritena kasutatakse mõningaid orgaanilisi värvaineid üliväikestes kogustes).

Emulsiooni valmistamist ülalkirjeldatud meetodil kasutatakse kõrge tundlikkusega negatiiv-fotomaterjalide tootmisel. Positiivmaterjalide valmistamiseks kasutatakse vähetundlikke hõbebromiid-emulsioone või kloorhõbebromiid-emulsioone, mis sisaldavad kloriid- ja bromiidsoolade segu, või hõbekloriid-emulsioone, mille koostisse kuuluvad kloriidsoolad.

Emulsiooni valamine ühele või teisele alusele toimub vastava mitteaktiinse valguse käes või täielikus pimeduses spetsiaalsete valamismasinate abil.

Tavaliselt sisaldab valmisemulsioon kaaluliselt umbes 6% kuiva želatiini ja 4% hõbeda halogeensooli.

Valmis negatiivmaterjalide iga ruutmeetri kohta kulutatakse 12—15 g, positiivmaterjalide kohta — 1,5—8 g hõbedat.

Kaasaegse kõrge tundlikkusega negatiivemulsiooni valmistamine on väga keerukas ega ole teostatav amatöörpraktikas. Positiivemulsiooni kontaktkoopiate ja suurenduste valmistamiseks võib saada aga võrdlemisi lihtsalt ja minimaalse laboratoorse varustuse juures.

Emulsiooni valmistamiseks võib kasutada järgmisi lahuseretsepte.

I lahus

Destilleeritud vesi	400 cm³
Fotograafiline želatiin	25 g
Kaaliumbromiid	20 g
Kaaliumjodiid	0,2 g

II lahus

Destilleeritud vesi	200 cm³
Hõbenitraat	25 g

III lahus

Destilleeritud vesi	200 cm³
Fotograafiline želatiin	35 g

I ja II lahus soojendatakse kuni 59—60°-ni ja kallatakse pimedas ruumis kokku (segamise aeg umbes 5 minutit), mille järel jäetakse 60° temperatuuri juures umbes 60 minutiks «valmima». Seejärel lisatakse III lahus, mis on soojendatud 60°-ni, ja lastakse segul seista veel 60 minutit. Pärast selle aja möödumist jahutatakse saadud lahus võimalikult kiiresti ja pärast täielikku tardumist tükeldatakse sarvnoaga või surutakse läbi hõreda marli külma vette (8—10°).

Emulsiooni pestakse jooksvas vees kahe tunni jooksul, kusjuures vee temperatuur on 8—12°. Pärast pesemist peab kogu emulsioon kaaluma umbes 1000 g või pisut enam (kuni 1050 g).

Pärast emulsiooni pesemist lastakse emulsioonil teistkordselt «valmida» 60 minuti jooksul temperatuuril 55°; pärast seda on ta valmis valamiseks. Enne valamist lisatakse 25 ml etüülpiiritust (96°), mõned tilgad karboolhapet ja 2 g kaaliumbromiidi.

Saadud emulsioonikogus on küllaldane 6—7 m² fotopaberi valamiseks.

Väga madala valgustundlikkusega emulsiooni, mis on sobiv kontaktkopeerimiseks, võib valmistada ka ilma pesemata järgmiste retseptide järgi:

I lahus

Destilleeritud vesi	185 cm³
Fotograafiline želatiin	17 g
Naatriumkloriid (keedusool)	1 g

II lahus

Destilleeritud vesi	20 cm³
Hõbenitraat	2,5 g

II lahus valatakse pikkamööda I lahusesse (mõlemad lahused peavad olema soojendatud 55—60°-ni). «Valmimine» jätkub 0,5—1,5 tunni jooksul 50—60°-se temperatuuri juures, sõltuvalt želatiinisordist. Pärast «valmimist» võib emulsiooni vahetult valada paberile ilma läbi pesemata.

Valgustundliku kihi ehitus

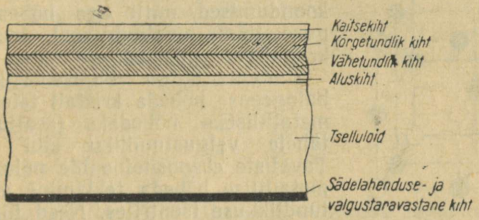
Kuiva valgustundliku kihi paksus on filmidel umbes 0,025 mm, plaatidel 0,015 ja paberitel 0,008 mm.

Selles üliõhukeses kihis asetsevad halogeenhõbeda terad-kristallid 20—40-kordse kihina. Kihi igas ruutmillimeetris on pool kuni viis miljonit tera-kristalli. Terade-kristallide suurus on mitmesuguste emulsioonikihtide puhul erinev ja kõigub mikroni murdosast kuni 5 mikronini.

Negatiivmaterjalidele täiendavate omaduste andmiseks ei kanta alusele sagedasti mitte üks, vaid kaks emulsioonikihti — algul vähemtundlik ja tavaliselt peeneteralisem, selle peale tundlikum. Peale selle kantakse emulsioonikihi kaitsmiseks välismõjude eest emulsiooni peale sagedasti veel õhukene želatiinikiht, mis etendab kaitselaki osa ja parandab valgustundlike kihtide mõningaid omadusi.

Filmide emulsiooni poolele keerdumise takistamiseks ning elektrilaengute sädelahenduse vältimiseks filmi tihedal rullikeeramisel või poolile mähkimisel kantakse tselluloidist aluskihi mitteemulsiooni kihile tavaliselt üks või kaks elektrisädelemist ärahoidvat kihti.

Oreoolide, nn. tarade ärahoidmiseks kaetakse fotoplaadid enne emulsiooni valamist spetsiaalse želatiini ja kolloidse mangaanülihapendi kihiga, mis muudetakse ilmutis või kinnitis töötlemisel värvituks ja negatiivide pesemisel välja pestakse.



Joon. 109. Negatiivfilmi läbilõige.

Filmidel on oreoolivastaseks kihiks tavaliselt tagumine, elektrilaenguvastane kiht, mis värvitakse spetsiaalsete värvainetega ja mis kaotavad värvuse ilmutamis- ja kinnitamisprotsessis, või värvitakse tselluloid ise hallikas-sirelililaks, mis püsib ka pärast filmi töötlemist.

Valgustundlikkus

Hõbeda halogeensoolade valgustundlikkuse loomust ei ole veel lõplikult tundma õpitud. Üldjoontes on kaasaegsed vaated hõbeda halogeensoolade valgustundlikkuse kohta järgmised.

Hõbenitraadi ja kaaliumbromiidi (või mõne teise halogeensoola) vastastikusel keemilisel toimel tekib hõbeda- ja halogeeniioonide isenimeliste laengute vastastikuse elektrilise külgetõmbamise tulemusel elektrostaatiline tasakaal ja ioonid asuvad sümmeetrilisse püsivasse kuubikulisse kristallvõresse, milles iga hõbedaioon on ümbritsetud kuuest broomiioonist ja iga broomiioon kuuest hõbedaioonist (joon. 110).

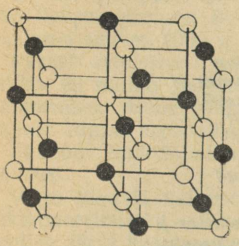
$$Ag^+Br^- \quad +h\nu \quad \rightarrow Ag^+ \quad +Br \quad +\Theta$$

hõbe-bromiid — valgus-kvant — hõbeda-ioon — broomi-aatom — vaba elektron

$$Ag^+ + \Theta = Ag.$$

Kuid valguse toime ei avaldu mitte ühtlaselt kogu kristalli pinnal, vaid ainult selle üksikuis punktides, mida nimetatakse «valgustundlikkuse tsentriks».

Fotograafilise emulsiooni valmistamisel rikutakse tema valmimise protsessis, samuti eriliste lisandite juurdelisamise tulemusel emulsioonitera kristallvõre reas kohtades ja ta deformeerub. Kaua aega arvati, et nende kristallvõre defektide tekkimisel etendavad peaosa hõbesulfiidi ultramikroskoopilised osakesed, mis tekivad želatiinis sisalduvast labiilsest väävlist. Nõukogude õpetlaste K. V. Tšibissovi, A. A. Titovi ja A. A. Mihhailovi viimase aja uurimused on näidanud, et võre deformeerumises etendavad peamist osa hõbeda-aatomite koondumised, mitte aga hõbesulfiidid. Valguse toime avaldub seal, kus on rikutud kristallvõre püsivus.



Joon. 110. Hõbebromiidi kristallvõre: mustad ringid — hõbeda ioonid; valged — broomi ioonid.

Suurema hulga valgusenergia puhul võib halogeense hõbeda kristall täiesti üle minna metalliliseks hõbedaks (sealjuures paneme tähele valgustundliku kihi tumenemist). Tavaliste ekspositsioonide puhul aga toimub metallilise hõbeda tekkimine ainult valgustundlikkuse tsentrites. Need üliväikesed metallilise hõbeda osakesed, mis saadakse tavaliste ekspositsioonide puhul, loovad kordkorralt koondudes «ilmutuskeskused», s. o. kohad, millele ilmuti avaldab kõige suuremat toimet.

Niisugune on üldistes joontes ja väga lihtsustatud kujul halogeenhõbeda emulsioonide valgustundlikkuse iseloom. Tegelikult on valgustundlikkuse nähtus hoopis keerukam ja on kuni tänapäevani jätkuva uurimise objektiks.

Varjatud (latentne) kujutis

Uusimate uurimuste põhjal väljendub valguse toime halogeenhõbeda kristallidele selles, et valguse mõjul suureneb metallilise hõbeda aatomite arv valgustundlikkuse keskustes. See nähtus kannab fotolüüsi nimetust. Kuid selle väikese hulga valgusenergia mõjul, mida tavaliselt kasutatakse pildistamisel, tekib halogeenhõbeda kristallides niivõrd väike hulk metallilist hõbedat, et seda ei ole võimalik avastada ei palja silmaga ega isegi optiliste mikroskoopidega. Alles elektronmikroskoopide abil, mis annavad 50 000—70 000-kordse suurenduse, õnnestus näha valguse fotolüütilist toimet valgustundlikkuse tsentrites. Kujutis, mis saadakse fotolüüsi teel, on nähtamatu, mistõttu ta on saanud varjatud (latentse) fotograafilise kujutise nimetuse.

Ilmutus- ja kinnitusprotsessid

Varjatud fotograafilise kujutise ilmutusprotsessi olemus seisab selles, et ilmutilahuses sisalduv ilmutav aine, reageerides halogeenhõbedaga, muudab viimase metalliliseks hõbedaks.

Ilmutusprotsessis toimuva nähtuse (reaktsiooni) keemiline olemus on väga keerukas ja seda pole veel küllaldaselt tundma õpitud. Ilmuti toime tulemust võib jälgida läbi mikroskoobi. Ilmumine algab *ilmutustsentrites* ja levib kord-korralt üle kogu kristalli. Vastavalt metallilise hõbeda hulga suurenemisele kristallides kiireneb ilmutusprotsess, sealjuures jätkub alanud ilmumine, kuni kogu kristall muutub metallilise hõbeda terakeseks. Samaaegselt, kuid tunduvalt aeglasemalt toimub hõbeda taastamine ka kristallides, millel ei ole ilmutuskeskust (loori tekkimine).

Praktilisest seisukohast on äärmiselt tähtis loori tekkimise kiiruse ja kujutise ilmumise kiiruse suhe. Mitmesugused ilmutid ilmutavad loori erineva kiirusega. V. I. Šeberstov on teinud ettepaneku defineerida seda suhet kui ilmuti *valiktoime* astet, mis väljendatakse võrrandiga

$$V = \frac{v_e}{v_k},$$

kus v_e=loorituse ilmumise kiirus, v_k=kujutise ilmumise kiirus.

Pärast ilmumist jääb emulsioonikihti veel tunduv hulk taastamata halogeenhõbedat (keskmiselt 75% esialgsest kogusest), mis, jäädes edasi valgustundlikuks, aja jooksul tumeneb fotolüüsi mõjul. Seega osutub ilmutatud fotograafiline kujutis väga ebapüsivaks ja et seda valguskindlaks teha, tuleb ta kinnitada.

Et hõbehalogeniidid vees peaaegu üldse ei lahustu, ei saa neid kihist lihtsa pesemisega eemaldada. Kinnitusprotsessi olemus seisab selles, et kinnitav aine, reageerides hõbehalogeniididega, moodustab vees lahustamatud komplekssoolad.

Kinnitava ainena kasutatakse fotograafias ainult naatriumtiosulfaati $Na_2S_2O_3$ (hüposulfiiti).

Oletatakse, et hõbebromiidi kinnitamise protsess läbib kolm staadiumi:

1. $2AgBr + Na_2S_2O_3 = Ag_2S_2O_3 + 2NaBr$;
2. $Ag_2S_2O_3 + Na_2S_2O_3 = Ag_2Na_2(S_2O_3)_2$;
3. $Ag_2Na_2(S_2O_3)_2 + Na_2S_2O_3 = Ag_2Na_4(S_2O_3)_3$.

Tekkiv komplekssool on vees hästi lahustuv.

FOTOMATERJALIDE OMADUSED

Peale valgustundlikkuse on fotomaterjalidel veel terve hulk omadusi, mis fotograafilises praktikas etendavad väga tähtsat osa. Niisuguste omaduste näitajaiks on maksimaalne optiline tihedus, kontrastsus, fotograafiline ulatus, teralisus ja sellega seotud eraldusvõime, loori optiline tihedus ja spektraalne valgustundlikkus (värvustundlikkus).

Nende kvantitatiivsete näitajate kindlaksmääramisega tegeleb spetsiaalne teadus — *sensitomeetria*.

Valgustundlikkus

Fotomaterjalide valgustundlikkuseks nimetatakse valgustundliku kihi võimet suuremal või väiksemal määral reageerida valguse toimele. See toime, nagu teada, väljendub lõppeks valgustundliku kihi tumenemises ilmutilahuses.

Fotomaterjalide valgustundlikkuse astme praktiline tähtsus seisab selles, et muude võrdsete pildistamistingimuste juures võimaldavad valgustundlikumad negatiivmaterjalid saada rahuldava negatiivi väiksema säriaja korral kui vähem valgustundlikud materjalid või pildistada niisugustel ebasobivatel valgustustingimustel, kus pildistamine madala valgustundlikkusega materjalidele võib osutuda võimatuks.

Samasugune praktiline tähtsus on ka positiivmaterjalide valgustundlikkuse astmel. Mida kõrgem on fotopaberi valgustundlikkus, seda vähemat säriaega nõuab ta kopeerimisel.

Fotomaterjalide valgustundlikkuse aste sõltub emulsiooni koostisest ja selle valmistamise meetodist. Kõige suurema tundlikkusega on hõbebromiid-emulsioonid, sellele järgnevad hõbekloriid-bromiid- ja lõppeks hõbekloriid-emulsioonid. Emulsioonide koostise ja valmistamise meetodite muutmisega võib saada väga erineva valgustundlikkuse astmega emulsioone.

Maksimaalne optiline tihedus

Valgustatud valgustundliku kihi tumenemisastet ilmutis iseloomustab tema läbipaistvus, s. o. kihi võime valgust läbi lasta. Kui kiht neelab poole temale langevast valgusest, siis võrdub ta läbipaistvus $^1/_2$-ga. Kui kiht neelab $^9/_{10}$ valgust ja laseb läbi ainult $^1/_{10}$, siis on niisuguse kihi läbipaistvus $^1/_{10}$ jne.

Tumenemisastet võib iseloomustada ka suurusega, mis on pöördvõrdeline läbipaistvusega, s. t. tema läbipaistmatusega. Kui näiteks kihi läbipaistvus on $^1/_{10}$, siis tema läbipaistmatus on $10 : 1 = 10$, läbipaistvuse puhul $^1/_{100}$ on läbipaistmatus 100.

Maksimaalne tumenemine (maksimaalne optiline tihedus) on suurim tumenemine, mida fotograafilise materjali valgustundlik kiht on suuteline andma.

Maksimaalset optilist tihedust määratakse suurima metallilise hõbeda hulgaga, mis võib taastuda fotograafilises kihis valguse ja ilmuti toimel, ja see sõltub mõjuvast valguse hulgast, kihi ilmutamise ajast ja valgustundlikus kihis sisalduvast halogeenhõbeda hulgast. Maksimaalne optiline tihedus sõltub samuti ka valgustundliku kihi struktuurilistest iseärasustest: halogeenhõbeda terade-kristallide suurusest, nende paigutusest kihis jne.

Fotograafiline looritus

Kui asetada valgustamata fotoplaat või film täielikus pimeduses mõneks ajaks ilmutisse, siis võib tähele panna valgustundliku kihi mõningat tumenemist. See näitab, et ilmuti mõjul ei toimu mitte üks-

nes valgustatud halogeenhõbeda terakeste, vaid ka valgustamata kristallide taandamine. See protsess kulgeb väga aeglaselt, kuid kihi mõningane tumenemine toimub ka normaalse ilmutusaja jooksul. See tumenemine, mida kutsutakse fotograafiliseks looritusekс, ei kahjusta teatud piirides püsides negatiivi kvaliteeti.

Looritus on vältimatu nähe. Kui ta ei ületa lubatavaid norme, on fotomaterjal kasutamiskõlblik.

Fotomaterjalide looritus on tavaliselt seotud nende valgustundlikkusega: mida kõrgem on valgustundlikkus, seda suurem on tavaliselt ka looritus. Kõige suurema looritusе annavad kõrge tundlikkusega negatiivmaterjalid. Diapositiivplaatidel ja positiivfilmidel on see tavaliselt väiksem; fotopaberitel looritus praktiliselt puudub. (Kõigil juhtudel on eeldatud, et fotomaterjalid on värsked.)

Olulist mõju avaldavad looritusele fotomaterjalide säilitamise tingimused ja aeg.

Looritus kasvab tunduvalt, kui materjale hoida ebasoodsais tingimustes ning liiga kaua (isegi siis, kui jälgitakse rangelt säilitamistingimusi ja -reegleid *). Sellega seoses on fotomaterjalide pakendeile märgitud väljalaske kuupäev või materjalide kõlblikkuse äärmine piiriaeg.

Seega määrab looritus negatiiv-fotomaterjalidel negatiivi äärmise läbipaistvusastme, fotopaberil — pildi kõige heledamate osade heledusastme.

Kontrastsus

Fotograafia üheks ülesandeks on pildistamisobjekti niisugune edasiandmine, mille juures fotograafiline pilt annab õigesti edasi pildistatava eseme erinevate heledusastmete vahekorrad.

Kuid mitte kõik fotoplaadid ja -filmid ei vasta võrdsel määral sellele nõudele.

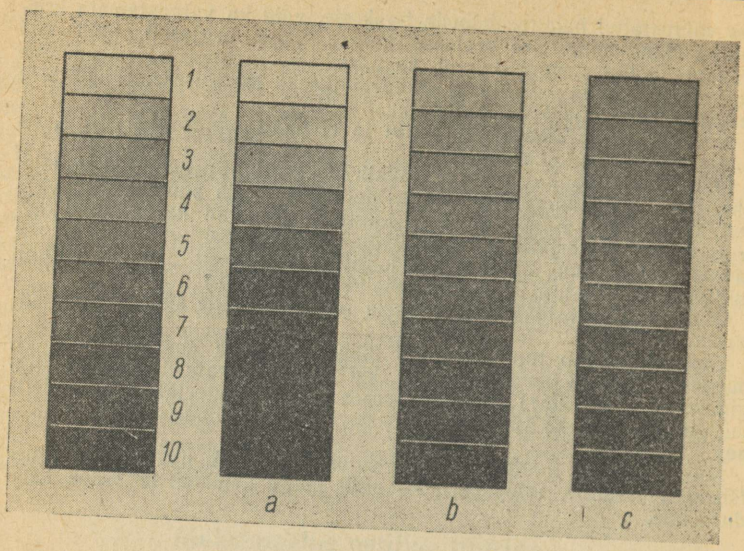
Ühed neist on suutelised edasi andma eseme heledust õigesti või normaalselt, teised aga kalduvad normaalsest edasiandmisest ühel või teisel määral kõrvale. Seejuures võib esineda kahesuguseid kõrvalekaldumisi: pildistatava objekti üksikute kohtade heledusastmete erinevuse suurendamise või nende vähendamise suunas (joon. 111).

Fotomaterjalide võimet edasi anda pildistatavate objektide erinevate osade heleduse vahet suuremal või vähemal määral nimetatakse kontrastsuseks.

Sõltuvalt valgustundliku emulsiooni koostisest ja tema valmistamise meetodist võidakse saada erineva kontrastsusastmega valgustundlikke materjale.

Erineva kontrastsusastmega materjalide kasutamisega võib muuta pildistatavate esemete kujutise iseloomu, saavutades igal üksikul juhul vajaliku efekti. Sõltuvalt kontrastsusastmest jagatakse valgustundlikud materjalid eriti pehmeiks, pehmeiks, normaalseiks, kontrastseiks, eriti kontrastseiks ja ülikontrastseiks. Vastavad tähistused pannakse nende

* Fotomaterjalide säilitamise tähtaegade ja tingimuste kohta vt. lk. 171, 176, 184.



Joon. 111. Objekt ja selle mitmesugune edasiandmine: *a* — suurendatud kontrastiga, *b* — normaalne, *c* — vähendatud kontrastiga.

materjalide pakendeile. Fotopraktikas tähistatakse kontrastsuskoefitsienti tähega γ (gamma).

Fotograafiapraktikas võetakse negatiivmaterjalide hindamise aluseks negatiivmaterjalide kontrastsus võrreldes fotografeeritava objektiga, positiivmaterjalide hindamise aluseks positiivpildi kontrastsus võrreldes negatiiviga.

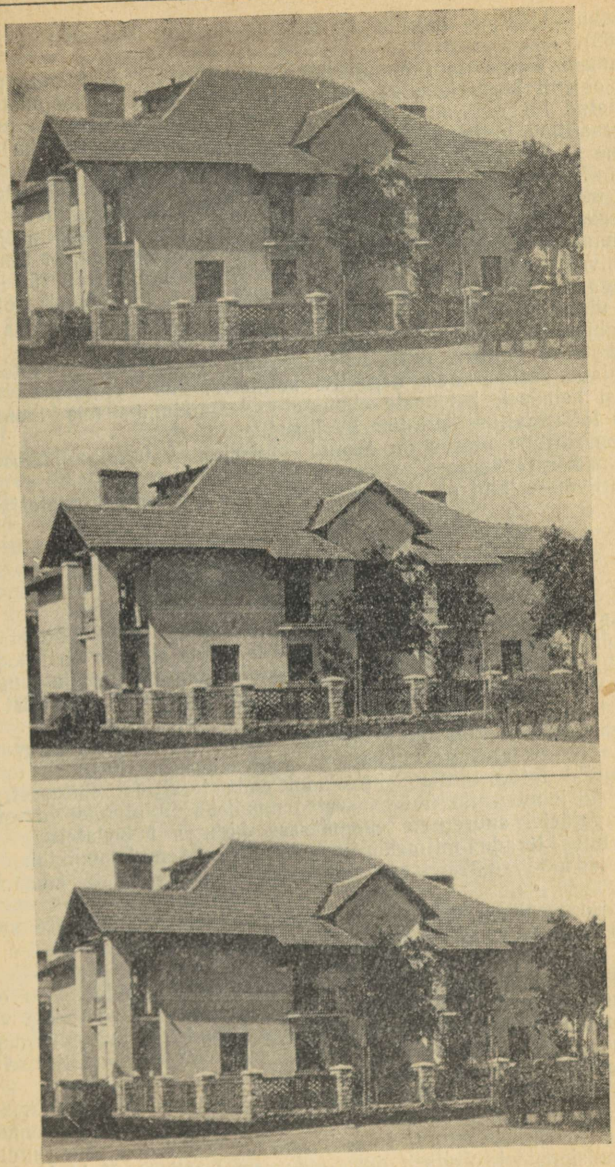
Joonis 112 annab kujutluse valgustundlike materjalide kontrastsusest ja selle praktilisest tähendusest.

Fotograafiline ulatus

Erinevus pildistatava objekti kõige heledama ja kõige tumedama osa vahel määrab nn. objekti heledusastmiku, mida võib väljendada suhtega, mis näitab, mitu korda objekti kõige tumedama osa heledus (võttes selle aluseks) on väiksem tema kõige heledama osa heledusest ja vastupidi. Seda suhet nimetatakse ka objekti ulatuseks või kontrastiks.

Kui eseme kõige heledam element on 100 korda heledam tema kõige tumedamast elemendist, siis väljendatakse heledusintervalli suhtega 1 : 100 või 100 : 1, s. o. lihtsalt arvuga 100.

Sõltuvalt objekti iseloomust võib heledusastmik muutuda väga laiades piirides, ulatudes mõningail juhtudel 100 000-ni. Tavaliselt ei ole



Joon. 112. Võtted ühest ja samast süžeest pehmele, normaalsele ja kontrastsele materjalile.

enamiku objektide heledusastmik suurem kui 150—160 (vt. tabel lk. 268).

Oluliselt tähtis on fotomaterjali võime õigesti edasi anda pildistatava objekti kogu heledusastmikku. Seda võimet iseloomustab niinimetatud fotograafiline ulatus. Mida suurem on materjali fotograafiline ulatus, seda suuremat objekti heledusastmikku on niisugune materjal võimeline edasi andma.

Kui fotograafilist ulatust väljendada võrdlemise hõlbustamiseks sama meetodi abil, mida me tarvitame objekti heledusastmiku väljendamiseks, s. t. negatiivmaterjali maksimaalse tumenemisastme ja tema minimaalse tumenemise suhtega, siis võib konstateerida, et tänapäeva negatiivmaterjalide fotograafiline ulatus küünib praktiliselt 150—200-ni. Seega on tänapäeva negatiivmaterjalid (eriti kinofilmid) fotograafilise ulatusega, mis on küllaldane enamiku amatöörpraktikas esinevate objektide õigeks edasiandmiseks.

Pildistades objekte, mille heledusastmik on suurem kui fotograafiline ulatus, esineb neis negatiivi kohtades, kus kujutatakse objekti äärmisi heledusi, heleduste ebaõiget edasiandmist, mis loomulikult mõjub fotograafilise kujutise kvaliteedile.

Fotograafiline ulatus on seotud materjali valgustundlikkuse astmega ja kontrastsusega.

Positiivmaterjalid on väiksema ulatusega kui negatiivmaterjalid.

Eraldusvõime ja teralisus

Fotograafilise kihi eraldusvõimeks nimetatakse kihi võimet edasi anda pildistatava objekti pisimaid detaile. Mida suurem on fotograafilise kihi eraldusvõime, seda väiksemamõõdulisi detaile ja suuremal hulgal võib valgustundlik kiht neid fotografeeritavast objektist praktiliselt teravalt edasi anda.

Valgustundliku kihi eraldusvõime sõltub põhiliselt fotograafilise kujutise teralisusest ja emulsiooni kontrastsusest. Kujutise teralisus on tingitud fotograafilise emulsiooni enda teralisest ehitusest, üksikute emulsiooniterade ühinemisest tompudeks ilmutamisprotsessis ja selle tagajärjel suuremate ebamäärase kujuga hõbedaterade tekkimisest ning terade mitmekihilisest asetusest emulsioonikihis, mille tõttu terad katavad üksteist ja moodustavad projektsioonis suuri kogumeid.

Kujutise teralisus muutub üha märgatavamaks ülesvõtete suurendamisel ja seab sagedasti küllaltki ranged piirid suurendamise määrale.

Fotograafilise kujutise teralisuse vähendamise probleem on omandanud eriti suure tähtsuse väikekaamerate laialdase kasutusele võtmisega, millede negatiivid nõuavad üldiselt tunduvat suurendamist.

Valgustundliku kihi teralise ehituse tõttu muutuvad kujutise pisimate detailide kontuurid rikutuks.

Nagu juba eespool märkisime, toimub emulsiooni valmimise ja tema valgustundlikkuse tõstmise protsesside käigus halogeenhõbeda kristallide mõõtmete suurenemine ja seepärast on kõrgema tundlikkusega emulsioonidele üldiselt omane suurem teralisus. Kuid fotomater-

jalide valmistamise eriliste meetodite kasutamise tõttu on võimalik saada kõrge tundlikkusega ja ühtlasi peeneteralisi plaate ja filme. Uute meetodite juurutamisega filmide valmistamise tehnoloogilisse protsessi on õnnestunud saada kõrge tundlikkusega ja ühtlasi väga peeneteralisi negatiivfilme.

Peab märkima, et kõigile eespool loetletud fotograafiliste materjalide omadustele, s. o. valgustundlikkusele, maksimaalsele optilisele tihedusele, fotograafilisele looritusele, kontrastsusele, fotograafilisele ulatusele ja teralisusele avaldab mõju ilmutusprotsess, mis võimaldab tööpraktikas mõjutada nende omaduste iseloomu mitmesuguste ilmutite ja ilmutamismeetodite kasutamisega (vt. lk. 308).

Spektraalne valgustundlikkus

Kõneldes valguse mõjust valgustundlikule fotograafilisele kihile, mõeldakse harilikult valget päikesevalgust.

Kuid praktikas tuleb fotograafil peaaegu alati pildistada kõige mitmekesisema värvusega objekte. Seega ei mõjusta valgustundlikku kihti praktiliselt mitte ainult valge liitvalgus, vaid ka üksikud värvilised kiirgused.

Nende kiirguste mõju iseloomul on fotograafilisele emulsioonile väga suur praktiline tähtsus, sest sellest mõjust sõltub otseselt mitmesuguste värvuste heleduse edasiandmine must-valgel fotol. Kogu looduses esinev värvirikkus antakse niisugusel pildil edasi must-valge toonideskaala abil ja nägemismulje, mida avaldab foto, sõltub sellest, kuivõrd nende toonide heledus vastab looduse värvide heledusele.

Füsioloogilised uurimused näitavad, et kõige heledamana tundub meie silmale kollakasroheline värvus; vähem heledana näivad punane ja sinine, kusjuures vastava valiku juures võivad need kaks näida ühesuguselt heledatena. Nähtavas spektris näib kõige tumedamana violetne värvus.

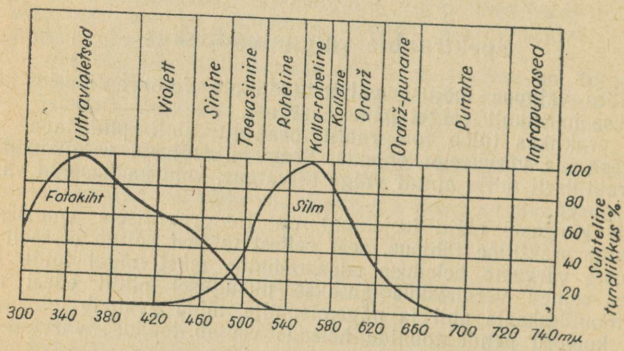
Hoopis teisiti reageerib värviliste kiirte toimele fotograafiline kiht. Kui tavalisele fotoplaadile või filmile pildistada spekter või spektri põhivärvidest koosnev värvitabel, saadud negatiivist teha positiivkoopia ja võrrelda seda originaaliga, siis võib näha, et looduses nähtavate värvide heledus erineb toonilt tunduvalt pildistatud värvide heledustoonidest. Nõnda tuleb välja, et visuaalselt kõige heledam kollakasroheline värvus on pildil üsna tume, samal ajal kui visuaalselt tume violett osutub fotol väga heledaks, peaaegu valgeks. Visuaalselt ühesuguse heledusega sinine ja punane on hoopis erinevad: sinine antakse edasi väga heledana, punane aga mustana. Selletaoline looduses esinevate värvuste heleduse taju mittekokkulangemine nende edasiandmisega must-valgel fotol loob vaatajal ebaõige, moonutatud kujutluse objekti värvustest.

Foto emulsioonide spektraalne tundlikkus ehk värvitundlikkus on tingitud sellest, et nad loomupäraselt neelavad (absorbeerivad) teatud valguskiiri. Nii näiteks on hõbekloriid tundlik ainult spektri lühilainelise violetsete ja veelgi lühemalaineliste nähtamatute ultravioletsete kiirte suhtes ja tundetu kõigi teiste vastu. Hõbebromiid on peale selle

tundlik sinise kiirguse suhtes, kuid samuti tundetu kõigi ülejäänud värvuste suhtes.

Joonisel 113 on graafiliselt näidatud hõbebromiid-fotokihi suhteline spektraalne tundlikkus ja silma valgustaju. Jooniselt võib näha, et kihi tundlikkuse maksimum asub spektri ultravioletses osas, mis vastab kiirguse lainepikkusele umbes 350 mμ, samal ajal kui maksimaalne visuaalne heledus asub spektri rohekaskollases osas ja vastab umbes 500 mμ lainepikkusega kiirgusele.

Fotograafilise emulsiooni ülaltähendatud puuduse kõrvaldamiseks tehakse emulsioon spektri pikalainelise osa suhtes kunstlikult tundlikuks. Niisugust protsessi nimetatakse *optiliseks sensibiliseerimiseks*.



Joon. 113. Fotograafilise kihi ja inimese silma spektraalne tundlikkus.

Optiliseks sensibiliseerimiseks lisatakse emulsioonile mõningaid orgaanilisi värvaineid, mis annavad emulsioonile tundlikkuse värviliste kiirguste vastu, mida need värvained absorbeerivad. Selleks kasutatavaid värvaineid nimetatakse optilisiks sensibilisaatoreiks.

Tuntakse tervet rida optilisi sensibilisaatoreid, mille lisandamine hõbebromiidi emulsioonidesse võib neile ühe või teistsuguse sensibiilsusastme anda.

Sõltuvalt spektraalse valgustundlikkuse iseloomust eristatakse ka valgustundlikke kihte järgmiselt: sensibiliseerimata (tavalised), ortokromaatilised, isoortokromaatilised, isokromaatilised, pankromaatilised, isopankromaatilised ja infrakromaatilised.

Käesoleval ajal toodetakse kõik must-valge fotograafia negatiivmaterjalid sensibiliseerituina, välja arvatud mõningad reproduktsioonimaterjalid.

Positiivmaterjale ei sensibiliseerita. See on seletatav sellega, et jäljendamisobjektiks on positiivmaterjalidele must-valge negatiiv, millel pole eri värvusevarjundeid. Sensibiliseerimisvajadus langeb antud juhul loomulikult ära.

Tabel 11

Mitmesuguste valgustundlike kihtide optilise sensibiliseerituse piirid

Valgustundliku kihi tüüp	Sensibiliseerituse piirid (kiirguse lainepikkus millimikronites)	Märkus
Sensibiliseerimata	500	Hõbebromiidi loomulik tundlikkus
Ortokromaatiline	580—600	Madala tundlikkusega lainepikkusel umbes 500 mμ
Isoortokromaatiline	580—600	—
Isokromaatiline	620—650	—
Pankromaatiline	660—730	Madala tundlikkusega lainepikkusel 490—540 mμ
Isopankromaatiline	660—730	—
Infrakromaatiline	üle 730	—

FOTOMATERJALIDE SENSITOMEETRILISED MÕÕTMISED

Sensitomeetria

Fotograafia arenemisega ja tema levimisega praktikasse on tekkinud ka fotomaterjalide täpse kvantitatiivse määrangu ja omaduste väljendamise vajadus.

Juba fotograafia arenemise algaastail sai selgeks, et fotomaterjalide tarvitamine on võimatu ilma täpsete andmeteta nende materjalide valgustundlikkuse astme kohta.

Valgustundlikkuse mõõtmise meetodid said sensitomeetria nimetuse (ladinakeelseist sõnadest *sentio* — tajuma ja *metrum* — mõõt).

Hiljem osutusid andmed ainuüksi valgustundlikkuse kohta juba puudulikeks ja fotomaterjalide täielikumaks iseloomustamiseks tekkis vajadus nende teiste omaduste — kontrastsuse, fotograafilise ulatuse, jne. kvantitatiivseks väljendamiseks.

Sõna kaasaegses mõttes nimetatakse sensitomeetriaks õpetust valgustundlike kihtide omaduste mõõtmisest, sensitomeetriline süsteem aga kujutab endast valgustundlike kihtide fotograafiliste omaduste vastastikuse mõõtmise viise.

Sensitomeetriliste süsteemide peamiseks ülesandeks on endiselt valgustundlikkuse määramine.

Tabel 12

Sensitomeetrias kasutatavate oskussõnade tähistused

Oskussõna	Tähis	Oskussõna	Tähis
Säriaeg (valgustamisaeg)	t	Ekspositsioonide intervall	L
Ekspositsioon (valgushulk)	H	Täielik ekspositsioonide intervall	L_{max}
Läbivuse (läbipaistvuse) koefitsient	τ	Keskmine gradient	g_k
Ekspositsioonide kasulik intervall	L_g	Valgustundlikkus	S
Fotograafiline ulatus	L	Efektiivne valgustundlikkus	S_φ
Tiheduste kasulik intervall	ΔD_g	Valgusfiltri kordustegur	q
Optiline tihedus	D	Ilmutusaeg	t_i
Loorituse optiline tihedus	D_0	Induktsiooniperiood	t_0
Pideva kiilu konstant	K	Ilmumise kiirus	Vi_1
Maksimaalne optiline tihedus (tuhmumise ülim piir)	D_{max}	Spektraalne valgustundlikkus	S_λ
Optiline piirtihedus	D_∞	Fotograafilise kihi eraldumisvõime	R
Gradient (tunnuskövera tõus)	g	Heledusdetail	Δ
Minimaalne kasulik gradient	g_{min}	Fotograafiline heledusdetail	Δ_f
Kontrastsuskoefitsient	γ	Objekti kontrastsus	U
Maksimaalne kontrastsuskoefitsient	γ_{max}	Objekti heleduste intervall	I_0
		Fotograafilise kujutise tiheduste intervall	ΔD

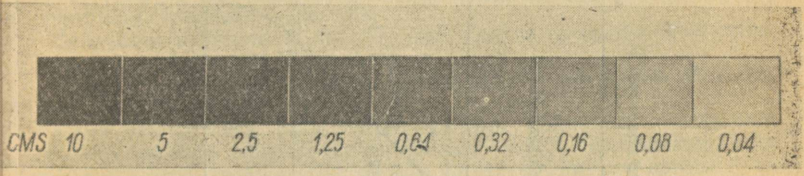
Sensitomeetriline meetod ja tunnusköver

Läbipaistval alusel olevate fotomaterjalide mõõtmise sensitomeetriline meetod seisab järgmises: mõõdetav fotoplaat või film paigutatakse spetsiaalsesse aparaati, sensitomeetrisse, milles erilise seadise — ekspositsioonide modulaatori abil doseeritakse täpselt valgushulk ja antakse mõõdetava materjali kõrvuti seisvatele osadele erinevad ekspositsioonid, näiteks kahekordselt suurenevad valgushulgad.

Ekspositsiooni H ühikuks võetakse sekund-meeter-küünal, mis tähistatakse tähtedega CMS (C — küünal, M — meeter, S — sekund), s. o. ekspositsioon, mis saadakse pinna valgustamisel 1 sekundi jooksul 1 küünla tugevuse valgusallikaga 1 meetri kauguselt.

Et valgustus, mille tekitab 1 küünla tugevune 1 meetri kaugusel olev valgusallikas, võrdub 1 luksiga, siis CMS asemel võetakse ekspositsiooniühikuks ka luks-sekund (luks × sekund).

Eksponeeritud plaati (filmi) ilmutatakse kindla koostisega ilmutis kindlaksmääratud aja jooksul rangelt termostaatilistes tingimustes (s. t. püsival temperatuuril), milleks kasutatakse spetsiaalseid ilmutusaparaate.



Joon. 114. Sensitogramm.

Ilmutamine sooritatakse värskes ilmutis lahust lakkamatult segades. Mõõdetava plaadi või filmi eksponeerimise ja ilmutamise tulemusel saadakse riba, mis koosneb reast mitmesuguse tuhmumisastmega väljakestest ja mida nimetatakse sensitogrammiks (joon. 114).

Edasi mõõdetakse spetsiaalse aparaadi — densitomeetri abil sensitogrammi iga välja optilist tihedust D. Optilise tiheduse algühikuks võetakse kihi tihedus, mille valgusläbivuse koefitsient on 0,1, s. t. ta laseb läbi $^1/_{10}$ osa talle langevast valgusest.

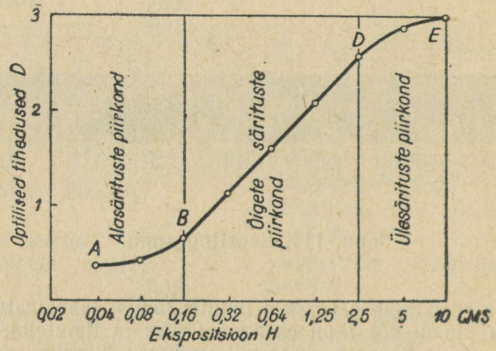
Arvutuste hõlbustamiseks väljendatakse optilist tihedust läbilaskekoefitsiendi pöördarvu kümnendlogaritmiga.

Optilise tiheduse arvuline väärtus mitmesuguse läbilaskekoefitsiendi juures

Läbipaistvus (läbivuse koefitsient) τ	Läbipaistmatus $\frac{1}{\tau}$	Optiline tihedus $D = \lg \frac{1}{\tau}$
1/10	10	1
1/100	100	2
1/1000	1000	3
1/10000	10000	4

Densitomeetri abil saadud optiliste tiheduste suurused kantakse punktide kujul spetsiaalsele sensitomeetrilisele blanketile, mille horisontaalteljele on võrdsete vahemaade tagant märgitud igale sensitogrammi osale vastavad ekspositsiooni suurused; igale vertikaalteljele on samas mastaabis kantud optiliste tiheduste suurused. Blanketile kantud punktid ühendatakse joonega, mis kannab tunnuskõvera nime (joon. 115).

Sõltuvalt mõõdetava materjali omadustest võib tunnuskõver olla mitmesuguse tõusu või pikkusega ning suurema või väiksema tõusuga otstes. Tema kuju iseloom on näidatud joonisel 115.



Joon. 115. Tunnuskõver.

Tunnuskõvera kuju on tingitud fotograafilise kihi mitmesugusest reageerimise astmest ekspositsiooni muutmistele. Kui keskmiste ekspositsioonide piirkonnas ekspositsiooni logaritmi proportsionaalsele suurenemisele vastab proportsionaalne optiliste tiheduste suurenemine, siis liiga väikeste või liiga suurte ekspositsioonide piirkonnas see seaduspärasus ei kehti. Väikeste ekspositsioonide piirkonnas ei kasva viimaste suurenemisel (näiteks kahekordselt) optilised tihedused proportsionaalselt, vaid kord-korralt tõusvalt, mistõttu kõver muutub kord-korralt järsemaks ja omandab allapoole painutatud kaare kuju; suurte ekspositsioonide piirkonnas toimub vastupidine nähtus, s. t. optiliste tiheduste kasv kord-korralt väheneb, mistõttu kõver muutub kord-korralt lamedamaks ning omandab ülespoole painutatud kaare kuju. Keskmiste ekspositsioonide piirkonnas vastab optiliste tiheduste kasv praktiliselt ekspositsiooni logaritmide muutumisele ja tunnuskõver on antud piirkonnas sirge kujuga.

Tunnuskõvera lõik *AB* (vt. joon. 115), mis vastab väikestele ekspositsioonidele, kannab *alasärituste piirkonna* nime; lõiku *BD*, mis vastab keskmistele ekspositsioonidele, nimetatakse *normaalsärituste piirkonnaks ehk proportsionaalse ülekande piirkonnaks*;

lõiku *DE*, mis vastab kõige suurematele ekspositsioonidele, nimetatakse *ülesärituste piirkonnaks*.

Seega asetsevad punktist *A* vasemal väikesed säritused, mis ei ole küllaldased selleks, et põhjustada mõõdetava kihi kuigivõrd märgatavat tuhmumist, ja kui pikendada tunnusköverat punktist *A* vasakule, siis tekib sirgjoon, mis on graafiku horisontaalteljega paralleelne.

Ülesärituste piirkonnas, s. t. punktist *E* paremale, mis vastab mõõdetava materjali maksimaalsele optilisele tihedusele *Dmax*, ei suurene optilised tihedused ekspositsiooni suurendamisel üle selle, mis vastab punktile *E*, vaid vastupidi, tihedus hakkab vähenema, ja kui pikendada köverat paremale, siis võib kindlaks teha, et punkt *E* on pöördepunktiks ja tunnusköver hakkab teisel pool seda punkti langema. Praktiliselt tähendab see, et liiga pikkade säriaegade puhul võib negatiivpilt muutuda positiivseks.

Seda üsna huvitavat ja veel lõplikult tundma õppimata nähet nimetatakse s o l a r i s a t s i o o n i k s.

Järelikult osutub tunnusköver a piiripunkt *E*, mis vastab *Dmax*-le, praktiliselt kasulikuks.

Olles omapäraseks fotomaterjali passiks, võimaldab tunnusköver kindlaks määrata tema valgustundlikkuse astet, ta kontrastsuse astet ehk koefitsienti, maksimaalse optilise tiheduse, loorituse optilise tiheduse ja fotograafilise ulatuse suurust.

Fotomaterjalide omaduste täielik karakteristika näeb ette samuti eraldusvõime ja spektraalse värvitundlikkuse kindlaksmääramist.

Fotograafilise materjali eraldusvõime määratakse kindlaks spetsiaalse aparaadi, nn. r e s o l v o m e e t r i abil, pildistades mõõdetavale materjalile tugevasti vähendatult spetsiaalse tabeli, mida nimetatakse testobjektiks. Üks taolisi tabeleid on toodud joonisel 107.

Saadud testobjektide pilti, mida nimetatakse r e s o l v o g r a m m i k s, vaadatakse 50—70-kordse suurendusega mikroskoobis ja testobjektide joonte arvu järgi ühe millimeetri kohta, mida saab mikroskoobis eraldada, otsustatakse materjali eraldusvõime astme üle.

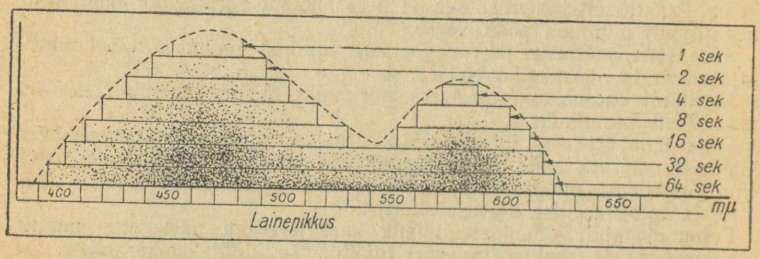
Kuna sellist laadi mõõtmise tulemustele avaldab olulist mõju testobjekti joonte kujutise optiline tihedus, mis sõltub ekspositsioonist ja ilmutustingimustest, määratakse eraldusvõime kindlaks optimaalseis, kõrgeimat eraldusvõime näitajat andvais tingimustes.

Niisuguste tulemuste saamiseks pildistatakse testobjekti mõõdetava materjali mitmesugustel lõikudel erinevate säriaegadega mitu korda. Pärast seda töödeldakse materjali kindla koostisega ilmutis kindlas temperatuuris rangelt kindlaks määratud aja vältel.

Lõpuks, spektraalse ehk monokromaatilise valgustundlikkuse määramiseks, s. t. fotograafilise kihi tundlikkuse määramiseks monokromaatilise kiirguse suhtes, kasutatakse spetsiaalset aparaati, s p e k t r o g r a a f i. See kujutab endast spektroskoobi ja fotoaparaadi ühendust, milles difraktsioonivõre või prisma abil saadav spekter pildistatakse vahetult mõõdetavale materjalile. Andmeid fotomaterjali absoluutse spektraalse tundlikkuse kohta monokromaatilise kiirguse suhtes saadakse s p e k t r a a l s e n s i t o m e e t r i a meetoditega, mida siin lähemalt ei vaadelda. Suhteline spektraalne tundlikkus aga määratakse kindlaks järgmisel viisil. Mõõdetavat plaati või filmi säritatakse spektrograafis mitu korda, nihutades teda kord-korralt spektririba

laiuse võrra ja kord-korralt vähendades säritusi. Samaaegselt paigutatakse aparaadi kassetti plaat mitmesuguste kiirguste lainepikkuste skaalaga, nii et pildile tuleb ka selle skaala kujutis. Niisugust spektri fotot, nagu see on kujutatud joonisel 116, nimetatakse *spektrogrammiks*. See võimaldab enam või vähem täpselt välja joonistada materjali spektraalse valgustundlikkuse kõvera, mis annab kujuka pildi mõõdetava materjali valgustundlikkuse jagunemisest spektris.

Fotograafiapraktikas ei ole täiesti küllaldane tunda ainult spektraalset, vaid ka nõndanimetatud *efektiivset valgustundlikkust* s. o. tundlikkust selle suhteliselt laia spektritsooni vastu, mille suhtes



Joon. 116. Spektraalse tundlikkuse spektrogramm ja kõver.

mõõdetav materjal on tundlikuks muudetud. Ortokromaatilise või isoortokromaatilise materjali puhul määratakse tema tundlikkust spektri kollase-rohelise tsooni, isokromaatilise materjali puhul — kollase-oranži tsooni ning pankromaatilise ja isopankromaatilise materjali puhul — oranž-punase spektritsooni suhtes. Selleks asetatakse sensitomeetris valgusallika ette vastava värvusega filter (kollane, oranž või punane) ja efektiivne valgustundlikkus, samuti nagu üldine valgustundlikkus määratakse kindlaks saadud tunnuskõvera järgi.

Sensitomeetriliste suuruste määramine

Valgustundlikkuse *S* määramine. Valgustundlikkus väljendatakse suurusega, mis on pöördvõrdeline valgushulgaga *H*, mis on loonud antud fotograafilisel kihil pärast ilmutamist vajaliku fotograafilise efekti.

Seega võib valgustundlikkust väljendada järgmise üldise valemiga:

$$S = \frac{k}{H},$$

kus k on proportsionaalsuskoefitsient.

Võttes ühe või teise kriteeriumi, s. t. ühe või teise punkti tunnus-

kõveral, võib määrata punkti sensitomeetrilise graafiku horisontaalteljel (ekspositsiooniteljel), mis vastab võetud kriteeriumile.

Mitmesugustes sensitomeetrilistes süsteemides kasutatakse mitmesuguseid tunnuskõvera punkte, s. t. mitmesuguseid valgustundlikkuse kriteeriume. Valgustundlikkuse kriteeriumiks võidakse võtta nõndanimetatud inertspunkt, s. t. tunnuskõvera sirgjoonelise osa pikenduse lõikumispunkt graafiku horisontaalteljel.

Samuti võib kriteeriumiks olla punkt, mis vastab kindlaksmääratud, varem valitud optilisele tihedusele.

Joonisel 117 on toodud valgustundlikkuse määramise graafilised meetodid kahe kriteeriumi järgi: inertspunkti järgi ja varem valitud optilise tiheduse järgi.

Võttes ühe või teise proportsionaalsuskoefitsiendi, näiteks arvu 10, võib valgustundlikkust määrata inertspunkti järgi valemi abil

$$S_i = \frac{10}{H_i},$$

kus H_i on ekspositsioon, mis vastab inertspunktile ja on väljendatud sekund-meeter-küünlais.

Näiteks, kui $H_i = 0{,}02$ CMS, siis

$$S_i = \frac{10}{0{,}02} = 500.$$

Kui proportsionaalsuskoefitsiendi 10 asemel võtta mingi teine proportsionaalsuskoefitsient, siis saame samadel mõõtmistingimustel teistsuguse valgustundlikkuse arvulise suuruse.

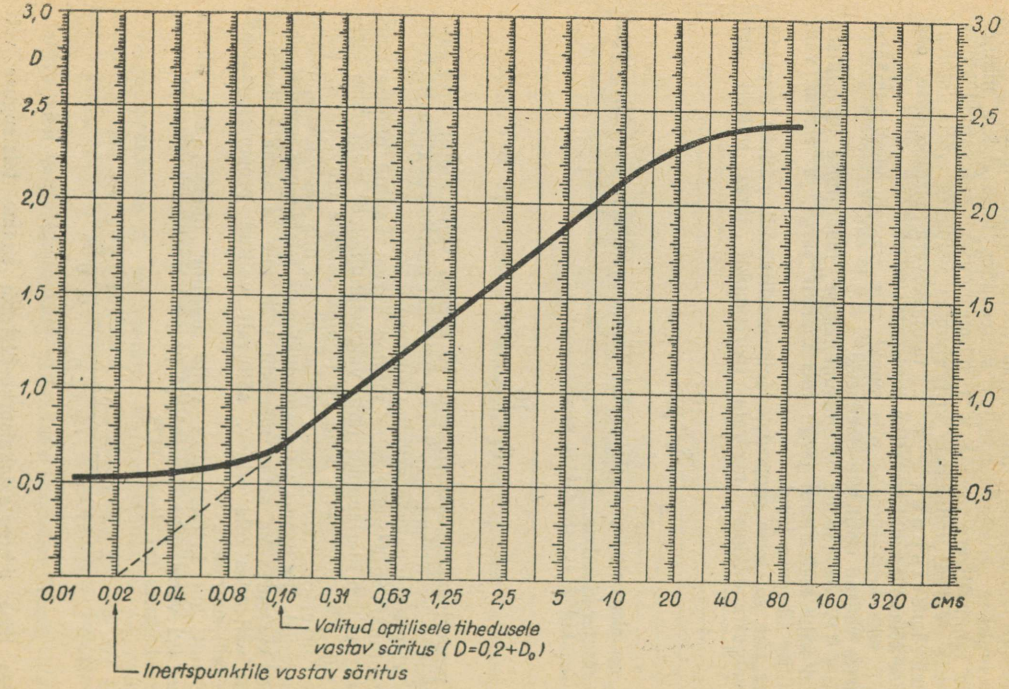
Valgustundlikkuse määramise meetod varem valitud optilise tiheduse järgi erineb inertspunkti järgi valgustundlikkuse määramise meetodist küll põhimõtteliselt, kuid on rajatud samale üldvalemile. Kuid et antud juhul on kriteeriumiks võetud punkt, mis asub inertspunktist pisut paremal, siis saame valgustundlikkusele teistsuguse arvulise väljenduse, kusjuures ka sellel meetodil võib ühe ja sama kriteeriumi arvuline väljendus olla erinev, sõltuvalt valitud proportsionaalsuskoefitsiendi suurusest.

Järelikult, kui kriteeriumiks võtta optiline tihedus, mis ületab loorituse 0,2 võrra ($D = 0{,}2 + D_0$), ja proportsionaalsuskoefitsient on 1, siis antud näites (vt. joon. 117)

$$S_{0{,}2+D_0} = \frac{1}{H_{0{,}2+D_0}} = \frac{1}{0{,}16} \cong 6{,}2.$$

Võttes teise proportsionaalsuskoefitsiendi saame teistsuguse valgustundlikkuse arvulise väljenduse.

Sõltuvalt sensitomeetriliste mõõtmiste tingimustest ja sellest, milline kriteerium on valgustundlikkuse määramisel aluseks võetud ja milline on proportsionaalsuskoefitsient, võivad arvud, mis väljendavad ühe ja sama materjali valgustundlikkust, olla mitte üksnes eri-

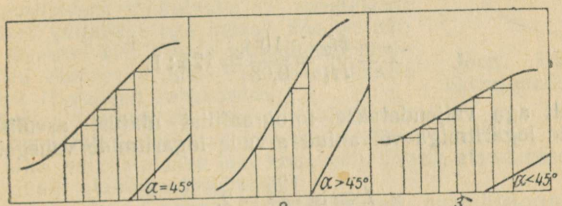


Joon. 117. Valgustundlikkuse määramise meetod inertspunkti ja varem valitud optilise tiheduse järgi.

nevad, vaid koguni võrreldamatud, mistõttu ühe sensitomeetrilise süsteemi abil saadud suuruste ümberarvestamine valgustundlikkuse suurustesse, mis on saadud teise süsteemi järgi, on tinglik ja ainult üldjoontes orienteeriv (vt. võrdlustabel lk. 162).

Kontrastsuse γ määramine. Sõltuvalt mõõdetava materjali kontrastsusastmest on optilise tiheduse kasv ühesuguste ekspositsioonimuutuste puhul erinevail materjalidel erisugune. Kontrastsemad materjalid annavad sensitomeetriliste mõõtmiste võrdsete tingimuste puhul suurema optilise tiheduse kasvu kui vähemkontrastsed, mistõttu tunnuskõvera sirgjooneline osa kujuneb esimestel järsemaks kui teistel, mida võib näha kolme joonisel 118 toodud tunnuskõvera võrdlemisel. Optiliste tiheduste kasv ja ekspositsioonide kasv on näidatud trepiastmetena.

Nagu joonisest näha, on siin võimalikud 3 juhtu.



Joon. 118. Erinevate kontrastsustega materjalide tunnuskõverad:
1 — normaalne; *2* — kontrastne; *3* — pehme.

Juht 1. Optiliste tiheduste *D* kasv on graafiliselt võrdne ekspositsioonide muutumisega (trepiastmete kõrgus on võrdne nende laiusega). Tunnuskõvera sirgjoonelise osa kaldenurk α=45°, mis vastab objekti kontrastsuse normaalsele edasiandmisele.

Juht 2. Optiliste tiheduste kasv on graafiliselt suurem ekspositsioonide muutumistest (trepiastmete kõrgus on suurem nende laiusest). Tunnuskõvera sirgjoonelise osa kaldenurk on suurem kui 45°, s. t. eseme kontrastsus on edasi antud liialdatult.

Juht 3. Optiliste tiheduste kasv on graafiliselt väiksem kui ekspositsioonide muutumine (trepiastmete kõrgus on madalam kui nende laius). Tunnuskõvera sirgjoonelise osa kaldenurk on väiksem kui 45°, s. t. eseme kontrastsus on edasi antud vähendatult.

Tunnuskõvera sirgjoonelise osa kaldenurk graafiku horisontaaltelje suhtes, millele on tähistatud ekspositsioonide logaritmid, on kontrastsusastme ehk -koefitsiendi määramise kriteeriumiks; sensitomeetrias väljendatakse kontrastsuskoefitsienti antud nurga tangensi kaudu, tingimusel, et sensitomeetrilise graafiku horisontaal- ja vertikaaltelgede jaotusmastaabid on ühesugused.

Fotograafilise loorituse suuruse D_0 kindlaksmääramine. Loorituse optiline tihedus, s. t. selle fotokihi tumenemise aste, millele pole mõjunud valgus, määratakse kindlaks sensitogrammi eksponeerimata välja järgi.

Maksimaalse optilise tiheduse D_{max} kindlaksmääramine. Maksimaalne optiline tihedus, s. t. suurim võimalik optiline tihedus (ilmutusprotsessi antud tingimustel) määratakse tunnuskõvera kõrgeima punkti järgi.

Fotograafilise ulatuse L suuruse määramine. Fotograafiline ulatus määratakse algus- ja lõpp-punktidega piiratud tunnuskõvera sirgjoonelise osa ekspositsioonide intervalli abil ja väljendatakse nende ekspositsioonide suhtega. Nii näiteks, kui tunnuskõvera sirgjoonelise osa lõpule vastab 10 sekund-meeter-küünla (H_2=10 CMS) suurune ekspositsioon, algusele aga 0,08 sekund-meeter-küünla (H_1=0,08 CMS suurune ekspositsioon, siis

$$L = \frac{H_2}{H_1} = \frac{10}{0{,}08} = 125:1.$$

Tavaliselt aga väljendatakse fotograafilist ulatust arvuliselt esitatud suhte logaritmiga või antud arvude logaritmide vahega. Antud juhul

$$L \cong \lg \frac{125}{1} \cong 2.$$

Efektiivse valgustundlikkuse $S\varphi$ määramine. Efektiivne valgustundlikkus, s. t. fotograafilise kihi tundlikkus valguse suhtes, mis läbib värvilise filtri, määratakse kindlaks tunnuskõvera abil, mis saadakse üht või teist värvi (kollase, oranži või punase) valgusfiltri asetamisel sensitomeetrisse, sõltuvalt proovitava materjali optilise sensibilisatsiooni iseloomust. Vastavalt saadakse tundlikkuse indeks kollase — S_k, oranži — S_0 või punase — S_p kiirguse suhtes.

Sensitomeetriline aparatuur

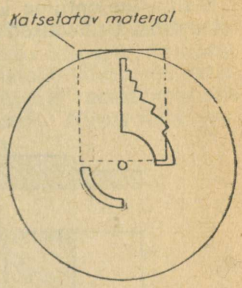
Fotomaterjalide omadusi iseloomustavate absoluutsuuruste täpne mõõtmine ja nende materjalide võrdlemine on võimalik ainult standardsetel mõõtmistingimustel. Seepärast on mõõteaparatuuri töö täpsus, sensitomeetri valgusallika püsivus, ekspositsioonide standardsus ja täpsus jne., samuti mõõdetava materjali töötlemise (ilmutamise ja kinnitamise) rangelt standardsete tingimuste silmaspidamine väga tähtis.

Sensitomeeter

Põhiliseks sensitomeetriliseks aparaadiks on sensitomeeter, mis koosneb kahest põhielemendist — standardsest, rangelt kindlaksmääratud valgusjõuga ja kiirguse koostisega valgusallikast ning ekspositsiooni modulaatorist.

Valgusallikana kasutatakse tänapäeval täpselt etaloneeritud volframniidiga hõõglampi, mis töötab püsivates toitetingimustes, kusjuures toitmist reguleeritakse reostaadi ja kontrollitakse elektriliste mõõteriistade abil.

Negatiivmaterjalide mõõtmiseks, mida kasutatakse esijoones päevavalguse tingimustes, seatakse lambi ette helesinine valgusfilter, mis neelab osaliselt pikalainelised kiirgused ja laseb läbi lühilainelised. Kulgedes läbi niisuguse valgusfiltri, muutub lambi valgus oma spektraalselt koostiselt lähedaseks keskpäevasele päikesevalgusele; tavaliselt võetakse kunstliku valguse tingimustes kasutatavate positiivmaterjalide mõõtmiseks valgus, mida lamp vahetult kiirgab.



Joon. 119. Ekspositsiooni-modulaatorketas.

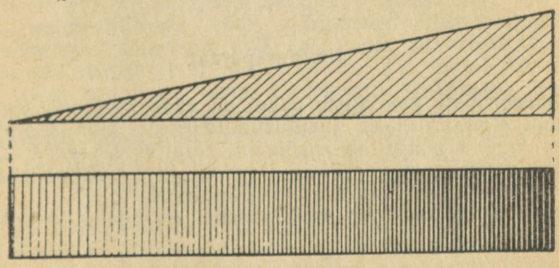
Ekspositsiooni modulaatorina kasutatakse pöörlevat väljalõigetega ketast, mis on näidatud joonisel 119. Nende väljalõigete nurkmõõtmed vähenevad ühelt väljalõikelt teisele ühtlaselt (tavaliselt kahekordselt).

Mõõdetavat materjali, mis on paigutatud kindlaksmääratud ühtlase kiirusega pöörleva ketta taha, valgustatakse läbi ketta väljalõigete standardse valgusallikaga kindla ajaühiku jooksul.

Viimasel ajal on hakatud ekspositsiooni modulaatorina kasutama niinimetatud astmelist optilist kiilu.

Optiline kiil

Optiline kiil kujutab endast läbipaistvast materjalist plaati, mis on värvitud mingi ühtlase neutraalselt halli värvainega ning on läbilõikes kiilukujuline (joon. 120), mille tõttu kiilu optiline tihedus kasvab

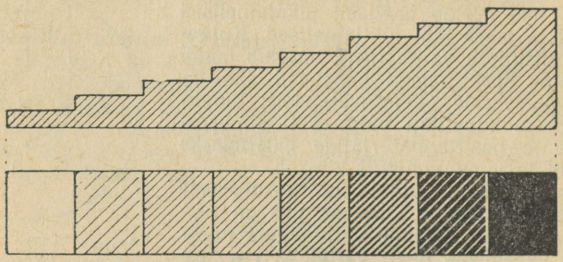


Joon. 120. Pidev optiline kiil.

kord-korralt kiilu õhemast otsast kiilu jämedama otsa poole. Niisuguseid optilisi kiile nimetatakse pidevaiks kiiludeks.

Analoogilise efekti võib saada ka lameparalleelse läbipaistva plaadiga, mis on kaetud värvilise želatiinikihiga, mille värvuse tihedus kord-korralt ühest otsast teise väheneb. Niisugust plaati nimetatakse samuti optiliseks kiiluks.

Astmeline optiline kiil erineb pidevast optilisest kiilust selle poolest, et optilised tihedused ei muutu pidevalt, vaid astmeliselt (joon. 121).



Joon. 121. Astmeline optiline kiil.

Optilise kiiluga sensitomeetreis asetatakse mõõdetav materjal kiilu taha tihedalt selle vastu ja valgustatakse läbi kiilu standardse valgusallikaga rangelt kindlaksmääratud ajaühiku jooksul, mida mõõdetakse spetsiaalse pilukatikuga.

Pöörlevate ketaste ja optiliste kiilude toime põhimõtteline erinevus seisab selles, et esimesed doseerivad valgushulka kihile toimiva ühtlase püsiva valgusjõu juures erineva eksponeerimisajaga, teised — ühesuguse ekspositsiooniajaga ja kihile toimiva erineva valgusjõuga. Viimane meetod vastab täielikumalt pildistamistingimustele, sest pildistamisel valgustatakse kogu fotograafilise kihi pinda ühesuguse aja jooksul.

Ilmutusaparaat

Sensitomeetriliste mõõtmiste puhul on väga oluliseks teguriks sensitogrammi standardsetest ilmutustingimustest kinnipidamine. Neist kõrvalekaldumine põhjustab ebaõigeid resultaate, seepärast kasutatakse ilmutamiseks standardseid ilmuteid ja ilmutusaparaate, milles kontrollitakse rangelt ilmutamise temperatuuri.

Ilmutusaparaadi oluliseks iseärasuseks on seadis ilmuti segamiseks.

Densitomeeter

Densitomeetri tööprintsiip seisab selles, et valgusvoog, mida kiirgab aparaadi lamp, jaguneb kahte intensiivsuselt võrdsesse ossa: üks osa valgust läbib sensitogrammi mõõdetava välja, teine — pideva

optilise kiilu väikese lõigu. Kiilu lõikude optilised tihedused on tähistatud aparaadi mõõteskaalal. Mõlemad valgusvood suunatakse väikesele väljale, mida vaadeldakse läbi aparaadi okulaari, milles paistab kahe valgusvoo heleduse vahe. Optilist kiilu nihutatakse seni, kuni mõlemad valgusvood saavad ühesuguse heleduse ja näivad nagu ühte sulavat. Seejuures märgitakse aparaadi mõõteskaalale sensitogrammi mõõdetava välja optiline tihedus. Edasi, nagu juba ütlesime, kantakse sensitogrammi kõigi väljade optiliste tiheduste leitud tähistused punktide kujul sensitomeetrilisele graafikule. Mõningais densitomeetreis toimub punktide graafikule kandmine automaatselt. Niisuguseid aparaate nimetatakse *densograafideks*.

H & D sensitomeetriline süsteem

1890. a. töötati välja sensitomeetria meetod (mis hiljem saigi H & D sensitomeetrilise süsteemi nimetuse); see rajaneb tunnuskõvera ehitamisel. Püsivaks valgusallikaks võeti spermatseutküünal, mis seati 1 m kaugusele proovitava materjali pinnast ja andis seega 1-luksilise valgustuse.

Standardseks ilmutiks võtsid meetodi autorid pärast rida katseid pürogalloolilmuti. Praktilisest seisukohast lähtudes võtsid nad endi poolt väljatöötatud aktinograafi (riista säriaegade määramise väljaarvutamiseks) mugavamaks käsitsemiseks proportsionaalsuskoefitsiendiks arvu 34.

Kuna spermatseutküünal ja teised selletaolised valgusallikad annavad päevavalgusega võrreldes valgusenergia ebaühtlase jaotuse spektri osas ja erinevad valgustundlikkuse suuruselt päevavalgusest, samuti arvesse võttes seda, et pildistamine toimub peamiselt päevavalgusel, võttis Rahvusvaheline Fotograafia Kongress Pariisis 1925. a. vastu otsuse asendada spermatseutküünal valgusallikaga, mille kiirgus vastab koostiselt päikese kiirgusele keskpäeval (5000° K).

Sellise valgusallikana võeti järgmisel rahvusvahelisel fotograafia kongressil Londonis 1928. a. vastu etaloonelektrihõõglamp, mille hõõgniidi temperatuur on 2360° K. Ta töötab koos valgusfiltriga, mis muudab lambi kiirguse vastavaks absoluutselt musta keha kiirgamisele temperatuuril 5000° K. Samal ajal võeti vastu otsus asendada pürogalloolilmuti (mille oluliseks puuduseks on see, et värvib želatiinikihi pruuniks) paramiinofenoolilmutiga.

Proportsionaalsuskoefitsiendiks võeti H & D süsteemis arvu 34 asemel hoopis sobivam arv 10.

Sel kujul täiendatud H & D süsteemi kasutati NSV Liidus kuni 1951. aastani, kusjuures standardne paraamiinofenoolilmuti asendati nõukogude vabrikuis standardse metool-hüdrokinoonilmutiga, mis vastab suuremal määral praktika tingimustele.

H & D sensitomeetris kasutatakse ekspositsioonide modulaatorina ketast üheksa väljalõikega, millede nurkmõõtmed ketta tsentrumist ääre suunas vähenevad kahekordselt. Kettale suurema konstruktiivse tugevuse andmiseks on kõige suurem (sisemine) väljalõige jagatud kahte ossa (vt. joon. 119).

Selles sensitomeetris saadud sensitogrammil on vastavalt üheksa erineva tihedusega välja.

Suurima väljalõike nurkmõõtmed vastavad poolringile, s. t. on 180°. See väljalõige annab särituse, mis võrdub poolega üldisest säritlusest. Iga järgneva väljalõike nurkmõõde on eelmisest kaks korda väiksem, s. t. 90°, 45°, 22,5° jne.

Äärmised ekspositsioonid suhtuvad selles sensitomeetris nagu 1:256. Väikese elektrimootori abil pannakse ketas pöörlema püsiva ja ühtlase kiirusega, 100 pööret minutis.

Eksponeerimise kestust kontrollitakse stopperiga.

Sõltuvalt mõõdetava materjali valgustundlikkuse astmest vältab sensitomeetri toimimisaeg materjali mõõtmisel 5; 10; 20; 40; 80 ja 160 sek.

Pikim ekspositsioon moodustab sealjuures poole sensitomeetri toimimisajast, s. t. vastavalt 2,5; 5; 10; 20; 40 ja 80 sek.

Ekspositsioon valitakse mõõdetavale materjalile niisugune, et tagataks sensitogrammile suurima ja väikseima tiheduse saamine, s. t. sensitomeetrilisele graafikule kogu tunnuskõvera saamine. Erineva valgustundlikkusega materjalide mõõtmiseks võidakse sensitomeetris ekspositsiooni reguleerida 0,01—320 CMS piirides.

Sensitogrammi ilmutamiseks kasutatakse järgmisi ilmuteid.

Sensitomeetriline ilmuti nr. 1 fotoplaatidele

Metool	1,0 g
Hüdrokinoon	5,0 g
Naatriumsulfit (kristalliline)	52,0 g
Sooda (veevabå)	20,0 g
Kaaliumbromiid	1,0 g
Destilleeritud vesi kuni	1000 cm³

Sensitomeetriline ilmuti nr. 2 foto- ja kinofilmidele

Metool	8,0 g
Naatriumsulfit (kristalliline)	250,0 g
Sooda (veevaba)	5,75 g
Kaaliumbromiid	2,5 g
Destilleeritud vesi kuni	1000 cm³

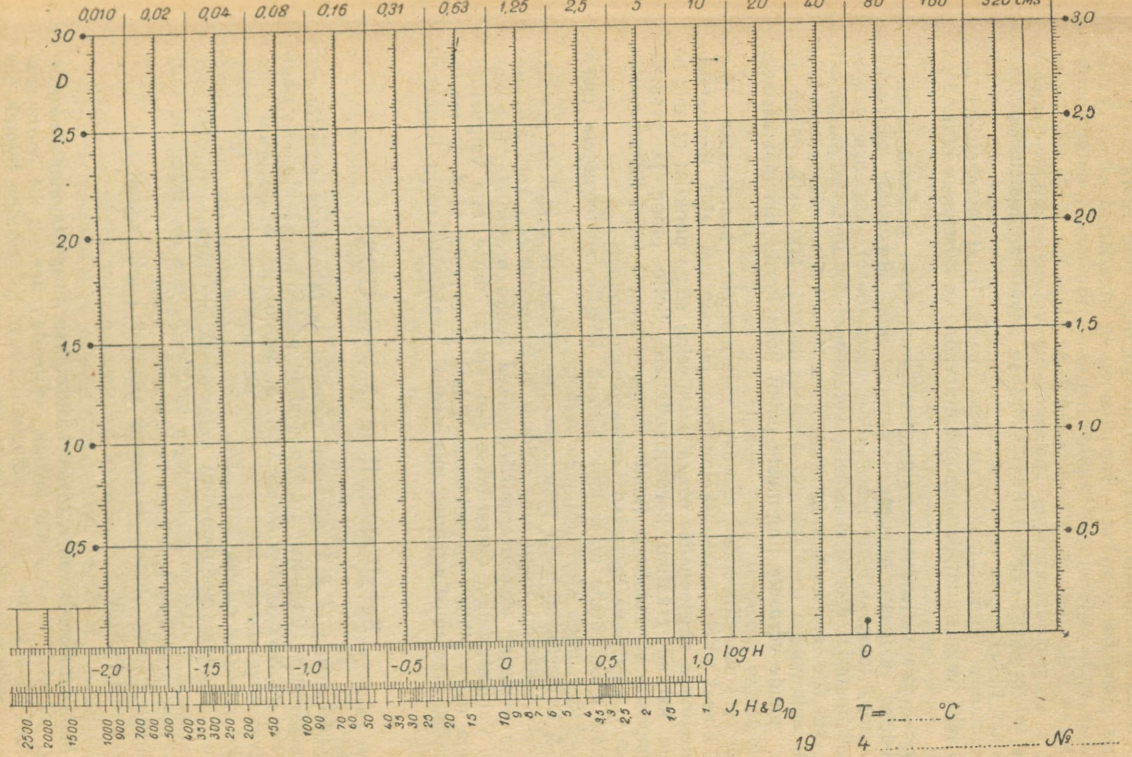
Sensitogrammi kinnitamine toimub hapukinnitis.

Hapukinniti

Naatriumtiosulfaat (hüposulfit)	250,0 g
Naatriumsulfit (kristalliline)	50,0 g
Väävelhape (erik. 1,84)	5,0 cm³
Keedetud vesi kuni	1000 cm³

Tunnuskõverate ehitamiseks kasutatakse sensitomeetrilisi blankette (joon. 122).

Graafiku ülemisele horisontaaljoonele märgitakse ekspositsioon



Joon. 122. H & D sensitomeetriline blankett.

sekund-meeter-küünlais. Alumisele horisontaalteljele märgitakse neile ekspositsioonidele vastavad ekspositsioonide logaritmid $\lg H$. Vasakpoolsele vertikaalteljele märgitakse optiline tihedus D, parempoolsele vertikaalteljele kontrastsuskoefitsiendid γ.

H & D sensitomeetrilises süsteemis on valgustundlikkuse määramise kriteeriumiks võetud inertspunkt ja proportsionaalsuskoefitsiendiks arv 10*.

Arvutamise lihtsustamiseks on sensitomeetrilistel blankettidel olemas juba valgustundlikkuse absoluutarvude valmisskaala (vt. joon. 122).

Arvud, mis väljendavad valgustundlikkust selle süsteemi järgi, on võrdelised valgustundlikkuse astmega, mis lihtsustab säriaegade arvutamist fotograafiliste materjalide asendamisel, kui üks valgustundlik materjal asendatakse teise valgustundliku materjaliga. Nii näiteks, kui ühe fotoplaadi valgustundlikkus on arvulises väljenduses kaks korda suurem kui teisel plaadil (näiteks 1000 ja 500), siis nõuab esimene muude võrdsete tingimuste puhul kaks korda lühemat säriaega kui teine.

Kontrastsuskoefitsiendi suuruse määramiseks kasutatakse järgmist lihtsat võtet: joonestuskolmnurga ja joonlaua abil tõmmatakse tunnuskõvera sirgjoonelise osaga paralleelne sirge punktist O, mis on varem kantud graafiku horisontaalteljele. Selle joone ja graafiku parempoolse vertikaaltelje (kontrastsuskoefitsiendi telje) lõikumispunkt näitabki mõõdetava materjali kontrastsuskoefitsienti.

Teiste parameetrite määramine toimub kõigile süsteemidele ühiste meetoditega, mida kirjeldati juba eespool.

H & D meetod ei anna resultaate, mis täielikult vastaksid praktika nõuetele. Eelkõige, nagu juba öeldud, ei lange tiirleva ketta abil mõõdetava materjali eksponeerimistingimused kokku praktiliste tingimustega. Valgustushulka doseeritakse siin ajaga, mitte aga valgustugevusega nagu pildistamisprotsessis. Edasi ei arvesta H & D meetod praktilisi ilmutamistingimusi, mis samuti avaldavad mõju lõppresultaadile.

Sensitomeetriline süsteem GOST

Et kõrvaldada H & D süsteemi puudusi ja lähendada sensitomeetrilise mõõtmise tingimusi fotomaterjalide praktilise kasutamise tingimustele, on NSV Liidus alates 1951. a. oktoobrist kehtestatud läbipaistval alusel olevate fotomaterjalide uus sensitomeetriline proovimismeetod (süsteem GOST 2817—50). GOST-i süsteemis toimub valgushulga muutmine (modulatsioon) valgustusskaala järgi astmelise optilise kiilu ja pilukatiku abil püsiva säriajaga, mis on lähedane fotograafilises praktikas tavaliselt kasutatavale ajale.

Sensitogrammi ilmutamine toimub GOST-i poolt soovitatud kontrastsuskoefitsiendini.

* Mõnes Lääne-Euroopa maas kasutatakse proportsionaalsuskoefitsienti 34, mistõttu valgustundlikkust väljendav arv on 3,4 korda suurem kui NSV Liidus, kuigi valgustundlikkuse määramine toimub ühe ja sama sensitomeetrilise süsteemi järgi.

Sensitomeetris ФСР-4, mida kasutatakse GOST-i 2817—50 süsteemis, on valgusallikaks kompaktse hõõguva kehaga hõõglamp. Lambi valgusjõud valitakse nii, et sensitogrammi keskväljal valgustugevus oleks 0,078, 0,110 või 0,156 luks-sekundit. Klaasist valgusfilter, mis on paigutatud lambi ette, sarnastab lambivalguse päevavalgusega.

Astmelisel optilisel kiilul on 21 astet. Pidev kiil (kahe naabervälja optiliste tiheduste vahe) võrdub 0,15. Seega on ekspositsioonide intervall umbes 1:1000.

Pärast sensitogrammi kõigi väljade tuhmumise optiliste tiheduste mõõtmist kantakse nende tiheduste tähistused sensitomeetrilisele blanketile, mis on näidatud joonisel 123, ja joonistatakse tunnuskõver, mille järgi juba kirjeldatud meetodil määratakse kindlaks mõõdetava materjali põhilised parameetrid.

Valgustundlikkuse kriteeriumiks on võetud GOST-i süsteemis tunnuskõvera punkt, mis vastab niisugusele optilisele tihedusele, mis ületab loorituse tiheduse 0,2 võrra ($D = 0{,}2 + D_0$), ja proportsionaalsuskoefitsiendiks on 1.

Üldine valgustundlikkus arvutatakse seega järgmise valemi järgi:

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

kus $S_{0,2}$ — valgustundlikkus GOST$_{0,2}$-ühikuis; H — ekspositsioon luks-sekundeis.

GOST$_{0,2}$-ühiku all mõistetakse niisuguse fotomaterjali valgustundlikkust, millel ülalnäidatud optiline tuhmumistihedus $0{,}2 + D_0$ tekib valgushulga 1 luks-sekundi toime tulemusel.

Niisiis, kui $H = 0{,}04$, siis

$$S_{0,2} = \frac{1}{0{,}04} = 25 \text{ (GOST-i ühikut)}.$$

Valgustundlikkuse numbrilised väljendused, mis märgitakse vabrikupakendile, ümardatakse järgmisteks numbriteks: 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32; 45; 65; 90; 130; 180; 250; 350; 500; 700; 1000 jne.

Valgustundlikkuse numbrilised tähistused (ühikuis) on pärivõrdelised valgustundlikkuse astmega ja, järelikult, pöördvõrdelised säriaegadega.

Seega kahest fotoplaadist (või filmist), milledest ühe valgustundlikkus on 65 GOST-i ühikut ja teisel 130, nõuab esimene muude võrdsete pildistamistingimuste juures kaks korda pikemat säriaega kui teine.

Sensitogrammide ilmutamiseks kasutatakse järgmisi ilmuteid:
fotoplaatidele — sensitomeetrilist ilmutit nr. 1 (lk. 156),
foto- ja kinofilmidele — sensitomeetrilist ilmutit nr. 2 (lk. 156),
positiivfilmidele — ilmutit nr. 3, mille koostis on järgmine:

metool	2 g
hüdrokinoon	6 g

naatriumsulfit (veevaba)	20 g
sooda (veevaba)	26 g
kaaliumbromiid	4,5 g
vesi kuni	1000 cm³

Sensitogrammi kinnitamine toimub värskes hapukinnitis (vt. lk. 156).

DIN-i sensitomeetriline süsteem

Kolmandaks levinud sensitomeetriliseks süsteemiks on DIN-i* süsteem.

Ekspositsioonide modulaatorina kasutatakse DIN-i süsteemis 30-väljalist astmelist optilist kiilu, kusjuures optiliste tiheduste kasv ühelt astmelt teisele on 0,1. Igale kiilu väljale on arvuliselt märgitud tema optiline tihedus. Seega ilmuvad sensitogrammil, mis on eksponeeritud niisuguse kiilu all, samaaegselt ka need numbrid.

Sensitomeetris eksponeeritakse standardse valgusallikaga ja valgusfiltriga pilukatiku abil, mille säriaeg on $^1/_{20}$ sekundit.

Sensitogramm ilmutatakse spetsiaalses metool-hüdrokinoonilmutis kindlal temperatuuril ja aja vältel, mille juures saavutatakse valgustundlikkuse maksimaalne väärtus.

Valgustundlikkuse kriteeriumiks DIN-i süsteemis on tuhmumise optiline tihedus, mis ületab loorituse tiheduse 0,1 võrra, s. t. $D = 0{,}1 + D_0$.

Valgustundlikkus väljendatakse DIN-i kraadides sensitomeetri selle välja arvuga, mille optiline tihedus ületab loorituse tiheduse 0,1 võrra, s. t. ilma tunnusköver a abita.

Kui näiteks sensitogrammi otsitavaks väljaks osutus väli arvuga 1,8, siis mõõdetava materjali valgustundlikkus on 1,8 ehk $^{18}/_{10}$ DIN-i kraadi.

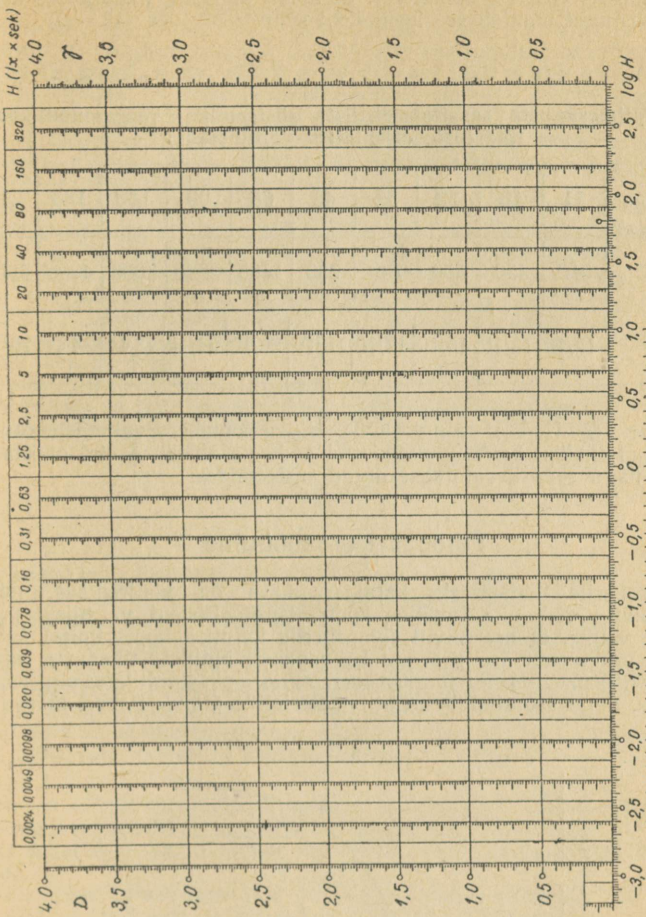
Valgustundlikkuse muutumine 3 DIN-i kraadi võrra vastab valgustundlikkuse 2-kordsele muutumisele. Näiteks on plaadid või filmid valgustundlikkusega $^{18}/_{10}$ DIN-i kraadi kaks korda valgustundlikumad kui plaadid valgustundlikkusega $^{15}/_{10}$ DIN-i kraadi. Tundlikkuse tähistamine murrukujulisena võimaldab hõlpsasti eraldada DIN-i sensitomeetrilist süsteemi teistest süsteemidest.

DIN-i süsteemi oluliseks puuduseks on see, et selle süsteemi järgi saadav valgustundlikkuse tähistus saadakse niisuguse pika ilmutamisaja jooksul, mida praktikas tavaliselt ei kasutata, mistõttu praktiline valgustundlikkus on madalam materjali pakendil tähendatud tähistusest.

Valgustundlikkuse suuruste võrdlemine

H & D ning GOST-i süsteemide valgustundlikkuse väljendamise meetodite printsipiaalse erinevuse tõttu ei ole konstantset ja täpset koefitsienti H & D kraadides valgustundlikkust näitavate arvude ümber-

* DIN — Deutsche Industrie Normen (Saksa tööstuslikud standardid). Antud juhul on tegemist standardiga DIN 4512.



Joon. 123. GOST-i sensitomeetriline blankett.

arvutamiseks GOST-i ühikutesse. Sõltuvalt ainuüksi materjalide kontrastsusastmest muutub see koefitsient suurtes piirides (12—30).

Tabel 14

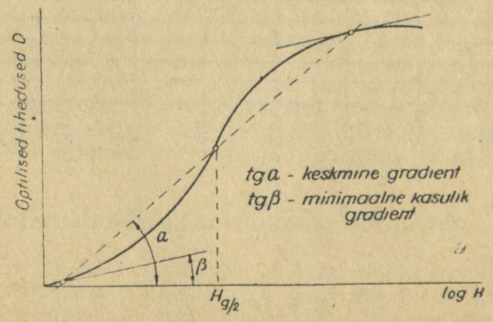
Mitmesuguste sensitomeetriliste süsteemide valgustundlikkuse tähistuste orienteeriv võrdlustabel

$GOST_{0,2}$	11	16	22	32	45	65	90	130	180	250
H & D_{10}	250	350	500	700	900	1400	2000	3000	4000	6000
°DIN	12/10	13/10	15/10	17/10	18/10	20/10	21/10	23/10	24/10	26/10

Süsteemide H & D ning GOST arvude ümberarvutamistabel on koostatud riikliku kaubandussüsteemi andmete alusel. Arvud on ümardatud, nagu seda kasutatakse antud süsteemides.

Fotopaberite mõõtmine

Fotopaberite tähtsaimaks karakteristikaks on kontrastsus, mille mõõdupuuks võib olla tavaline kontrastsuskoefitsient γ. Siiski peab arvesse võtma, et negatiivilt fotopaberile kujutise kopeerimisel kasutatakse praktiliselt ära peaaegu kogu paberi optiliste tiheduste intervall, s. t. peaaegu kogu tunnusköver, mitte aga ainult tema sirgjooneline osa, nagu see sünnib negatiivmaterjalide puhul. Paberi kontrast-



Joon. 124. Fotopaberite kontrastsuse määramine keskmise gradiendi järgi.

sust ei iseloomusta seepärast mitte tunnuskõvera sirgjoonelise osa kaldenurk nagu negatiivmaterjalidel, vaid kõvera keskmine gradient g. Gradient kujutab endast sensitomeetrilisel graafikul selle nurga tangensit, mille tekitab sirge, mis ühendab mingit kaht tunnuskõvera alguses ja lõpus asetsevat punkti, mis vastavad niinimetatud minimaalseile kasulikele gradientidele. See on seepärast ratsionaalsem, et fotopaberite tunnuskõverail sirgjooneline osa peaaegu puudub või on väljendatud niivõrd nõrgalt, et seda on praktiliselt peaaegu võimatu kasutada.

Sel põhjusel kasutataksegi fotopaberi valgustundlikkuse määramisel kriteeriumina punkti, mis asub kõvera keskmise gradiendi keskpunktis, mitte aga kõvera alguses, nagu negatiivmaterjalide mõõtmise puhul.

Paberite valgustundlikkust pole praktiliselt üldse vaja mõõta, sest valgustundlikkus ei mõjusta positiivkujutise iseloomu. Kui aga valgustundlikkuse mõõtmine on siiski vajalik, siis kasutatakse selleks sama meetodit ja sama üldist valemit nagu negatiivmaterjalide puhul (vt. lk. 148).

Fotopaberite valgustundlikkust väljendatakse suurusega, mis on pöördvõrdeline tunnuskõvera keskmise gradiendi keskpunkti eksposit-siooniga. Proportsionaalsuskoefitsiendiks võetav arv on 100:

$$S = \frac{100}{H_{g/2}}.$$

Fotopaberite loorituse optiline tihedus on väga väike ja võrdub praktiliselt nulliga. Kuid loorituse optiline tihedus kasvab ilmutamisaja suurendamisega. Seepärast ilmutatakse fotopaberite mõõtmisel neid teatava kindla aja vältel, mil looritus ei jõuagi tekkida. Soovitatav on teha samuti ka tavalises fotopraktikas. Fotopaberite maksimaalne optiline tihedus on niisuguse ilmutusaja puhul praktiliselt konstantne ja sõltub ainult paberi pinna iseloomust.

Üldistatud eksperimentaalsed andmed näitavad, et keskmiselt on D_{max} läikivatel paberitel 1,4, poolmattidel paberitel 1,2 ja mattpaberitel 1,0.

Nende eksperimentaalsete andmete alusel võib fotopaberite sensitomeetrilise mõõtmise metoodikat tunduvalt lihtsustada ja läbi saada ilma sensitogrammi tiheduste mõõtmiseta ning tunnuskõvera ehitamiseta.

Niisuguse sensitomeetrilise meetodi on välja töötanud GOI (Riiklik Optika Instituut) ja see seisab üldjoontes järgmises.

Mõõdetava fotopaberi lehte eksponeeritakse niinimetatud GOI testi all. Test kujutab endast klaasplaati, millele on paigutatud kolm ühe ja sama süžeega negatiivi, mis omavad erisugust kontrastsust ja on tähistatud tähtedega *H*, *K* ja *OK*, mis vastavalt tähendavad: *H* — normaalne, *K* — kontrastne ja *OK* — eriti kontrastne. Peale selle on plaadil olemas neutraalne optiline kiil, mis koosneb 30 astmest, konstandiga 0,1 ja optiliste tiheduste intervalliga alates 0,3-st kuni 33-ni.

Testi kompaktsuse säilitamiseks on optiline kiil jagatud kahte ossa. Numbrid 5, 10, 15 jne., mis on asetatud optilise kiilu pikisuunas

tähistavad väljade järjekorranumbrit ja hõlbustavad nende numbrite määramist. Lõpuks on testile paigutatud kaks värvilist valgusfiltrit, mis on määratud paberi värvustundlikkuse kindlaksmääramiseks.

Paberi eksponeerimine ei nõua spetsiaalseid valgusallikaid ja seda võidakse teha fotokopeerimisseadisel või kopeerimisraami abil tavalise elektrilambi valgusel. On ainult vajalik, et testile langev valgus oleks hajutatud ja küllalt ühtlane kogu selle pinnal ja et ekspositsioon võimaldaks saada rahuldava kujutise ühest kolmest negatiivist.

Tööstuslikes tingimustes kasutatakse selleks otstarbeks sensitomeetrit niisuguse lambiga, mille valgusel saadakse vajalikud andmed 20-sekundilise säriajaga, mida mõõdetakse spetsiaalse katikuga.

Pärast eksponeerimist ilmutatakse koopiat temperatuuril 20° C niisuguse aja vältel, mis ei võimalda loorituse tekkimist (mitte üle 2 minuti), järgmise koostisega ilmutis:

metool	1 g
hüdrokinoon	5 g
naatriumsulfit (veevaba)	26 g
sooda (veevaba)	20 g
kaaliumbromiid	1 g
vesi . . . . . kuni	1000 cm³

Koopia kinnitatakse värskes hapukinnitis (lk. 156).

Sel viisil võimaldab testist saadud koopia eelkõige määrata kontrastsuse kaudu fotopaberi tüübi. Sõltuvalt sellest, milline negatiiv andis parima koopia (tähtedega *H*, *K* või *OK*), määratakse fotopaberi kuuluvus ühte või teise tüüpi — kas ta on normaalne, kontrastne või eriti kontrastne.

Koopia võimaldab samuti määrata ekspositsiooni kasuliku intervalli arvulise näitaja L_g ja proovitava paberi keskmise gradiendi.

Ekspositsiooni kasulik intervall määratakse järgmise valemiga:

$$L_g = 0{,}1\ (N_2 - N_1),$$

kus L_g — ekspositsioonide kasulik koefitsient; N_1 — eraldatava välja järjekorranumber optilise kiilu kõige tihedamas osas; N_2 — seesama eraldatava välja järjekorranumber optilise kiilu kõige hõredamas osas; 0,1 — optilise kiilu konstant.

Kui näiteks N_2 vastab väljale 20 ja N_1 — väljale 12, siis

$$L_g = 0{,}1\,(20 - 12) = 0{,}1 \times 8 = 0{,}8.$$

Määranud kindlaks ekspositsioonide kasuliku intervalli, võib välja arvutada keskmise gradiendi $\bar{g}$, mis on seotud ekspositsioonide kasuliku intervalliga järgmises vahekorras:

$$\bar{g} = \frac{D_g}{L_g},$$

kus D_g — kasulik tiheduste intervall, mida ilma suurema eksimuseta võib võtta võrdsena maksimaalse optilise tihedusega D_{max}.

Kui näiteks $L_g = 0{,}8$, siis läikiva paberi suhtes, millel $D_g = D_{max} = 1{,}4$,

$$\bar{g} = \frac{1{,}4}{0{,}8} \cong 1{,}8.$$

Poolmatil paberil, mille $D_g = D_{max} = 1{,}0$,

$$\bar{g} = \frac{1{,}0}{0{,}8} \cong 1{,}3.$$

Saadud andmete võrdlemisest võib näha, et võrdsete eksositsiooni-intervallide puhul annavad läikivad paberid kontrastsemad kujutised kui mattpaberid.

Valgustundlikkus S määratakse kindlaks kiilu kujutise äärmistele hästi eraldatavaile astmeile vastavate valgustushulkade geomeetrilise keskmise järgi.

Valgustundlikkus määratakse kindlaks järgmise valemiga:

$$S = 100 : \frac{H_1 + H_2}{2},$$

kus H_1 ja H_2 — valgushulk (ekspositsioon), mille puhul saadakse kiilu kujutisel esimene ja viimane hästi eraldatav aste.

Nii näiteks, kui $H_1 = 8$ CMS ja $H_2 = 32$ CMS, siis valgustundlikkus

$$S = 100 : \frac{8 + 32}{2} = 5.$$

Testi värvilised valgusfiltrid on paberi värvustundlikkuse kindlaksmääramiseks, millel on antud puhul siiski hoopis teistsugune tähendus kui negatiivmaterjalide puhul. Värvustundlikkust määratakse kindlaks selleks, et selgitada antud paberisordi töötlemiseks vajalikku laboratooriumivalgustust.

FOTOMATERJALIDE KLASSIFIKATSIOON, SORTIMENT JA OTSTARVE

Fotoplaatide klassifikatsioon ja sortiment

Vastavalt normile GOST 5553—50 klassifitseeritakse fotoplaadid järgmiste põhitunnuste järgi:

1) üldise valgustundlikkuse, 2) spektraalse valgustundlikkuse ja 3) kontrastsuse järgi.

Tabel 15

Fotoplaatide klassifitseerimine üldise valgustundlikkuse järgi

Valgustundlikkus GOST-i järgi	Valgustundlikkuse aste	Valgustundlikkus GOST-i järgi	Valgustundlikkuse aste
11—16	Madal valgustundlikkus	90—130	Suur valgustundlikkus
22—32	Vähene valgustundlikkus	180—250	Kõrge valgustundlikkus
45—65	Keskmine valgustundlikkus	Üle 350	Ülim valgustundlikkus

Tabel 16

Fotoplaatide klassifitseerimine spektraalse valgustundlikkuse järgi

Plaadi liik	Sensibilisatsiooni piirid lainepikkustes
Sensibiliseerimata	Halogeenhõbeda loomulik tundlikkus kuni 500 mμ
Ortokromaatilised	580—600 mμ; madal tundlikkus umbes 500 mμ lainepikkusega kiirguse osas
Isoortokromaatilised	580—600 mμ
Isokromaatilised	620—650 mμ
Pankromaatilised	660—730 mμ; madal tundlikkus 490—540 mμ lainepikkusega kiirguse osas
Isopankromaatilised	660—730 mμ

Tabel 17

Fotoplaatide klassifitseerimine kontrastsuse järgi

Plaatide kontrastsusaste	GOST-is soovitatav kontrastsuskoefitsient γ_{soov}
Pehmed	0,8
Normaalsed	1,2
Kontrastsed	1,7
Eriti kontrastsed	2,5
Ülikontrastsed	Üle 3,0

Tabel 18

Fotoplaatide klassifitseerimine nende otstarbe järgi

Plaadi tüüp	Plaadi liik	Plaadi kontrastsusaste
Negatiivplaadid üldiseks otstarbeks	Sensibiliseerimata	Pehmed, Normaalsed, Kontrastsed
	Isoortokromaatilised «Isoorto»	Sama
	Isokromaatilised «Isokrom»	„
	Pankromaatilised «Pankrom»	„
Positiivplaadid	Diapositiivplaadid	Kontrastsed, Eriti kontrastsed, Ülikontrastsed
Reproduktsiooniplaadid	Pooltoonilised, sensibiliseerimata	Normaalsed, Kontrastsed
	Pooltoonilised «Isoorto»	Sama
	Pooltoonilised «Pankrom»	„
Reproduktsiooniplaadid	Joonklišeele, sensibiliseerimata	Eriti kontrastsed, Ülikontrastsed
	Joonklišeele, «Isoorto»	Sama
	Joonklišeele, «Pankrom»	„

Märkus. Kõiki ülalloetletud fotoplaatide tüüpe, välja arvatud diapositiivplaadid, toodetakse tavalistena ja oreoolivabadena («valgustarata»).

Tabel 19

Fotoplaatide sensitomeetriline karakteristika

(1951. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste järgi)

Plaadi grupp ja nimetus	Valgustundlikkus S H & D_{10} järgi	Kontrastsuskoefitsient γ (mitte alla)	Loorituse optiline tihedus D_0 (mitte üle)	Maksimaalne optiline tihedus Dmax (mitte alla)	Efektiivne valgustundlikkus $S\varphi$ %	Spektraalne valgustundlikkus (sensibilisatsiooni piirid) m μ	Fotograafiline ulatus L (mitte alla)
		1. Üldotstarbelised negatiivplaadid					
«Isoorto»	200—400	Pehmed 0,7—1,0 Pehmed 0,7—1,0 Normaalsed 1,1—1,4	0,12	2,5	10	400—600	1,8 1,5 1,1
	400—800	Sama	0,16	2,5	10	400—600	Sama
	800—1400	„	0,20	2,5	10	400—600	„
«Isokrom»	200—400	Pehmed 0,7—1,0 Normaalsed 1,1—1,4 Kontrastsed 1,5—1,9	0,12	2,5	25	400—650	1,8 1,5 1,1
	400—800	Sama	0,16	2,5	25	400—650	Sama
	800—1400	„	0,20	2,5	25	400—650	„
«Pankrom»	200—400	Pehmed 0,7—1,0 Normaalsed 1,1—1,4 Kontrastsed 1,5—1,9	0,12	2,5	30	400—700	1,8 1,5 1,1
	400—800	Sama	0,16	2,5	30	400—700	Sama
	800—1400	„	0,20	2,5	30	400—700	„

II. Positiivplaadid

Diapositiiv-plaadid	0,5—5,0	Kontrastsed 1,5—1,9 Eriti kontrastsed 2,0—3,0 Ülikontrastsed 3,1 ja rohkem	0,08	3,0	Sensibiliseerimata	400—500	1,1 0,9—0,6 0,4

III. Reproduktsiooniplaadid

Pooltoonilised, sensibiliseerimata	10—100	Normaalsed 1,1—1,4 Kontrastsed 1,5—1,9	0,12	2,8	Sensibiliseerimata	400—500	1,5 1,1
Pooltoonilised, «Isoorto»	10—100	Normaalsed 1,1—1,4 Kontrastsed 1,5—1,9	0,12	2,8	10	400—600	1,5 1,1
Pooltoonilised, «Pankrom»	10—100	Normaalsed 1,1—1,4 Kontrastsed 1,5—1,9	0,12	2,8	30	400—700	1,5 1,1
Joonklišee, sensibiliseerimata	10—100	Eriti kontrastsed 2,0—3,0 Ülikontrastsed 3,1 ja rohkem	0,12	3,0	Sensibiliseerimata	400—500	0,9—0,6 0,4
Joonklišee, «Isoorto»	10—100	Eriti kontrastsed 2,0—3,0 Ülikontrastsed 3,1 ja rohkem	0,12	3,0	10	400—600	0,9—0,6 0,4
Joonklišee, «Pankrom»	10—100	Eriti kontrastsed 2,0—3,0 Ülikontrastsed 3,1 ja rohkem	0,12	3,0	30	400—700	0,9—0,6 0,4

FOTOPLAATIDE SENSITOMEETRILISED KARAKTERISTIKAD (1952. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste järgi)

Tabel 20

Üldotstarbeliste negatiivplaatide sensitomeetrilised näitajad

Oldise valgustundlikkuse aste	Valgustundlikkus (GOST-i ühikuis)	Loorituse tihedus			
		Sensibiliseerimata	«Isoorto»	«Isokrom»	«Pankrom»
Madal	11—16	0,10	0,12	0,12	0,15
Väike	22—32	0,10	0,12	0,12	0,15
Keskmine	45—65	0,12	0,12	0,15	0,18
Kõrge	90—130	—	0,15	0,18	0,22
Ülikõrge	180—250	—	0,22	0,24	0,30

Kontrastsusaste	Maksimaalne kontrastsuskoefitsient γ_{max}	Fotograafiline ulatus L
Pehmed	0,9—1,15	1,5
Normaalsed	1,2—1,6	1,2
Kontrastsed	1,7—2,0	0,9

Märkus. Andmed on õiged ilmutamisel ilmutis nr. 1 ajavahemiku jooksul, mis on vajalik riikliku tööstuse poolt soovitatud kontrastsuskoefitsiendi saavutamiseks (4—8 min.).

Riikliku tööstuse poolt soovitatavad kontrastsuskoefitsiendid fotoplaatidele on pehmetele plaatidele 1,0, normaalsetele 1,3, kontrastsetele 1,5, eriti kontrastsetele 2,0, ülikontrastsetele 3,0.

Tabel 21

Diapositiivplaatide sensitomeetrilised näitajad

Kontrastsusaste	Valgustundlikkus (GOST-i ühikuis)	Loorituse tihedus D_0 (mitte üle)	Maksimaalne optiline tihedus D_{max}	Maksimaalne kontrastsuskoefitsient γ_{max}
Kontrastsed	0,18—0,7	0,08	2,8	1,7—2,0
Eriti kontrastsed	0,18 –0,7	0,08	3,0	2,0—3,0
Ülikontrastsed	0,18—0,7	0,08	3,0	3,6 ja rohkem

Märkus. Andmed on õiged ilmutamisel ilmutiga nr. 1 aja vältel, mis on vajalik riikliku tööstuse poolt soovitatava kontrastsuskoefitsiendi saavutamiseks (3—6 min.).

Tabel 22

Reproduktsiooniplaatide sensitomeetrilised näitajad

Kontrastsusaste	Valgustundlikkus (GOST-i ühikuis)	Loorituse tihedus D_0 (mitte üle)	Maksimaalne optiline tihedus D max	Maksimaalne kontrastsuskoefitsient γ max
Normaalsed	2,8	0,12	2,5	1,2—1,6
Kontrastsed	2,8	0,12	2,8	1,7—2,0
Eriti kontrastsed	1,4	0,12	3,0	2,4—3,0
Ülikontrastsed	1,0	0,12	3,0	3,6 ja rohkem

Märkus. Andmed on õiged ilmutamisel ilmutis nr. 1 aja vältel, mis on vajalik riikliku tööstuse poolt soovitatud kontrastsuskoefitsiendi saavutamiseks (ülikontrastseile plaatidele 6—8 min., teistele 4—6 min.).

Fotoplaatide füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad

Fotoplaatide emulsioonikihi sulamistemperatuur ei tohi ühelgi plaadisordil olla alla +32° C. Temperatuuril +25° C ei tohi emulsioonikiht klaasist eralduda fotolahustega töötlemisel 20 min. jooksul, vees pesemisel 30 min. jooksul.

Emulsioon peab olema valatud kogu pinna ulatuses ühtlaselt ega tohi omada valgustatud kohti, kollaseid laike, kriimustusi, mulle jne. Nende defektide avastamisel kuuluvad fotoplaadid vahetamisele.

Fotoplaatide markeerimine

Fotoplaatide markeerimisel näidatakse pakendil praktiliseks kasutamiseks kõige tähtsamad sensitomeetrilised karakteristikad, ja nimelt: fotoplaadi tüübi nimetus («Isoorto», «Isokrom», «Pankrom), mis väljendab nende spektraalset tundlikkust; arv, mis väljendab plaatide valgustundlikkust (H & D_{10} või GOST-i süsteemi järgi, sõltuvalt fotoplaatide väljalaske ajast); plaatide kontrastsusaste (pehmed, normaalsed, kontrastsed, eriti kontrastsed, ülikontrastsed).

Peale selle näidatakse pakendil fotoplaatide formaat ja hulk karbis; soovitatava ilmuti retsept; valgustuse iseloom, mille paistel võib plaate avada ja töödelda; fotoplaatide väljalaske aeg; emulsiooni number.

Fotoplaatide säilitamise tähtajad ja tingimused

Fotoplaatide kõlblikkuse garantiitähtajaks on originaalpakendis normaalsete säilitamistingimuste silmaspidamisel kõigile plaadiliikidele ette nähtud 12 kuud. Pärast selle tähtaja möödumist on vasta-

valt tööstuse tehnilistele tingimustele lubatav loorituse optilise tiheduse kasv 30% ja kõigi muude fotograafiliste näitajate muutumine 25% võrra.

Normaalseks loetakse järgmisi säilitamistingimusi:

1) fotoplaadid tuleb säilitada kuivas hästi ventileeritud ruumis, kus õhutemperatuur ei ole alla 12 ega üle 20° C ning relatiivne õhuniiskus on 55—75%;

2) fotoplaadid tuleb paigutada riiulitele, mille kõrgus on 0,5 m põrandast ja mis asuvad vähemalt 1 m kaugusel küttekehadest;

3) karbid fotoplaatidega tuleb asetada küliti;

4) karpe fotoplaatidega tuleb hoida otseste päikesekiirte eest, eriti neil juhtudel, kui karbid on avatud;

5) ruumidesse, kus säilitatakse fotoplaate, ei tohi tungida valgustundlikule kihile kahjulikke gaase, nagu väävelvesinikku, ammoniaaki jne., sellepärast on soovitatav hoida plaate eemal keemilistest ainetest ja kohtadest, kus niisugused gaasid võivad tekkida.

Fotofilmide klassifikatsioon ja sortiment

Vastavalt normidele GOST 5554—50 klassifitseeritakse fotofilme järgmiste tunnuste alusel: 1) tarbimisformaadi, 2) üldise valgustundlikkuse, 3) spektraalse valgustundlikkuse ja 4) kontrastsuse järgi.

Tarbimisformaatide järgi jagunevad filmid tasafilmideks, perforeerimata rullfilmideks ja perforeeritud kinofilmideks.

Tasafilmiks (formaatfilmiks) nimetatakse filmi, mis on lõigatud alltoodud standardformaatidesse, mida kasutatakse plaataparaatides analoogiliselt fotoplaatidega.

Tasafilmide formaadid
(sentimeetreis)

4,5 × 6*	9 × 12	18 × 24
6 × 9	6 × 13*	24 × 30
6,5 × 9	10 × 15	30 × 40
4,5 × 10,7*	13 × 18	

Perforeerimata rullfilmiks nimetatakse filmi, mis on lõigatud 815 mm pikkuseks ja 61,5 mm laiuseks lindiks, kaetud ühelt poolt valguskindla paberilindiga (rakordiga) ja on koos sellega mähitud poolile. Perforeerimata rullfilm on määratud rullfilmiaparaatidele. Eriline pakkimisviis võimaldab aparaadi laadimist valguse käes.

Perforeeritud rullfilmiks (kinofilmiks) nimetatakse normaalse 35 mm laiuse kinofilmi 165 cm pikkust tükki (kaasa arvatud laadimis- ja täiteots).

Perforeeritud rullfilm on määratud kasutamiseks väikekaamerates («FED», «Zorki», «Kiiev» jt.).

* Tähekesega märgitud formaate käesoleval ajal ei toodeta.

Fotofilmide klassifikatsioon üldise ja spektraalse tundlikkuse alusel on analoogiline fotoplaatide klassifikatsiooniga (vt. lk. 166).

Tabel 23

Fotofilmide klassifitseerimine kontrastsuse järgi

Kontrastsusaste	GOST-iga soovitatav kontrastsuskoefitsient $\gamma_{soov.}$
Eriti pehmed	0,65
Pehmed	0,8
Normaalsed	1,2
Kontrastsed	1,7
Eriti kontrastsed	2,5

Tabel 24

Fotofilmide klassifikatsioon üldise ja spektraalse tundlikkuse järgi
(1951. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste kohaselt)

Filmi nimetus	Värvitundlikkus	Valgustundlikkuse aste
«Ortokrom-1» «Ortokrom-2»	Ortokromaatiline „	Keskmise tundlikkusega ja kõrge tundlikkusega
«Isopan-1» «Isopan-2» «Isopan-3»	Isokromaatiline „ „	Keskmise tundlikkusega, kõrge tundlikkusega ja ülitundlik
«Pankrom-1» «Pankrom-2» «Pankrom-3»	Pankromaatiline „ „	

(1952. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste järgi)

Filmi nimetus	Värvitundlikkus	Valgustundlikkuse aste
«Ortokrom» «Isokrom»	Ortokromaatiline Isokromaatiline	Väikese, keskmise ja kõrge tundlikkusega
«Pankrom» «Isopankrom»	Pankromaatiline Isopankromaatiline	Keskmise, kõrge ja ülikõrge tundlikkusega

Fotofilmide sensitomeetrilised karakteristikad
(1951. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste kohaselt)

Tabel 25

Filmi nimetus	Valgustundlikkus S H & D_{10} järgi	Kontrastsusaste ja -koefitsient γ	Loorituse optiline tihedus D_0 (mitte üle)	Spektraalne valgustundlikkus (sensibilisatsiooni piirid) m	Eraldamisvõime R (jooni millimeetris)	Fotograafiline ulatus L (mitte alla)
«Ortokrom-1»	600—1200	Pehme 0,7—1,0 Normaalne 1,1—1,4 Kontrastne 1,5—1,9 Eriti kontrastne 2,0—3,0	0,10	400—580	70	1,8 1,5 1,1 0,9—0,6
«Ortokrom-2»	1200—2000	Sama	0,15	400—580	60	Sama
«Isopan-1»	600—1200	„	0,15	400—580	70	„
«Isopan-2»	1200—2000	„	0,18	400—640	60	„
«Isopan-3»	Üle 200	„	0,22	400—640	50	„
«Pankrom-1»	600—1200	„	0,18	400—680	70	„
«Pankrom-2»	1200—2000	„	0,22	400—680	60	„
«Pankrom-3»	Üle 2000	„	0,25	400—680	50	„

FOTOFILMIDE SENSITOMEETRILISED KARAKTERISTIKAD (1952. a. nomenklatuuri ja tehniliste tingimuste järgi)

Tabel 26

Valgustundlikkus ja loorituse tihedus

Üldine valgustundlikkuse aste	Valgustundlikkus S (GOST-i ühikuis)	Loorituse tihedus D_0			
		«Ortokrom»	«Isokrom»	«Isopankrom»	«Pankrom»
Madal	11—16	0,10	0,10	0,12	0,15
Väike	22—32	0,10	0,10	0,12	0,15
Keskmine	45—65	0,12	0,12	0,15	0,18
Kõrge	90—130	0,15	0,15	0,18	0,22
Ülikõrge	180—250	0,18	0,20	0,24	0,30

Tabel 27

Kontrastsuskoefitsient ja fotograafiline ulatus

Kontrastsusaste	Maksimaalne kontrastsuskoefitsient γ_{max}	Fotograafiline ulatus L
Pehme	0,7—0,88	2,1—1,8
Normaalne	0,9—1,15	1,8—1,5
Kontrastne	1,2—1,8	1,5—1,1

Märkus. Andmed on õiged ilmutamisel ilmutis nr. 2 aja vältel, mis on vajalik riikliku tööstuse poolt soovitatava kontrastsuskoefitsiendi saavutamiseks (pehmetele filmidele 6—10 min., normaalseile ja kontrastseile 6—12 min.).

Riikliku tööstuse poolt soovitatavad kontrastsuskoefitsiendid fotofilmidele on järgmised: pehmetele filmidele 0,65, normaalseile 1,0 ja kontrastseile 1,3.

Tabel 28

Eraldusvõime

Valgustundlikkus S (GOST-i ühikuis)	Eraldusvõime (joonni millimeetris)	Valgustundlikkus S (GOST-i ühikuis)	Eraldusvõime (joonni millimeetris)
11—16	90	90—130	60
22—32	80	180—150	50
45—65	70		

Fotofilme toodetakse värvitul või valgustarata nitrotselluloidist alusel, mille optiline tihedus, kaasa arvatud aluskiht ja lakikate, on värvitu aluse puhul 0,06; valgustarata alusel — 0,25.

Fotofilmide füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad

Fotofilmide emulsioonikihi sulamistemperatuur ei tohi olla alla 32° C. On nõutav, et valgustundlik kiht oleks kantud alusele ühtlaselt ja et selles ei oleks musti ega valgeid punkte, laikusid, kriimustusi, elektrilahendusi jne.

Töölahuste temperatuuri puhul kuni 21° C või loputusvee temperatuuri puhul kuni 18° C ei tohi emulsioonikiht eralduda alusest 25 minuti jooksul (kehtiv kõigi filmisortide kohta).

Loetletud defektide ilmumisel tunnistatakse fotofilmid praagiks ja need kuuluvad vahetamisele.

Fotofilmide markeerimine

Fotofilmide markeerimisel näidatakse ära samad sensitomeetrilised karakteristikad, mis fotoplaatidegi pakendeil, ja nimelt: filmi tüübi ja liigi nimetus, valgustundlikkuse aste, kontrastsuse iseloom. Peale selle näidatakse soovitava kontrastsuskoefitsiendi saavutamiseks vajalik ilmutusaeg; filmi formaat või pikkus; teatud kindlate mõõtmetega filmide või võtete (kaadrite) arv, mis mahuvad filmile; emulsiooni number; valgustuse iseloom, mille paistel võib filmi avada ja töödelda; filmi säilitamise piirtähtaeg.

Fotofilmide säilitamise tähtajad ja tingimused

Fotofilmide kõlblikkuse garantiitähtajad originaalpakendis normaalsete säilitamistingimuste juures on järgmised:

vähese tundlikkusega filmidele	18	kuud
keskmise „ „	15	„
kõrge „ „	12	„
ülitundlikele „	9	„

Kõrvalekaldumised filmide fotograafiliste omaduste näitajais garantiiaja jooksul kooskõlas tööstuslike tehniliste tingimustega on lubatavad 25% piirides, arvates algnäitajaist.

Normaalsed fotofilmi säilitamise tingimused on analoogilised fotoplaatide säilitamise tingimustega (vt. lk. 161).

Negatiivmaterjalide kasutamise otstarve

Negatiivmaterjalide kasutamise otstarbe määravad järgmised fotograafilised põhiomadused: 1) üldine valgustundlikkus, 2) kontrastsusaste ja 3) spektraalne tundlikkus.

Negatiivmaterjalide valgustundlikkuse astme praktiline tähtsus seisab, esiteks, võimaluses lühendada pildistamisel kasutatavat säriaega ja, teiseks, võimaluses pildistada ebasoodsais valgustustingimustes.

Madala ja väikese valgustundlikkusega materjalid (kuni 32 GOST-i ühikut) on määratud soodsais valgustustingimustes ning liikumatute või väheliikuvate objektide pildistamiseks, s. t. juhtudeks, mil pildistamistingimused lubavad kasutada võrdlemisi pikki säriaegu.

Keskmise ja kõrge valgustundlikkusega materjalid (45—130 GOST-i ühikut) on määratud vähemsoodsais valgustustingimustes, samuti kiiresti liikuvate objektide pildistamiseks, mis ei luba pikemate säriaegade kasutamist.

Ülikõrge valgustundlikkusega materjalid (üle 180 GOST-i ühiku) on määratud ebasoodsais valgustustingimustes, samuti väga kiiresti liikuvate objektide pildistamiseks, mis nõuavad väga lühikeste säriaegade kasutamist.

Tuleb arvestada, et kontrastsusastme ja spektraalse tundlikkuse astme võrdsete näitajate puhul üldise valgustundlikkuse aste ei mõjusta fotograafilise kujutise iseloomu.

Negatiivmaterjalide kontrastsusastme praktiline tähtsus seisab võimaluses muuta fotograafilise kujutise iseloomu vastavalt fotograafi ees seisvatele tehnilistele või loomingulistele ülesannetele.

Eriti pehmed negatiivmaterjalid ($\gamma = 0{,}6 - 0{,}65$) on määratud objekti kontrastide tunduvaks pehmendamiseks kujutisel. Amatöörpraktikas ei leia niisugused materjalid kasutamist.

Pehmed negatiivmaterjalid ($\gamma = 0{,}7 - 1{,}0$) on määratud objekti kontrastide pehmendamiseks kujutisel juhtudel, kui see kontrast on liiga suur (näit. päikesepaistest valgustatud valge hoone tumerohelise lehestiku taustal). Amatöörpraktikas võrdlemisi harva kasutatav.

Normaalsed negatiivmaterjalid ($\gamma = 1{,}1 - 1{,}4$) on määratud objekti kontrasti normaalseks edasiandmiseks. Leiab amatöörpraktikas kõige enam kasutamist.

Kontrastsed negatiivmaterjalid ($\gamma = 1{,}5 - 1{,}9$) on määratud objekti kontrasti mõningaks suurendamiseks kujutisel, näiteks pildistamisel sompus ilmaga. Leiab amatöörpraktikas laialdast kasutamist.

Eriti kontrastsed negatiivmaterjalid ($\gamma = 2{,}0 - 3{,}0$) on määratud objekti kontrasti üsna tunduvaks suurendamiseks kujutisel. Fotoamatöörpraktikas kasutatakse peamiselt joonreproduktsioonide puhul.

Ülikontrastseid negatiivmaterjale ($\gamma =$ üle 3,0) loodusvõteteks ei kasutata; määratud joonreproduktsioonideks.

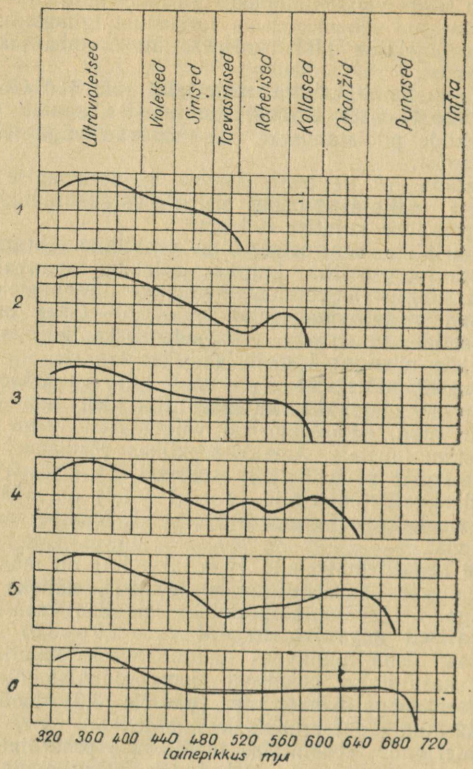
Negatiivmaterjalide spektraalse tundlikkuse praktiline tähtsus seisab võimaluses muuta värvuse ülekande iseloomu pildil. Joonisel 125 on toodud mitmesuguste materjalide värvustundlikkuse kõverad.

Peab tähendama, et värvusülekande küsimus on samuti seotud kompenseerivate valgusfiltrite kasutamisega (vt. lk. 271), millede kasutamiseta värvusülekande efekt sensibiliseeritud materjalidel on peaaegu märgatamatu, sest sensibiliseeritud materjalid toimivad ilma valgusfiltrita peaaegu samuti nagu sensibiliseerimata materjalid. Allpool toodud näpunäited negatiivmaterjalide kasutamise otstarbe kohta eeldavad valgusfiltrite kasutamist.

Sensibiliseerimata materjalid on tundlikud ainult spektri violetse, sinise ja helesinise tsooni suhtes, kõigi teiste suhtes aga tundetud, mille tõttu rohelised, kollased, oranžid ja punased värvused antakse edasi mustadena. Sensibiliseerimata materjalid ei võimalda kompen-

seerivate valgusfiltrite kasutamist ja on määratud peamiselt ühevärviliste joonklišeede reprodutseerimiseks.

Sensibiliseerimata materjale võib töödelda oranži valguse käes.



Joon. 125. Mitmesuguste fotomaterjalide värvustundlikkuse keskmised tunnuskõverad:

1 — sensibiliseerimata; *2* — ortokromaatiline; *3* — isoortokromaatiline; *4* — isokromaatiline; *5* — pankromaatiline; *6* — isopankromaatiline.

Ortokromaatilised materjalid on tundlikud spektri sini-violetse ja rohelis-kollase tsooni suhtes ja tundetud oranži ning punase värvuse suhtes, mille tõttu nad annavad oranžid ja punased värvused edasi mustadena.

Ortokromaatiliste materjalidega töötamisel tuleb kasutada kollast

valgusfiltrit. Oranžid ja punased valgusfiltrid ei ole kõlblikud. Ortokromaatiliste materjalide kasutamise ringi määravad ära need nõuded, mis esitatakse värvuse edasiandmiseks. Nende väärtus seisab peamiselt selles, et nad võimaldavad töödelda ja seejuures visuaalselt jälgida ilmutamise käiku punase valguse käes.

Amatöörpraktikas on ortokromaatilised materjalid kasutatavad kõigi pildistamisliikide puhul.

Isoortokromaatilistel materjalidel on samad spektraalse tundlikkuse omadused, mis ortokromaatilistel, kuid spektri eritsoonide suhtes ühtlasemalt tundlikuks muudetud (ilma tundlikkuse vähendamiseta rohelises tsoonis). Tegelikult kujutavad isoortokromaatilised materjalid endast ortokromaatiliste materjalide viimistletumat tüüpi.

Kõrgendatud tundlikkuse tõttu spektri rohelise tsooni suhtes on isokromaatilised materjalid sobivamad kui ortokromaatilised süžeede pildistamiseks, mis on rikkad rohelisest värvusest (näiteks suvine maastik). Muudel juhtudel on nende kasutamise ala analoogiline ortokromaatiliste materjalide kasutamise alaga.

Pildistamisel isoortokromaatilistele materjalidele tuleb kasutada kollast valgusfiltrit. Võimalik on ka heleoranži valgusfiltri kasutamine, kusjuures aga tuleb arvesse võtta, et see nõuab tunduvalt pikemat säriaega. Oranžid ja eriti punased valgusfiltrid ei ole kasutatavad.

Isoortokromaatiliste materjalide ilmutamine on võimalik ainult tumepunases valguses.

Isokromaatilised materjalid on tundlikud spektri sini-violetse, rohelis-kollase ja oranži tsooni suhtes, vähemtundlikud rohelise tsooni ja tundetud tumepunase tsooni suhtes, mille tõttu nad punaseid värvusi annavad edasi mustadena või liiga tumedatena.

Pildistamisel isokromaatilistele materjalidele tuleb kasutada kollast või oranži filtrit. Võimalik on ka tumeoranži filtri kasutamine, kuid see põhjustab säriaja tunduva pikenemise. Punased valgusfiltrid ei kõlba.

Isokromaatiliste materjalide väärtuseks on rahuldav värvuse edasiandmine keskmiste kollaste valgusfiltrite kasutamisel, kusjuures need põhjustavad säriaja suurenemist võrdlemisi vähe.

Isokromaatilisi materjale on võimalik töödelda väga tumedas punases valguses, parem aga täielikus pimeduses. Amatöörpraktikas on isokromaatilised materjalid täiel määral kasutuskõlblikud iga liiki võtete jaoks.

Pankromaatilised materjalid on tundlikud spektri kogu nähtava osa suhtes, kaasa arvatud punane tsoon, kuid värvustundlikkus langeb tunduvalt rohelises tsoonis.

Pildistamisel pankromaatilistele materjalidele tuleb kasutada kollast või oranži filtrit (kaasa arvatud tumeoranž). Võimalik on ka punaste valgusfiltrite kasutamine, kuid need põhjustavad säriaja tunduva pikenemise. Tumepunased filtrid ei kõlba.

Pankromaatilised materjalid annavad täiesti rahuldava värvuse ülekande juba helekollase filtriga, kusjuures see peaaegu üldse ei mõjusta säriaja kestust. Pildistamisel oranži ja eriti punase filtriga toimub värvuste edasiandmise «üleparandamine». Punased värvused võivad seejuures kujuneda tunduvalt heledamaks kui nendega

visuaalselt heleduselt võrdsed sinised, mis ei ole kooskõlas loodusest saadava visuaalse muljega. Sellepärast tuleb harilikul pildistamisel oranži ja punast filtrit kasutada ettevaatlikult.

Pankromaatiliste materjalide paremus seisab selles, et neil on kõrge efektiivne valgustundlikkus, s. t. tundlikkus spektri oranžpunase tsooni suhtes, mille tõttu nad võimaldavad pildistada kunstliku valgustusega, mis on rikas oranžpunaste kiirte poolest, suhteliselt lühikeste säriaegadega. Niisuguse valgustusega saavutatakse rahuldav värvuste edasiandmine ka ilma filtrite kasutamiseta.

Pankromaatilisi materjale võib töödelda ka hoolikalt kontrollitud tumerohelises valguses (parem pimedas).

Isopankromaatiline materjal kujutab endast spektraalse tundlikkuse poolest pankromaatiliste materjalide täiuslikumat tüüpi ja erineb nendest selle poolest, et ta tundlikkus ei ole spektri rohelise tsooni suhtes madalam, on aga tundlikumaks muudetud punase tsooni kaugema osa suhtes.

Isopankromaatiliste materjalide kasutamise otstarve ja ala on analoogilised pankromaatiliste materjalide omadega. Neid töödeldakse täielikus pimeduses.

Reproduktsioonimaterjalide kasutamise otstarve

Reproduktsioonimaterjalidena toodab fototööstus laialdasemaks kasutamiseks ainult fotoplaate. Need materjalid erinevad tavalistest plaatidest madalama valgustundlikkuse ja kõrge eraldusvõime poolest, mis etendab reproduktsioonifotograafias väga tähtsat osa.

Vastavalt originaalide mitmesugustele liikidele jagatakse reproduktsiooniplaadid joonplaatideks, mis on määratud joonoriginaalidele, ja pooltoonplaatideks, mis on määratud pooltoonoriginaalidele. Igas siin nimetatud rühmas on spektri mitmesuguste tsoonide suhtes sensibiliseerimata kui ka sensibiliseeritud plaate. Reproduktsiooniplaatide sensibiliseerimisaste ja -iseloom on analoogilised samasuguste negatiivplaatide tüüpide omadega.

Tabel 29

Reproduktsiooniplaatide kasutamise otstarve sõltuvalt originaalide iseloomust ja värvusest

Plaadi tüüp ja nimetus	Otstarve
I. Joonplaadid	
Sensibiliseerimata	Must-valgete joontehnikas originaalide (jooniste, plaanide, trükitud teksti, musta tušiga joonistatud joonistuste jne.) reproduktsioonid
Isoortokromaatilised, «Isoorto»	Värviliste joontehnikas originaalide (pauskoopiate, värvilise tušiga või värvilisel foonil teostatud joonistuste, jooniste) reproduktsioonid

Tabel 29 järg

Plaadi tüüp ja nimetus	Otstarve
Pankromaatilised, «Pankrom»	Mitmevärviliste joontehnikas originaalide (plakatite, geograafiliste kaartide, diagrammide ja muude katkematu faktuuriga originaalide) reproduktsioonid Mitmevärviliste — kollaseid, oranže ja punaseid värvusi sisaldavate originaalide reproduktsioonid. Kollaste või oranžide filtrite kohustuslik kasutamine
II. Pooltoonilised	
Sensibiliseerimata	Must-valgete pooltooniliste originaalide (fotode, pliiatsijooniste, musta tušiga mahapesemistehnikas jooniste jne.) reproduktsioonid
Isoortokromaatilised, «Isoorto»	Värviliste pooltooniliste originaalide (akvarellmaalid, pastellmaalid, värvilise tušiga mahapesemistehnikas valgel või värvilisel põhjal joonistatud joonised). Kollaste filtrite tarvitamine kohustuslik
Pankromaatilised, «Pankrom»	Mitmevärviliste — kollaseid, oranže ja punaseid värvusi sisaldavate pooltooniliste originaalide (õlimaalide jne.) reproduktsioonid. Kollaste või oranžide filtrite tarvitamine kohustuslik

Fotopaberite klassifikatsioon ja sortiment

Kodumaise tööstuse poolt fotoamatööride tarbeks toodetavad fotopaberid klassifitseeritakse järgmiste põhitunnuste järgi:
1) emulsiooni koostise, 2) emulsioonikihi pinna iseloomu, 3) kontrastsuse, 4) aluskihi ja 5) aluskihi värvuse järgi.

Tabel 30

Valgustundlik komponent fotopaberi mitmesugustel tüüpidel

Valgustundlik komponent	Sordi nimetus	Paberi nimetus
Hõbebromiid	Hõbebromiid	«Unibrom», «Fotobrom»
Hõbekloriidbromiid	Hõbekloriidbromiid	«Kontabrom»
Hõbekloriidbromiid	Hõbekloriidbromiid	«Bromportret»
Hõbekloriid	Hõbekloriid	«Fotokont»
Hõbekloriid	Hõbekloriid	«Aristotipnaja»
Hõbekloriidbromiidjodiid	Hõbejodiid	«Iodoserebrjanaja»

Märkus. Hõbebromiidpaberit toodetakse ka ilma nimetuseta «Unibrom» ja ta erineb viimasest ainult pisut madalamate sordinõuete poolest.

Emulsioonikihi pinna iseloomu järgi jagatakse fotopaberid siledateks ja struktuurseteks.

Siledad paberid	Struktuursed paberid
Eriti läikiv	Sametine
Läikiv	Peeneteraline
Poolmatt	Jämedateraline
Matt	Satineeritud (pressitud)

Tabel 31

Fotopaberite klassifikatsioon kontrastsusastme järgi

Kontrastsusaste	Kontrastsuskoefitsient γ		
	Eriti läikiv	Läikiv	Matt, poolmatt, struktuurne
Pehme № 1	1,3—1,5	1,0—1,2	0,8—1,0
Normaalne № 2	1,6—1,9	1,3—1,5	1,1—1,3
Normaalne № 3	2,0—2,4	1,6—1,9	1,4—1,6
Kontrastne № 4	2,5—2,9	2,0—2,4	1,7—2,0
Kontrastne № 5	3,0—3,9	2,5—2,9	2,1—2,4
Eriti kontrastne № 6	4,0—4,9	3,0—3,9	2,5—2,9
Ülikontrastne № 7	5,0—6,0	4,0—5,0	3,0—4,0

Aluse tugevuse järgi jagatakse fotopaberid õhukesteks (normaalse alusega) ja kartongiks (tugeva alusega), aluse värvuse järgi — valgeks, elevandiluuvärviliseks ja kreemiks.

Tabel 32

Fotopaberite ekspositsiooni kasuliku intervalli ja maksimaalse optilise tiheduse väärtused

Kontrastsusaste	Ekspositsiooni kasulik intervall L_g	Maksimaalne optiline tihedus D_{max}		
		Eriti läikiv	Läikiv	Matt, poolmatt, struktuurne
Pehme № 1	1,8—1,6	1,6	1,4	1,0
Normaalne № 2	1,5—1,4	1,6	1,4	1,0
Normaalne № 3	1,3—1,2	1,6	1,4	1,0
Kontrastne № 4	1,1—1,0	1,6	1,5	1,0
Kontrastne № 5	0,9—0,8	1,6	1,5	1,0
Eriti kontrastne № 6	0,7—0,6	1,6	1,5	1,0
Ülikontrastne № 7	0,5—0,4	1,6	1,5	1,0

Paberite formaadid
(cm)

6×9	18×24
9×12	24×30
9×14	30×40
10×15	40×50
13×18	50×60

Fotopaberite füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad

Ühelgi fotopaberisordil ei tohi emulsioonikihi sulamistemperatuur olla alla 50° C. Emulsioonikiht ei tohi alusest eralduda või mulle tekitada. Fotopaberi töötlemisel ei ole lubatav, et paber tõmbuks rulli või muutuks kollaseks. Paberi emulsioonikiht peab olema tasane, ühtlane ja ilma defektideta: ei tohi olla virvendusi, valgeid või musti punkte, kriimustusi, vahtu, surve läbi tekkinud vigastusi, «komeete», hõõrdumislooritust, elektrilaenguid ega mehaanilisi vigastusi. Samuti ei ole lubatav emulsiooni läbiimbumine aluse vastasküljele.

Loetletud defektide esinemisel tunnistatakse fotopaber praagiks ja ta kuulub vahetamisele.

Fotopaberite markeerimine

Fotopaberite markeerimisel näidatakse pakendil kopeerimisel kõige tähtsamaks osutuvad sensitomeetrilised karakteristikad — kontrastsusaste — sõnades ja numbri kujul, näit. «Kontrastne № 4» või «Nor-

maalne № 2». Peale selle näidatakse sordi nimetus (näit. hõbebromiid), paberi nimetus (näit. «Unibrom»), pinna karakteristika (näit. matt), aluse värvus (näit. valge), aluse tugevus (näit. kartong), partii number, valgustuse iseloom, mille paistel võib paberit avada ja töödelda, lehtede arv pakis või karbis, paberi formaat ja väljalaskekuupäev.

Lõpuks tuuakse pakendil peale kõikide ülalloetletud andmete kolmest arvust koosnev šiffer, kus arvud tähistavad pinda, fotopaberi tugevust ja värvust toodud järjestuses. Selleks on kasutusele võetud järgmised tingmärgid.

Pinna iseloomu järgi

Eriti läikiv	0	Peeneteraline	4
Läikiv	1	Jämedateraline	5
Poolmatt	2	Sametine	6
Matt	3	Satineeritud	7

Aluse tiheduse järgi		Aluse värvuse järgi	
Õhuke	1	Valge	1
Kartong	2	Elevandiluuvärviline	2
		Kreem	3

Nende arvude kombinatsioon annab tingtähistuse kolmekohalise arvu kujul. Nii näiteks tähistatakse «mattpaber, kartong, valge» šifriga 321; «läikiv, õhuke, valge» — 111 jne.

Fotopaberite säilimise ajad ja tingimused

Originaalpakendis fotopaberi kõlblikkuse garantiiajad on normaaltingimustes säilitamise puhul kehtestatud järgmiselt:

fotopaber «Unibrom»	18 kuud,
aristopaber	6 „ ,
kõik teised paberid	12 „ .

Selle aja vältel on lubatav fotopaberite fotograafiliste omaduste muutumine mitte rohkem kui 25% ulatuses, võrreldes esialgsete näitajatega.

Fotopaberite säilitamise tingimused on üldiselt analoogilised fotofilmide ja fotoplaatide säilitamise tingimustega (vt. lk. 161 ja 166). Kõige sobivam temperatuur fotopaberite säilitamiseks on 10—18° C. Väikestes kogustes võib fotopaberi pakke hoida horisontaalasendis.

Positiivmaterjalide kasutamise otstarve

Positiivfotomaterjalid võivad olla nii läbipaistval (positiivfilmid ja diapositiivplaadid) kui ka läbipaistmatul alusel (fotopaberid). Esimesed neist on määratud diapositiivideks, mida kasutatakse esijoones projekteerimiseks ekraanile, teised fotokoopiate saamiseks. Läbipaistva alusega positiivmaterjalide põhiliseks sensitomeetriliseks karakteristikaks on nende kontrastsusaste.

Tabel 33

Positiivfilmide ja diapositiivplaatide kasutamise otstarve kontrastsusastme järgi

Kontrastsusaste	Kasutamise otstarve
Kontrastsed	Normaalsetest negatiividest koopiate saamiseks
Eriti kontrastsed	Nõrkadest negatiividest koopiate saamiseks
Ülikontrastsed	Väga nõrkadest negatiividest koopiate saamiseks

Fotopaberite kasutamise otstarbe määravad nende järgmised omadused ja tunnused: 1) valgustundlikkuse aste, 2) kontrastsusaste, 3) pinna iseloom.

Tabel 34

Fotopaberite kasutamise otstarve sõltuvalt valgustundlikkuse astmest

Sordi nimetus	Valgustundlikkuse aste	Otstarve
Hõbebromiid «Fotobrom»	Kõrge	Üksikuks ja massiliseks kontakt- ja projektsioonkoopiateks
Hõbebromiid «Unibrom»	Sama	Sama
Hõbekloriidbromiid «Bromportret»	Sama	Üksikuteks kontakt- ja projektsioonkoopiateks
Hõbekloriidbromiid «Kontabrom»	Keskmine	Üksikuteks kontaktkoopiateks ja mitmesuguses toonis positiivide saamiseks (vt. lk. 351)

Tabel 34 järg

Hõbekloriid «Fotokont»	Madal	Sama
Hõbekloriidbromiidjodiid «Iodoserebrjanaja»	Väga madal	Üksikuteks kontaktkoopiateks
Hõbekloriid «Aristotipnaja»	Sama	Kontaktkoopiate valmistamiseks päevavalguses (ei vaja ilmutamist)

Tabel 35

Fotopaberite otstarve sõltuvalt kontrastsusastmest

Kontrastsusaste	Otstarve
Pehme № 1	Väga kontrastsetele negatiividele
Normaalne № 2	Kontrastsetele „
Normaalne № 3	Normaalsetele „
Kontrastne № 4	Madala kontrastsusega „
Kontrastne № 5	Nõrkadele „
Eriti kontrastne № 6	Väga nõrkadele „
Ülikontrastne № 7	Ülinõrkadele „

Tabel 36

Fotopaberite otstarve sõltuvalt pinna iseloomust

Pinna iseloom	Otstarve
Eriti läikiv Läikiv	Tehnilistele võtetele, joonreproduktsioonidele, polügraafiliseks paljundamiseks määratud võtetele
Poolmatt Matt Sametine Satineeritud	Kunstipäraste fototööde suuremamõõtmelisteks suurendusteks. Fotokujunduslikeks töödeks (pannood, vitriinid jne.)
Peeneteraline	Kunstipäraste fototööde suuremamõõtmelisteks suurendusteks. Fotokujunduslikeks töödeks (pannood, vitriinid jne.)
Jämedateraline	Sama

Toodud juhised ei ole kaugeltki kohustuslikud. Paberi valik pinna iseloomu ning värvuse järgi sõltub fotograafi isiklikust maitsest.

Mis puutub aluse tugevusse, siis on õhukese alusega paberid määratud põhiliselt väikeste piltide jaoks, tugeva alusega paberid suureformaadiliste võtete ja postkaartide jaoks.

Fotopaberite suhteline valgustundlikkus
(Fototööstuse andmete järgi)

Paberisordi nimetus / Kontrastsus	„Unibrom"	„Fotobrom"	„Bromportret"	„Fotokont"	„Kontabrom"	„Jodokont"	„Fotosvet" (värviline)
Pehme № 1	10	—	—	—	—	0,4	—
Normaalne № 2	10	—	4	2	0,8	0,4	30
Normaalne № 3	10	8	4	2	0,8	—	—
Kontrastne № 4	10	6	3	1	0,8	—	30
Kontrastne № 5	10	6	—	1	—	—	—
Eriti kontrastne № 6	5	—	—	1	—	—	—
Ülikontrastne № 7	5	—	—	1	—	—	—

Must-valgete fotopaberite eriomadused

Kõik must-valged fotopaberid, välja arvatud aristotüüppaberid, on määratud kopeerimiseks kunstlikus mitteaktiinses valguses ning nõuavad ilmutamist ja kinnitamist.

Fotopaberit «Unibrom» toodetakse kõigis kontrastsusastmeis. Ta annab sügavmustade toonidega kujutuse ja on suurima valgustundlikkusega.

Fotopaberit «Fotobrom» toodetakse kolmes kontrastsusastmes (№ 3, 4 ja 5); annab puhaste mustade toonidega kujutuse ja on pisut vähem valgustundlik kui «Unibrom».

Fotopaberit «Bromportret» toodetakse kolmes kontrastsusastmes (№ 2, 3 ja 4); on madalama valgustundlikkusega. Tavalisel töötlemisel annab soojade mustade toonidega kujutuse. Spetsiaalsel töötlemisel (vt. lk. 351) annab pruuni kujutuse.

Fotopaberit «Kontabrom» toodetakse kolmes kontrastsusastmes (№ 2, 3, 4); on madala valgustundlikkusega. Tavalisel töötlemisel annab pruuni varjundiga musta kujutuse. Spetsiaalsel töötlemisel (vt. lk. 351) võib saada pruuni, punaka või punakas-violetse tooniga kujutuse.

Fotopaberit «Jodokont» toodetakse kahes kontrastsusastmes (№ 1 ja 2). Väga madala valgustundlikkusega. Annab rohekate toonidega kujutuse.

Fotopaberit «Aristotipnaja» toodetakse ühes kontrastsusastmes (№ 3). Äärmiselt madala tundlikkusega ja nõuab kopeerimisel eredat päevavalgust. Annab nähtava kujutuse kopeerimise ajal ega nõua ilmutamist. Pärast kopeerimist töödeldakse viraaž-kinnitis (vt. lk. 348). Sõltuvalt viraaž-kinniti koostisest ja töötlemise kestusest selles annab kollakas-oranži, halli või hallikas-pruuni tooni.

FOTOMATERJALIDE TOOTMISPRAAGI LIIGID

Tabel 37

Fotoplaatide praagi liigid

Praagi liik valmisnegatiivil	Praagi põhjus
Plaatide ebaõige kuju	Klaasi halb lõikamine, tähelepanematus praakimisel
Liiga paks klaas (klaasi paksusnormi ületamisel ei mahu plaadid kassetti)	Klaasi halb praakimine
Defektid klaasi massis: mullid, triibud, õhumullid, kriimustused, lainelisus, täkked ja sälgud klaasi äärel	Klaasi halb praakimine fototehases klaasi vastuvõtmisel tootjalt-hankijalt
Läbivaatamisel vastu valgust on negatiividel emulsioonikihi õhenemise tõttu madala tihedusega kohti	1) Emulsiooni ebaühtlane valamine valamismasina valtside ebaõige asendi tõttu, 2) emulsiooni ebaühtlane pealeandmine masina kaskaadis, 3) ebaühtlane klaas
Emulsiooni viirud	1) Emulsiooni puudulik hangumine pärast valamist, 2) emulsiooni kokkuvoolamine kuivamise ajal
Emulsiooni mehaanilised defektid: kriimustused, sõrmejäljed, mustusetükid või tolm emulsiooni pinnal	1) Hooletus sissepakkimisel ja paberisse mähkimisel, 2) tootmisruumide ebarahuldav puhtus
Mustus plaadi tagaküljel	Valamismasina lõuendi ja kuivatusvildi halb puhastamine

Tabel 37 järg

Praagi liik valmiskoopial	Praagi põhjus
Emulsioonikihi eraldumine	1) Klaas on halvasti aluskihistatud, 2) emulsioonikiht on tugevasti pargitud, 3) liiga kiire kuivatamine
Üldine hall looritus	1) Emulsiooni halb kvaliteet, 2) fotomaterjali on tootmisprotsessis valgustatud
Äärte looritus	Plaatide vananemine pikaajalisest seismisest
Väikesed mustad punktid	1) Suured halogeenhõbeda kristallid emulsiooni liiga kauase valmimise puhul, 2) emulsiooni saastumine, mis kutsub esile hõbeda regenereerumise
Nõelatorke-kujulised üleskerkinud äärtega läbipaistvad punktid	Väikesed õhumullid emulsioonis
Läbipaistvad hajuvate äärtega laigud	1) Emulsiooni saastumine rasvaga, 2) emulsiooni on sattunud mikroorganisme

Tabel 38

Foto- ja kinofilmide praagi liigid

Praagi liik valmisnegatiivil	Praagi põhjus
Filmi ebaõige formaat	Nugade ebaõige asetus lõikamismasinas
Mitmesuguse laiusega (1—15 mm) valged triibud	1) Aluskihi ebaõige koostis, 2) filmi teravad murdmised tootmisprotsessis

Tabel 38 järg

Praagi liik valmisnegatiivil	Praagi põhjus
Nõelatorke-kujulised üleskerkinud äärtega läbipaistvad punktid	Sama mis plaatidel
Väikesed mustad punktid	Sama mis plaatidel
Läbipaistvad hajuvate äärtega laigud	Sama mis plaatidel
Kriimustused filmi pöördel	Filmi ettevaatamatu rulli keeramine
Kriimustused emulsioonikihil	Emulsioonikihi vigastamine valamisel, kuivatamisel või lõikamisel
Muster ehk muaree	Emulsiooni ebaühtlane valamine
Mustus emulsioonikihil	1) Emulsiooni halb filtreerimine, 2) tolm tootmisruumides
Emulsioonikihi eraldumine	Halb aluskiht
Üldine hall looritus	Sama mis plaatidelgi
Mustad välgukujulised jooned	Elektrilahendused filmi rulli keeramisel

Tabel 39

Fotopaberi praagi liigid

Praagi liik valmiskoopial	Praagi põhjus
Paber märgub lahustes liiga pehmeks ja tuleb emulsiooni küljest lahti	Aluse halb kvaliteet

Tabel 39 järg

Praagi liik valmiskoopial	Praagi põhjus
Valged punktid	Pronksi sattumine emulsiooni
Mustad punktid	Raua sattumine emulsiooni
Valged laigud	Emulsiooni saastumine rasvaga
Teravate piirjoontega ja üleskerkinud äärtega valged punktid	Õhumullid emulsioonis
Kriimustused, murdekohad, ebaõige lõikamine	Halb töö valamis- ja lõikamistsehhides
Paralleelsed mustad jooned	Hõõrdumislooritus, mis tekib kuiva emulsioonikihi tugevast hõõrdumisest vastu mähkimis- ja lõikamismasina valtse
Koopiatel näha aluskihi struktuur	Halb barüütalus. Barüütkiht liiga õhuke
Paber tõmbub töötlemisel torru	1) Liiga kuiv paber, 2) aluskihi halb kvaliteet
Üldine looritus	1) Valgust saanud, 2) pikaajaline hoidmine
Emulsioonikiht sulab üles ja tuleb lahti	Emulsiooni halb parkimine
Emulsiooni viirud aluse pöörde tagaküljel	Valamismasina rike või ebaõige reguleerimine
Kuivad koopiad pragunevad õgvendamisel	1) Emulsioonikiht on üle pargitud, 2) plastikaatori puudumine, 3) ebaõige kuivatusrežiim

IV osa

PILDISTAMINE

FOTOKOMPOSITSIOONIST

Fototehnika on pildistamisel ainult eesmärgi saavutamise vahendiks. Meisterliku tehnikaga valmistatud foto võib osutuda väärtusetuks, kui ta ei valmista vaatajale kunstilist elamust ja kui pildi sisu jääb raskesti tajutavaks. Seetõttu tekib fotograafil küsimus: kuidas pildistada nii, et esile oleks tõstetud sisuliselt oluline; kuidas leida süžeele õige, sisule vastav vorm, mis samaaegselt rahuldaks vaatajat ka esteetiliselt?

Kõigi nende küsimuste lahendamiseks on vaja tunda mõningaid üldisi fotoesteetilisi ja -kompositsioonilisi põhiküsimusi, ilma et neid võetaks kõigutamatu kaanonina.

Fotokompositsiooni all mõistame pildil olevate esemete kõigi elementide ühendamist ja paigutamist pildil nii, et fotos avalduks suurima selgusega fotograafi ideeline kavatsus. Kompositsiooni ülesanne on pildi sisu esile tõsta esteetilise, otstarbekaima ja veenvaima vormi abil, korraldada peamotiivi ja teisejärgulisi detaile pildil. Igale teadlikule pildistamisele peab eelnema vaatlus- ja kaalutlusprotsess, mille vältel jõutakse selgusele, kuidas pildistatavat motiivi korraldada, kuidas kasutada kompositsioonilisi abivahendeid — joonte, punktide, pindade asendeid ja suundi, valguse ja varju jaotust pinnal jne.

*

Foto komponeerimisel peame arvestama asjaolu, et fotoaparaadil on silmaga võrreldes mõningad erinevused.

Fotolääts fikseerib kõik pildiväljale sattuvad esemed ühesuguse kiretusega, vahet tegemata olulise ja mitteolulise vahel. Inimsilm aga suudab juba vaatlemise protsessis eraldada peasüžee kõrvalistest detailidest ja lisandab sellele teadvuses kõik, mis ta on varem kogenud sellest objektist.

Must-valge fotograafia registreerib kogu kireva looduse ainult must-valges tonaalsuses, kusjuures värvide intensiivsusmulje on inimsilmale teistsugune, kui see jäädvustatakse fotomaterjalile.

Fotolääts loob kahemõõtelise, pinnalise kujutuse, kuna inimene näeb kahe silmaga vaadeldes kolmemõõtelist ruumilist kujutust.

Selleks et fotol luua ligikaudu samasugust muljet kui inimsilmaga nähes, tuleb pildistamisel neid erinevusi arvestada ja kolmemõõte-

lise ruumi illusiooni loomiseks kasutada fotograafilisi väljendusvahendeid.

Must-valge fotograafia kasutab selleks oma spetsiifilisi väljendusvahendeid, mis erinevad tunduvalt maalimisel kasutatavaist vahendeist. Fotograafia on küll võimeline väljendama kontuure, siluette, ilmeid, metalliläiget, varjudemängu, kuid ta pole suuteline väljendama värvivarjundeile rajatud muljeid, ei punastamist, ei taevasina, õhtutaeva puna jne. Sellepärast peame arvestama, et fotograafia kõneleb oma keeles, et ta on iseseisev, fotograafiapärane kunst, mille kohta pole rakendatavad kõik need mõisted, mis kehtivad maalikunstis. Fotograafia kõneleb hele-tumeduse, valguse-varju keelega.

Kujutava kunsti alal võib võrdjooni tõmmata graafikaga, kusjuures aga oluline vahe on selles, et graafik paigutab kompositsioonilised elemendid teosele oma tahte ja kavatsuste kohaselt, fotograaf aga peab natuuris, looduses erinevaist elementidest valima temale sobivad, leidma sobiva pildistamispunkti, kust kõik elemendid näivad kompositsiooniliselt meid rahuldavaina.

Iga harmoonilise, esteetilistele nõuetele vastava foto loomine on fotokompositsioonilise ülesande lahendamine. Selleks tuleb enne pildistamisakti vaadelda motiivi, keskendada tähelepanu kogu ainestikule ja selgusele jõuda, mis on seal juhuslik, mis ei rõhuta peamotiivi ega suuna tähelepanu keskkele ideele. Vaikelude, portreevõtete, žanripiltide puhul tuleb kõne alla pildistatava objekti paigutamine vastavalt meie kompositsioonilistele kavatsustele ja vajadustele, kuid loodusvõtete, arhitektuurivõete jne. puhul peame arvestama motiivi kui niisugust ja me saame kompositsioonilisi parandusi ette võtta ainult pildistamispunkti valiku, valgustuse muutmise, perspektiivi muutmise teel. Mõningaid parandusi on fotograafil muidugi võimalik teha pärast pildistamist ka positiivprotsessis, näiteks pildilõike valimisega, tsentri nihutamisega, pildivälja tasakaalustamisega, valgusskaala muutmisega jne., kuid need jäävad vaid hädavahendeiks.

Fotograafilise kujutuse ülesehitamisel peab fotograaf pöörama tähelepanu pildi lineaarsele struktuurile (pildi formaat, motiivi paigutusskeemid, pildistamispunkti valik, jooned, nende suunad, iseloomustus ja laad, joonperspektiiv jne.) ning valgustusele ja tonaalsele struktuurile (valgustuse liigid ja viisid, valgus ja vari, tonaalne jaotus, tonaalne tasakaal jne.). Ometigi ei tohi unustada, et kõik kompositsioonireeglid on allutatud peaülesandele — pildi ideelise sisu õigele, realistlikule ja samal ajal ilmekamale, kunstipärasemale esiletoomisele fotograafiliste väljendusvahendite abil.

Lineaarne struktuur

Lineaarne struktuur käsitleb küsimusi, kuidas lineaarsete vahenditega tõsta esile olulist, peamist, kuidas avada süžeed ilmekalt, missugusesse vormi mahutada süžee, kuidas luua ruumilisuse muljet jne.

Horisontaal- või vertikaalformaat? Foto õige ideeline ja esteetiline mõju oleneb juba õige, sisule vastava pildiformaadi valikust. Formaadi määrab motiiv ise. Sisu tüüpiliste joonte esiletõstmiseks tuleb

leida, kas motiivis on ülekaalus horisontaalsed või vertikaalsed jooned. Motiivil esinev kõrge puuderühm või mitmekorruseline hoone oma kõrgusse pürgivate joontega nõuab orgaaniliselt vertikaalformaati, sest juba vertikaalformaat ise rõhutab kõrgust. Avarad vaated (metsamassiivid, laiad veteväljad jne.) sobivad horisontaalformaati, sest see aitab süvendada avaruse ja laiuse muljet.

Motiivi asetus fotol ja pindade jaotus. Igal fotol kujutataval motiivil on olemas mingisugune sisu, mille kujutamiseks fotograaf on motiivi jäädvustanud ja mida ta tahab näidata peamisena.

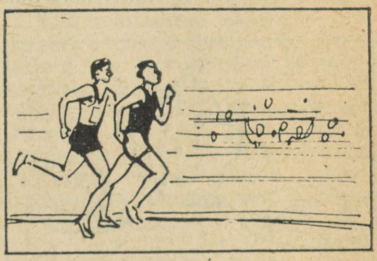
Pildipinna osa, mis meie tähelepanu kõigepealt ja kõige enam paelub, nimetame n ä g e m i s t s e n t r i k s. Pildil olev ese või motiiv, millele fotograaf tahab suunata meie tähelepanu, kujutab endast s i s u l i s t t s e n t r i t. Kõigiti läbikaalutud fotol peaksid sisuline ja nägemistsenter kokku langema. Selle saavutamiseks peab fotot valitsema ühtne idee, kõik kõrvalised detailid ja pildiosad peavad olema allutatud juhtivale, peamisele motiivile.

Peamotiivi ei asetata — välja arvatud muidugi teadliku kavatsuse puhul — pildiväljа geomeetrilisse keskkohta, sest see lõhuks pildipinna kaheks võrdseks sümmeetriliseks pooleks, mis loob rahuldamatustunde. Harmoonilise pildipoolte jaotuse saame, kui kasutame peamotiivi paigutamiseks pildiväljale kuldlõikereeglit ja nihutame pea-

motiivi pildi ühele äärele lähemale, nii et pildipoolte suhe oleks ligikaudu 3 : 5. See pindade jaotussuhe on maksev nii horisontaal- kui ka vertikaalsuunas. Ebameeldivalt mõjub, kui silmapiir või mingi muu pildiväljа poolitav joon, nagu puu, tee, jõgi jne. asub pildi keskpaigas.

Peaaegu igal fotol tuleb tegemist silmapiiri paigutamisega. Silmapiiri-joone asetamisel tuleb silmas pidada seda, kas tahetakse rõhutada esiplaani — sel puhul tõstetakse silmapiir nii, et esiplaan täidab pildist suurema osa. Meeldiva taevapinna esiletõstmisel ja kõrguse, õhulisuse mulje tekitamisel varume taevale suurema osa pildipinnast.

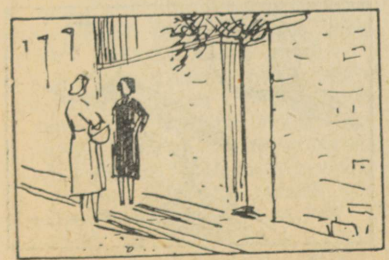
Pindade jaotuse puhul ei tohi unustada, et kui pildil esineb kuhugi vaatav inimene, kelle pilk on pildilt välja suunatud, siis tuleb pilgu suunas jätta rohkem ruumi, samuti ka liikuva sõiduki, looma või inimese liikumissuunale, sest vaatleja pilk libiseb tahtmatult samas suunas ja nõuab selleks ruumi.

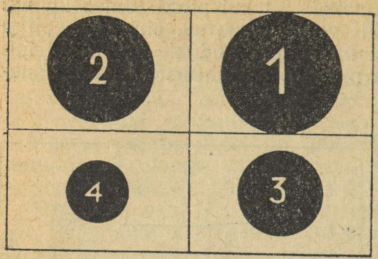


Suureplaanilisel pildistamisel on sageli otstarbekas pildistada vaid osa objektist ja jätta vaataja kujutlusvõime hooleks terviku kujutlemine. Endastmõistetavalt peab see detail olema valitud niivõrd iseloomulikult ja ilmekalt, et see tingimata suunaks kujutlusvõimet taotletavas suunas.

Mitmeplaanilisel fotol asub peamotiiv eelistatavalt teisel plaanil, mispuhul teisejärgulised detailid peavad omasoodu suunama vaatleja pilku peamotiivi kiirele leidmisele.

Pildipoolte erikaal. Vaadeldes õnnestunud ja meid rahuldavaid fotosid, näeme peagi, et pildi pinnapooltel on oma erikaal. Parem pildipool on alati aktiivsem, kuna pilk vaadeldes liigub tavaliselt vasakult paremale ja enne parempoolsele välisäärele jõudmist peatub pikemaks aja tähelepanelikumaks vaatamiseks. Samal ajal on pildi ülaosa





omakorda tähelepanu köitvam kui alumine osa. Kõrvaltoodud joonis kujutab graafiliselt pildivälja eri osade erikaalu.

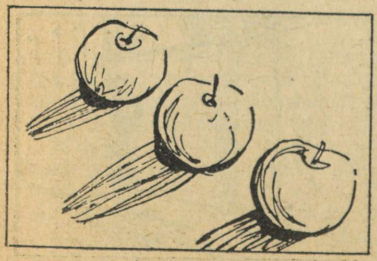
Siit võime teha lihtsa järelduse: fotot vaadeldes tundub loomulikumana, kui peamotiiv on asetatud pildi tsentrist paremale poolele.

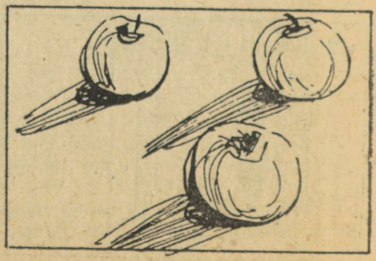
Motiivi paigutusskeemid. Üldreegliks on, et pildi pinda tuleb kasutada ratsionaalselt. Nagu juba öeldud, peab pildil esinev materjal jätma tasakaalustatud mulje, olema sisemiselt orgaaniliselt seotud. Lihtsam ja loomulikum motiivi paigutus on nn. tasakaalustatud sümmeetria, kus motiiv on nihutatud veidi ühele äärele lähemale — eelistatavalt paremale poole — kus teda tasakaalustab mingi detail pildi vastaspoolel.

Mitmest esemest koosneva motiivi puhul tuleb need võimaluse korral asetada nii, et silm leiaks ilma vaevata sisulise ja nägemistsentri.

Selle saavutame pildipinna ökonoomse kasutamise teel, kusjuures kõik pildielemendid tuleb paigutada võimalikult minimaalsele pinnale, nii et me saaksime ainsa pilguga täieliku kujutluse nende sisust.

Esemete grupeerimine pildil võib olla mitmesugune. Esemed võivad moodustada mitmesuguseid geomeetrilisi kujundeid (kolmnurk, ring,





ovaal, ristkülik jne.) või jooni (sirgjoon, kaar), mis seob neid sisemiselt tervikuks ja loob vaatajale mitmesuguseid muljeid.

Kolmnurkne kompositsioon loob alati sümmeetrilise mulje; rahuliku, kui kolmnurk tugineb alusele, äärmiselt rahutu, kui kolmnurk on asetatud teravikuga allapoole.

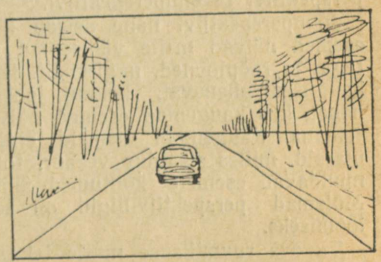
Ringikujulisel või ovaalsel kompositsioonil puudub pinda jagav tunnus ja ta tekitab seetõttu voolavuse, rütmilisuse mulje, kuna silm võib libiseda takistamatult mööda ringi. Ringikujulise kompositsiooni puhul koondub tähelepanu tahtmatult ringi keskpunkti.

Igal fotol võib märgata teatud joontesüsteemi, mille moodustavad esemete kontuurid, piirjooned, värvitoonide piirid, üksikud esilekerkivad detailid jne. Paljudel süžeedel on jooneline struktuur selgesti nähtav, näit. arhitektuurivõtted, tänavapildid jne.

Õnnestunult leitud lineaarses struktuuris võib täheldada üht valitsevat joonte põhisuunda, millele alistuvad kõik teised joonte suunad ja mis otsekui suunab vaatleja pilgu pildi sisulisse keskusse ja on seda efektiivsem, mida paremini on leitud üldine lineaarne skeem.

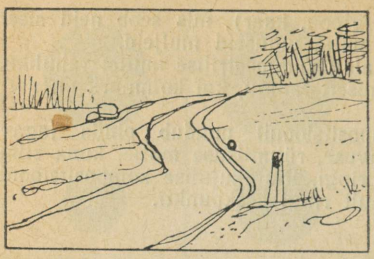
Joontest on mõningail piltidel ülekaalus horisontaalsed, teistel vertikaalsed jooned, kolmandail diagonaalsed jne. Iga jooneliik ja suund avaldab meile erisugust muljet. Horisontaaljooned mõjuvad rahustavalt, annavad pildile püsivuse, püstjooned seevastu suunavad kõrgusse, võivad näidata langust, kukkumist. Lainejoon loob liikumismulje, murtud joon vägivaldse, vastuolulise meeleolu. Diagonaalsuunalised jooned, mis kulgevad pildi nurgast nurka, otsekui juhivad meie pilku pildi sisusse. Sealjuures rõhutab diagonaaljoon ruumilist muljet. Vastupidi võivad aga pildist välja suunduvad jooned pilgu pildist välja suunata. Kaarjoont oleme hakanud pidama ilu sümboliks. Eritüübiliste joonte ühendamisel luuakse pinge või mänglevuse meeleolu.

Sirgjooned, nagu näiteks mõne arhitektuurilise objekti või kaugusse kaduva tänava piirjooned, ei tohi võimaluse piires kulgeda paralleelselt pildiäärtega, kuna rööpsus mõjub igavalt. Sirgjooned kulgevad eelistatavalt diagonaalses- või diagonaalsele lähedas suunas, kusjuures tuleb tähele panna, et nad pilti pooleks ei lõhu, et püsima jääks sõltuvus, side pildi üksikute osade vahel.



Harmoonilisele pildikompositsioonile mõjub ebasoodsalt joonte perspektiivne kokkujooks geomeetrilisse tsentrumisse, näit. kui tee jagab pildi pooleks.

Kaared kui osa ringist või ellipsist peavad esinema fotol võimalikult sageli. Selleks avaneb võimalusi loodusvõtetes — teede, jõgede, rannajoone näol, vaikeludes — taldrikute, tasside jne. näol. Veelgi soodsama mulje



jätab, kui kaarjooned on s-kujulised.

Selletaolise kaarjoone üks ots peaks tingimata ühest pildinurgast välja ulatuma.

Pildistamispunkt. Normaalselt oleme harjunud meid ümbritsevat maailma nägema ja pildistama silmade kõrguselt. Pildistades madalamast punktist — «konnaperspektiivist» — saavutame üllatava mõju. Seda ei tohi aga kunagi kuritarvitada ja kasutada võib seda vaid sisu esiletõstmiseks, näit. madalal asuvate esemete, taimede pildistamiseks, esemeile kõrguse andmiseks, kuna madal pildistamispunkt rõhutab kompositsiooni tasapinnalisust ja selle tungi, püüdu ülespoole. Ta tugevdab vertikaalsete ja kalduvate joonte mõju, suurendab pildi madalamate osade tähtsust, konkreetselt öeldes, tõstab esile arhitektuurilisi detaile, hoone mõõtmeid, puude kõrgust. Annab suurima efekti vertikaalse pildiformaadi puhul ja kasutatakse siis, kui tahetakse vaatleja tähelepanu suunata esiplaanile.

Kõrge pildistamispunkt annab pildile ruumilise sügavuse ja tugevdab horisontaalsete ning tugevasti kaldsuunaliste joonte osa. Kõrge pildistamispunkti puhul tõuseb silmapiirijoon ja pildile satuvad suuremal määral maas, madalamal olevad esemed, mis näivad eriti suuremast kõrgusest lamedamana, skemaatilisemana, kaardilisemana; esemete pikkus-laiusmõõted paistavad selgesti, kuid kõrgus ja maht muutuvad raskemini märgatavaks.

Perspektiiv. Kolmemõõtelist pildistamismotiivi saame fotol edasi anda ainult kahemõõtelisena, millel puudub sügavus. Ruumilisest sügavusest peame silmale looma illusiooni, silmapette meil olevate vahenditega, ja mida täielikumalt see õnnestub, seda vähem tunneme fotol kolmanda mõõte puudumist ning pilt tundub meile ruumilisena.

Seepärast on ruumimulje loomine fotoesteetika üks põhiküsimusi. Ruumiillusiooni tekitamiseks kasutame perspektiivi nähteid — joonperspektiivi ja õhuperspektiivi.

Joonperspektiivi nähe seisab lühidalt selles, et kaugemal olevad esemed näivad meile väiksemad võrreldes esiplaanil olevate esemetega, ja rööpjooned, nagu näit. teed, raudteed, tänavad, jõed, näivad kauguses ahenevat, kokku jooksvat. Õhuperspektiiviks nimetame nähet, kus kaugemad esemed näivad värvuselt heledamana ja ähmasemana. Kaugemaid esemeid eraldavad lähedamaist esemeist õhumassid, milles sisalduv veeaur, tolm, suits jne. hajutavad valgust ja muudavad esemete kontuurid ähmasemaks ning värvid heledamaks. Mõlemad perspektiiviliigid on teretulnud võimalus sügavusmulje loomiseks.

Tugeva ruumilisuse mulje tekitamiseks kasutame vajaduse puhul lühikese fookuskaugusega objektiive, et perspektiivi ilmselt liialdada. Inimsilmale tema 30°-se pildinurgaga mõjub lainurk-objektiiviga valmistatud foto eriti tugevasti ja tekitab joonte terava perspektiivi tõttu tugeva ruumilise mulje.

Peetagu siiski silmas, et ebameeldiv mulje tekib lainurkobjektiiviga eseme liiga lähedalt pildistamisel, kuna siis muutuvad taustal olevad esemed ebanormaalselt väikeseks võrreldes esiplaaniga ja tekib tugev perspektiivi moonutus.

Ruumiline ülesehitus. Tavaliselt jagame pildil nähtava ruumi kolmeks tasapinnaks ehk plaaniks: esi-, kesk- ja tagaplaaniks. Esiplaanil olevail esemeil on alati selged piirjooned, mahlakad varjud ja valguspinnad. Keskplaanil olevad esemed muutuvad juba pisut ähmasemaks, kuna tagaplaan on intensiivse udu- ja tolmuloori peidus ning esemed kaotavad piirjooned ja värvused muutuvad heledamaks. Silm näeb selles harjumuspäraselt ruumi. Eriti efektselt mõjub õhuperspektiiv vastuvalgustuse puhul.

Ruumilise sügavuse edasiandmiseks tuleb arvesse võtta peale pildi joonstruktuuri ka õhuperspektiivi väljenduslikke võimalusi. Õhuperspektiivi ei ole otstarbekas kõrvaldada pildilt väikese diafragmaava ja spetsiaalsete valgusfiltrite abil, millega võime küll saavutada suure sügavusteravuse ja selge tausta, kuid lõpptulemuseks on lame, ilmetu, ruumilise sügavuseta foto.

Peamotiiv asub fotol kas esi- või keskplaanil. Suuremate formaatide puhul asetseb peamotiiv keskplaanil, kusjuures esi- ja tagaplaan moodustavad talle dekoratsiooni ja tausta. Väikekaameraga pildistamisel aga peab arvestama, et filmi väikese formaadi ja piiratud eraldusvõime tõttu lähevad suurendamisel keskplaanil ja taustal asuvad detailid suures osas kaotsi. Seetõttu peame motiivi paigutama kas esiplaanile või, pildistades suuremat eset, mis asub kesk- või tagaplaanil, rõhutama esiplaani mingi selge, teravapiirilise, süžeele iseloomuliku esemega (näit. hoonete pildistamisel seame esiplaanile mõne inimese, puu, põõsa jne.). Mõnikord jääb küll ära esiplaan, kuid see ei mõju fotole ruumilise mulje seisukohalt soodustavalt, sest mida selgemini on näidatud kolm plaani, seda selgemini on tajutav lineaarne ja õhuperspektiiv. Mida julgemalt ja mida lähemale me toome esiplaani, seda enam manab ta esile ruumimulje. Esiplaanil olevad esemed peavad aga olema õigustatud, vastama pildi sisule, aitama süžee paremat mõistmist.

Tonaalne ülesehitus. Must-valge fotograafia puhul on pildistaja käsutuses ainult üks värv kõigis tema intensiivsusastmeis, mille abil ta peab edasi andma meid ümbritseva looduse kogu värvirikkuse. Kuna inimsilm on harjunud nägema kõiges esijoones värvide mängu ja harmooniat, siis peab fotograaf juba algusest peale teadma, et must-valges fotograafias on tal tegemist ainult valguse ja varju mänguga, heledate ja tumedate pindade vaheldumisega; järelikult on must-valges fotograafias esmajärgulise tähtsusega valgustus, mis võimaldab monokromaatilisel pildil saada tumeda ja heleda vaheldust kõigis tema astmestikes. Valgustus annab pildile jõu ja plastilisuse, kuna ühetoonilisus loob nukra, rõõmutu, elutu, ebaplastilise pildi.

Heledate ja tumedate toonide, valguse ja varju suhet ja vastastikust seost nimetatakse tonaalseks ülesehituseks, struktuuriks.

Pildistamisel on esimeseks ülesandeks määrata, missuguses tonaalsuses peab olema antud pilt. Fotograafiatehnika võimaldab vastavalt fotograafi kavatsustele kasutada mitmesuguseid tonaalsusastmeid, kas vähekontrastseid, pehmemate üleminekutega ja pooltooni-

dest rikkamaid, või kontrastsemaid, pooltoonidest suhteliselt vaest skaalat. Seejuures on fotograafil võimalus otsustada, missugust skaalaosa ta kasutab, kas tumedat või heledat skaalat, sõltuvalt sellest, kuidas seda nõuab teema ja selle käsitlus. Ühtlasi peab arvestama, et ühe või teise tonaalse laigu eredust ja kontrastsust tajub silm sõltuvalt pildil valitsevast üldisest toonist, näit. valge laik näib helehallil põhitoonil vähem eredana kui tumehallil või mustal pinnal, ja vastupidiselt — tume laik erineb seda enam, mida kontrastsem ta on ümbritsevast taustast.

Fotograaf võib valida valitseva tonaalsuse mingilt ühelt heledusastmiku osalt. Näiteks õised võtted, võtted vastu valgust on esijoones tumedatoonilised. Tonaalsust valides peab teadma, et ülekaalus olevad tumedad toonid põhjustavad raskuse, jõu, massiivsuse, range sünguse tunde, kuna heledad toonid seevastu loovad kerguse, selguse, julguse, uljuse, ruumilise sügavuse, õhulisuse tunde.

Iga foto koosneb erineva suurusega heledatest ja tumedatest pindadest. Mis puutub nende pindade suurusse, siis peab silmas pidama, et vähesed suured pinnad mõjuvad soodsamalt kui väikesed arvukamad pinnad, punktid. Viimased väsitavad silma, loovad rahutu mulje.

Must-valgete toonide paigutus pildi pinnal sõltub sellest, missugune on taotletav mulje. Tumedate pindade küllus pildi ühel poolel või ülaosas loob raske tasakaalutuse mulje. Soodsaima mulje jätab see, kui heledad pinnad asuvad pildi keskkoha läheduses ja neid piiravad tumedamad pinnad. Heledate ja tumedate pindade kvantitatiivne suhe peab olema selline, et suurem osa pildiväljast oleks keskmistes hallides toonides, mis ümbritsevad heledamaid pindu, kuna valgushelgid võivad esineda vaid üsna väikestel pindadel, samuti nagu süsimust varigi.

Fotot vaadeldes satub pilk kohe kõige heledamale pinnale, kuna heledas, valges ümbruses on kõik esemed ja nende omadused kõige selgemini äratuntavad. Seda peab arvestama heledate ja tumedate pindade jagamisel.

Ühtlasi võib siit teha loomuliku järelduse: pildi sisuline tsenter peab langema tonaalselt kõige heledamale pinnaosale.

Pildistatava eseme vormi, detailide, faktuuri esiletõstmiseks kasutame valgustusest tulenevaid erivõimalusi. Kasutades erinevaid valgustusallikaid ja valgustuse erinevaid langemisnurki võime valguse ja varju abil luua esemest erinevaid muljeid.

E s i v a l g u s (s. t. valgusallikas asub otse pildistaja selja taga) loob lameda, ilma varjudeta kujutuse, mispärast eelistame k ü l g v a l g u s t u s t, mis tõstab esile eseme vormid ja detailid langevate varjude tõttu. Eriti tõstab eseme kudet, faktuuri esile r i i v a v v a l g u s t u s, s. t. vaid mõnekraadise nurga all langev valgus, mida sobib kasutada kombineeritult teise otsevalgustusallikaga. Ü l a v a l g u s t u s (näit. suvel keskpäevane päike) on tavaliselt ebasobiv, kuna varjud langevad alla ning esemed kaotavad ruumilisuse. Eriti moonutavalt mõjub ülavalgustus portreevõtetes.

V a s t u v a l g u s t u s loob eriti efektse mulje. Valgusest tabatud esemed omandavad nagu mingi oreooli, valgustatav ese muutub siluetseks; samal ajal nõuab aga vastuvalgus küllaldast lisavalgust ees-

poolsete, varjupooles olevate detailide valgustamiseks. Seejuures peab eriti silmas pidama, et pildistamisel vastu valgust peab objektiiv olema varjatud otseste päikesekiirte eest. Vastuvalguse puhul kasutatakse sageli difuusorit.

Valgustus võib olla oma kontsentratsioonilt üsna mitmesugune.

Suunatud valgustus (näit. prožektor, päikesevalgus pilvitust taevast, abažuurita lambivalgustus jne.) võimaldab teravasti esile tõsta vormi ja ruumilisust, kuna suunatud valguse puhul tekivad oma- ja langevad varjud, kumerusel tekib helke. Ühest valgusallikast lähtuv suunatud valgus tingib aga liiga tugeva kontrasti, mida saab vältida mitme erisuunalise valgusallika üheaegse kasutamisega.

Hajutatud valgustus (näit. päevavalgus pilves taevaga) on valguse-efektide poolest vaesem ja esemeil on ainult valgused ja poolvarjud, kuna puuduvad heledad helgid ja tugevamad varjud, mille tõttu hajutatud valgustuses näivad esemed lamedaina.

Kombineeritud valgustus luuakse hajutatud ja suunatud valgusest, kusjuures suunatud valgus on siiski ülekaalus, selleks et varjud oleksid ära märgitud, läbivalgustatud varjualad aga püsiksid.

Praktilises fotograafias tingib valgustusliigi tarvitamise süžee iseloom ja see kuulub juba omaette peatüki raamidesse.

Motiivi ümbrus ja taust. Foto vaatlemisel pöördub tähelepanu esijoones valitud teemale, mis peab olema niivõrd selge, et hakkab silma juba esimesel pilgul. Kõrvaldetailid peavad ainult rõhutama peamotiivi selgemat esiletõstmist. Seetõttu on eriti oluline kontrollida tausta ja jälgida, et kirev, raske, tähelepanu endale kiskuv tagapõhi ei häiriks peamotiivi vaatlemist. Põhireegliks on, et taust oleks rahulik ja ühtlane. Seda saavutame juba tausta ebaterava edasiandmisega ja sellega tähelepanu kõrvale suunamisega. Tausta puhul peab silmas pidama, et peamotiiv kerkiks taustast selgesti esile, et taust ja peamotiiv moodustaksid kontrasti (hele motiiv tumedal taustal või tume motiiv heledal taustal) ja et taustal olevad jooned või pinnad ei lõikaks peamotiivi osadeks, et taustal ei asuks peamotiivi läheduses tausta põhitoonist teravasti erinevaid valgus-varju pindasid (näit. pöösaste tumedal taustal portreede pildistamisel ei tohi lehestikust läbitungivad valguskiired häirida portreed jne).

Tasakaalustatud pilt. Õige pinnajaotus nõuab, et igal pildipinna osal oleks oma «piltimoodustav» element, kusjuures aga ei tohi pilti üleliia täis toppida teisejärguliste detailidega, mis jätavad ebameeldiva mulje, samuti nagu mõjuvad ebasoodsalt kõrvuti asuvad tühjad pinnad. Pildil peab valitsema tasakaal. Kui peamotiiv asub tugevasti pildi ühel äärel, siis tundub loomulikuna, et pildi teisel äärel esineb mingi teisejärguline detail, mis pilti tasakaalustaks ja omakorda harmooniliselt rõhutaks peamotiivi ja suunaks sellele tähelepanu.

MITMESUGUSTE MOTIIVIDE PILDISTAMISE ISEÄRASUSED

Pildi ideelis-kunstilise väärtuse määravad süžee valik ja kujunduslik lahendus. Kuid arvutu hulk pildistamisobjekte ja -süžeesid ning kunstilise lahenduse valiku ülisuured võimalused teevad mõeldamatuks mingisuguste «retseptide» soovitamise, mis võiksid tagada heade ilmekate fotode saamise. Selletaolisel lähenemisel küsimuse lahendamisele tekib paratamatult šabloon ja primitivism, mis on kaugel kunstist; kunst aga näeb ette kujutatava pildi mõtte sügava mõistmise ühendamist kõrge kunstilise kujutamise kultuuriga.

Foto peab avaldama tervikliku ja lõpliku mulje, temas peavad selgesti väljenduma sisu, idee ja süžee, ülesvõtte kõik kujutavad elemendid peavad olema sellele allutatud. Kaadri teisejärgulised detailid peavad olema õiges vahekorras pildistatava põhiobjektiga, ei tohi teemast tähelepanu kõrvale juhtida, vaid peavad põhiteemat täiendama ja sügavamalt avama. See saavutatakse pildi kompositsioonilise ülesehitusega, mis sõltub eelkõige nii valitud pildistamispunktist ja kasutatavast objektiivist kui ka vastavaist valgustustingimustest.

Selle loominguliste ülesannete keeruka kompleksi lahendamine on võimatu ilma fototehnika põhjaliku tundmiseta.

Ühtlasi aga võib liigne tehnikast innustumine viia puhtformalistlike ülesvõteteni, millel puudub igasugune seos fotokaadri sisuga, s. t. pildistatava objekti moonutamisele formaalsete valgusefektide ja kompositsiooniliste ülesehituste nimel.

Kui fotol puudub sisu ja elav elu asendatakse fotograafia välise, tehnilise külje hiilgamisega, siis eksib fotograaf sotsialistliku realismi teelt ja satub formalismi.

Tehnika peab loominguliste kavatsuste teostamisel olema ainult vahendiks.

Fotograafia kasutamine on erakordselt laialdane; on olemas suur hulk kõige mitmekesisemaid pildistamisliike, milledest on kõige laiemat levikut leidnud 1) portree, 2) maastikuvõtted, 3) arhitektuurivõtted, 4) objektide võtted, 5) tootmisprotsesside võtted ja 6) muud laadi reportaaž.

Allpool vaatleme neid ülesvõtete liike ja nendega seotud põhilisi tehnilisi võtteid, mis kergendavad ja lihtsustavad ilmekate ja kvaliteetsete fotode saamist. Kuid neid juhiseid ei tohi võtta püsivatena, kõigil juhtudel kehtivatena, vaid neist tuleb juhinduda loominguliselt, sõltuvalt iga üksiku konkreetse pildistamisjuhu iseärasustest.

Portree.

Üheks levinumaks pildistamisliigiks on portreefotograafia. Portreefotograafia keerukus seisab eelkõige kujutise loomises, mis annaks edasi fotografeeritava inimese karakteersed isikupärased jooned.

Portreevõtteid on mitut liiki: üksikportree, grupp, pea, poolpikkuses, kogupikkuses jne.

Fotograafilise portree kvaliteet sõltub suurel määral järgmiste tegurite arvestamisest: a) portreteeritava näoilmest ja poosist, b) valgus-

tusest, c) fotoaparaadi asendist ja optikast, d) negatiivmaterjalist ja selle töötlemisest, e) positiivprotsessist.

Pildistatava isiku näoilme ja poos. Fotograaf, taotledes portree sarnasust originaaliga, peab tundma õppima isiku nägu ja otsusele jõudma, missugune näoilme kõige enam vastab antud isiku iseloomule. Peaaegu ühelgi inimesel ei ole parem ja vasak näopool täiesti sümmeetrilised, ühtedel on see asümmeetria vähem märgatav, teistel rohkem. Seepärast on vaja pildistamisel ja poosi valikul anda inimese näole ja kehale selline pööre, mille juures näo asümmeetria ei oleks märgatav, vaid nägu oleks rahulik, pingutamata, pea asuks kõige iseloomulikumas asendis.

Inimese nn. «ilu» tagaajamine portreel viib individuaalsete joonte nivelleerimisele. Tuleb vältida portreevõttel mõttetute rakursside, mittevajalike valgushelkide ja muude analoogiliste võtete kasutamist, mis tagavad standardse «ilu», kuid hävitavad suurel määral ülesvõtte realistlikkuse.

Näoilme sõltub inimese seisundist antud momendil. See on täiesti erinev töötaval inimesel, keskendunult loengut kuulaval inimesel, puhkaval, naerval inimesel jne.

Poos peab samuti vastama pildistatava isiku iseloomule, tema vanusele, tema seisundile antud hetkel. Tuleb kõigiti vältida tehtud, standardseid «teatraalseid» poose. Juba enne pildistamist tuleb pöörata tähelepanu sellele, kuidas pildistatav tavaliselt istub, kuidas ta hoiab käsi, pead jne., ja pildistamise ajal luua talle kõige loomulikum poos. Ebaõnnestunud poos võib põhjustada inimese ebaõige, moonutatud kujutuse.

Tuleb tähelepanelikult suhtuda pea kallakuisse, mida fotograaf peab hindama koos valitud pildistamispunktiga. Näiteks kui kaamera on suureformaadilise portree võtmisel asetatud pildistatava silmade tasemest pisut kõrgemale, ta pea aga on pisut ette ja alla kallutatud, siis moonutatakse ülesvõttel näo ja pea proportsioone: laup muutub suureks, nina pikaks, lõug muutub väikeseks, kael lüheneb. Pea kallutamisel pisut taha ja üles lõug suureneb, laup ja nina lühenevad.

Grupiportreede pildistamisel tekitab mõningaid raskusi pildistatavate paigutamine pildile. Kõik inimesed tuleb pildile paigutada nii, et nad ei istuks standardseis ja üksteisest sõltumatuis poosides, vaid et ülesvõte kõneleks selgesti pildistatavate vahelisest seosest, et see oleks selge kavatsuselt ja selgejooneline kompositsioonilt. Pildistatava grupi iga osalise näoilme ja poos peab olema läbimõeldud ja loomulik. Tehtud, võltsid poosid grupivõttel muutuvad veelgi silmapaistvamaks kui individuaalportreel.

Portree valgustamine. Eriti tähtsaks momendiks ilmeka portree loomisel on valgustus. Valgus, langedes näoreljeefile, loob valgus-varju üleminekud, mis võimaldavad saada portreel ühe- või teistsuguse joonise. Valgustusvahendite mitmesuguse kasutamisega võib saavutada kõige mitmekesisemaid efekte: valgusega võib rõhutada näo kumerust, sügavate varjudega võib näo valgustamata osades luua pehme tonaalse joonistuse. Valgusskeemide mitmekesisus on tingitud sellest, et portreepildistamist võib teostada nii loomuliku päevavalguse käes kui ka hõõglampide, välklampide, magneesiumi kunstliku valguse käes ja päevavalguse ja kunstliku lisavalgustuse kombineerimisel.

Portreepildistamisel tuleb eraldada nelja liiki valgust, mis määratakse kindlaks nende abil lahendatavate ülesannete iseloomu järgi.

1. Joonistav valgus — intensiivne, suunatud valgus. mis tõstab esile pildistatava objekti detailide ruumilised mõõtmed ja on valgustusefekti aluseks.

2. Üldine täiendav valgus — hajutatud valgus, mis tagab detailide läbitöötamise varjudes. Täiendav valgus seatakse tavaliselt üles fotoaparaadipoolsesse külge.

3. Modelleeriv valgus, mille ülesandeks on pildistatava objekti üksikute osade läbitöötamine.

4. Vastuvalgus, mis joonistab välja pildistatava objekti põhikontuurid. Vastuvalguse allikas asetatakse tavaliselt pildistatava objekti taha ja temast pisut kõrgemale neil juhtudel, kui objekt ja foon on ühe tooniga.

Kombineerides neid valgustusviise mitmesuguselt nii valgusvoogude suuna kui ka nende abil loodava valgusjõu poolest, saavutab fotograaf portreteeritava näo kõige ilmekama valgustamise. On võimatu soovitada mingisuguseid alalisi valgustamisskeeme portreepildistamiseks, sest iga nägu nõuab individuaalset lähenemist. Ühel juhul annab paremaid tulemusi pehme hajutatud valgustus, teisel juhul osutub parimaks üldise täiendava vastuvalgustuse kombinatsioon.

Toome mõningad pildistamisel kasutatavad näo valgustamise näidisskeemid (joon. 126).

Tavalistes kunstliku valgustuse vahendeis, mida kasutatakse portree pildistamisel, monteeritakse hõõglambid sofittidesse või metallist reflektoriga kesta. Sofitid ja reflektorid suurendavad pildistatava objekti valgustuse eredust ja kontsentreerivad või suunavad hõõglampide valgust. On olemas suur hulk erinevate konstruktsioonidega sofitte: alates madalaist ja laiadest, mida kasutatakse sügava, hajutatud pehme valguse saamiseks, kuni sügavate, väikese avaga sofittideni, mis võimaldavad saada suunatud valgusvoo valgusallikast. Niisuguste sügavate sofittide abil luuakse heledad valguslaigud portreteeritava näol ja figuuril.

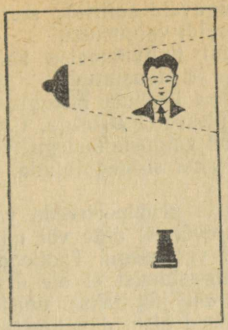
Kui valgusallika lambi valgust on vaja pehmendada, ekraniseeritakse ta marlist, tüllist, õhukesest lõuendist jne. poolläbipaistva hajutava ekraaniga.

Portreevõtte puhul on valgustamiseks peaaegu kohustuslik kasutada mitut (kaht, kolme või rohkemat) valgusallikat. Lampide arv sõltub valgustatava näo individuaalsusest ja fotograafi kunstilisest kavatsusest. Kunstliku valgustuse puhul tuleb tööd alustada väikese arvu lampidega ja alles hiljem siirduda suurema arvu valgustusvahendite kasutamisele.

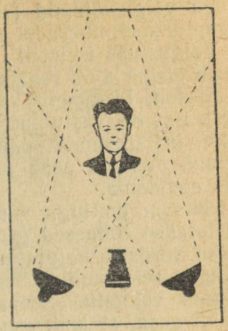
Kasutades pildistatava objekti valgustamiseks mitut sofittides lampi, tuleb igaüks neist täpselt üles seada, leida tema valgusvoo langemise suund valgustatavale objektile ja määrata kindlaks tema poolt loodava valgustuse suurus. Ülesseatud valgusallikate järjestikuse sisselülitamisega tuleb tähelepanelikult jälgida muudatusi, mida toob valgusjoonistusse iga üksik sisselülitatav lamp, et saada täpne ettekujutus sellest efektist, mida annab iga üksik lamp valmis ülesvõttel, ja osata lahendada iga lambi abil kindlad valgustusülesanded.

Väikese grupi (kahe-kolme inimese) portree pildistamine nõuab

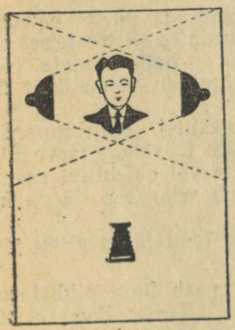
1. Valgusallika asend objekti taga loob terava näokontuuri. Nägu on tume.



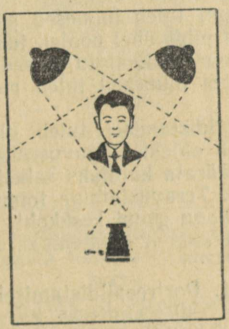
2. Objekti külgvalgustusel saadakse üks näopool heledana, teine tumedana.



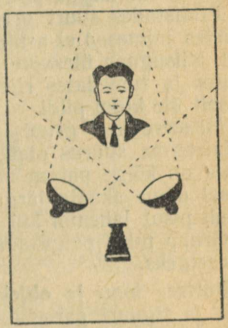
3. Otsevalgustus kahest valgusallikast annab lameda kujutise.



4. Objekti külgvalgustuse puhul kahe valgusallikaga saame portreel kontrastse valgusjoonise.



5. Valgustades objekti ülalt kahe valgusallikaga, saadakse sügavad varjud silmakoobastes, nina all, kaelal ja lõua all.



6. Objekti valgustamine kahe valgusallikaga alt tekitab sügavad varjud laubal, põskedel ja ninal.

Joon. 126. Objekti valgustamise näidisskeemid pildistamisel.

veelgi suuremat vilumust ja tähelepanu kui individuaalportree, sest sel juhul tuleb iga üksiku pildistatava valgustamisel arvestada tema individuaalseid jooni, seejuures aga säilitada teatud üldine valgustuse iseloom kogu grupile. On ilmne, et siin võidakse saavutada paremaid tagajärgi, kui kasutada kitsaid, suunatud valgusvoogu-

dega valgusallikaid (sügavaid sofitte), sest need võimaldavad luua grupiliikmete nägudel eraldi valgustust.

Valgustuse iseloom nii individuaalse kui ka grupiportree puhul peab olema alati reaalne ja õigustatud.

Ei tohi lasta end kaasa kiskuda niisuguste valgusskeemide loomisest, mis on vastuolus ülesvõtte süžeega. Ülesvõte võib osutuda võltsiks ja tõmmata oma valgustaikudega vaataja tähelepanu sisust eemale. Valgus peab aitama süžeed tajuda, mitte aga selles peamist osa etendama.

Lihtsam on lugu suurte grupiportreede valgustamisega. Tavaliselt asetatakse inimesed grupivõtetel ühte või mitmesse ritta ja valgustatakse võrdselt hajutatud valgusega. Taotleda suure grupi iga liikme mingit iseloomulikku valgustamist ei ole otstarbekohane ja see on koguni võimatu. Seepärast jälgitakse suurte gruppide pildistamisel ainult seda, et kõik osalised oleksid valgustatud võrdselt ja ühesuguselt. Niisugune valgustamine saavutatakse ainult mitme valgusallika abil. Suurt gruppi on kergem pildistada loomuliku valgustusega, kuid ainult mitte otsese päikesevalguse käes, sest sel puhul tekiksid pildile teravad varjud. Kõige sobivam päikese asend on aparaadi küljelt ja tagant. Veelgi parem, kui päike on kaetud heledate pilvedega. Häid tulemusi annab ka pildistamine varjus.

Pildistades suurt gruppi tuleb inimesed paigutada nii, et heledates riietes inimesed ei asuks pildi ühel poolel, tumedates riietes teisel poolel. Niisugune ülesvõte on tasakaalutu ja seda on halb vaadata. Heledates ja tumedates riietes inimesed tuleb paigutada võimalikult ühtlaselt üle kogu pildi.

Mitmerealise grupi pildistamisel tuleb objektiivi diafragmeerida. Diafragma suurus oleneb objekti sügavusest, s. t. ridade arvust, ja seda on kõige parem määrata kindlaks tabelite või objektiivi raamistusel oleva skaala järgi. Teravustamine toimub selle rea järgi, mis asub pisut lähemal kui kogu grupi keskkoht.

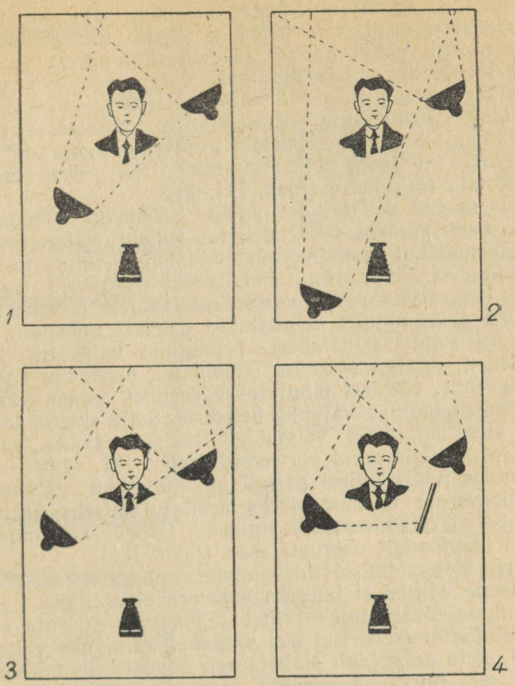
Grupp tuleb paigutada foonist kaugemale, et foon jääks pildil pisut ebaselgeks.

Portree foon ja objekt. Portreepildistamisel peab foon pildistatava näo ja figuuri paremaks esiletõstmiseks kaasa aitama. Foon ei tohi kunagi vaataja tähelepanu pildi põhiobjektilt kõrvale juhtida ja seepärast on väga sageli portreele kõige paremaks fooniks mingi neutraalse tooniga pind. Nii võib fooniks kasutada halli lõuendi või paberiga kaetud kilpi, vabalt seinale riputatud halli vaipa, riiet jne.

Portreteeritavat ei tule asetada foonile liiga lähedale; kaugus foonist ei tohi olla alla 1 meetri, sest muidu tuleb foon pildil liiga terav. Kui aga foon ei ole neutraalne, vaid kujutab endast maastikku või interjööri, mis asub pildi sügavuses, siis asetatakse pildistatav lähimast mööbliesemest või maastikudetailist 3—5 m kaugusele. Teravuse vähenemine sügavuses nivelleerib teatud määral fooni kirevust.

Fooni valgustamisel tuleb tähelepanelikult jälgida seda, et sellel olevad valguslaigud ja varjud ei omandaks pildil iseseisvat tähendust ega tõmbaks vaataja tähelepanu eemale peamiselt kujutiselt. Fooni valgustus peab olema fotografeeritava inimese valgustusega hästi sobitatud.

Mõningais portreedes on foon temaatiliselt fotografeeritavaga ühen-



Joon. 127. Valgustusskeemid, mis annavad objekti ja tausta toonide mitmesuguse vahekorra:

1 — objekt ja taust on ühesuguse tonaalsusega; *2* — objekt on taustast tumedam; *3* — objekt on taustast heledam; *4* — taust on tumedam objekti valgustatud osadest ja heledam selle varjualadest.

datud ja näitab, kus tegevus toimub. Kuid vaatamata fooni kogu tähtsusele jääb ta niisugustel fotodel ikkagi ainult fooniks ega tohi mingil juhul omandada pildil domineerivat tähtsust.

Tuleb jälgida, et fooni detailid oleksid harmoonilises kooskõlas kujutise peamise objektiga, et nad ei satuks vahetult figuuri taha, ei sulaks sellega kokku ega moonutaks tema vorme. Fooni esemetest moodustatud horisontaaljooned ei tohi tükeldada figuuri, nagu see juhtub näiteks siis, kui horisondijoon kulgeb inimese kaela tasapinnal.

Portreele ruumilisuse mulje loomiseks tuleb fooni toonid kooskõlastada fotografeeritava eseme tonaalsusega. Objekti ja fooni tonaalsuse vahekorras võib märkida järgmisi tüüpjuhtumeid: a) fotografeeritav objekt ja foon on ühesuguse tonaalsusega, b) objekt on foo-

nist tumedam, c) objekt on foonist heledam, d) foon on tumedam objekti heledatest osadest ja heledam objekti tumedatest osadest.

Esimese skeemi puhul toimub see siis, kui objekt ja foon saavad ühesuguse tonaalsuse puhul ühesuguse valgustuse, s. t. valgustatakse ühesuguse tugevusega valgusallikaist. Objekti ja fooni niisuguse valgustuse puhul lahendatakse portree pehmes tonaalsuses (joon. 127 *1*).

Teise skeemi loomiseks seatakse üks lamp aparaadi taha, tunduvalt kaugemale kui fooni valgustav lamp. Sel puhul omandab fotojoonistus kindla reljeefsuse (joon. 127, *2*).

Kolmanda skeemi kohaselt on objekti valgustus heledam kui foonil. Niisugune seaduspärasus tekib siis, kui objekti valgustav lamp asub objektile lähemal kui fooni valgustav lamp foonile. See valgustusskeem võimaldab saada väga efektiivseid portreesid (joon, 127, *3*).

Neljanda valgustusskeemi teostamiseks tuleb lambid asetada niiviisi, et foon oleks objekti valgustatud osadest tumedam, kuid samal ajal heledam selle varjualadest. Niisugune valgustus saavutatakse järgmisel viisil: esialgu seatakse lambid nii, nagu see on ette nähtud esimeses skeemis, seejärel nihutatakse eesmist lampi vasakule senikaua, kui foon omandab vajaliku heleduse. Selle skeemi loomine vajab mõningat vilumust, kuid võimaldab see-eest saada valgustuse ja tonaalsuse poolest ilmekaid portreesid (joon. 127, *4*).

Siseruumides pildistamisel päeval või kunstliku valgustusega võib selle valgusenergia maksimaalseks ärakasutamiseks kasutada vineerist või paberist reflekteerivaid pindasid, millede abil objekti ja fooni varjuosasid täiendavalt valgustatakse (joon. 128).

Valgustuse ülesseadmisel tuleb lampide paigutamisel silmas pidada seda, et otsene valgus ei langeks kaamera objektiivile.

Portreevalgustamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata silmade valguslikule läbitöötamisele. Kui üks valgusallikaid, mis valgustab nägu, asetada nii, et ta peegeldub pildistatava silmist, siis tekivad sel puhul helendused, mis elustavad portreed, suurendavad tema sarnasust originaaliga.

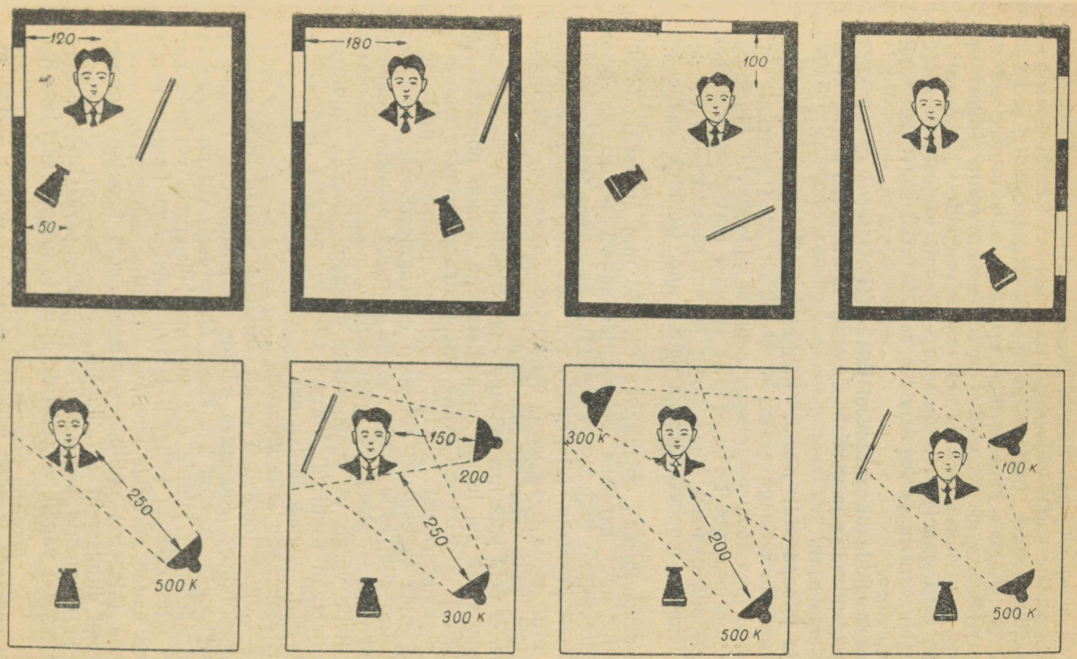
Kui pildistatav isik kannab prille, siis tuleb pildistamisel pöörata tähelepanu sellele, et valgusallikad ei peegelduks prilliklaasidel, sest muidu muudab selle juures tekkiv helk silmad halvasti eraldatavaiks. Pöörates pead ja muutes valgusallika asendit võib saada niisuguse valgustuse, kus tulevad hästi välja nii silmad kui ka prilliklaasid.

Portreepildistamine vabas looduses. Häid tagajärgi annab portreepildistamine vabas looduses loomuliku päikesevalguse käes.

Valgustus on vabas looduses äärmiselt mitmekesine ja sõltub päikese kõrgusest, taeva seisundist ja atmosfäärist. Päikesevalgus võib anda portreel kõige mitmekesisemaid valgusjoonistusi. Portreed tulevad vabas looduses hästi välja, kui kerged pilved päikesevalgust pisut pehmendavad. Pehme valgustuse saame hommiku- ja õhtutundidel ja just neid tunde tulebki kasutada portreepildistamiseks.

Keskpäeval või õigemini keskpäeva paiku on portreepildistuse tingimused äärmiselt ebasoodsad, sest pildistatava näol tekitavad nina, kulmud, lõug jne. sügavad varjud. See kontrastne, terav näovalgustus annab tavaliselt moonutatud foto.

Looduses tehtavate võtete puhul kasutatakse laialdaselt peegeldusekraane, milleks võivad olla suured valged paberilehed, kartong,



Joon. 128. Objekti valgustusskeem pildistamisel siseruumides päeval (ülal) ja kunstliku valgustusega hõõglampide abil (all).

stanniol- või alumiiniumpaberiga ülekleebitud vineer jne. Teatud vilumuste ja kogemuste puhul võib peegeldusekraanina kasutada ka peeglit, kuid seejuures tuleb talitada äärmiselt ettevaatlikult, sest peegel tekitab pildistatava näol heledad helgid, mis deformeerivad näo vormi. Kui pildistatavale on valitud teatud kindel asend päikese suhtes, seatakse peegeldusekraan nii, et sellelt peegelduv päikesevalgus langeks näo varjuosadele ja valgustaks vastavalt varjusid. Kasutades mitut peegeldusekraani ja reguleerides asendit võib saavutada suurepärase valgustuse.

Peegeldusekraanide ülesseadmisel tuleb jälgida, et nad ei satuks objektiivi nägemisvälja ja et nende poolt peegeldatavad kiired ei valgustaks fotomaterjali.

Optika ja fotoaparaadi asend. Põhimõtteliselt võib portreepildistamiseks kasutada peaaegu igasugust objektiivi, kuid paremaid tulemusi annavad pika fookuskaugusega pehmelt joonistavad objektiivid.

Lühikese fookuskaugusega objektiivid ei kõlba portreepildistamiseks, sest lähedalt pildistamisel, mida sageli juhtub peaportreede võtmisel, moonutab lühikese fookuskaugusega optika näo üksikute osade proportsioone.

Pika fookuskaugusega objektiivide (24×36 mm suuruse pildivälja puhul 85—135 mm) paremus portreepildistamisel seisab ka selles, et suhteliselt väikese sügavusteravuse tõttu saadakse nende objektide foon tavaliselt pehmena, fotografeeritava näo aga saame joonistuse pehmuse tõttu, mille niisugused objektiivid annavad, plastilisena, naha detailide, tema defektide jne. ilma liiga täpse esiletoomiseta.

On ilmne, et neid pika fookuskaugusega objektiivide võimalusi saab ära kasutada ainult sel juhul, kui pildistamine toimub objektiivi täie või sellele lähedase efektiivse avaga, sest diafragmeerimine suurendab objektiivi sügavusteravust ja kaotab optilise joonistuse pehmuse ja plastilisuse. Mida tugevamini objektiivi diafragmeeritakse, seda teravamalt tuuakse pildil esile kortsud, voldid ja muud näonaha puudused.

Mõningail juhtudel asetatakse pildi optilise joonistuse pehmendamiseks objektiivile võrgu või spetsiaalsete optiliste klaaside kujul spetsiaalsed hajutavad seadised. Võrgud tehakse mingist läbipaistvast materjalist, näit. mustast tüllist, mis on tõmmatud ühekordselt objektiivi raamistusele kogu selle ulatuses.

Huvitava optilise joonistuse efekti annavad võrgud, mis on tõmmatud mitmekihiliselt, kusjuures kihtide pealepanemine toimub sel viisil, et keskosa on kaetud kas ainult ühekordselt või on üldse katmata, kuid äärtel on kihtide arv suurem. Niisuguste võrkude kasutamisel on pildi keskosa küllaltki terav, äärtel aga langeb kujutise teravus, mis annab portreele huvitava kunstilise lahenduse.

Hajutavate (klaasist) optiliste seadistena võib kasutada mitmesugust süsteemi difuusoreid (vt. lk. 42).

Võrgud ja difuusorid asetatakse objektiivile pärast teravustamist. Seda peab tegema väga ettevaatlikult, et mitte fotoaparaati kohalt ära nihutada.

Sõltuvalt aparaadi asendist pildistatava suhtes võivad portree üksikute detailide proportsioonid muutuda. Pea-portree puhul saame õiged proportsioonid siis, kui aparaadi objektiiv asub pildistatava silma kõrgusel. Vöö-portree puhul peab aparaadi objektiiv asuma kaelaga

ühel tasapinnal. Põlvini kujutise puhul peab objektiiv asuma rinna kõrgusel. Kogupikkuses portree saamiseks asub objektiiv vöö kõrgusel. Loomulikult võib neist reeglitest mitte kinni pidada, kui seda dikteerib ülesvõtte sisu või vajadus rõhutada portree mõnda detaili. Fotoaparaadi õigustamatud kallakud («efektsete» rakursside tagaajamine) ei anna mingeid muid tulemusi, kui ainult moonutavad pildistatavat objekti. Kaamera asend, samuti nagu pildistatava näo valgustus, peab alati vastama portree sisule, muidu muutub see ebaloomulikuks ning mõningail juhtudel ka formalistlikuks.

Portreevõtete fotomaterjal. Portreevõteteks kunstliku valgustusega on kõige parem kasutada väikese kontrastsusastmega ja võimalikult kõrgema valgustundlikkusega isoortokromaatilisi materjale. Negatiivmaterjali kõrge valgustundlikkus võimaldab pildistada lühikeste säriaegadega, mistõttu pildistatav käitub aparaadi ees vabamalt, sundimatumalt ja vähem pingutatult.

Pildistamine ruumis pankromaatilisele materjalile toimub ilma valgusfiltrita, mida kasutatakse ainult sel juhul, kui pildistatava nägu on kaetud vistrikega. Kollane valgusfilter vähendab ja vahel hoiab täielikult ära vistrike nähtavaletuleku ülesvõttel.

Pildistamine vabas looduses või loomuliku valguse käes võib toimuda nii ortokromaatilisele kui ka pankromaatilisele negatiivmaterjalile. Nii ühel kui teisel juhul peab materjali kontrastsus olema väike. Tavaliselt kasutatakse niisugusel pildistamisel keskmise tihedusega kollast valgusfiltrit.

Lasteportreede pildistamine nõuab ülikõrge tundlikkusega negatiivmaterjali, kuna lapsed on erakordselt liikuvad ega suuda pikemat aega poseerida.

Portreenegatiivide fotograafiline töötlemine toimub pehmelt töötavais tasandavais ilmutites. Niisuguste ilmutite retseptid on antud lk. 309—313. Ilmutamise kestuse määravad negatiivmaterjalide iseloom ja säriaeg. Tavaliselt töödeldakse kaasaegseid portreenegatiive 15—18 min. Negatiiv peab olema hästi läbi töötatud, kuid mitte liiga tihe. Tihedad negatiivid annavad isegi sel puhul, kui detailid on hästi läbi töötatud, positiivkoopial jämeda, kontrastse kujutise.

Portreevõtte puhul etendab positiivprotsess väga tähtsat osa ja nõuab erilist tähelepanu ja vilumust, sest isegi väga heast negatiivist võib kopeerimisel saada jämeda ja vahel tonaalselt täiesti moonutatud kujutise.

Suuremad portreed, eriti aga suuremamõõtmeliste suurenduste puhul, kopeeritakse matt- või poolmattpaberile; veelgi paremaid tulemusi saadakse aga struktuurse fotopaberiga. Läikivaid pabereid kasutatakse portreede edasiandmiseks äärmiselt harva, sest nad annavad kujutisele suurendatud kontrastsuse.

Selleks et omandada positiivprotsessis vajalikku vilumust, on soovitatav kasutada standardseid negatiiv- ja positiivmaterjale ning standardseid töötlemisrežiime. Positiivprotsessist õigasuguste juhuslikkuse elementide kõrvaldamiseks on vaja silmas pidada, et ilmuti koostis, tema temperatuur ja ilmutamise aeg oleksid püsivad.

Mida kauem fotograaf kasutab üht ja sama või omadustelt ühesuguseid materjale ning ilmuteid, seda enam õpib ta neid tundma ja seda kvaliteetsemad on ta töötulemused.

Maastiku pildistamine

Maastikuvõtte puhul osutub kõige keerukamaks peamise esiletõstmine ülesvõttel ja sellele vaataja tähelepanu aktsenteerimine. See saavutatakse eelkõige pildi täpse kompositsioonilise ülesehitamisega ja tema vabastamisega liigsetest, vaataja tähelepanu süžee põhilistelt elementidelt kõrvale juhtivatest detailidest. Sageli soodustab kaadri selget loetavust esiplaaniliste elementide kasutamine kompositsioonilistel eesmärkidel (puuoks, arhitektuuriline detail jne.).

Valides pildistamiseks üht või teist maastikku, ei tohi lasta end kaasa kiskuda avaraist, panoraamseist plaanidest, kui see pole tingitud täpsest süžeelisest kavatsusest. Niisugused avarad plaanid annavad sageli antud koha rikkust ja ilu näidata sooviva fotograafi kavatsusi halvemini edasi kui edukalt valitud üksik, antud maastikule iseloomulik, ilmekalt paigutatud ja hästi valgustatud detailidega osa.

Suurt tähelepanu nõuab maastikupildi ilmekuse seisukohalt valgustuse iseloom. Sõltuvalt valgustusest näib üks ja sama maastik kas rõõmsana või süngena. Objekti valgustuse valik on pildi tonaalse kompositsiooni aluseks, mis soodustab maastiku süžee paremat tajumist vaataja poolt. Kõige vastuvõetavamaks maastiku pildistamisel on päikesevalgustus küljelt, mitte väga kõrge päikeseasendi puhul. Sel juhul omandab maastik reljeefsuse, kindla sügavuse ning valguse ja varju rõhutatud vaheldumise. Huvitava valgusarhitektoonika võib saavutada ka päikese vastasseisus olles.

Vähesobiv on maastikupildistamiseks päikese asend seniidis. Sel puhul muutub valgusjoonis pildil liiga kontrastseks, kujutis kaotab plastilisuse ja detailid varjudes ning muutub jämedaks. Ebasobiv on maastikuvõtteks ka päikese asend aparaadi taga. Niisugusel valgustamisel langevad esemete varjud esemete taha ega ole nähtavad aparaadi vaatepunktist. Seetõttu muutub kujutis lamedaks ja maastik kaotab reljeefsuse.

Tugevasti pilves või sompus ilmaga puuduvad esemeil samuti varjud ja foto jääb halliks, monotoonseks. Niisugust valgustust kasutab fotograaf ainult siis, kui see vastab süžee tõlgendamisele ja soodustab ülesvõtte teema avamist.

Maastikuvõte nõuab sageli pikemaajalist pildistamisobjekti uurimist. Fotograaf peab oskama valida kogu mitmekesisest valgustusest just selle, mis kõige enam vastab antud võtte iseloomule. Näiteks tuleb pildistades vahel oodata, kuni liikuvad pilved täielikult päikese eest ära lähevad, teistel juhtudel jällegi, vastupidi, saame ilmekama valgusjoonise, kui päike on osaliselt või täielikult pilvega kaetud.

Teatud raskust maastikupildistamisel kujutab see asjaolu, et loodust, mis kõidab sageli silma just oma värvikombinatsioonidega, kirevusega, tuleb näidata must-valgel fotol. Sellepärast peab fotograaf pildistamisobjekti valides kujutama endale antud maastikku niisugusena, nagu ta paistab must-valgel ülesvõttel. Selle ülesande kergendamiseks on olemas niinimetatud monokroomid, mis kujutavad endast värvilisi (siniseid või pruune) klaase. Vaatamisel läbi niisuguse valgusfiltri näib maastik ühetoonilisena ja läheneb mõningal määral must-valgel fotol saadava kujutise tonaalsele iseloomule.

Suvemaastiku pildistamine. Suviste maastikkude põhielemendiks on roheline taimestik, mis omab kõige mitmekesisemaid rohelusvarjundeid, ja sinine taevas. Peale selle rikastavad maastikku kõige mitmekesisemate värvidega õitsvad taimed, inimeste hele suviriietus jne.

Nende mitmesuguste värvide reprodutseerimiseks must-valgel fotol on vaja nad edasi anda mitmesugustes hallides toonides, mis oma heleduselt vastaksid looduse kromaatilistele värvidele. Seepärast tuleb suvemaastikke pildistada esijoones sensibiliseeritud materjalidele. Sensibiliseeritud fotomaterjalid on ortokromaatilised, pankromaatilised ja isopankromaatilised negatiivplaadid ja -filmid.

Õiget värvide ülekannet must-valgel fotol soodustavad samuti valgusfiltrid, mille kasutamine on suviste maastike pildistamisel tavaliselt vajalik. Enamikel juhtumeil kasutatakse mitmesuguse tihedusega kollaseid valgusfiltreid.

Maastiku pildistamisel põhjustab kollase valgusfiltri kasutamine roheliste värvuste mõningat helenemist ja taeva tumenemist, mistõttu pilvede joonis on taevas hästi nähtav.

Valgusfiltrite nendesse võimalustesse tuleb suhtuda suure tähelepanuga ja kasutada neid ranges vastavuses ülesvõtte sisuga, sest tihedad kollased filtrid annavad omapärase efekti, muutes pildistatava objekti iseloomu. Veelgi ettevaatlikumalt tuleb kasutada oranže ja punaseid filtreid, sest neil juhtudel muutub pildistatava objekti toon fotol veelgi rohkem. Nii näiteks paistab sinine taevas punase valgusfiltriga pildistamisel mustana pimestavalt valgete pilvedega, kollane liiv paistab oranži filtriga valgena jne.

Fotograaf võib valgusfiltriga pildistamisel muidugi laialdaselt kasutada kunstilisi võimalusi, kuid ainult ranges kooskõlas nende sisuliste ja kunstiliste ülesannetega, mis seisavad ta ees antud konkreetsel juhul.

Peab samuti arvestama, et kollased, oranžid ja punased valgusfiltrid suurendavad kujutise kontrastsust, mis mõnikord põhjustab detailide hävimise varjus. See on seletatav sellega, et looduses valgustab varje taeva hajutatud valgus, mis on sinise värvusega, kuna samal ajal esemete valgustatud küljed peegeldavad fotoaparaadi objektiivile otsese päikesevalguse kollaseid kiiri. Valgusfiltrid (kollased, oranžid ja punased), lastes valivalt läbi valgusvoogu, neelavad sinised kiired tervikuna või osaliselt. Selle tagajärjel varjud nagu kaotaksid oma valgustatuse ja särituksid mõninga alasäritusega. On selge, et mida sügavamad on varjud, seda vähem peegeldavad nad valgust ning seda tunduvamalt mõjub valgusfilter varjus olevate detailide läbitöötamisele.

Suviste maastike pildistamisel on suur tähtsus pilvedel. Nad elustavad pilti ja nende mitmekesine iseloom võib kaasa aidata teatud meeleolu loomiseks fotol. Pilvede joonistus sõltub ülesvõttel kasutatud valgusfiltreist. Nii näiteks paistavad punaste valgusfiltrite kasutamisel silmale peaaegu märgatamatud pilved ülesvõttel selgesti välja. Selgejoonelisi, reljeefseid pilvi võib pildistada ka ilma valgusfiltriteta. Täpse säriaja puhul tulevad nad valgustundlikul kihil hästi välja.

Sageli on suvistes maastikes kujutise objektiks veepind: meri,

jõgi, tiigid. Neil võtetel on üheks tehniliseks ülesandeks veepinna faktuuri edasiandmine, mis sõltub suurel määral sellele pinnale langevate päikesekiirte langemise suunast pildistatava objekti optilise telje suhtes. Häid tulemusi annab veepinna valgustamine külg- või vastuvalgusega, mis moodustab helke ja reflekse veepinnal. Vees peegelduvad esemed soodustavad samuti vee faktuuri esiletõstmist.

Suviste maastike pildistamisel tuleb fotograafil sageli kokku puutuda udu ja vinega, mis teevad kauged esemed halvasti eraldatavaiks. Üliväikesed tahkete või vedelate ainete osakesed, mis moodustavad vine, takistavad õhus valguskiirte sirgjoonelist levimist. Kiired, mis põrkavad kokku nende osakestega, muudavad oma suunda mitmel korral ja hajuvad. Lühilainelised sinised ja violetsed kiired hajuvad rohkem. Spektri pikalainelisele osale avaldab vine tunduvalt vähemat mõju. Udud, mis koosnevad suuremaist veetilkadest, takistavad kõigi silmaga nähtavate spektri kiirte sirgjoonelist levimist veelgi enam, hajutades neid kõiki peaaegu võrdsel määral.

Inimene on harjunud sellega, et kaugemad esemed kaotavad oma piirjoonte selguse. Ta seob selle nähte suurte kaugustega, nõndanimetatud õhuperspektiiviga. Seepärast aitab ka selletaoliste vinetuste pildistamine, kui need pole liiga tihedad, kaasa pildistatava objekti ruumilisuse edasiandmisele, luues ühe või teise kindla kunstipärase efekti.

Vinetuse puhul võib pildistada pankromaatilistele või isopankromaatilistele materjalidele, kasutades sealjuures valgusfiltrit. Tuleb arvesse võtta, et tihedad kollased, seda enam aga oranžid või punased valgusfiltrid vähendavad ühel või teisel määral udu kujutisel, mistõttu neid tuleb tarvitada vastavalt fotograafi kunstilistele kavatsustele. Mida väiksem on valgusfiltri optiline tihedus, seda märgatavam on vinetus fotol.

Real eriülesannetel on vaja pildil võimalikult täpset kauguse edasiandmist. Tänapäeval valmistatakse spetsiaalseid fotoemulsioonide sorte, mis võimaldavad pildistada läbi udu ja saada selgeid, teravaid võtteid kaugetest esemetest isegi neil juhtudel, kui need esemed on pilgu eest varjatud uduga.

Pildistamine läbi udu rajaneb sellel, et kiirgusenergia koostisse, mida peegeldab iga valgustatav ese, ei kuulu mitte üksnes nähtavad valguskiired, vaid ka pikema lainepikkusega, silmale nähtamatud, niinimetatud infrapunased või soojuskiired.

Spetsiaalsed negatiivmaterjalid, mida nimetatakse infrakromaatilisteks, on täiendavalt sensibiliseeritud infrapunaste kiirte suhtes, millel on omadus tungida läbi udu ilma hajumata või väga väikese hajumisega. Pildistamine infrakromaatilisele materjalile toimub läbi väga tiheda punase või spetsiaalse filtri, mis ei lase läbi nähtava spektri kiiri.

Infrakromaatilisi materjale toodetakse mitut tüüpi, mis erinevad oma tundlikkuselt infrapunaste kiirte suhtes vastavalt nende lainepikkusele. Mida suurem on infrapunaste kiirte lainepikkus, seda kergemini läbivad nad udu; järelikult, mida tihedam on udu, seda pikema lainepikkusega infrapunaste kiirte suhtes peab emulsioon olema tundlik. Tänapäeva infrakromaatilised materjalid võimaldavad pildistada

objekte, mis asuvad pildistamiskohast mitmesaja kilomeetri kaugusel (näiteks pildistamine lennukilt).

Infrakromaatilisi materjale kasutatakse samuti pildistamiseks pimedas, kusjuures võidakse pildile jäädvustada nii soojuskiiri kiirgavad kui ka peegeldavad esemed. Need kiired, sattudes läbi kaamera läätse nende suhtes tundlikule materjalile, moodustavad sellele latentse kujutise, mida töödeldakse tavalistes ilmutites. Infrakromaatiliste materjalide fotograafiline töötlemine toimub kas täielikus pimeduses või väga tiheda tumerohelise filtriga. Tavaline punane filter on selleks kõlbmatu, sest see laseb läbi valguskiiri, mille suhtes infrakrom on tundlik.

Puht maastikuvõtet ei tule teha infrakromile, kuna selle materjali valgustundlikkus ja punane valgusfilter, mille läbi pildistamine toimub, põhjustavad pildistatava objekti värvuste järsu moonutamise. Taevas on neil juhtudel täiesti must, puude rohelus, mis peegeldab väga palju infrapunaseid kiiri, on peaaegu valge, puud näivad olevat lumega kaetud.

Talvemaastiku pildistamine. Talvemaastike pildistamisel on kujutise põhielemendiks lumi, mis katab maad, puid ja ehitisi.

Talvemaastik on väga maaliline ja tänulik pildistamismaterjal, kuid ta nõuab fotograafilt suurt professionaalset vilumust.

Lumise maastiku peenikest tonaalset nüansseeringut võidakse fotograafias edasi anda ainult täpse ekspositsiooniga, sest ülesäritus toob kaasa valguse-varju gradatsiooni kaotsimineku lumel, ta kaotab faktuuri ja näib ilmetuna ja ühetoonilisena nagu lame valge laik.

Maastiku pildistamisel, mis sisaldab ka mingisuguseid tumedaid objekte (näit. puid, ehitisi jne.), põhjustab alasäritus objekti heledusintervallide tunduva vahe tõttu seda, et maastiku tumedad detailid tulevad ülesvõttel välja siluettidena, kogu kujutis aga muutub kalgiks ja kontrastseks.

Talvemaastike pildistamisel on õigeks ekspositsiooniks mingi keskmine ekspositsioon, kus lumi saab tunduva ülesärituse, varjud ja tumedamad kohad aga alasärituse. Niisuguse ekspositsiooni valik nõuab fotograafilt kindlaid professionaalseid vilumusi.

Lumiste avaruste pehmete reljeefide, lume faktuuri, tema pehme helgi, õrnade pooltoonide edasiandmiseks üleminekutes valgusest varjule etendab määratu suurt osa valgustus. Pehme hajutatud või lame eestvalgus ei soodusta nende ülesannete lahendamist. Talvemaastikud pildistatakse tavaliselt hommiku- või õhtutundidel, millal madalal seisev päike heidab esemeist pikad längus varjud ja oma libisevate kiirtega rõhutab nii lume faktuuri kui ka maastiku reljeefi.

Talvemaastiku pildistamine sompus ilmaga õnnestub harva, sest pildistamisobjekti pehme iseloom ühenduses pehme valgustusega annab loiu ja halli pildi. Vajaduse puhul pildistada sompus päeval (näiteks mingi sündmuse reportaažvõtte puhul) tuleb kasutada kontrastset negatiivmaterjali, pildistada väikese alasäritusega, mis tõstab kujutise kontrastsust, ja töödelda negatiivi kiiresti töötavas ilmutis.

Talvemaastikud tuleb pildistada tavalistele pankromaatilistele või isoortokromaatilistele negatiivmaterjalidele, kasutades sealjuures valgusfiltreid. Puhas lumi või läikiv jää on selge ilmaga sinaka varjundiga, nende varjud aga sinakashalli värvusega. Kollane valgusfilter

soodustab pildistatava objekti valguse-varju õrna gradatsiooni edasiandmist.

Tihedate kollaste ja seda enam veel oranžide filtrite kasutamine lume pildistamisel ei ole soovitatav, sest nad teevad kujutise teravalt kontrastseks pildi varjuosade tumenemise tõttu. See võtab kujutiselt lumisele maastikule omase pehmuse ja plastilisuse ning moonutab järelikult pildistatavat objekti.

Lumi on tugeva peegeldusvõimega ja annab suurel hulgal hajutatud valgust, mis tekitab fotol mitmesuguseid helke ja reflekse. Seoses sellega tuleb talvemaastikke pildistada valgustaratutele negatiivmaterjalidele ja pildistamisel tingimata tarvitada päikesekaitset. Häid tulemusi annab «sinise» optika kasutamine.

Kui pildiväljas on lume kõrval ka tumedaid esemeid, siis, nagu juba eespool märgiti, on objekti heleduste intervall väga suur. Seepärast on niisuguse ülesvõtte kvaliteet seda parem, mida suurem on valgustundliku materjali fotograafiline ulatus; negatiivi töötlemine toimub neil juhtudel pehmete tasandavate ilmutitega (glütsiin- või puhta metoolilmutiga), mis suurendavad materjali fotograafilist ulatust ja vähendavad kujutise kontrasti.

Öise maastiku pildistamine. Tänapäeva negatiivmaterjalide kõrge valgustundlikkus ja suur fotograafiline ulatus on teinud võimalikuks pildistamise väga nõrga valguse tingimustes.

Laialdast levikut on leidnud fotograafia praktikas öised võtted, millel esineb heledaid kunstlikke valgusallikaid, ning öiste illumineeritud pidulike tänavate ja pidulike saluutide pildistamine. Seda laadi võtted on väga efektsed, kuid nõuavad fotograafilt teatud kogemusi ja fototehnika head valitsemist.

Öist valgustust iseloomustavad kunstlike valgusallikate suure ja pildistamisobjektide vähese heleduse kontrastid. Seepärast annavad öised fotod, mis on pildistatud suurtele heledustele arvestatud säriaegadega, pildi heledate detailide normaalse läbitöötluse, kusjuures pildistatava objekti kõik muud osad on tugevasti alasäritatud. Seetõttu just tekibki pildil öise valgustuse efekt. Kuid ka öisel ülesvõttel võib saada teistsuguse valgusjoonise. Kui autori kavatsuseks on pildistatava objekti detailide küllaldane läbitöötamine ja öise efekti säilitamine, s. t. tahetakse saada väiksema kontrastiga ja suurema plastilisusega kujutist, siis võib kasutada kahekordse ekspositsiooniga ülesvõtet.

Praktiliselt toimub see järgmiselt. Fotoaparaat seatakse kindlale statiivile, ja esimene võte tehakse päeva lõpul suure alasäritusega, et saaksime pildistatava objekti detailide nõrga läbitöötluse. Pildistada tuleb valgusfiltriga, et saada küllaldaselt tume taevas. Seejärel, aparaati paigast liigutamata, oodatakse õhtuni ja teostatakse teistkordne ekspositsioon, et valgusallikate suuri heledusi normaalselt läbi töötada.

Öise maastiku pildistamist kahekordse ekspositsiooniga võib teostada iga kaameraga. Kui ülesvõte tehakse «Fotokor»- või «Moskva»-tüüpi aparaadiga, siis teostatakse mõlemad ekspositsioonid ühele ja samale plaadile kas katikuga või objektiivi kaanega.

Kui pildistatakse «FED»- või «Kiiev»-tüüpi kaameraga, s. t. aparaatidega, mis nõuavad katiku vinnastamiseks tingimata filmi kerimist, siis teostatakse säritamine sel juhul objektiivi kaanega, kusjuu-

res katik on eelnevalt seatud aegvõttele ja avatud asendis. Katiku päästikunupp kinnitatakse seejuures mingi lihtsa vahendiga (kummirõngas, rihmake jne.).

Õiste ülesvõtete ilmekusele aitavad kaasa nägemisväljas asetsevad veepinnad, märg asfalt ja muud õist valgustust peegeldavad pinnad. On vaja jälgida, et otsene laternatuli või mõne mööduva auto esituli ei langeks fotoaparaadi objektiivile; see põhjustab negatiivi riknemise ja sellel ühtlase või osalise parasiitse loorituse tekkimise.

Pidulike saluutide ja pidulike tulevärkide pildistamisel annavad häid tulemusi mitmekordsed ekspositsioonid, sest ühe ekspositsiooni puhul võib objektiivi vaatevälja sattuda liiga vähe õhkutõusvaid rakette ja kujutis jääb kahvatuks ning ilmetuks.

Tulevärkide mitmekordse ekspositsiooni saamiseks ühele pildile kasutatakse objekti erakordselt madalat valgustatust õisel ajal. Fotoaparaat kinnitatakse statiivile, objektiiv diafragmeeritakse tugevasti ja asetatakse lõpmatusele. Objektiivi katik avatakse ja hoitakse avatuna senikaua, kuni õhku tõusvad raketid satuvad mitu korda objektiivi nägemisvälja. Selle tulemusel jäädvustatakse pildile mitu sähvatust, mis loovad väga efektse kujutise. Vahel, väga heledate raketisähvatuste puhul, töötatakse võttel läbi ka lähedal asuvad hooned ja puud, mis suurel määral rikastab kujutist.

Õised võtted tehakse tavaliselt kõrge tundlikkusega pankromaatilistele või isoortokromaatilistele negatiivmaterjalidele.

Valgusfiltreid ei ole õiste võtete puhul enamikul juhtudel vaja.

Õiste võtete positiivpildid peavad olema mahlakad ja kontrastsed ja nende kopeerimiseks tuleb kasutada kontrastset fotopaberit ning energilisi ilmuteid, vastupidisel juhul võime saada loiu, uduse, sompus ilmaga tehtud fotoga sarnaneva pildi. Positiivpildi kopeerimisel ja ilmutamisel ei tule pöörata tähelepanu mitte pildi üksikute detailide läbitöötamisele, vaid kujutise üldisele iseloomule, mis vastab õise maastiku iseloomule.

Vahel teostatakse «öist» pildistamist päeval. Sel juhul pildistatakse vastu valgust, arvestades pildi kõige heledamaid osi, ja kasutatakse oranži või punast valgusfiltrit, mis muudab taeva tumedaks.

Pildi heledate, valgustatud osade järgi säritamisel on kõik tema valgustamata osad, mis vastu valgust pildistamisel hõlmavad põhilise osa pildivälja pinnast, pildistatud suure alasäritusega ja paistavad siluettidena, kusjuures detailid täielikult puuduvad, mistõttu saamegi öö-efekti.

Vastu valgust pildistatakse harilikult niisugusel päeva-ajal, millal päike asub silmapiiri läheduses. Mõningail juhtudel tehakse võte pilvitu taevaga, teistel — pool- või täiesti pilves taevaga.

Et päikese tara pisut vähendada, varjatakse ta vahel pildistatava ülesvõtte objekti mingi detailiga, näit. puuoksa või hoonega.

Loomade, lindude, putukate pildistamine

Loomade pildistamine nõuab teatud vilumust, kusjuures pearaskus seisab eelkõige selles, et nad on erakordselt liikuvad. Pildistamist tuleb alustada niisugustest momentidest, millal loom asub kõige rahu-

likumas seisundis (toitmine, puhkus jne.). Niisuguseid harjutusvõtteid on sobiv teha loomaaedades, koolide elavnurkades, loomakasvatusfarmides, looduskaitsealadel jne. Alles pärast teatud vilumuse omandamist võib siirduda loomade pildistamisele vabas looduses.

Veelgi kiiremat orienteerumist nõuab lindude pildistamine. Sel juhul peab kaamera olema alati täiesti pildistamisvalmis, katik seatud vajalikule kiirusele, diafragma vastavas asendis ja aparaat teravustatud mingi orientiiri järgi. Oodates ära momendi, millal pildistatav objekt satub pildivälja, vajutab fotograaf ainult katiku päästikunupule.

Päevaste putukate — liblikate, põrnikate jne. pildistamine ei tekita suuri raskusi, kuna nad asuvad sageli peaaegu liikumatus asendis ja teatud ettevaatlikkuse puhul on nende pildistamine üsna hõlpus, eriti peegelkaamerate abil. Kalade, kilpkonnade jt. pildistamine toimub läbi akvaariumi või terraariumi klaasi, mis arusaadavalt peab olema maksimaalselt puhas, vesi aga võimalikult läbipaistev. Akvaariumi või terraariumi taha on soovitatav seada mingi neutraalne foon, mille taustal nende elanikud reljeefselt esile kerkivad. Akvaariumi pildistamine toimub kunstliku valgusallika kasutamisel.

Häid tulemusi saadakse kahe valgusallikaga, milledest üks valgustab akvaariumi vastuvalgustusega (asetatakse akvaariumi taha ja temast kõrgemale), teine valgustab akvaariumi ülemise külgvalgusega. Loomulikult kasutatakse sealjuures üldise hajuva valgusena tavalist päevavalgust.

Kõige mugavamad on fotograafile-naturalistile peegelkaamerad «Zenit» ning väikekaamerad «FED», «Zorki» ja «Kiiev». Neil kaamerail on valgusjõulised põhiobjektiivid ja vahetusoptika ning suur katikukiirus. Nende kaamerate peegel- või optilised seadised, mille ülesandeks on pildivälja ja objektiivi teravustamine, võimaldavad fotograafil jälgida objekti kuni pildistamismomendini. Väga sageli tuleb fotograafil-naturalistil end maskeerida ja eemalduda pildistamiskohast võimalikult kaugemale. Seepärast peab naturalisti varustusse tingimata kuuluma pikafookuseline objektiiv; mitme erineva fookuskaugusega pikafookuselise objektiivi olemasolu avardab suurel määral pildistamisvõimalusi. Mõningail juhtudel annab pikafookuselise objektiiviga pildistamine äärmiselt huvitavaid tulemusi.

Fotograafi-naturalisti kohustuslikku varustusse kuulub valgusfiltrite komplekt, kuna niisugustel võtetel on eriti vajalik objektide detailide värvusülekande õige edasiandmine. Põhiliseks naturalisti töös on kollased ja oranžid valgusfiltrid.

Negatiivmaterjalidena tuleb kasutada võimalikult suurema valgustundlikkusega isopankromaatilisi või isoortokromaatilisi materjale.

Fotograafi-naturalisti töö kulgeb sageli keerukais klimaatilistes tingimustes: niiskes ja kuumas subtroopikas, külmas Kaug-Põhjas jne., mis avaldab halba mõju fotomaterjalidele ja säritatud ning ilmutamata negatiividele. Ebasoodsais oludes fotomaterjalidega ümberkäimine nõuab seepärast erilist tähelepanu. Nii tuleb külmades rajoonides jälgida, et fotomaterjali ei viidaks suure pakase käest kohe sooja, sest sel juhul võivad emulsioonis tekkida tillukesed niiskusetilgad, mis rikuvad negatiivi. Suure niiskuse puhul on fotomaterjali soovitatav säilitada kummist (või kummeeritud) kotikestes, mis on hoolikalt kinni liimitud. Kõrge õhutemperatuuri puhul tuleb hoida neid kummikotikesi kuumenemise eest. Mõnikord, eriti keerukais ekspeditsioonitingimustes,

pakitakse fotomaterjalid metallkarpidesse, mis seejärel kinni joodetakse.

Tuleb arvestada, et eriti valgustundlikud materjalid muudavad kõrges temperatuuris ja kõrge õhuniiskuse puhul oma fotograafilisi omadusi: tavaliselt langeb fotomaterjali üldine valgustundlikkus ja kasvab looritus. Säritatud fotomaterjali pikemaajalisel säilitamisel niisugustes ebasoodsates tingimustes tekib nn. fotoregressiooni nähe, mis seisab latentse kujutise kordkorralises kadumises. Sellepärast, kui on karta kujutise regressiooni, tuleb valgustatud negatiivid lähima aja jooksul ilmutada, kui seda lubavad ekspeditsioonitingimused. Kui ekspeditsioonitingimused on aga sellised, et negatiivide kohene ilmutamine on võimatu, tuleb negatiivid pärast pildistamist pakkida kummist kotti, ääred tihedasti kinni liimida ja hoida kuumenemise eest.

Kõiki ekspeditsioonide materjale ei tohi pärast pikemaajalist säilitamist korraga ilmutada. Pärast seda, kui on ilmutatud üksikud negatiivid, mis on iseloomulikud kogu materjalile süžee ja ilmumistingimuste poolest, tuleb teha kindlaks õige töötlemisrežiim ja alles pärast seda asuda ekspeditsiooni kogu materjali ilmutamisele.

Kui prooviilmutamise järel ilmnevad negatiivil fotoregressiooni nähted, kasutatakse spetsiaalset negatiivide töötlemise viisi, s. t. ilmutamist energilises ilmutilahuses ja pikendatud ilmutamisajaga.

Arhitektuuri pildistamine

Iga hoone ja arhitektuuriline ansambel, iga ruumi planeerimine ja siseviimistlus (interjöör) sisaldab teatud kavatsust, mis on allutatud selle ehituse otstarbele. Fotograaf on kohustatud kajastama ülesvõttel arhitekti põhiideed ja kavatsusi ning ehitajate kõrget tehnikat.

Arhitektuuri pildistamine on nii väljas kui ka siseruumides küllaltki keerukas, mis on seletatav peamiselt sellega, et üks ja sama arhitektuuriline objekt, pildistatud erinevaist punktidest või erineva valgustusega, antakse fotograafilisel kujutisel erinevalt edasi. Ühel juhul annab foto arhitekti saavutusi õigesti edasi, teisel juhul aga teeb ta selle vaesemaks või koguni moonutab. Seepärast, enne kui pildistada mingit hoonet või rida hooneid, tuleb pildistamisobjekti mitmesugustest punktidest ja mitmesuguse valgustuse puhul tundma õppida.

Vähema tähtsusega ei ole arhitektuurivõtete juures ka fotoaparatuur ja optika. Arvukatest fotokaamera tüüpidest on kõige sobivamad niisugused, mis võimaldavad mattklaasi (kassetiosa) ja objektiivi tugiraami kallutamist vertikaal- ja horisontaalsuunas. Objektiivi tugiraami ja kassetiosa seadmine vajalikku asendisse võimaldab niisuguse aparaadiga pildistada igasuguse kõrgusega hoonet ilma perspektiivi moonutamata.

Peale nende spetsiaalsete fotoaparaatide võib arhitektuurivõtteid edukalt teha «Fotokor»-tüüpi kaameratega, mida tavaliselt nimetatakse «universaalseiks». Universaalkaamerail on seadis, mis võimaldab objektiivi tugiraami nihutamist vasakule ja paremale, üles ja alla. Objektiivi tugiraami nihutamise teel kassetis asetseva valgustundliku

kihi suhtes võib saada kõrgetest hoonetest pildi ilma perspektiivi moonutusteta.

Perspektiivi moonutused tekivad siis, kui kõrget ehitust pildistatakse fotoaparaadiga, mis on asetatud esimeste korruste tasemele. Et hõlmata kogu ehitist, kallutatakse fotoaparaat tahapoole, kusjuures fotoobjektiivi optiline telg väljub horisontaalasendist pildistatava objekti suhtes.

Selle tulemusel on kogu hoone tugevasti moonutatud, näib otsekui pealelangevana. Moonutus tuleb sellest, et vertikaalsed jooned antakse pildil edasi objektiivi kallakuse tõttu perspektiivselt ülalpool koonduvaina.

Et vältida moonutamisi, peab valgustundlik materjal aparaadis asetsema paralleelselt pildistatava objektiga. Fotoaparaadid, millel on seadis objektiivilaua või kassetiosa nihutamiseks, tagavad peaaegu alati vajaliku paralleelsuse.

Arhitektuurivõtteid, eriti siseruumides, on hõlpsam teha sel juhul, kui fotoaparaadil, millega pildistatakse, on vahetatavad optikad või lisaläätsed, mis muudavad objektiivi fookuskaugust.

Normaalsed objektiivid, s. t. kaamera põhiobjektiivid (näit. «Fotokoril» — 135 mm fookuskaugusega objektiiv, kaameral «FED» — 50 mm fookuskaugusega) võimaldavad teha enamikke arhitektuuri välisvõtteid. Sel juhul saame õige pildistamispunkti valikul silmale harjunud fotograafilise kujutise ilma mingisuguste moonutusteta.

Pikafookuselisi objektiive kasutatakse sel puhul, kui pildistamisobjekt asub fotoaparaadist kaugel. Mida kaugemal on pildistatav objekt kaamerast, seda pikem peab olema objektiivi fookuskaugus. Arhitektuurilised objektid kaotavad pikafookuselise objektiiviga pildistamise puhul küll pisut oma perspektiivist, kusjuures kaotus on seda suurem, mida pikem on objektiivi fookuskaugus; toimub otsekui kujutise üksikute elementide omavaheline lähenemine.

Paljudel juhtudel kasutatakse arhitektuurivõteteks lühikese fookuskaugusega lainurk-objektiive. Eriti vajalikud on nad ruumis pildistamisel, kus fotograaf ei saa ruumi väikeste mõõtmete tõttu aparaadiga kuhugi taanduda. Lainurk-objektiivid on samuti asendamatud kõrgete hoonete pildistamisel kitsastel tänavatel. Lainurk-objektiiviga pildistamisel tuleb arvestada seda, et fotol saadakse suurendatud perspektiiv.

Kasutades mitmesuguse fookuskaugusega objektiive (või lisaläätsi), avaneb fotograafil võimalus pildistada arhitektuurilisi objekte kõige erinevamaist pildistamispunktidest, kõige erinevamaist kaugustest. Ühtlasi võimaldavad vahetusobjektiivid ühtedel juhtudel (normaalse fookuskaugusega objektiivid) fotograafilisel kujutisel edasi anda silmale harjumuspärast perspektiivi, teistel juhtudel aga pisut moonutatud, kuid kaadri kompositsioonilise ülesehituse seisukohalt otstarbekohast perspektiivi. Näiteks pildistamisel pikafookuselise objektiiviga näeme fotografeeritava hoone mõningat perspektiivset vähenemist, lühikese fookuskauguse puhul, vastupidi, on perspektiiv liialdatud, haardenurk osutub mõningal juhul nägemistajule harjumatuks.

Fotograaf, kasutades mitmesuguste fookuskaugustega objektiive, peab alati juhinduma tema ees seisvast sisulisest ülesandest ja kaadri kompositsioonilisest lahendusest. Arhitektuurivõtete puhul on pildis-

tamispunkti valik eriti tähtis. Pildistades üht ja sama hoonet või ruumi ühe ja sama objektiiviga erinevaist punktidest, saame neist erinevad fotograafilised kujutised. Pildistamispositsiooni valik sõltub fotograafi kavatsustest, hoone mõõtmetest, kasutatavast objektiivist, selle fookuskaugusest ja pildinurgast. Loomulikult ei saa soovitada mingisuguseid alalisi pildistamispositsioone, sest iga pildistamispunkt sõltub arhitektuurse objekti iseloomust ja asukohast.

Pildistamispunkti valimisel tuleb taotleda pildistatava objekti mõõtmete ja lineaarse karakteristika edasiandmist. Ühtedel juhtudel on otstarbekohane pildistada teatud kõrgemast kohast, teistel juhtudel aga võib sama punkt moonutada perspektiivi ja nagu suruda hoone vastu maad; see võib juhtuda siis, kui pildistada kõrgeid hooneid kõrgest punktist. Kõige sagedamini pildistatakse arhitektuuri nõnda, et fotole jääksid fassaad ja osa külgseinu. Määratakse kindel nurk, mille all on vaja pildistada arhitektuurset objekti, orienteerutakse hoone kõige tähtsama, talle kõige iseloomulikuma detaili järgi (tavaliselt on selleks fassaad) ja haaratakse pildivälja täiendavalt niisugune seina osa, mis loob kõige suurema perspektiivimulje fotograafilisel kujutisel. Kuid tervel real juhtudel kasutatakse ka nõndanimetatud frontaalset pildistamispunkti ja siis on pildil näha ainult üks hoone külg; niisugune punkt on otstarbekohane eriti siis, kui pildistatakse sümmeetrilisi arhitektuurilisi ansambleid.

Et ei tekiks perspektiivi moonutusi, peab fotoaparaat asuma umbes pildistatava objekti pooles kõrguses. Eriti tähtis on see fotoaparaatide puhul, millel ei ole seadist objektiivi ega kassetiosa nihutamiseks.

Pildistamispunkti valimisel peab silmas pidama seda, et pildivälja ei satuks mingid antud kujutises asjatud detailid, nagu puud, lähedal asuvad hooned jne. Mõningail juhtudel, vastupidi, lisatakse pildi kompositsiooniliseks tasakaalustamiseks talle mingisuguseid täiendavaid detaile.

Arhitektuurilise objekti fotograafilise kujutise kvaliteet sõltub peale õnnestunud pildistamispunkti valimise ka valgustusest ja selle intensiivsusest.

Valides ühe või teise iseloomuga valgustuse, võib ühe ja sellesama hoone pildistamisel saavutada täiesti erisuguseid resultaate.

Arhitektuurilise objekti tajumine fotograafilisel kujutisel kujuneb meil pildil edasiantud hoone vormidest ja hoone valgustuse iseloomust. Valgustuse iseloom omasoodu sõltub kellaajast, kuust ja ilmastikust. Ühed hooned nõuavad kontrastset valgust, teised, vastupidi, hajutatud valgust.

Kõige sagedamini tehakse arhitektuurivõtteid «külgpäikese» käes, kuna niisuguse valgustuse puhul rõhutatakse hoone vorme ja suurendatakse reljeefsust. Mida kontrastsem on objekti valgustus, seda vähem on läbitöötatud pisidetaile ja seda enam tugevnevad varjud fotograafilisel kujutisel. Pildistamine sompus ilmaga vähendab hoonete arhitektuuriliste vormide läbitöötamist ja annab tavaliselt lameda, ilmetu kujutise.

Arhitektuurilisi objekte on hea pildistada siis, kui asfalttänavad on märjad. Märjal asfaldil tekivad helgid, mis elustavad fotot ja loovad pildil teatud meeleolu.

Kõige harvemini pildistatakse arhitektuurilisi objekte vastu val-

gust, sest sel juhul jäävad hooned pildile tumedate poolsiluettidena, kus üksikud detailid on raskesti eraldatavad.

Suurt vilumust nõuab ruumide sisevaadete pildistamine. Siin tekib sageli lisaraskusi ruumikitsikuse, valgustuse iseloomu, ruumi sisekujunduse faktuuri, mööbli jne. tõttu. Siseruumides toimub pildistamine tavaliselt lühikese fookuskaugusega objektiivi abil, mis tagab fotograafilise pinna kõige suurema haardenurga.

Selleks et kogu fotografeeritav ruum ja selle detailid oleksid selged ja teravad, tuleb objektiivi diafragmeerida. Diafragmeerida ei tule aga ka liigselt, sest see pikendab siseruumides juba niigi liiga pikka säriaega, mistõttu pildistamine siseruumides toimub tavaliselt statiivilt.

Valides pildistamiseks positsiooni, peab fotograaf arvestama mitte ainult ruume, vaid ka selles asetsevaid esemeid. Ülekuhjatus ning suurte detailide, heledate esemete jne. esinemine esiplaanil segab fotograafilise kujutise üldist tajumist nägemismeelega. Pildistamispunkt peab kõige sagedamini asuma püstiseisva inimese silma kõrgusel, kuna niisuguses asendis loob aparaat kujutise kõige harjumuslikuma perspektiivi. Mõningail juhtudel osutub pildistamine sobivamaks kõrgemalt punktilt kui inimese kasv, näiteks töökodade, suurte saalide jne. pildistamisel, kus on vaja näidata hoone mõõtmeid ja mitmesuguste esemete paigutust selles. Harvemini pildistatakse ruumis madalalt punktilt, näiteks põlvelt.

Ruumi pildistamisel on valgustus niisama tähtis nagu väljas pildistamiselgi; luues fotole teatud kindla iseloomu, suunab ta vaatleja tähelepanu kujutise süžeeliselt tähtsale osale, tasakaalustab pildil tumedad ja heledad osad jne. Valgustada võib uksest või aknast langeva päevavalguse, kunstlike valgusallikate — üksikute lampide või lühtrite abil; segavalguse — päevavalguse ja hõõglampide abil; või spetsiaalsete, ainult pildistamisel kasutatavate valgusallikatega — välklampidega, magneesiumiplahvatusega jne.

Valgustuse iseloom valitakse sõltuvalt pildi süžeest ja tehnilistest võimalustest. Ühtedel juhtudel võib päevavalgus, eriti hajutatud valgus, tagada kõigi pildil asuvate detailide vajaliku läbitöötamise. Teistel juhtudel on vaja päevavalgusele lisada ruumi üksikute detailide valgustamiseks kunstlikku valgustust. Mõningad pildistamisobjektid võidavad, kui pildil esineb päikesekiiri, mis langevad kas põrandale või mingile detailile. Eriti reljeefselt tulevad need kiired välja pildil sel juhul, kui enne pildistamist teha ruumis pisut suitsu (näiteks magneesiumiplahvatusega). Väga hästi läbitöötatud varjudega foto saame hõõglambi kasutamisel, kui see asetada kindlasse, antud valgusskeemile kõige soodsamasse asendisse. Säriaeg ruumis pildistamisel kõigub väga suurtes piirides: sekundist kuni mitme minutini; peamiselt sõltub see valgustusest ja fotomaterjali valgustundlikkusest. Säriaja määramisel tuleb orienteeruda pildistatava ruumi varjuosade järgi.

Algajal fotograafil on soovitatav pildistada üht ja sama objekti kahe või kolme erineva säriajaga, muutes iga kord säriaega kahe-kolmekordselt. Säriaja kindlaksmääramist kunstlike valgusallikate kasutamise puhul hõlbustab see, et on võimalik reguleerida objekti kõigi osade valgustamist.

Esemete pildistamine

Laialdaselt levinud on masinate, tööpinkide, nende üksikute detailide, tarbeesemete ja tööriistade, tarbekunstiteoste jne. pildistamine. Selleks et saada esemetest kergesti tajutav ja selge fotograafiline kujutis, on vaja tunda teatud pildistamistehnikat.

Esemete pildistamisel on üheks ülesandeks ruumilisuse, vormi ja materjali faktuuri edasiandmine, millest ese on valmistatud.

Eriti keerukas on läikivate esemete — klaasist, kristallist, poleeritud puust, nikeldatud või kroomitud metallist valmistatud esemete pildistamine, kuna sel puhul tekivad sageli valgustarad ja refleksid. Valgusrefleksi de ärahoidmiseks on terve rida võtteid, milledest kõige tarvitatavamad on polarisatsioonfiltrid, pildistamine valgust hajutavas karbis ja peegeldavate ekraanidega.

Polarisatsioonfiltri toime põhineb sellel, et ta peab kinni reflekteeruvad, s. t. helkivailt pindadelt (klaasilt, poleeritud puult, veelt jne.) peegelduvad kiired. Polarisatsioonfiltriga pildistamisel ei teki helkeega reflekse niisugusel pinnal üldse või tekib neid üsna nõrgalt. Polarisatsioonfiltri abil võib näiteks kõrvaldada valgushelke klaasitud pildi pildistamisel. Helkide ja reflekside nõrgendamise aste sõltub polarisatsioonfiltri pöördenurgast. Polarisatsioonfiltrite üldine fotograafiline tegur kõigub 3—4 piirides.

Pildistamine valgust hajutavas karbis toimub järgmiselt: pildistatava eseme mõõtmete järgi tehakse puust või metalltraadist karbi sõrestik. Sõrestiku kõik küljed, välja arvatud põhi, kaetakse mingi poolläbipaistva riidega, näiteks batistiga, või kleebitakse üle suitsupaberiga. Ühte külgseina tehakse avaus objektiivi tarvis. Valmistatud karbiga kaetakse pildistatav ese, mille taha vajaduse puhul asetatakse foon, ning valgustatakse karbi seinu ülalt ja külgedelt ühtlase hajutatud valgusega. Kaamera objektiiv seatakse talle määratud avausse karbi seinas ja pildistatakse.

Niisuguses karbis võib pildistada igasuguseid suurima peegeldusvõimega asju, näiteks peegeltahkudega esemeid.

Pildistamine peegeldavate ekraanide abil ei ole nii efektiivne kui pildistamine eespool kirjeldatud meetodil, kuid mõningail juhtudel tagab ka see täiesti kvaliteetse kujutise. Pildistades peegeldavate ekraanidega, tuleb reflekteeriv ese asetada niiviisi, et teda ei oleks võimalik valgustada otsese suunatud valgusega valgusallikast, vaid peegelduva hajutatud valgusega ekraanidelt. Ekraanidelt peegelduv valgus valgustab pehmelt kogu pildistatavat eset ja väldib reflekside tekkimist helkivail detailidel. Ekraanid võidakse valmistada valgest paberist või riidest, ekraani suurus peab olema küllaldane, et täielikult isoleerida eset valgusallika otsestest kiirtest. Kui tekib vajadus säilitada mõnel detailil üks või mitu valgushelki, mis aitavad eseme faktuuri paremini tajuda, tuleb ekraan asetada niiviisi, et üldine hajutatud valgus valgustaks eset täielikult, eseme üksikuid detaile tuleb aga valgustada peale selle veel otsese valgusega.

Vahel kallatakse klaas- või metallnõude pildistamisel neisse jäävett või asetatakse sinna jäätükid. Nõu seinad muutuvad sel juhul «higiseks» (ei tohi lubada tilkade tekkimist), muutuvad tuhmiks ega

moodusta helke ning reflekse. See viis ei takista siiski nende esemete õiget ja ilmekat edasiandmist pildil.

Kui pildil on vaja edasi anda materjali koredat faktuuri, siis valgustatakse eset tavaliselt külgvalgusega, mis võimaldab esile tõsta pisimaidki augukesi, kühmukesi jne. Mõningail juhtudel kasutatakse eseme materjali ja vormi esiletõstmiseks kontražuurset valgust. Niisugune valgustus aitab pildil edasi anda läbipaistvaid ja poolläbipaistvaid esemeid.

Suurte ja raskete, halbades valgustustingimustes asuvate esemete, näiteks masinate, tööpinkide jne. pildistamine nõuab veelgi suuremat tähelepanu ja oskust kui väikeste mõõtmetega, soodsamais valgustustingimustes asuvate esemete pildistamine. Sel juhul ei ole vaja jälgida mitte üksnes seda, et valgus, mis langeb kas aknast või kunstlikest valgusallikaist, ei looks kahjulikke valgusreflekse, vaid ka seda, et kõik eseme vajalikud detailid oleksid võimalikult hästi läbi valgustatud. Kui pildistataval objektil on eriti tumedad osad või detailid, mille valgustamine on raskendatud, siis värvitakse need detailid spetsiaalselt üle mingi heleda värviga, mis tunduval määral hõlbustab puudulikult valgustatud kohtade edasiandmist fotograafilisel materjalil.

Tavaliselt kasutatakse selliseks pildistamiseks isokromaatilisi ja pankromaatilisi materjale, kuna nad vastava valgusfiltriga pildistamisel tagavad vajaliku värvusülekande.

Selleks et ese oleks ilmekas, ei piisa õige pildistamispunkti leidmisest ja õigest valgustamisest, vaid tuleb valida ka vastav foon. On teada, et heledad esemed kerkivad hästi esile tumedal foonil, tumedad — heledal foonil. Seda seaduspärasust kasutataksegi laialdaselt pildistamisel.

Reportaaž

Peale ülalkirjeldatud pildistamisliikide puutub fotoreporter kõige sagedamini kokku veel tööstus-, spordi- ja teatrialase pildistamisega, milledest igaühel on oma iseärasused.

Tootmisalane pildistamine. On selge, et seda laadi pildistamise puhul tuleb eelkõige tutvuda käitise iseloomuga, välja selgitada, missugused agregaadid, masinad, tööpingid on antud tootmisalale kõige iseloomulikumad, ja konsulteerida pildistada kavatsetava tootmisprotsessi või -operatsiooni suhtes spetsialistidega, selleks et foto-kajastaks õigesti tootmise tehnoloogiat. Kuid tehnika näitamine niisugustel ülesvõtetel ei ole omaette eesmärk. Reporteri üks põhilisi ülesandeid on näidata tootmisprotsessis, tööprotsessis ilmekalt inimest, inimest kui tehnika loojat ja peremeest.

Tootmisalane pildistamine nõuab suurt vilumust. Vastava valgustuse valik, sagedamini veel aga vajaliku valgustuse loomine on raske ülesanne, mis seisab fotoreporteri ees, sest siin ühinevad portreepildistamine ja esemete pildistamine (selle sõna kõige laiemas mõttes).

Ruumis pildistamisel on vajaliku valgustusskeemi loomise kõrval keerukaks ülesandeks ka tausta valik pildistatavale objektile. Sageli on vajalikud masinad, tööpingid ja muud agregaadid ümbritsetud suurest hulgast muudest seadistest, mis tõmbavad vaataja tähelepanu

süžeeliselt tähtsalt objektilt mujale. Pildistamine muutub veelgi keerukamaks, kui vajalik agregaat on värvitud tumedaks või sulab teiste masinatega ühte. Niisugustel juhtudel võib pildistatava eseme taha luua mingi neutraalse fooni, näiteks heleda riide, paberi, vineeritahvli jne. ülesseadmisega. See foon on soovitatav seada pildistatavast objektist nii kaugele, et ta oleks väljaspool tagumist teravuspiiri. Juhtudel, kui on vaja näidata pildistatavat agregaati teiste masinate foonil, tuleb fotoaparaat üles seada ja teravustada nii, et vajalik objekt asuks fookuses, muud esemed aga oleksid pisut ebateravad.

Masina juures töötava inimese poseerimise, ebaloomuliku ja pingutatud oleku vältimiseks peab säriaeg olema pildistamisel maksimaalselt lühike. Peale selle tuleb jälgida, et pildistatavad inimesed ei vaataks aparaadi objektiivi, sest see rikub loomulikkust ja tekitab lavastamise mulje.

Spordivõtted. Erakordselt suure osa reporteri tööst hõlmavad spordivõtted. Ainult mitmesuguste spordialade tehnika ja reeglite sügav tundmine tagab ilmekate ja efektiivsete võtete saamise. Nõukogude sport on massiline sport ja reporteri ülesanne on seda näidata.

Kõik spordiliigid pildistatakse kõrge tundlikkusega materjalidele ülilühikeste säriaegadega. Säriaegade määramisel peab peale tavaliste arvestatavate tegurite (fotomaterjali valgustundlikkus, valgustustingimused, diafragma suurus, objektiivi fookuskaugus) arvesse võtma ka objekti liikumiskiirust, aparaadi ja objekti vahemaad, objekti liikumise suunda aparaadi suhtes ja kujutise lubatavat ebateravust.

Mingi spordivõtte süžee säriaja määramiseks on vaja tutvuda tabelitega 60—63.

Tabelist 60 nähtub, et mida kaugemal asub pildistatav objekt aparaadist, seda pikem võib olla säriaeg, sellepärast, pildistades üht ja sama objekti kahe erineva fookuskaugusega objektiiviga, tuleb kasutada erinevaid säriaegu. Pikafookuseline objektiiv annab suuremamõõtmelise kujutise ja nõuab seepärast lühemat säriaega kui lühikese fookuskaugusega objektiiv.

Taust etendab spordisüžees tähtsat osa. Kui objekt on hele, siis peab foon olema tume, ja vastupidiselt. Ühtedel juhtudel tuleb see edasi anda teravana, teistel juhtudel ähmasena. Näiteks mootorrattavõistluse pildistamisel suurendab laialivalgunud foon liikumise muljet, rõhutab selle kiirust.

Niisuguse pildistamise tehnika on järgmine: jälgides fotoaparaadi pildiotsijas sportlase liikumist ja laskmata teda vaateväljalt, päästetakse katik. Selleks et pildistatav objekt ei väljuks pildiotsija raamidest, liigutatakse kaamerat kiiresti sportlase liikumise suunas. Selle tulemusel saame pildil sportlase kujutise teravana, tausta aga laialivalguvana. Sama võte võimaldab ebasoodsais valgustustingimustes pildistada kiiresti liikuvaid objekte suhteliselt väikeste katikukiirustega. Näiteks kiiresti liikuva mootorratturi pildistamine võib toimuda säriajaga $^1/_{100}$ sekundit.

Enne kui valida pildistamispunkt, näiteks jalgpallivõistlustel, tuleb tähelepanelikult jälgida sportlaste liikumist ja püüda kindlaks määrata moment, mis on pildistamiseks kõige huvitavam. Valinud pildistamispositsiooni, teravustab reporter objektiivi mingile orientiirile, näiteks väljajoonele, ja ootab, kuni pildiotsijas teravuse piiridesse ilmub

mängijate grupp. Kaamera katik tuleb avada palli pärast käiva kõige pingelisema võitluse hetkel.

Ei tule püüda pildistada suurt hulka mängijaid, kuna see annab liiga üldise, väikeste kogudega välja plaani. Hoopis ilusam on väikese grupi või isegi kahe mängija pilt mängu kulminatsioonipunktil.

Pildistamine toimub tavaliselt fotoreporteri silma kõrguselt, kuid mitmesuguste kunstiliste ülesannete lahendamiseks kasutatakse ka teisi punkte. Ülemine punkt orienteerib hästi nägijat, näitab mängijate asendit väljal, madal punkt aga rõhutab mängijate liikumise hoogsust.

Hüppe pildistamine tuleb kõige ilmekamalt välja, kui pildistatakse madalast punktist, 30°—40°-se nurga all liikumise suunas. Mõningail juhtudel saame väga ilmeka pildi, mis on tehtud 70°—90°-se nurga all.

Valides kiiresti liikuva objekti pildistamise momenti, tuleb leida niinimetatud liikumise «surnud punkt», s. t. moment, mil liikumine ühes suunas on lõppenud, teises suunas ei ole aga veel alanud. See punkt on pildistamiseks kõige soodsam, sest sportlase kogu liikumise kiirus on sel hetkel minimaalne, mis võimaldab saada kujutisest kõige teravama optilise joonise. Hüpete pildistamisel teravustatakse juba varem hüppelaua, hüppelati ja teiste orientiiride järgi, mis asuvad objektiivi vaateväljas ja on seotud hüppe kõige ilmekama momendiga.

Taust etendab hüppe pildistamisel niisama tähtsat osa nagu kõigil muudelgi juhtudel, ta peab esile tõstma ja rõhutama sportlase figuuri. On vaja jälgida, et sportlase kogu ei sulaks ühte kõrvaliste esemetega, näiteks puude okstega, et ta ei ristuks fooni detailide teravate joontega. Sellepärast on peaaegu alati otstarbekas spordivõtetel foon edasi anda mõningal määral ebateravana.

Väga ilmekad võivad olla veespordivõtted. Sportlase märja keha läikimine, vee faktuur ja valgushelgid aitavad kaasa võtte elavamaks muutmiseks. Mõningaid vees toimuvaid sündmusi, mis ei ole seotud suurte liikumiskiirustega, võib pildistada suhteliselt pikkade säriaegadega, näit. massilist ujumist, veepalli jne.; sõudevõistlusi, skuttereid, glissereid jne. pildistatakse väga lühikeste säriaegadega — $^1/_{200}$—$^1/_{500}$ sekundiga, loomulikult kui seda lubavad valgustingimused. Väga suuri katikukiirusi veespordisüžeede puhul ei tule tarvitada, sest kui me veepinda, millel on teatud liikuvus, fikseerime momentaanselt, saame selle fotol surnuna, tardununa ja ebaharilike lainekujudega.

Talispordiliikide — uisutamise, suusatamise, hokimängu pildistamisel on rida iseärasusi. Nii on soovitatav seoses lumise talvemaastiku pehme tonaalsusega valgustustingimused valida niisugused, milles lume valgel foonil tekivad selged varjud. Pildistamine päikesepaistelisel talvepäeval annab tavaliselt kõige paremaid tulemusi. Huvitavaid võtteid saame samuti kunstliku valgustusega, näiteks uisutamisvõistlusel prožektorite valgusel jne.

Pildistamispunkti valiku dikteerib süžee kunstiline kavatsus ja süžee iseloom. Sõudevõistlus, ujumine ja teised selletaolised süžeed võetakse suurest kõrgusest, tornihüppeid aga, kus on vaja fikseerida keha painde ilu ja veepiisku, on parem pildistada silma kõrguselt või madalamast punktist, mis rõhutab hüppe kõrgust.

Teatrivõtted. Teatrivõtted pakuvad väga mitmekülgseid võimalusi. Draama-, ooperi-, balletilavastuste, tsirkuseetenduste, teatri- ja isetegevuskontsertide pildistamine nõuab igaüks individuaalset lähenemist.

Pildistamispunkti valik on seotud teatrisaali spetsiifikaga, põranda kallakunurgaga, rambi kõrgusega jne. Kuna aga kõigile teatrilavastustele on ühel või teisel määral ühiseks jooneks süžeeliselt tähtsa tegevusmomendi toomine lava keskkohta, siis pildistab fotograaf tavaliselt parteri keskkohalt.

Teatrilava valgustus on sageli väga kontrastne, sest peategelasi valgustatakse tunduvalt eredamini kui muud nende taga olevat lavaruumi. Seetõttu peab teatrietenduste pildistamisel kasutatav negatiivmaterjal olema madala kontrastsuse ja võimalikult suurema fotograafilise ulatusega.

Säriaeg teatrietenduste pildistamisel võib kõikuda väga laiades piirides, $^1/_{100}$ sekundist kuni mitme sekundini. Säriaeg on soovitatav sõltuvalt äärmiselt erinevaist valgustustingimustest kindlaks määrata valgusmõõdiku abil. Kui võimalik, tuleb kogu teatrietendus enne läbi vaadata ja teha sealjuures mitu proovivõtet erinevate säriaegadega. See eeltöö ei võimalda fotoreporteril mitte üksnes valida kõige efektiivsemaid momente, vaid proovivõtete abil kindlaks määrata ka õige säriaeg. Teatris pildistatakse harilikult statiivilt, mis on mugav mitte üksnes pikemate säriaegade, vaid ka momentvõtete puhul, sest aparaadi võib statiivile juba varakult valmis seada ning pildistamise momendil tarvitseb ainult päästikule vajutada.

Negatiive tuleb töödelda pehmetes, tasandavais ilmuteis. Need ilmutid vähendavad kujutise kontrastsust ja suurendavad negatiivil objekti vähevalgustatud detailide läbitöötamist.

PILDISTAMISE TEHNIKA

Kassettide ja kaamerate laadimine

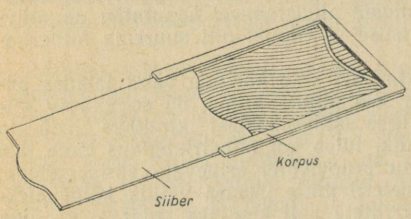
Sõltuvalt fotoaparaadi konstruktsioonist laetakse valgustundlik materjal aparaati kas vahetult või kassettide abil. Ilma kassettideta laetakse ainult laifilm-kaameraid, kõigil teistel aparaatidel aga on üldiselt selleks spetsiaalsed kassetid.

Kassette võib laadida sensibiliseerimata materjalidega oranži või tumeoranži valguse paistel, ortokromaatiliste ja isoortokromaatiliste materjalidega — punase valguse käes, isokromaatiliste materjalidega — tumepunases valguses (parem aga pimedas), pankromaatiliste ja isopankromaatiliste materjalidega — täielikus pimeduses.

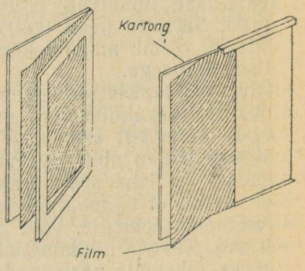
Vastava valgustuse kasutamisel tuleb laadimist teostada laternast eemal. Mõningate sensibiliseeritud materjalide laadimist toimetatakse käsikaudu, täielikus pimeduses, sellepärast on vaja selle operatsiooni õigeks läbiviimiseks omandada mõningat vilumust.

Plaatkaamerate kassettide laadimine

Plaatkassett koosneb kassetist (korpusest) ja kaanest (siibrist), mis libiseb soontes (joon. 129). Ateljeekaamerail kasutatakse tavaliselt kahe poolega puust kassette, mis on keskelt valguskindla vaheseinaga pooleks jagatud ja mahutavad kaks plaati. Need kassetid laetakse väljastpoolt mõlemalt küljelt. Kahepoolsete kassettide erivormid on nn. albumkassetid, mis avanevad albumitaoliselt ja mis laaditakse selle sisse asetatud plaatidega. Kõigi teiste kaamerate kassetid on tavaliselt ühepoolsed ja metallist.



Joon. 129. Plaatkassett.



Joon. 130. Raam (vasakul) ja metallist hoidja tasafilmi laadimiseks.

Kõigi plaatkaamerate kassettide laadimise tehnika on peaaegu ühesugune. See seisab plaatide asetamises kassetti ja nende kinnitamises. Plaat peab sealjuures olema valgustundliku kihiga kaane suunas.

Enne laadimist on soovitatav iga plaat pehme pintsliga, mida ei tohi tarvitada muuks otstarbeks, puhtaks pühkida.

Laadimise ajal ei tohi sõrmedega puudutada plaadi valgustundlikku kihti, kuna see tekitab sageli kõrvaldamatuid jälgi, kui käed ei ole küllalt puhtad ega täiesti kuivad. Plaati võib kätte võtta ainult servadest kinni hoides.

Kui plaat on kassetti asetatud ja kinnitatud spetsiaalsete haakide taha, mis on olemas kõigil kassettidel, lükatakse siiber ettevaatlikult ette.

Pimedas laadimisel on raskendatud plaadi emulsioonikihi määramine, sellepärast on vaja meeles pidada, et plaadid on karpidesse pakitud paariviisi, kiht kihi vastu. Seega on esimene, kolmas, viies jne. plaat pööratud emulsioonikihiga allapoole, teine, neljas, kuues jne. — ülespoole.

Teatud vilumuse puhul võib emulsioonikihti määrata ka plaadinurga kompamise teel.

Plaatkassettide laadimiseks tasafilmiga on olemas mitu viisi.

Kõige lihtsam on järgmine viis: tasafilm asetatakse emulsioonivaba kihiga vastu vana, tarbetut, sama formaadiga negatiivi ja kinnitatakse temaga koos kassetti. Selle meetodi puuduseks on tema ebakindlus; siibri väljatõmbamisel ja eriti tagasilükkamisel võib siiber filmi ääre taha kinni jääda ja selle kassetist välja heita.

Teine viis seisab spetsiaalsete avatavate kartongist raamikujuliste hoidjate kasutamises (joon. 130, vasakul), millede paksus kokkupandult ei tohi olla üle normaalse plaadi paksuse. Film asetatakse raami ja pannakse koos sellega kassetti. Tuleb arvesse võtta, et filmi emulsioonikihi tasapind vajub sel juhul pisut sügavamale (raami katva osa võrra), mistõttu tekib nn. kassetivahe (aparaadi mattklaasi pinna ja filmi emulsioonikihi pinna mittekokkulangemine), mis kõrvaldatakse objektiivi või aparaadi kassetiosa nihutamisega pärast teravustamist raami katteosa paksuse võrra.

Kõige mugavamad on metallist (õhukesest plekist) hoidjad, mis on näidatud joonisel 130 paremal. Film asetatakse oma formaadiga papitükile ja sellega koos hoidjasse, nagu on näidatud joonisel, mille järel hoidja asetatakse kassetti nii, et ta painutatud ots oleks pööratud kaane soonte väljatulemise suunas. Kuna plekk, millest hoidja on valmistatud, on õhuke, jääb kassetivahe nii väikeseks (ja sedagi ainult filmi ühes otsas), et selle võib jätta tähele panemata ega tarvitse teha parandust.

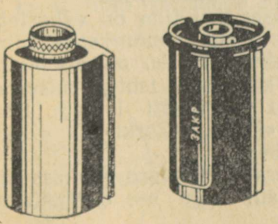
Kasseti asetamine kaamerasse toimub vahetult enne iga võtet, pärast teravustamist.

Väikekaamerate ja nende kassettide laadimine

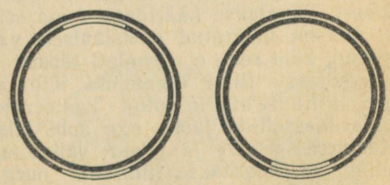
Väikekaamerate kassetid on silindrilise kujuga, nende kõrgus on 43 mm, läbimõõt 25 mm. Iga kassett mahutab umbes 160 cm pikkuse filmilindi, millele mahub 36 pilti formaadiga 24×36 mm või 50 pilti formaadiga 24×24 mm.

Väikeaparaatidele toodetavad kassetid on peamiselt kaht tüüpi, mis teineteisest erinevad konstruktsiooni põhimõttelt: pilukassetid ja kähesilindrilised kassetid.

Levinumad on pilukassetid (joon. 131, vasakul), mille iseloomulikuks jooneks on kasseti küljel pikipilu, mis on kaetud sameti või õhukese plüüšiga. Film läheb edasiliikumisel läbi pilu. Niisugused kassetid sobivad väheste eranditega kõigile väikekaameratele ja on seega universaalsed. Neid kasutatakse kõigis kodumaistes väikekaamerates («FED», «Zorki», «Zorki-3», «Zenit», «Kiiev», «Kiiev-III»).



Joon. 131. Väikekaamerate kassetid:
vasakul — pilukassett; paremal — kahesilindriline kassett.



Joon. 132. Väljalõigete asetuse skeem suletud (vasakul) ja avatud kassettide puhul.

Kahesilindrilised kassetid (joon. 131, parempoolne) koosnevad kahest teineteise sisse käivast silindrist, millel kummalgi on üsna lai pikilõhe. Kui kassett on suletud, asetsevad need lõhed vastassuundades (joon. 132, vasakpoolne) ja valgus ei tungi kassetti. Kasseti seadmiseks tööseisundisse pöördub sisemine silinder 180° võrra, kuni väljalõigete kokkulangemiseni (joon. 132, parempoolne), nii et film saab võimaluse vabalt liikuda. Sisemise silindri pööramine toimub automaatselt kaamera lukustamisel. Niisuguste kassettidega varustatakse kaamerad «Zorki-3», «Kiiev», «Kiiev-III» ja «Zenit». Teistes kaamerates ei saa neid kasutada.

Kõik väikekaamerate kassetid on varustatud filmi kerimiseks pooliga, millel on seadeldis filmi otsa kinnitamiseks pooli külge.

Väikekaamerate kassettide laadimine koosneb järgmistest operatsioonidest:

1) kasseti avamine, 2) filmi sisemise otsa valmislõikamine, 3) filmi otsa kinnitamine pooli teljele, 4) filmi kerimine poolile, 5) pooli asetamine koos filmiga kasseti keresse, 6) kasseti sulgemine, 7) filmi välisotsa lõikamine.

Väikekaamerate kassettide laadimisel peab silmas pidama järgmisi reegleid:

1) laadimist sooritada ainult puhaste ja kuivade kätega;

2) filmi kerimisel poolile mitte puudutada erilise vajaduseta filmi emulsioonikülge;

3) keerdude tihendamiseks mitte pingutada filmi, kuna seejuures võivad hõõrdumisel tekkida elektrilaengud, mis põhjustavad ilmutamisel välku meenutavaid musti triipe;

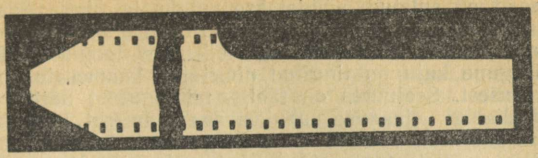
4) enne laadimist tuleb kassetid tolmu eemaldamiseks kummiballooniga läbi puhuda.

Pilukassettide täitmine. Pilukassetid on mitmesuguse konstruktsiooniga ja sulguvad mitut viisi. Kaameraile «FED», «Zorki» ja «Zenit» kaasaantavail kassettidel sulgub lukk samuti nagu taskukelladel, s. o. surutakse senikaua, kuni kaane väline väljatreitud rant läheb klõpsatusega kasseti kere vastavasse soonde. Et kassetti avada, pistetakse nüri noatera kaane serva vahele ja võetakse kaas ära. Pärast seda võetakse pool välja ja kõik kolm kasseti osa asetatakse töölauale kõrvuti: vasakule kasseti kaas, keskele kere ja paremale pool.

Seejärel kustutatakse valgus ja pimeduses, kui film on vabastatud pakisest, lõigatakse kääridega tema esimene ots kolmnurkseks. Filmidel, mis on määratud spetsiaalselt väikekaameratele, on ots valmis lõigatud, kuid seda ei ole alati täpselt ja korralikult tehtud, mispärast on soovitatav filmi ots maha lõigata ja siis uuesti lõigata. Peale selle on filmi ots lõigatud kaamerate «FED», «Zorki» ja «Zenit» standardkassettide jaoks ega sobi teistele.

Kaamera «FED» ja teiste väikekaamerate standard-pilukassettide laadimiseks lõigatakse filmi ots nurga all, nagu see on näidatud joonisel 133 paremal.

Lõigatud ots kinnitatakse pooli külge. Selleks hoitakse pool peaga enda poole, pööratakse filmi emulsioonikülg pooli telje suunas ja pistetakse filmi valmislõigatud ots pooli teljel oleva pööna alla. Filmi ots, mis tuli pööna alt läbi, painutatakse kõverasse ja kogu film mähi-

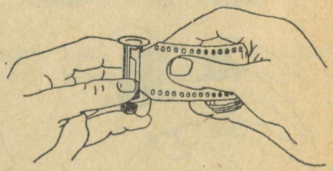


Joon. 133. Filmi otsa kuju «FED» ja «Zorki» standardkassettide jaoks.

takse tihedates keerdudes poolile, emulsioonikiht sissepoole (pooli telje poole).

Kui film on poolile mähitud, jäetakse sellest väike ots välja ja pool koos filmiga pistetakse kassetti nii, et film läheks küljega kasseti pilusse. Pärast seda pannakse kassetile kaas peale ja vajutatakse see kinni.

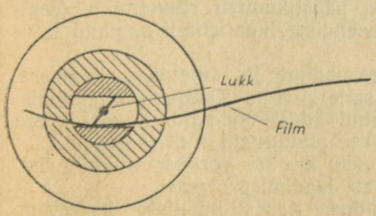
Analoogiliselt laaditakse ka kassetti «ФК-1», mida toodetakse eraldi fotoaparaatidest. Kuid nende kassettide pooli konstruktsioon on veidi teistsugune ja erineb standardkassettide poolidest sellega, et ta on varustatud spetsiaalse lukuga, mis hoiab kinni filmi teravaks lõigatud otsa.



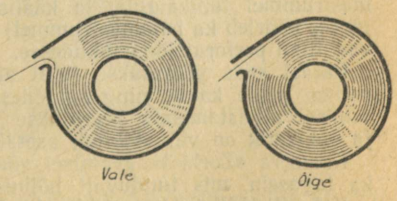
Joon. 134. Filmi otsa kinnitamine kasseti poolile.

Lukk koosneb õhukesest metallliistust, mis on asetatud pooli teljesse teatud nurga all (joon. 135). Filmi kitsas ots pistetakse pooli teljes olevasse pilusse ja lükatakse liistu ääre alla. Surutuna liistu ääre vahele jääb film tugevasti kinni pooli teljele.

Kassett «ФК-1» erineb standardkassetist ka selle poolest, et teda ei suleta mitte ühe, vaid kahe kaanega, mis asetatakse pooli kerele kahest otsast. Laadimisel on täiesti ükskõik, millisest otsast kassett sulgeda, tähtis on ainult, et filmi keerud oleksid kasseti sees õigetpidi ja et filmi väljumise suund läbi pilu oleks samuti õige (joon. 136).



Joon. 135. Kasseti pooli lukk.



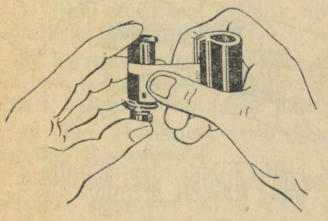
Joon. 136. Ebaõige (vasakul) ja õige filmi keerdude asetus kassetis.

Kui kassett on suletud, süüdatakse valgus ja filmi väline ots lõigatakse juba valguse käes. Kaamerate «FED», «Zorki», «Zorki-III» ja «Zenit» jaoks toimub filmi välisotsa lõikamine joonisel 133 näidatud kujul. Niisugune kuju on tingitud nimetatud kaamerate konstruktiivsest iseärasusest. Seejuures on tähtis, missugusest äärest on tehtud lõige, sest ebaõige lõikamise puhul ei saa kaamerat laadida. Joonisel 133 on film pööratud vaataja suunas taga- (emulsioonivaba) küljega.

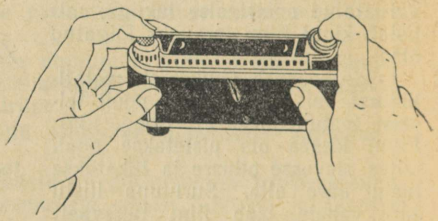
Filmi otsad, eriti ta figuurots, tuleb lõigata puhtalt, ilma kiskudeta, sest muidu võib film kaamera filmikanalisse kinni jääda, vahel koguni aparaadi mehhanismi rikkuda.

Samuti ei ole lubatav, et lõikejoon läheks läbi perforatsiooniaugu.

Kaamerate «FED», «Zorki», «Zorki-2», «Zorki-5» ja «Zenit» laadimine. Loetletud kaamerate laadimine toimub ühtemoodi. Pööratakse riivi, mis lukustab kaamera korpuse alumist poolt katva kaane, seejärel eemaldatakse kaas ja võetakse kaamerast välja vastuvõtupool. Viimane asub teljel, millega ta on seotud hõõrdeliselt. Kassetist väljaulatuv filmi vaba, figuurselt lõigatud ots kinnitatakse vastuvõtupooli külge, tõugates filmi otsa keele alla, mis on vastuvõtupooli teljel, nõnda nagu on näidatud joonisel 137. Pärast seda tõmmatakse vastuvõtupool ja kassett teineteisest eemale ning pistetakse nad kaamerasse, nagu on näidatud joonisel 138. Vastuvõtupool asetatakse teljele ja



Joon. 137. Filmi otsa kinnitamine «FED» vastuvõttepooli külge.



Joon. 138. Kaamera «FED» (ja kaamera «Zorki») laadimine.

film juhitakse kaamera filmikanalisse. Filmi perforatsiooniaugud peavad sealjuures sattuma kaamera vedava hammastrumli hammastesse. Juhul kui perforatsiooniaugud ei lange ühte trumli hammastega, tuleb transpordimehhanismi lüliti keerata tähe B poole, s. t. viia vedav hammastrummel tühikäigule, ja käänata päästikunupu rihvelnupp (sealjuures pöörleb ka hammastrummel) asendisse, kus trumli hambad satuvad filmi perforatsiooniaukudesse.

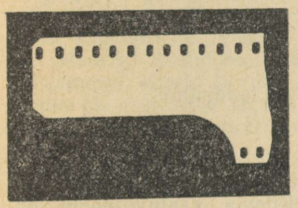
Pärast seda pööratakse lüliti algasendisse ja suletakse kaamera, pannes peale kaane ning sulgedes selle riiviga. Kaamera ettevalmistamisel pildistamiseks keeratakse filmi edasi ühe-kahe kaadri võrra ja kui katik on vinnastatud, asetatakse pildilugeja null-jaotusele.

Kaamera «Zorki-3» avamisel võetakse ära nii korpuse alumine kui ka tagasein, mis tunduvalt hõlbustab laadimisprotsessi.

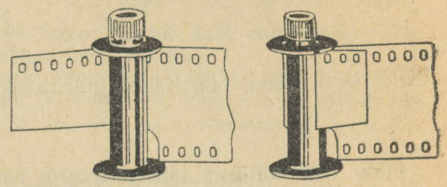
Kahesilindriliste kassettide laadimine. Kahesilindriliste kassettide laadimiseks, mida kasutatakse kaamerais «Kiiev» ja «Kiiev-III», avatakse kassett ja lahutatakse see osadeks. Kassett koosneb kahest si-

lindrist (sisemine ja väline) ja poolist. Sisemise silindri otsseinal on lukustusnupp, mis lukustab kasseti, kui see ei ole tööseisundis. Kasseti avamiseks tuleb vajutada sellele nupule ja pöörata sisemist silindrit kellaosuti suunas kuni mõlema silindri väljalõigete ühtelangemiseni. Seejärel tuleb sisemine silinder välimisest silindrist kergesti välja. Kui silindrid on lahutatud, võetakse pool välja ja kasseti detailid asetatakse töölauale: vasakule — väline silinder, keskele — sisemine silinder ja paremale — pool.

Edasi kustutatakse valgus, avatakse filmi karp ja lõigatakse filmi esimene ots joonisel 139 näidatud kujul. Lõike kuju on tingitud kasseti pooli erilisest konstruktsioonist, sest filmi otsa kinnitamise pilu asub pooli peapoolses otsas.

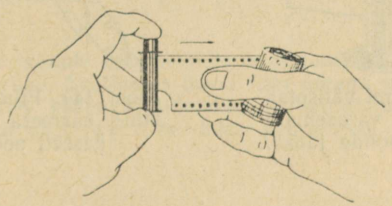


Joon. 139. Filmi otsa kuju kaamera «Kiiev» kassettide laadimiseks.



Joon. 140. Filmi otsa kinnitamine kaamera «Kiiev» kasseti pooli külge.

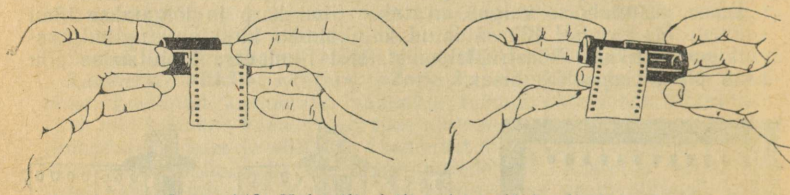
Filmi otsa pooli külge kinnitamise seadis koosneb kahest pooli teljes kõrvuti asetsevast ja sellest läbi ulatuvast lõhest. Film pistetakse ühest pilust läbi (joon. 140, vasakul), painutatakse kõverasse ja pistetakse teisest lõhest tagasi (joon. 140, paremal), seejärel käänatakse ots kahekorra kõverasse ja kiilutakse kinni filmi ja pooli sirgutõmbamisega (joon. 141).



Joon. 141. Filmi otsa kinnikiilumine.

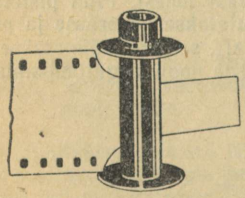
Edasi mähitakse film juba eespool kirjeldatud viisil poolile tihedate keerdudega, emulsioonikiht sissepoole. Kui film on poolile mähitud, asetatakse viimane kasseti sisemisse silindrisse nii, et pooli pea läheks

läbi silindri otsseinas oleva ümmarguse avause ja film satuks silindri pikilõhesse (joon. 142, vasakpoolne). Pärast seda pistetakse sisemine silinder koos pooliga välisesse silindrisse nõnda, et film läheks külgepidi silindri külglõhesse (joon. 142, parempoolne). Lõppeks pööratakse välist silindrit kellaosutile vastassuunas kuni iseloomuliku klõpsatuseni, mis näitab, et kasseti on lukustatud.

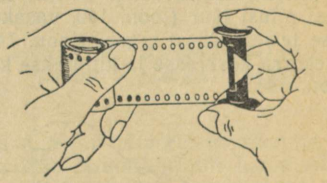


Joon. 142. Kahesilindrilise kasseti laadimine.

Filmi vaba välisots jääb seejuures kassetist välja. Süüdatakse valgus ja lõigatakse filmi välisots. Kuna «Kiievi» vastuvõtupool on ühesugune kasseti pooliga, siis lõigatakse filmi välisots täpselt samamoodi nagu siseotski. Siinjuures tuleb tähendada, et «Kiievi» varasemate väljalasetel erineb vastuvõtupool pisut praegusest tüübist. Erinevus seisab selles, et pilu filmi otsa kinnitamiseks ei asu mitte pooli telje ühes otsas, vaid keskel. Niisuguse pooli puhul toimub pooli välisotsa lõikamine joonisel 143 näidatud kujul.



Joon. 143. Filmi välisotsa kuju «Kiievi» varasemate väljalasete poolide jaoks.



Joon. 144. Filmi kinnitamine kaamera «Zorki-3» kasseti poolile.

Analoogiliselt kaameratega «Kiiev» ja «Kiiev-III» toimub ka «Zorki-3» kahesilindrilise kasseti laadimine, kuid filmiotste lõikamine toimub siin nõndasamuti nagu kaamerail «FED» ja «Zorki». Filmi üks ots lõigatakse nurga all ja kinnitatakse poolile joonisel 144 näidatud viisil.

Edasi järgneb samasugune laadimisoperatsioon nagu kaamerail «Kiiev» ja «Kiiev-III»: film mähitakse poolile ja pistetakse koos poo-

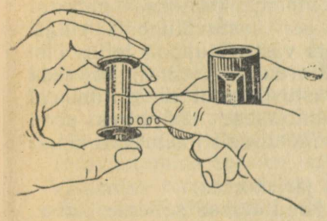
liga sisemisse silindrisse. Pärast seda pistetakse sisemine silinder välimisse ja kassett suletakse sisemise silindri pööramisega kuni kasseti luku sulgumiseni.

Kaamerate «Kiiev» ning «Zorki-3» ja «Zorki-4» laadimine. Kaamerate «Kiiev» ja «Kiiev-III» laadimine toimub ühtemoodi. Selleks avatakse kaamera pärast kaamera korpuse alumises seinas olevate lukkude avamist sulgurite võtmete pööramise ja korpuse tagaseina eemaldamisega.

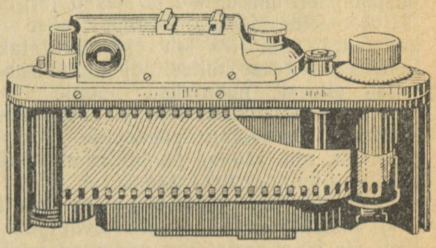
Edasi võetakse kaamerast välja vastuvõtupool, kinnitatakse filmi ots selle külge samal viisil nagu kasseti pooli külge ning asetatakse pool ja kassett kaamerasse, jälgides, et vedava trumli hambad satuksid filmi perforatsiooniaukudesse. Pärast seda suletakse aparaat, pannes tagasi lahtikäiva seina ja sulgedes lukud. Kassetiluku pööramisel avaneb kassett automaatselt.

Kui kaamera on laaditud, pööratakse üks või kaks filmikaadrit tühjalt edasi ja asetatakse pildilugeja null-jaotusele.

Kaameral «Zorki-3» kinnitatakse filmi vaba (väline) ots vastuvõtupoolile nii, nagu see on näidatud joonisel 145. Pärast seda mähitakse üks keerd filmi vastuvõtupoolile, kassett ja vastuvõtupool eemalda-



Joon. 145. Filmi kinnitamine kaamera «Zorki-3» kasseti vastuvõtupoolile.



Joon. 146. Kaamera «Zorki-3» laadimine.

takse üksteisest vajalikule kaugusele ja asetatakse kaamerasse joonisel 146 näidatud viisil. Sealjuures läheb film äärega pisut filmikanali süvendisse. Laaditud kaamera suletakse ja kinnitatakse kahe luku abil nagu kaamera «Kiievgi». Ühe luku pööramisel avaneb kassett automaatselt.

Väikekaamerate ja nende kassettide tühjendamine

Väikekaamerate tühjendamine toimub filmi tagasikerimise teel kassetti, milleks filmi transpordimehhanism spetsiaalse lülitusseadise abil välja lülitatakse ja film, saanud võimaluse vabaneda vastuvõtupoolilt, keritakse kassetti tagasi tagasikerimisnupu abil. Kas film on täielikult tagasi keritud, selle määrame kindlaks kaamerail «FED»,

«Zorki», «Zorki-III» ja «Zenit» tagasikerimisnupu vastupanu järgi. Vastavalt filmi tagasikerimisele liigub nupp ikka raskemalt, aga hetkel, kui filmi ots vabaneb vastuvõtupoolilt, nõrgeneb tagasikerimisnupu vastupanu äkki, mis ongi tagasikerimise lõpu tunnuseks. Sõltuvalt sellest, kas kogu film on vaja kassetti kerida või on vaja filmi ots kassetist välja jätta, pööratakse kerimisnuppu esimesel juhul veel 2—3 täispööret, teisel juhul aga lõpetatakse pööramine.

Kaamerail «Kiiev» ja «Kiiev-III» ei vabane filmi ots tagasikerimise lõppemisel vastuvõtupooli küljest ja tagasikerimisnupp peatub ise.

Kassette tühjendatakse pimedas. Kassett avatakse ja film keritakse rulli. Kasseti poolile kinnitatud filmi ots kas eemaldatakse poolist või lõigatakse kääridega lahti.

Rullfilmikaamerate laadimine

Rullfilmi erilise pakkimisviisi tõttu võib rullfilmikaameraid laadida valguse (loomulikult mitte väga ereda) käes ja ilma kassetita. Otseste päikesekiirte käes laadida ei tohi. Kõigi rullfilmikaamerate laadimine on põhiliselt ühesugune ja seisab järgmises.

Pool ühes filmiga vabastatakse pakendist, keritakse paberist kaitselindi väike ots lahti ja kinnitatakse see vastuvõtupooli külge. Selleks pistetakse kaitselindi kolmnurkne ots vastuvõtupooli teljes olevasse pilusse, mähitakse poolile 1—2 keerdu kaitselinti, et seda kindlalt poolile kinnitada, ja asetatakse vastuvõtupool ning filmipool kaamera vastavaisse pesadesse. Pool kinnitatakse sealjuures pooli tappidele, mis asuvad poolipesa otsseintes. Mõningail kaamerail kinnitatakse filmipool ilma tappideta.

Laadimist võib toimetada vabalt valitud järjekorras:

1) võetakse enne välja vastuvõtupool ja kinnitatakse sellesse kaitselindi ots ning asetatakse mõlemad poolid kaamerasse;

2) vastuvõtupooli ei võetagi kaamerast välja, kinnitatakse selle külge kaitselindi ots, mille järel film asetatakse pooliga pesasse;

3) algul asetatakse film koos pooliga pesasse ja siis kinnitatakse kaitselindi ots vastuvõtupoolile.

Kõigil juhtudel on tähtis, et kaitselint oleks kinnitatud vastuvõtupoolile õigesti ja otse, sest muidu nihkuks kaitselint poolile mähkimisel viltu ning roniks pooli otskettale, mis põhjustaks kaitselindi katkemise ja pooli kinnijäämise.

Kui kaitselindi ots on vastuvõtupoolile kinnitatud ja rullfilm oma pesasse asetatud, suletakse kaamera ja, hoides seda tagaseinaga vastu valgust, avatakse tagaküljel oleva väikese aknakese kate. Vastuvõtupooli kerimisnuppu pööratakse senikaua, kui aknakesest paistab number 1. Selles asendis on kaamera pildistamisvalmis.

Aknakese kate avatakse ainult filmi edasikerimise ajaks, pärast seda tuleb ta sulgeda.

Teravustamine

Fotograafilise kujutise teravuse määrab kvantitatiivselt kujutist moodustavate punktide diameeter, mida kutsutakse hajumisringikesteks.

Kuna me fotograafilise kujutise teravust määrame praktiliselt silma abil, siis on teravuse kriteeriumi määramisel lähtekohaks silma eraldamisvõime (vt. lk. 36).

Väikekaamerate negatiivide teravusaste peab olema suurem kui negatiividel, millest valmistatakse kontaktkoopiad.

Nendel kaameratel on hajumisringide läbimõõt 0,03—0,05 mm.

Täpse fotoaparatuuri puhul sõltub teravusaste ainult õigest teravustamisest.

Kasutatakse kolme teravustamisviisi: visuaalset, silmamõõdulist ja mehaanilist.

Visuaalne teravustamine

Visuaalne teravustamine toimub mattklaasi abil ja seda kasutatakse plaat- ja peegelkaamerail. See teravustamisviis seisab selles, et silma abil jälgitakse teravusastet kaamera mattklaasil, samal ajal nihutades kas kaamera objektiivi, objektiivi esiläätse või kaamera tagumist (kasseti) raami. Teravustamise täpsuse määravad sel puhul kindlaks ainult nägemise teravus ja mattklaasi kvaliteet. Viimane peab olema väga peenelt mateeritud (peeneteraline). Jämedateraline mattklaas on selleks otstarbeks täiesti kõlbmatu.

Teravustamise täpsuse aste tõuseb luubi kasutamisel.

Visuaalse teravustamise kvaliteet on seda kõrgem, mida eredam on kujutis mattklaasil, seepärast tuleb visuaalselt teravustada diafragma täis- (maksimaalse) avaga.

Tunduval määral hõlbustavad teravustamist sirmid ja klapid, mis piiravad mattklaasi kõrvalise valguse eest ja tõstavad seega kujutise visuaalset heledust. Peegelkaamerail on selleks otstarbeks spetsiaalne valguskaitse süvend, plaatkaamerail kokkupandav sirm. Kuna sirm ei kaitse mattklaasi küllalt hästi kõrvalise valguse eest, on soovitatav kasutada katteks musta riidetükki, millega kaetakse pea aparaadi teravustamise ajaks.

Silmamõõduline teravustamine

Silmamõõduline teravustamine seisab selles, et silma järgi määratakse aparaadi ja pildistatava eseme vahemaa ja objektiiv seatakse fookusse kaugusskaala abil.

Seda teravustamisviisi kasutatakse mõningail laifilmiaparaatidel ja see on üks ebatäiuslikumaid ja ebamugavamaid viise. Häid tulemusi võib ta anda ainult siis, kui aparaadi ja eseme vahemaa on küllalt täpselt määratud. Selle vahemaa määramise täpsus muutub seda vajalikumaks, mida suurem on aparaadi objektiivi fookuskaugus (kuna need objektiivid annavad vähema sügavusteravuse) ja mida lähemal

asub aparaat pildistatavale esemele (eseme ja aparaadi vahemaa vähenemisega väheneb samuti ka sügavusteravus).

Kui aparaadil puuduvad igasugused muud teravustamisvahendid peale kaugusskaala, tuleb õppida kaugust silmamõõdu abil enam-vähem täpselt määrama.

Kauguse määramisel esinevad võimalikud vead kompenseerib osalt objektiivi sügavusteravus, kuid need vead ei tohi kunagi ületada 10—15% määratavast kaugusest.

Silmamõõdulise teravustamise üheks vormiks on teravustamine punaste täppide abil. Mõningail kaamerail on diafragma- ja kaugusskaalal punased täpid, milledele asetamisel saame selge kujutise esemeist teatud sügavusteravuse piirides. Need piirid on mitmesugustel kaameratel erinevad ja need on harilikult ära näidatud kaameraile kaasaantavais kasutamisjuhistes. Niisuguste juhiste puudumisel võidakse vajalikud andmed saada vastavaist sügavusteravuse tabeleist.

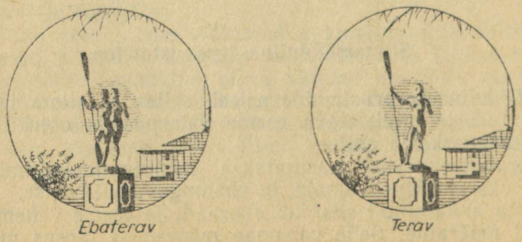
Punaste täppide asetuse valik on tingitud praktikas kõige sagedamini esinevatest pildistamistingimustest. Nii näiteks kaameral «Komsomolets» vastab diafragma punane täpp ligikaudu diafragmale 1:10, kauguse punane täpp ligikaudu kaugusele 8 meetrit. Seades objektiivi nende kahe punkti järgi, saame teravad kujutised esemeist, mis asuvad alates 4 meetrist kuni lõpmatuseni.

Kaameral «Moskva-1» on diafragma punane täpp asetatud jaotuste 11 ja 16 vahele, kauguse punane täpp — jaotuste 8 ja 15 vahele, mis annab teravuse 4,5 meetrist kuni lõpmatuseni.

Mehaaniline teravustamine

Mehaaniline teravustamine toimub kaugusmõõdiku abil, mis on mehaaniliselt seostatud kaamera objektiivi raamistusega. Kui kaamera on täiesti korras ja ta mehhanismid töötavad täpselt, on niisugune teravustamisviis kõige täiuslikum ja kindlustab teravustamise kõrge täpsuse.

Selle viisi mugavus seisab selles, et fotograaf ei jälgi mitte kujutise enese teravust nagu visuaalse teravustamise puhul, vaid otsustab teravustamise täpsuse üle selle järgi, kuidas kahe kujutise kontuurid ühte langevad (joon. 147), mis on tunduvalt hõlpsam. Mehaanilise



Joon. 147. Teravustamine optilise kaugusmõõdiku abil.

teravustamise puhul avaldab pildistaja puudulik nägemine hoopis väiksemat mõju teravustamise täpsusele.

Kuna pildistatava objekti kujutist kõigis plaanides ei ole alati võimalik terves ulatuses teravaks saada, siis seisab teravustamise peaülesanne selles, et tagada esmajoones pildistatava objekti süžeeliselt kõige tähtsama osa kujutise teravus (näit. nägu portreevõtte puhul), mis saavutatakse teravustamisega antud osale (näit. silmale).

Kuid igasugune fotografeeritav objekt või selle osa, kui ta ei ole ainult objektiivi optilise teljega perpendikulaarne tasapind, omab teatud ruumilist sügavust. Väiksema ruumilise sügavuse puhul tagab objektiivi sügavusteravus kõigi punktide teravuse. Kuna sügavusteravus ulatub mõlemale poole teravustamispunkti, on täiesti ilmne, et kõige sobivam teravustamispunkt asub objekti eesmise ja tagumise äärmise punkti vahel.

Juhul kui pildistataval objektil on suurem ruumiline sügavus, ei ole teravuspunkti leidmine veel küllaldaseks tagatiseks vajaliku teravuse saavutamiseks objekti kõigis plaanides.

Sõltuvalt fookuskaugusest saavutatakse vajalik sügavusteravus objektiivi diafragmeerimisega (vt. lk. 240, 241).

Tabel 40

Kauguse määramine teravustamise plaanini

Kaugus esiplaanini (m)	Kaugus tagumise plaanini (m)											
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12
	Kaugus teravustamise plaanini (m)											
1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
1,5	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
2	—	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,4
2,5	—	—	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	3,7	4,0	4,1
3	—	—	—	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,6	4,8
3,5	—	—	—	—	3,5	3,7	3,9	4,1	4,4	4,9	5,2	5,4
4	—	—	—	—	—	4,0	4,2	4,4	4,8	5,3	5,7	6,0
4,5	—	—	—	—	—	—	4,5	4,7	5,0	5,8	6,2	6,6
5	—	—	—	—	—	—	—	5,0	5,5	6,2	6,7	7,0
6	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	6,9	7,5	8,0
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	8,9	9,6
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,0	10,9
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,0

Kaugete esemete pildistamisel muutub teravustamine praktiliselt tarbetuks. Lähtudes objektiivi hüperfokaalsest kaugusest (vt. lk. 37) nende esemete pildistamisel, mis asuvad kaugemal kui objektiivi diafragma ava läbimõõdu ja tema fookuskauguse (s. o. poole hüperfokaalse kauguse) 50-kordne korrutis, seatakse kaamera objektiiv lõpmatusele lihtsalt kaugusskaala abil.

Diafragma kasutamine

Igal fotoobjektiivil on diafragma peamiselt selleks, et suurendada sügavusteravust, mis saavutatakse diafragma ava vähendamisega (üksikasjalisemalt vaata lk. 36—38).

Nagu eespool näidati, seisab teravustamise põhiülesanne selles, et kindlustada pildistatava objekti süžeeliselt kõige tähtsama elemendi terav kujutis. Kuid praktikas esineb niisuguseid juhtusid harva. Väga sageli tuleb peale objekti mõne tähtsama osa kindlustada ka teiste, objekti peaelemendist ees- ja tagapool asuvate osade teravus, s. t. kujutatava ruumi teatud sügavusteravus. Kui antud juhuks vajalikku sügavusteravust ei ole võimalik saavutada suurima diafragma-avaga siis vähendatakse viimast vastavalt. Seda operatsiooni nimetatakse objektiivi diafragmeerimiseks.

Kuna iga diafragmeerimine on vältimatult seotud säriaja suurendamisega, siis seab viimase lubatav suurus sageli piirid diafragmeerimise määrale. Niisugustel juhtudel lahendavad küsimuse, kas tuleb diafragmeerida objektiivi üle nende piiride või mitte, pildi süžee iseloom ja fotograafi poolt taotletavad eesmärgid. Sellest juhindudes eelistatakse kas diafragma suurust või säriaja kestust, sõltuvalt sellest, kumb neist tegureist on antud juhul tähtsam.

Kui pildistatava objekti iseloom nõuab tingimata sügavusteravuse suurendamist, tuleb objektiivi diafragmeerida seda tugevamini, mida suurem on pildistatava objekti ruumiline sügavus, s. t. mida suurem on objekti esi- ja tagaplaani vahemaa, mis peab pildil olema terav.

Kuid sügavusteravus sõltub peale diafragma ava suuruse veel objektiivi fookuskaugusest ja kaugusest selle tasapinnani, millele on teostatud teravustamine, nn. teravustamistasapinnani. Mida lühem on objektiivi fookuskaugus ja mida suurem on kaugus teravustamistasapinnani, seda suurem on sügavusteravus. Seepärast tuleb objektiivi diafragmeerimisel arvestada neid tegureid, mille oskuslik kasutamine võimaldab saavutada suurimat sügavusefekti kõige väiksema diafragmeerimise puhul.

Diafragma suuruse määramiseks kasutatakse spetsiaalseid sügavusteravuse tabeleid.

Allpool on toodud tabelid amatöörpraktikas kõige levinumate objektiivide jaoks.

Tabelid, mis on määratud väikekaamerate objektiividele, on arvestatud teravusastmega 0,03 mm (nende objektiivide fookuskaugus on antud millimeetreis).

Kõigi teiste kaamerate objektiividele määratud tabelid on arvestatud teravusastmega 0,1 mm (nende objektiivide fookuskaugused on tähistatud tabeleis sentimeetreis).

Tabelis figureerivad kolm suurust: kaugus teravustamistasapinnani, diafragma (ümardatult väljendatud suhtelise ava suurustes) ja sügavusteravuse piirid. Teades nende hulgast ükskõik missugust kahte suurust, võib kolmanda kindlaks määrata. Praktikas tuleb tavaliselt määrata kaks suurust, kui kolmas on tuntud, kusjuures kõige sagedamini tuleb leida diafragma suurimat ava, mis rahuldab sügavusteravuse nõuded. Otsitava ava suuruse kiireks leidmiseks otsitakse vas-

tava tabeli lahtritest üles arvud, mis vastavad antud sügavusteravuse piiridele, alates tulbast, mis vastab diafragma suurimale avale, siirdudes järjekorras järgmistele tulpadele.

Veelgi sagedasemad on juhud, kus on vaja kindlustada kõigi plaanide teravus, alates kõige lähemast kuni lõpmatuseni. Selletaoliste ülesannete lahendamine toimub tabelites mustas raamis antud arvude abil. Et kiiresti leida vastust, tuleb otsida arv, mis vastab eesmise teravuspiiri kaugusele. Vajalik diafragma suurus ja kaugus, millele tuleb seada objektiiv, leitakse vastavalt leitud arvust ülalt ja vasakult.

Sügavusteravuse tabelite kasutamine võimaldab vältida liigset diafragmeerimist, mis mõjustab valgustundliku kihi valgustusastet ja pikendab seega säriaega. Nimetatud sõltuvuse tõttu võib üksikuil juhtumeil diafragmat kasutada pildistamisel liiga heleda valguse vähendamiseks.

Diafragmeerimise positiivseks küljeks on peale sügavusteravuse suurendamise nende esemete teravusastme tõstmine, millele teravustati. Seetõttu tuleb objektiivi kõigil juhtudel diafragmeerida kuni piirideni, mida lubavad pildistamistingimused.

Diafragmaava muudetakse ühtedel objektiividel raamistuse pööramisega, teistel rihvelrõnga abil.

Diafragma mugavamaks kasutamiseks on viimane varustatud spetsiaalse jaotustega skaalaga. Diafragma ümberseadmisel ühe jaotuse võrra väheneb objektiivi valgusjõud kaks korda. Mõningad väikekaamerate objektiivid moodustavad sellest reeglist erandi (vt. lk. 33).

Sügavusteravuse skaala kasutamine

Paljud objektiivid on varustatud sügavusteravuse skaalaga, mis võimaldab pildistamiskohal lahendada sedasama praktilist ülesannet, mida lahendatakse sügavusteravuse tabeli abil, kuid kiiremini ja hõlpsamini.

Tavaliselt kujutab sügavusteravuse skaala endast jaotustega kaart või rõngast ja koosneb indeksist (märgist) ning temast sümmeetriliselt kahele poole asetatud arvudest, mis kordavad antud objektiivi diafragma skaala arvusid.

Sügavusteravuse skaala asetseb kaugusskaala kõrval ja libiseb teravustamise ajal seda mööda. Mõningail aparaatidel liigub kaugusskaala, sügavusteravuse skaala on sel puhul liikumatu.

Kasutades sügavusteravuse skaalat, võib määrata sügavusteravuse piirid objektiivi teravustamisel ühele või teisele kaugusele ühe või teise diafragma puhul. Võib kindlaks määrata, missugusele kaugusele tuleb seada objektiiv, et saada antud diafragma ava puhul vajalikud sügavusteravuse piirid (muidugi, kui niisugused piirid üldse võimalikud on). Lõpuks võib kindlaks määrata, missugust diafragmat tuleb kasutada, et tagada vajalik sügavusteravus.

Kuna need ülesanded lahendatakse tegelikult ühel ja samal viisil: kui sügavusteravuse skaala märk on seatud kaugusskaala ühe või teise jaotuse kohale, siis näitavad sügavusteravuse

Tabel 41

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=28 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma 4,5	6	9	12,5	18
	Sügavusteravus (m)				
∞	5,2— ∞	3,6— ∞	2,6— ∞	1,9— ∞	1,3— ∞
20	4,2— ∞	3— ∞	2,3— ∞	1,7— ∞	1,2— ∞
10	3,4— ∞	2,6— ∞	2— ∞	1,6— ∞	1,15— ∞
7	3— ∞	2,4— ∞	1,9— ∞	1,5— ∞	1,1— ∞
5	2,5— ∞	2,1— ∞	1,7— ∞	1,4— ∞	1— ∞
4	2,3—17	1,9— ∞	1,6— ∞	1,3— ∞	0,95— ∞
3	1,9—7	1,6—18	1,4— ∞	1,2— ∞	0,9— ∞
2	1,4—3,2	1,3—4,5	1,1—8,7	1— ∞	0,8— ∞
1,5	1,2—2,1	1—3,4	0,95—3,5	0,85—7,1	0,7— ∞
1	0,84—1,26	0,8—1,4	0,7—1,6	0,65—2	0,6—4,8

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=35 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma						
	2,8	4	5,6	8	11	16	22
	Sügavusteravus (m)						
∞	13,8— ∞	9,7— ∞	6,9— ∞	4,9— ∞	3,5— ∞	2,4— ∞	1,79— ∞
20	8,2— ∞	6,5— ∞	5,1— ∞	3,9— ∞	3— ∞	2,2— ∞	1,62— ∞
10	5,8—36	4,9— ∞	4,1— ∞	3,3— ∞	2,6— ∞	1,95— ∞	1,5— ∞
6	4.2—10,6	3,7—15,7	3,2—44	2,7— ∞	2,2— ∞	1,73— ∞	1,36— ∞
3	2,5—3,8	2,3—4,3	2,1—5,3	1,86—7,8	1,63—19,3	1,35— ∞	1,12— ∞
2	1,75—2,3	1,69—2,5	1,56—2,8	1,42—3,4	1,28—4,5	1,1—10,7	0.94— ∞
1,5	1,36—1,68	1,3—1,77	1,24—1,9	1,15—2,15	1,06—2,6	0,93—3,8	0,82—19
1	0,93—1,08	0,91—1,11	0,88—1,16	0,83—1,25	0,78—1,38	0,71—1,67	0,65—2,2

Tabel 43

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=50 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma					
	2	2,8	3,5	4,5	5,6	6,3
	Sügavusteravus (m)					
∞	41—∞	29—∞	23—∞	18—∞	1,46—∞	12,9—∞
20	13,5—39	11,9—63	10,8—∞	9,5—∞	8,5—∞	7,8—∞
10	8—13,2	7,5—15	7—17	6,4—22,5	6—31	5,6—45
7	6—8,5	5,8—8,9	5,4—10	5—11,4	4,6—14,7	4,5—15,3
5	4,45—5,7	4,3—5,9	4,1—6,4	3,9—6,9	3,7—8	3,6—8,2
4	3,65—4,44	3,6—4,6	3,4—4,8	3,3—5,1	3,2—5,7	3,1—5,8
3	2,8—3,2	2,7—3,3	2,7—3,4	2,6—3,6	2,5—3,8	2,4—4
2,5	2,35—2,67	2,3—2,7	2,3—2,8	2,2—2,9	2,1—3	2,1—3,1
2	1,9—2,1	1,9—2,1	1,9—2,2	1,8—2,2	1,8—2,3	1,7—2,4
1,75	1,68—1,83	1,66—1,85	1,63—1,89	1,6—1,94	1,55—1,96	1,54—2
1,5	1,45—1,56	1,41—1,2	1,41—1,6	1,4—1,61	1,37—1,67	1,33—1,72
1,25	1,21—1,29	1,2—1,3	1,19—1,32	1,17—1,34	1,15—1,36	1,14—1,38
1	0,98—1,02	0,97—1,03	0,96—1,04	0,96—1,05	0,94—1,07	0,93—1,08

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma						
	8	9	11	1,25	16	18	22
	Sügavusteravus (m)						
∞	10,2—∞	9—∞	7,4—∞	6,5—∞	5,1—∞	4,5—∞	3,7—∞
20	6,8—∞	6,2—∞	5,4—∞	4,9—∞	4,1—∞	3,7—∞	3,1—∞
10	5,1—∞	4,7—∞	4,3—∞	3,9—∞	3,4—∞	3,1—∞	2,7—∞
7	4—27,4	3,9—31,3	3,5—∞	3,4—∞	2,9—∞	2,7—∞	2,3—∞
5	3,3—10,7	3,2—11,2	2,9—19	2,8—21,8	2,5—∞	2,4—∞	2—∞
4	2,9—7	2,8—7,2	2,6—9,7	2,5—10,4	2,2—27	2,1—36	1,9—∞
3	2,3—4,2	2,2—4,6	2,1—5	2—6	1,9—7,1	1,8—10,3	1,7—14,4
2,5	2—3,3	2—3,5	1,9—3,9	1,8—4,1	1,7—4,8	1,6—5,6	1,5—9,5
2	1,7—2,5	1,6—2,6	1,6—2,7	1,4—3	1,4—3,2	1,3—3,7	1,3—4,2
1,75	1,5—2,1	1,47—2,17	1,4—2,29	1,38—2,40	1,32—2,63	1,26—2,86	1,17—3,6
1,5	1,31—1,75	1,28—1,81	1,26—1,86	1,23—1,98	1,17—2,1	1,12—2,3	1,08—2,5
1,25	1,12—1,41	1,1—1,45	1,06—1,5	1,05—1,55	1,01—1,64	0,98—1,73	0,91—1,98
1	0,92—1,1	0,9—1,13	0,89—1,15	0,86—1,18	0,84—1,23	0,82—1,29	0,8—1,34

Tabel 44

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=85 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma							
	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
	Sügavusteravus (m)							
∞	109—∞	78,2—∞	54,7—∞	39,1—∞	27,4—∞	19,9—∞	13,7—∞	10—∞
50	34,3—91,9	30,5—∞	26,2—∞	22—∞	17,7—∞	14,3—∞	10,8—∞	8,3—∞
20	16,9—24,4	15,9—26,8	14,7—31,4	13,3—40,8	11,6—∞	10—∞	8,1—∞	6,7—∞
10	9,2—11	8,9—11,5	8,5—12,2	8—13,4	7,3—15,7	6,7—19,9	5,8—36,3	5—∞
5	4,79—5,24	4,7—5,34	4,6—5,5	4,4—5,7	4,24—6,1	4,01—6,6	3,68—7,8	3,35—9,9
3	2,92—3,08	2,89—3,12	2,85—3,17	2,79—3,24	2,71—3,36	2,62—3,52	2,47—3,81	2,32—4,24
1,5	1,48—1,52	1,47—1,53	1,46—1,54	1,45—1,56	1,43—1,58	1,4—1,62	1,36—1,67	1,31—1,75
1	0,99—1,01	0,99—1,01	0,98—1,02	0,98—1,02	0,97—1,04	0,96—1,05	0,94—1,07	0,92—1,1

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=100 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma					
	6,3	9	12,5	18	25	36
	Sügavusteravus (m)					
∞	52,2—∞	36—∞	25—∞	18—∞	13—∞	8,5—∞
50	25,4—∞	21—∞	17,1—∞	13—∞	10—∞	7—∞
20	14,2—32,4	13—44	11,3—∞	9,2—∞	7—∞	6—∞
10	8,3—12,4	7,8—13,8	7,2—16,2	6,4—22	5,4—42	4—∞
7	6,1—8,1	5,8—8,7	5,5—9,6	5—11,4	4,5—14,9	3,8—30
5	4,5—5,6	4,4—5,8	4,2—6,2	3,9—6,9	3,7—8,1	3,1—11,5
4	3,7—4,4	3,6—4,5	3,5—4,8	3,2—5,2	3—5,8	2,7—7,1
3	2,8—3,2	2,7—3,3	2,6—3,4	2,5—3,7	2,4—3,9	2,2—4,5

Tabel 46

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F = 135 mm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma					
	4	5,6	8	11	16	22
	Sügavusteravus (m)					
∞	138—∞	98,6—∞	69—∞	50,2—∞	34,5—∞	25,1—∞
50	36,7—78,3	33,2—101	29—∞	25,1—∞	20,5—∞	16,7—∞
25	21,2—30,5	20—33,4	18,4—39,1	16,7—49,5	14,5—∞	12,6—∞
10	9,3—10,8	9,1—11,1	8,8—11,7	8,4—12,4	7,8—14	7,2—16,5
5	4,8—5,2	4,7—5,3	4,7—5,4	4,5—5,5	4,4—5,8	4,2—6,2
3	2,9—3,05	2,9—3,1	2,9—3,15	2,8—3,2	2,8—3,3	2,7—3,4
2	1,97—2,03	1,96—2,04	1,95—2,06	1,93—2,08	1,9—2,11	1,86—2,16
1,5	1,49—1,52	1,48—1,52	1,47—1,53	1,46—1,54	1,44—1,56	1,42—1,59

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=7,5 cm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma						
	4,5	5,6	6,3	8	11	16	22
	Sügavusteravus (m)						
∞	20—∞	16—∞	13—∞	11,3—∞	8,2—∞	5,6—∞	4,1—∞
10	6,7—20	6,1—26,7	5,8—30	5,3—∞	4,5—∞	3,6—∞	2,9—∞
5	4—6,67	3,8—7,3	3,7—8,5	3,5—9	3—13	2,6—∞	2,2—∞
3	2,7—3,5	2,6—3,7	2,5—3,8	2,4—4	2,2—4,7	1,9—6,5	1,7—11,2
2,5	2,2—2,8	2,16—2,96	2,1—3	2,05—3,21	1,92—3,6	1,73—4,52	1,55—6,41
2	1,82—2,22	1,78—2,29	1,74—2,31	1,7—2,43	1,61—2,65	1,48—3,1	1,34—3,91
1,5	1,4—1,62	1,37—1,66	1,35—1,7	1,32—1,73	1,27—1,84	1,18—2,05	1,1—2,37
1	0,95—1,05	0,94—1,07	0,93—1,08	0,92—1,1	0,89—1,14	0,85—1,22	0,8—1,32

Tabel 48

Sügavusteravuse tabel objektiividele fookuskaugusega F=11 cm

Objektiiv on seatud kaugusele (m)	Diafragma						
	4,5	5,6	8	11	16	22	32
	Sügavusteravus (m)						
∞	28— ∞	22,5— ∞	15,8— ∞	11,5— ∞	7,9— ∞	5,7— ∞	3,5—∞
15	9,8—32	9—45	7,9— ∞	6,5— ∞	5,2—∞	4,1— ∞	2,8—∞
8	6,2—11,2	5,9—12,4	5,3—16,2	4,7—26,3	4,2— ∞	3,3— ∞	2,4—∞
5	4,2—6	4—6,4	3,8—7,3	3,5—8,8	3—13,6	2,7—40	2— ∞
4	3,5—4,7	3,4—4,9	3,2—5,4	3—6,1	2,6—8,1	2,3—13,4	1,9— ∞
3	2,7—3,4	2,6—3,5	2,5—3,7	2,4—4	2,2—4,8	2—6,3	1,6—21
2,5	2,3—2,7	2,2—2,8	2,1—3	2—3,2	1,9—3,7	1,7—4,5	1,5—8,7
2	1,9—2,1	1,84—2,28	1,78—2,29	1,7—2,42	1,6—2,68	1,46—3,08	1,27—4,67
1,5	1,42—1,59	1,41—1,61	1,37—1,66	1,33—1,73	1,26—1,88	1,19—2,04	1,05—2,63

skaala võrdväärsed jaotused, mis asuvad kahel pool näitajat (ja need jaotused peavad vastama kasutatavale diafragmale), kaugusskaalal sügavusteravuse piire.

Kui antud sügavusteravuse piirides on vaja kindlaks määrata teravustamispunkti ja antud juhul diafragma suurimat võimalikku ava, lahendatakse ülesanne vastupidises järjekorras, s. t. kaugusskaalal leitakse arvud, mis vastavad nõutavaile sügavusteravuse piiridele, ja valitakse sügavusteravuse skaalal neile arvudele niisugused kaks võrdset arvu, millede vahemaa võrdub või on pisut suurem kaugusskaalal võetud arvudest, ja sügavusteravuse skaala indeks näitab sel momendil kaugust teravustamisplaanini.

Viseerimise reeglid

Viseerimiseks nimetatakse fotografeeritava pildi piiride kindlaksmääramist fotoaparaadi pildiotsija abil.

Ükski pildiotsija, kui ta optiline telg ei lange ühte kaamera objektiivi optilise teljega, ei näita täiesti täpselt, s. t. ei kindlusta pildiotsijas paistva fotografeeritava pildi piiride ühtelangemist tulevase foto piiridega. Alati on pildiotsija ja pildi näitude vahel mõningane erinevus, mis on seda suurem, mida kaugemal asub kaamera objektiivist pildiotsija objektiiv. See kõrvalekaldumine, mida nimetatakse p a r a l l a k s i k s, on võrdlemisi väike, kui aparaat asub pildistatavast esemest suurel kaugusel, muutub aga väga tunduvaks lähedalt pildistamisel.

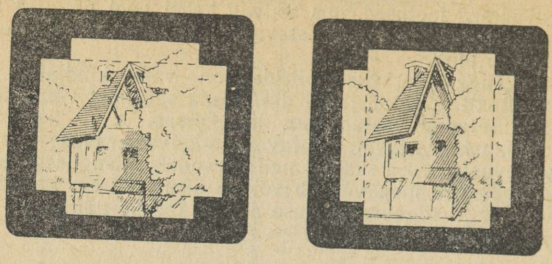
Mõned pildiotsijad varustatakse spetsiaalsete seadistega, mille abil neid võib kallutada objektiivi optilise telje suunas, ja seda kallakut reguleeritakse spetsiaalse skaala abil vastavaks pildistatava objekti kaugusele. Enamik pildiotsijaid aga valmistatakse liikumatuina. Selleks, et kõrvaldada parallaksi vigu ja samuti viseerimise võimalikke ebatäpsusi, on pildiotsija raamid tavaliselt arvestatud nii, et need piiravad pisut väiksemat välja, kui me näeme pildil. Vaatamata sellele tuleb lähedalt, s. o. suureplaanilisel pildistamisel, teha pildiotsija näitudes mõningad parandused ja seada vaadeldav ese mitte pildiotsija nägemisvälja keskpunkti, vaid pisut lähemale sellele küljele, mis on objektiivi poole suunatud. Ühe objektiiviga peegelkaameratel langeb selle paranduse vajadus ära.

Pildiotsijate näitude täpsus sõltub samuti nende õigest tarvitamisest.

R a a m - p i l d i o t s i j a t e g a pildistamisel tuleb väike (tagumine) raam seada silmast niisugusele kaugusele, et tema küljed langeksid projektsioonis ühte pildiotsija suure (eesmise) raami vastavate külgedega.

T e l e s k o o p - p i l d i o t s i j a g a pildistamisel tuleb pildiotsija okulaar lähendada silmale niivõrd, et sealjuures oleks näha kogu pildiotsija eesmise läätse raam.

P e e g e l - p i l d i o t s i j a g a pildistades, mille raamidel on tavaliselt risti kuju, tuleb juhinduda sellest (horisontaalsest või vertikaalsest) pildiväljast, mis vastab fotokaamera asendile (joon. 148). Pildiotsija tuleb seada nii, et nägemisjooned oleksid perpendikulaarsed pil-



Joon. 148. Peegel-pildiotsija raam;
punktiiriga on näidatud pildiväli, millest tuleb juhinduda pildistamisel kaamera horisontaalses ja vertikaalses asendis.

diotsija ülemise läätsega. Pildiotsijat ei tule silmale liiga ligidale tuua, kuna sel puhul ei ole võimalik näha pildistatava objekti kujutist selgesti.

Eksponeerimise (säritamise) reeglid

Eksponeerimine (säritamine) on pildistamisprotsessi lõppoperatsioon. Säritamiseks pannakse kaamera katik tegevusse sel teel, et vajutakse päästiku hoovale või nupule. See vajutus peab olema sujuv, mitte järsk. Soovitatav on kasutada painduvat traatavajat.

Pildistamisel käelt, ilma statiivita, momentaanse säriajaga (mitte üle $^1/_{25}$ sek.), tuleb kaamerat eksponeerimisel hoida käes tugevasti, surudes teda mõlemast küljest. Suurema kindluse ja liikumatuse saavutamiseks on soovitatav toetuda vastu puud, sammast, majaseina või nõjatada küünarnukid mingile kindlale alusele (käsipuud, laud, tooli seljatugi jne.). Pildistamisel statiivilt pikema säriajaga tuleb kasutada painduvat traatavajat.

SÄRIAEG JA SELLE MÄÄRAMINE

Õige säriaja mõiste

Säriajaks nimetatakse ajavahemikku, mille vältel valgus toimib fotograafilisele materjalile.*

Õige säriaeg on pildistamisel üks neist põhitegureist, mis kogusummas määravad pildi tehnilise kvaliteedi.

Õigeks selle sõna otseses mõttes osutub niisugune säriaeg, mille puhul negatiiv annab tonaaliselt õigesti edasi pildistatava objekti kogu heledusastmiku. Kuid objekti tonaalselt õige edasiandmine pildil ei

---

* Mõistet «säriaeg» ei tohi ära segada mõistega «ekspositsioon», mis tähendab valgustundlikule kihile toimiva valguse h u l k a.

sõltu alati ainult säriajast, vaid on vaja ka negatiivmaterjali, mille fotograafiline ulatus on arvuliselt suurem pildistatava eseme heledusastmikust või on vähemalt võrdne sellega. Pildistades materjalile, mille fotograafiline ulatus on arvuliselt suurem objekti heledusastmikust, on objekti tonaalselt õige edasiandmine pildil võimalik mitmesuguste säriaegadega, mis, vaatamata nende hulgale, on kõik õiged.

Sel juhul on parim (normaalne) mingi keskmine säriaeg, mis võimaldab saada keskmise tihedusega negatiivi, mis on sobiv kopeerimiseks.

Pildistamisel materjalile, mille fotograafiline ulatus võrdub arvuliselt objekti heledusastmikuga, on õige ainult üks säriaeg. See säriaeg on ühtlasi ka parim (normaalne).

Pildistamisel materjalile, mille fotograafiline ulatus on arvuliselt väiksem antud fotografeeritava objekti heledusastmikust, on juba teoreetiliselt võimatu saada õiget säriaega.

Kuid seoses sellega, et tihti on vaja määrata õiget säriaega pildistamisel materjalidele, mille fotograafiline ulatus on väiksem pildistatava objekti heledusastmikust, loetakse praktiliselt õigeks niisugune säriaeg, mille puhul antud pildistamistingimustes võib saada ülesvõttel antud materjalile objekti süžeeliselt tähtsamate osade tonaalselt kõige õigema ülekande. Kahel viimasel juhul võib õige olla ainult üks säriaeg.

Igasugune kõrvalekaldumine normaalsest säriajast põhjustab negatiivi tehniliste omaduste halvenemise ja muudab negatiivi tihedust, tehes ta kas liiga läbipaistvaks või, vastupidi, liiga tihedaks, s. t. ühel või teisel juhul ebamugavaks kopeerimisel. Sellest sõltuvalt, kummasse suunda on kõrvale kaldutud normaalsest säriajast, nimetatakse seda puuduliku säriaja puhul *alasäritusteks*, liigse säriaja puhul — *ülesäritusteks*.

Normaalse ilmutamise tingimusel (kuni $\gamma=1$) on alasärituse üldisteks tunnusteks negatiivi hõredus ja kujutise kõrgendatud kontrastsus. Viimane on tingitud sellest, et pildistatava objekti kõige tumedamad elemendid satuvad tunnuskõvera alasärituse osasse, kus optiliste tiheduste kasv ei toimu proportsionaalselt ekspositsioonide logaritmidega, vaid progressiivselt, samal ajal kui objekti teised elemendid satuvad tunnuskõvera proportsionaalse ülekande osasse. Tiheduste erinevus ja koos sellega ka kujutise kontrastsus suurenevad.

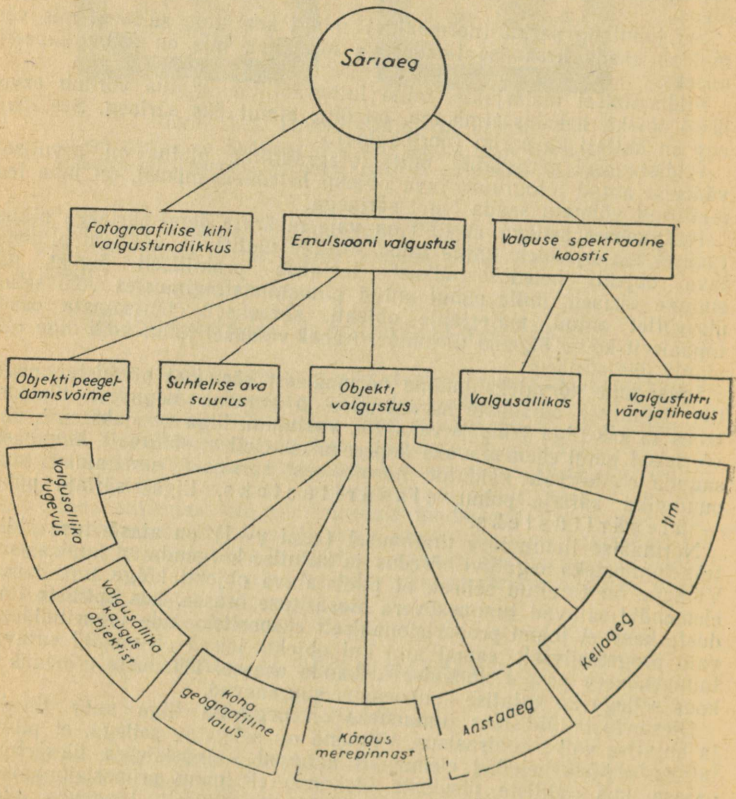
Ülesärituste üldisteks tunnusteks on negatiivi liiga suur tihedus ja kujutise väike kontrastsus. Viimane on seletatav sellega, et pildistatava objekti heledad elemendid satuvad tunnuskõvera ülesärituse osasse, kus optiliste tiheduste ülekanne ei toimu proportsionaalselt ekspositsioonide logaritmidega, vaid progressiivselt langevas reas. Samal ajal aga satuvad objekti teised elemendid tunnuskõvera proportsionaalse ülekande osasse. Optiliste tiheduste erinevus, samuti ka kujutise kontrastsus vähenevad.

Väga suurte alasärituste puhul saadakse negatiividel ainult objekti kõige heledamate elementide kujutised, kuna muud negatiivi osad jäävad täiesti läbipaistvaks, ilma igasuguste kujutise tunnusteta.

Väga suurte ülesärituste puhul säilivad negatiivil ainult objekti kõige vähem valgustatud osad, negatiivi muud osad aga jäävad läbipaistmatuks ja peaaegu ilma mingite kujutise tunnusteta.

Säriaega mõjutavad tegurid

Sõltuvalt pildistamistingimustest ja fotograafilistest vahenditest võib säriaeg muutuda äärmiselt laiades piirides, mida praktiliselt piiravad ainult kaamera katiku äärmised kiirused. Kuid kogemused näi-



Joon. 149. Säriaja sõltuvus pildistamistingimustest.

tavad, et säriaja väikesed muutumised ühele või teisele poole praktiliselt ei põhjusta märgatavat efekti negatiivkujutisel, seepärast kasutatakse praktikas ühe või teise säriaja valimisel proovimismeetodit, kus kasutatakse säriaegu, mis erinevad üksteisest vähemalt kaks kuni kolm korda.

Põhilisteks teguriteks, mis mõjuvad säriajale, on fotomaterjali val-

gustundlikkus, tema valgustatus ja valgustundlikule kihile toimiva valguse spektraalne koostis. Mida kõrgem on fotomaterjali valgustundlikkus, seda kõrgem on tema valgustatus ja mida rohkem on aktiinseid kiiri valgustundlikule kihile toimivas valguses, seda väiksem on säriaeg. Fotoplaadi või -filmi valgustatus omasoodu sõltub pildistamisobjekti valgustatusest, tema peegeldamisvõimest ja objektiivi mõjuva ava suurusest.

Objekti valgustatus päevavalgusel sõltub pildistamiskoha geograafilisest laiusest, koha kõrgusest merepinnast, aastaajast (kuu ja kuupäev), kellaajast ja ilmast, õhtuse pildistamise puhul — kasutatavate valgusallikate tugevusest ja nende kaugusest pildistatavast objektist.

Kihile toimiva valguse spektraalne koostis sõltub valgusallikast (päike, hõõglambid, fotolambid, päevavalguslambid, kaarlambid, magneesiumvalgus jne.) ja kasutatava valgusfiltri tihedusest.

Selgituseks on joonisel 149 toodud skeem, millel on näidatud säriaja sõltuvus loetletud tegureist. Peale nende avaldavad säriaja kestusele mõju ka fookuskaugus, mille muutumisega koos muutub objektiivi suhteline ava ja järelikult ka säriaeg. Sel asjaolul on suur tähtsus väikeste esemete pildistamisel ja reprodutseerimisel, kus väikeste kauguste tõttu fotoaparaadi ja pildistatava objekti vahel võib fookuskaugus ulatuda kuni objektiivi kahekordse fookuskauguseni, kusjuures objektiivi faktiline valgusjõud väheneb neljakordselt, võrreldes nominaalsega, säriaeg aga kasvab vastavalt neli korda.

Tabel 49

Suhtelised säriajad kujutiste mitmesuguste mastaapide puhul

Kujutise mastaap	Väga väike	1 : 20	1 : 10	1 : 8	1 : 6	1 : 4	1 : 2	3 : 4	1 : 1
Suhteline säriaeg	1	1,10	1,21	1,25	1,36	1,50	2,25	3,06	4

Märkus. Algühikuks on võetud säriaeg, mis on vajalik siis, kui objektiiv on seatud lõpmatusele.

Kui mastaap on väiksem kui 1 : 20, on säriaja muutumine niivõrd tühine, et seda arvesse ei võeta.

Säriaeg päevavalgusel

Säriaegade määramiseks kasutatakse arvutustabeleid või spetsiaalseid aparaate, mida kutsutakse eksponomeetreiks ehk eksposimeetreiks. Kõige täiuslikum neist on fotoelektriline eksponomeeter, mille töö põhineb fotoelementide ja nendega ühendatud ülitundlike galvanomeetrite kasutamisel. Fotoelektrilised eksponomeetrid annavad säriaegade näitude seisukohalt täiesti rahuldavaid andmeid,

Tabel 50

Säriajad päevavalguse puhul

I. PILDISTAMISKOHT JA PILDISTATAV OBJEKT

Pildistamiskoht ja pildistatav objekt	Tingarv
Pilved	0
Maastik ilma esiplaanita	4
Maastik heledate esemetega esiplaanil . . .	6
Maastik tumedate esemetega esiplaanil . .	8
Avameri, järv, lumine tasandik	1
Mererand, väli	2
Väljakud	5
Laiad tänavad	6
Kitsad tänavad . . .	8
Heledad, valged hooned	4
Tumedad hooned . . .	8

Pildistamiskoht ja pildistatav objekt	Tingarv
Portreed ja grupid väljas	7
Portreed ja grupid harvade puude all . . .	10
Portreed ja grupid metsas	12
Portreed toas akna juures	10
Portreed toas 1 m kaugusel aknast	14
Portreed toas 2 m kaugusel aknast	17
Hele tuba	24
Tume tuba	30

II. PILDISTAMISE AEG

Kellaaeg (enne keskpäeva)	Kuud						Kellaaeg (pärast keskpäeva)
	jaanuar detsember	veebruar novembber	märts oktoober	aprill septembber	mai august	juuni juuli	
	Tingarv						
5	—	—	—	—	9	9	19
6	—	—	—	9	8	7	18
7	—	—	8	8	6	5	17
8	—	8	7	5	3	2	16
9	8	7	5	3	2	1	15
10	7	5	3	2	1	1	14
11	5	4	2	1	1	0	13
12	4	3	1	1	0	0	12

III. VALGUSTUS (ILM)

Valgustuse liik	Päike valgete pilvedega	Päike pilvedeta	Kerged pilved	Hallid pilved	Väga sompus	Tumedad äikesepilved
Tingarv	0	1	2	3	4	6

IV. PLAATIDE (FILMIDE) TUNDLIKKUS

Süsteem	Plaatide (filmide) tundlikkus								
GOST	16	22	32	45	65	90	130	180	250
H & D	350	500	700	900	1400	2000	3000	4000	6000
DIN	13/10	15/10	17/10	18/10	20/10	21/10	23/10	24/10	26/10
Tingarv	**3**	**2**	**1**	**0**	**—1**	**—2**	**—3**	**—4**	**—5**

V. DIAFRAGMA

Suhteline ava	2	2,5	2,8	3,5	4/4,5	5	5,6	7
Tingarv	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**

Suhteline ava	8/9	10	11/12,5	14	16	20	22	28	32
Tingarv	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**

VI. SÄRIAEG

Tingarvude summa	**9**	**11**	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**	**24**	**27**
Säriaeg	1/1000	1/500	1/200	1/100	1/50	1/25	1/10	1/5	1/2
Sekundit	1/670	1/335	1/130	1/70	1/35	1/17	1/7	1/3	3/4

Tingarvude summa	29	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Säriaeg	1	2	3	4	6	8	12	15	25	30	50	1	$1^1/_2$
	1,5	3	4,5	6	9	12	18	23	38	45	75	1,5	2,25
	Sekundit											Minutit	

kuid aja jooksul riista elementide tundlikkus pisut väheneb, mis nõuab ka säriaegade määramisel vastavaid parandusi.

Fotoelektriliste eksponomeetrite (vt. lk. 106, 113, 114) väärtuseks on see, et nende näidud ei ole seotud valguse subjektiivse hindamisega silma järgi.

Vähemtäiuslikud on optilised eksponomeetrid, millede töö põhineb optilisel kiilul, mille abil valgust mõõdetakse visuaalselt. Inimese silm, mis ei ole püsivate omadustega, vähendab loomulikult niisuguste riistade näitude täpsust, kuid praktiliselt on nad täiel määral kasutamiskõlblikud.

Lõpuks on praktiliselt küllalt usaldatavad ja aitavad igal juhul vältida jämedaid vigu arvutustabelid, mis on koostatud keskmiste katseliste andmete alusel, sest enamikul juhtudel ületab praktikas esinevate materjalide ulatus tunduvalt pildistamisobjekti heledusastmiku.

Värvilisteks töödeks võib neid tabeleid kasutada ainult äärmisel juhul, kuna värvifotomaterjalide ulatus on väike.

Igast eespool toodud viiest tabelist (I—V) tuleb otsida pildistamistingimustele kõige vastavam punkt, meeles pidada tingarvu, mis vastab sellele punktile, ja pärast kõik need tingarvud liita.

Viimases (VI) tabelis vastab liitmisel saadud summale arv, mis näitab otsitavat säriaega. Kui tabelis VI ei ole saadud arvu, siis tuleb võtta järgmine suurem arv.

Tabelis IV on osa tingarve märgiga «—» (miinus). Summeerimisel arvatakse need arvud üldisest summast maha.

Tabelid on arvestatud 51—56° põhjalaiuse piirides asuvale NSV Liidu keskvööndile. Pildistamisel põhja- või lõunapoolsematel laiuskraadidel tuleb tabelite abil leitud säriaega lühendada või pikendada vastavalt tabelis 51 antud juhistele. Filtrite kasutamisel tuleb teha vastavad parandused nende fotograafilise kordusteguri järgi (vt. lk. 275).

Säriaeg mägedes pildistamisel

Sõltuvalt pildistamiskoha kõrgusest, arvates merepinnast, muutub säriaeg ligikaudu järgmiselt.

Pildistades kõrgusel kuni 800 m ... muutuseta
„ „ „ 1000 m ... $^3/_4$ normaalsest säriajast
„ „ „ 2000 m ... $^1/_2$ „ „
„ „ „ 3000 m ... $^1/_3$ „ „
„ „ „ 4000 m ... $^1/_4$ „ „

Tabel 51

Muudatused tabelis näidatud säriaegades mitmesugustele laiuskraadidele ja neile vastavaile NSV Liidu linnadele

Laiuskraad	Linnad	Säriaja muutus
38	Ašhabad	Säriaega vähendada 2 korda
39	Stalinabad	
40	Bakuu, Buhhaara, Jerevan, Krasnovodsk, Leninabad, Samarkand	
41	Taškent	
42	Batuumi, Kutaissi, Tbilisi	
43	Alma-Ata, Vladivostok, Gagrõ, Groznõi, Džambul, Mahhatškala, Sotši, Stavropol, Suhhumi, Frunze	
44	Alušta, Balaklava, Jessentuki, Železnovodsk, Kislovodsk, Pjatigorsk, Tuapse	
45	Anapa, Armavir, Bahtšisarai, Vorošilovsk, Jevpatooria, Izmail, Kertš, Kzõl-Orda, Krasnodar, Novorossiisk, Sevastoopol, Simferoopol, Feodossia, Jalta	
46	Astrahan, Odessa	Säriaega vähendada 1,5 korda
47	Jeisk, Nikolajev, Berdjansk, Rostov Doni ääres, Herson	
48	Dnepropetrovsk, Zaporožje, Kirovograd, Stalino	
49	Vinnitsa, Lugansk, Stalingrad	
50	Aktjubinsk, Žitomir, Karaganda, Kiiev, Lvov, Poltaava, Rovno, Semipalatinsk, Tarnopol, Harkov	

Tabeli 51 järg

Laiuskraad	Linnad	Säriaja muutus
51	Akomolinsk, Lutsk, Sumõ, Tšernigov	Säriaeg tabelite järgi
52	Brest, Gomel, Irkutsk, Kursk, Pavlodar, Pinsk, Saraatov, Ulan-Udee, Uralsk, Tšitaa, Tškalov	
53	Barnaul, Brjansk, Kuibõšev, Kustanai, Orjol, Pensa, Tambov	
54	Magnitogorsk, Minsk, Mogiljov, Tuula, Uljanovsk	
55	Vilnius, Vitebsk, Kaluuga, Novosibirsk, Omsk, Rjasan, Smolensk, Ufaa, Tšeljabinsk	
56	Gorki, Perm, Moskva, Tomsk	
57	Ivanovo, Iževsk, Joškar-Ola, Kaasan, Kalinin, Riia, Sverdlovsk	Säriaega suurendada 1,5 korda
58	Vologda, Jenisseisk, Novgorod, Pihkva (Pskov), Rõbinsk, Tobolsk, Jaroslavl	
59	Kirov, Tallinn *	
60	Kroonlinn, Leningrad	
61	Viiburi	Säriaega suurendada 2 korda
62	Petrozavodsk, Sõktõvkar, Jakutsk	
65	Arhangelsk, Kemi	
67	Kandalakša	
69	Murmansk	

* Antud aeg kasutatav kogu Eesti kohta.

Säriajad kunstliku valgustuse puhul

Kunstliku (elektri-) valgustusega määratakse säriaeg sõltuvalt
1) plaatide või filmide üldisest valgustundlikkusest;
2) plaatide või filmide spektraalsest värvustundlikkusest;
3) valgusallika ja fotografeeritava eseme vahemaast;
4) objekti peegeldusvõimest;
5) lampide kiirgusenergia võimsusest.

Muude võrdsete tingimuste puhul on säriaeg seda lühem, mida kõrgem on üldine valgustundlikkus ja mida kõrgem on negatiivmaterjalide sensibiliseerimise aste.

Tabel 52

Säriaja muutumine sõltuvalt kasutatava negatiivmaterjali liigist (hõõglampidega valgustamisel)

Negatiivmaterjali liik	Suhteline säriaeg
Ortokromaatiline	1
Isoorto- ja isokromaatiline	$^2/_3$
Pan- ja isopankromaatiline	$^1/_2$

Tabel 53

Säriaja muutumine sõltuvalt objekti peegeldusvõimest

Objektid	Suhteline säriaeg
Heledad (valged) esemed	1
Keskmised (hallid) esemed	2
Tumedad (mustad) esemed	3

Sõltuvalt materjalide üldisest valgustundlikkusest muutub säriaeg pöördvõrdeliselt selle suurusega.

Sõltuvalt valgusallika ja objekti vahemaast muutub säriaeg pärivõrdeliselt kauguse ruuduga.

Mida suurem on lambi valgusvoog, mis langeb pildistamisobjektile, seda lühem on säriaeg.

Kõige mugavamad valgusallikad pildistamisel on elektrihõõglambid, kuid nende valguse emissioon * on võrdlemisi väike.

Tõstes elektrilambile antavat pinget, s. t. sundides lampi töötama ülekuumendatud niidiga, võib normaalsete valgustuslampide valguse emissiooni tunduvalt tõsta.

* Valguse emissiooni iseloomustab valgusvoo ja lambi poolt kasutatava elektrienergia võimsuse suhe ja see väljendatakse luumenites vati kohta (lm/W).

Tabel 54

Volframniidi valguse emissiooni sõltuvus pingest

Pinge (volti)	73,7	85,7	98,4	112,4	127,5	143	161	180	200	220	243
Valgusvoog (luumenit)	214	391	662	1073	1702	2567	3370	5510	7525	10220	13720

Kuna kõrgendatud tööpinge puhul kiirguse spektraalne koostis rikastub lühilaineliste kiirtega, kasvab lampide fotograafiline aktiinsus tunduvalt, jõudes sealjuures ette valgusemissiooni kasvust. Sel viisil võib 200—300-vatilist lampi teha fotograafiliselt ekvivalentseks 500—800 W lambiga, kuid lambi tööiga lüheneb seejuures.

Tabel 55

Lambi tööea ja tööpinge sõltuvus

Pinge (% nominaalsest)	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
Tööiga (% nominaalsest)	2187	950	397	153	100	51	27	14	8	3	2,6

Tabel 56

Elektrilampide võrdlev tehniline karakteristika

Lambi tüüp	Võimsus (vattides)	Valguse emissioon (luumenit vati kohta)		Tööaeg (tundi)
		110—127	220	
Normaalne	100	12,75	10,00	1000
„	150	14,50	11,40	1000
„	200	15,25	12,55	1000
„	300	16,25	13,65	1000
„	500	17,45	15,12	1000
„	1000	19,00	17,20	1000
Fotolamp	275	32,00	29,00	2
„	500	32,00	29,00	6
Luminestsents-päevavalguslamp (ДС)	15	28,00	—	1500
Sama	20	30,00	—	1500
„	30	—	32,00	1500
„	40	—	34,00	1500

Spetsiaalseil fotolampidel on võrdlemisi lühike tööiga (275 W — 2 tundi ja 500 W — 6 tundi), mis on seletatav fotolambi klaaskeha väikese mahuga, võrreldes sama võimsusega normaalse valgustuslambiga, mille tõttu lambi niitide jahtumine on põlemisel halvendatud.

Amatöörtingimustes võib elektrilampide kasutamise puhul säriaega objekti valgustamiseks määrata allpool toodud säriaegade tabelite abil. Lampide kasuteguri tõstmiseks soovitatakse kasutada reflektoreid. Valguse pehmendamiseks kasutatakse õhukesest valgest riidest või suitsupaberist valgusehajutajaid. Seejuures tuleb siiski arvesse võtta, et iga niisugune valgusehajutaja peab kinni umbes 50% valgusest. mistõttu säriaega peab valgusehajutajaga pildistamisel suurendama vähemalt kahekordselt.

Tabel 57

Kunstliku valgustuse säritusaegade tabel *

I. PLAATIDE (FILMIDE) VALGUSTUNDLIKKUS

Nimetus	Tingarv
Isopankromaatiline	0
Pankromaatiline	0
Isokromaatiline	1
Isoortokromaatiline	1
Ortokromaatiline	2

II. KAUGUS LAMBIST PILDISTAMISOBJEKTINI

Kaugus (meetreis)	Tingarv
0,8	4
1	5
1,5	6
2	7
3	8
4	9
6	10
8	11
12	12

III. PLAATIDE (FILMIDE) VALGUSTUNDLIKKUS

Süsteem	Plaadi (filmi) valgustundlikkus				
GOST	16 ja 22	32 ja 45	65 ja 90	130 ja 180	250 ja 350
H & D	500	1000	2000	4000	8000
DIN	15/10	18/10	21/10	24/10	27/10
Tingarv	3	2	1	0	—1

* Valgustades objekti hõõglampidega.

IV. OBJEKTID

Objekti iseloom	Tingarv
Hele	0
Keskmine	1
Tume	2

V. REFLEKTOR

Reflektori olemasolu	Tingarv
Reflektoriga	0
Ilma reflektorita	1
Valgusehajutajaga	2

VI. LAMBI VÕIMSUS

Võimsus (vattides)	500	275	200	100	75
Fotolambid	1	2	—	—	—
Hõõglambid	2	—	3	5	6

VII. DIAFRAGMA

Diafragma	1,5	2	2,8/3,5	4/4,5	5,6/6,3	8/9	11/12,5
Tingarvud	0	1	2	3	4	5	6

VIII. SÄRIAEG

Tingarvude summa	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Säriaeg	1/500	1/250	1/100	1/50	1/25	1/10	1/5	1/2	1	2
	Sekundi murdosad								Sekundid	

Tingarvude summa	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Säriaeg	4	8	15	30	1	2	4	8	15	30
	Sekundid				Minutid					

Igast eelpool toodud seitsmest (I—VII) tabelist tuleb leida tingarv, mis vastab pildistamistingimustele. Leitud arvud liidetakse; tabelist VIII leiame summa kohalt otsitava säriaja.

Tabelid on arvestatud ühe lambi kasutamise puhuks.

Pildistamisel kahe lambiga (arvestatakse objekti otsest valgustamist) tuleb algul leida säriaeg kummagi lambi jaoks eraldi, leitud säriajad korrutada ja jagada nende summaga.

Oletame näiteks, et kahe lambiga pildistamisel on säriaeg ühe lambiga pildistamisel 2 sekundit, teise lambiga — 8 sekundit. Üldine säriaeg mõlemale lambile on $(2 \times 8) : (2 + 8) = 16 : 10 = 1{,}6$ sek.

Pildistamisel kolme või rohkema lambiga tuleb algul leida säriaeg iga üksiku lambi jaoks ja seejärel, liites nende säriajad paariviisi, leida üldine säriaeg kõigile lampidele kokku.

Ekspositsioon pildistamisel magneesiumvalgusega

Magneesiumiplahvatusel on määratu suur efektiivsus.

Väga kõrge põlemistemperatuuri tõttu on magneesiumisegu valgus väga suure fotograafilise aktiinsusega.

Magneesiumivalgusel pildistamisel kõigub säriaeg olenevalt magneesiumisegu koostisest ja kogusest $^1/_{10}$ kuni $^1/_{30}$ sekundi vahel, s. t. pildistamine toimub faktiliselt momentaanselt. Vajalikku ekspositsiooni (valgustushulka) reguleeritakse ainult segu kogusega, seepärast on arvestuste eesmärgiks magneesiumisegu koguse kindlaksmääramine antud pildistamistingimusteks.

Magneesiumisegu kujutab endast metallilise magneesiumi ja mingi hapnikurikka aine peenikest segu. Viimasena kasutatakse baariumnitraati, tooriumnitraati, ammooniumnitraati, kaaliumpermanganaati ja Bertholet' soola (kaaliumkloraati).

Magneesiumisegude retseptid

Nr. 1.	Magneesium	1	kaaluosa
	Baariumnitraat	1	„
Nr. 2.	Magneesium	1	„
	Ammooniumnitraat . . .	1	„
Nr. 3.	Magneesium	1	„
	Tooriumnitraat	1	„
Nr. 4.	Magneesium	1	„
	Kaaliumpermanganaat .	1	„
Nr. 5.	Magneesium	1	„
	Berthollet' sool	2	„

Kõige vähem suitsu annab retsepti nr. 3 järgi koostatud segu. Kõige kiiremini põleb retsepti nr. 5 järgi koostatud segu.

Magneesiumisegud on plahvatusohtlikud ja võivad plahvatuse puhul tekitada tõsiseid põletushaavu; seepärast nõuab magneesiumisegude valmistamine ja süütamine suurt ettevaatust ja rea reeglite silmapidamist:

1) magneesiumisegude koostisosad tuleb eraldi pulbriks peenendada portselanuhmris;

2) koostisosad tuleb segada väikestes doosides (2—3 g) hanesule või puupulga abil;

3) sädemete tekkimise vältimiseks põlemisel peab segu olema ühtlane;

Tabel 58

Arvutustabelid magneesiumisegu koguse määramiseks pildistamisel

I. PLAHVATUSE KAUGUS PILDISTAMISOBJEKTIST

Kaugus (meetreis)	Tingarv
3	8
4	9
6	10
8	11
12	12

II. REFLEKTOR

Reflektori olemasolu	Tingarv
Reflektoriga	0
Ilma reflektorita	1

III. OBJEKTID

Objekti iseloom	Tingarv
Hele	0
Keskmine	1
Tume	2

IV. PLAATIDE (FILMIDE) VALGUSTUNDLIKKUS

Süsteem	Plaatide (filmide) valgustundlikkus			
GOST	16—22	32—45	65—90	130—180
H&D	500	1000	2000	4000
DIN	15/10	18/10	21/10	24/10
Tingarv	3	2	1	0

V. DIAFRAGMA

Diafragma suurus	1,5	2	2,8/3,5	4/4,5	5,6/6,3	8/9	11/12,5
Tingarv	0	1	2	3	4	5	6

VI. MAGNEESIUMISEGU HULK

Tingarvude summa	15	16	17	18	19	20	21
Magneesiumisegu (grammi)	0,1	0,3	0,5	1	2	4	8

4) magneesiumi tuleb põletada süütepanni või muude seadiste abil. Kõige mugavamad ja ohutumad on ränisüütega süütepannid. Kõige ebamugavamad ja kõige ohtlikumad on pistong-süütepannid;

5) süütepanni puudumisel võib segu süüdata metallplaadil salpeeterpaberi ribakese või tselluloidiribakese abil, kusjuures üks paberi- või tselluloidiribakese ots pistetakse segu alla, teine ots jäetakse 8—10 cm pikkuselt välja ja süüdatakse;

6) magneesiumi ei tohi süüdata vatiga ja pista põlevat tuletikku otse segu juurde;

7) juhul kui segu ei sütti, tuleb oodata vähemalt 1—1,5 minutit ja alles pärast seda läheneda segule, sest on võimalik süttimise hilinemine;

8) magneesiumi ei tohi süüdata inimestele lähemal kui 1,5—2 m kaugusel. Samuti ei tohi ise asuda lähemal kui 1 m. Lampide kasutamisel tuleb neid hoida väljasirutatud käes;

9) säritamistel tuleb piirduda võimalikult väikeste segukogustega (mitte üle 2—3 g).

Igast viiest tabelist (I—V) tuleb leida tingarvud, mis vastavad pildistamistingimustele.

Tingarvud liidetakse ja vastus loetakse tabelist VI («Magneesiumisegu hulk») tingarvude summa alt.

Säriaegade kõrvalekaldumiste lubatavad piirid

Säriaegade kõrvalekaldumiste lubatavad piirid sõltuvad negatiivmaterjali fotograafilise ulatuse ja fotografeeritava objekti heledusintervalli suuruste vahekorrast. Mida suurem on negatiivmaterjali fotograafiline ulatus, võrreldes objekti heledusintervalliga, seda suuremad võivad olla kõrvalekaldumised normaalsest säriajast, ilma et see kahjustaks kuigi suurel määral kujutise kvaliteeti pildistamisobjekti heledusastmiku ülekande suhtes.

Näiteks kui objekti heledusastmik võrdub 50-ga, fotograafiline ulatus aga on 150, siis võib säriaega pildistamisel muuta 3 korda (näit. $^1/_{20}$—$^1/_{60}$ sek.).

Nagu näidatud, on negatiivmaterjalide kasulik fotograafiline ulatus 150—200.

Kuna enamikul juhtudel piisab sellest, et oleksid õigesti edasi antud objekti keskmised heledused, mille piirides tavaliselt asuvad süžeeliselt kõige tähtsamad objekti osad, siis võib praktiliselt foto kunstilist väärtust kahjustamata pildistada süžeesid, mille heledusastmik on 300—500.

Tabel 59

Mõningate objektide heledusastmik

Objektid	Heledusastmik
Lahtine maastik sompus ilmaga	1 : 2 — 1 : 3
„ „ taevata ja esiplaanita	1 : 4 — 1 : 10
„ „ taevaga	1 : 20 — 1 : 60
Maastik tumeda esiplaaniga	1 : 100 — 1 : 300
Heledad hooned. päikesepaistel	1 : 5 — 1 : 10
Taeva foonil tumedad hooned	1 : 100 — 1 : 200
Arhitektuur sompus ilmaga	1 : 10 — 1 : 20
Kitsad tänavad päikesepaistelise ilmaga, majade varjudega	1 : 300 — 1 : 500
Heledate tubade sisemus	1 : 100
Portree suure plaaniga, heledate juustega	1 : 10 — 1 : 20
Portree suure plaaniga, tumedate juustega	1 : 30 — 1 : 100
Tumedad objektid lume foonil	1 : 500 — 1 : 1000
Toas vastu akent	1 : 1000 — 1 : 5000
Toas vastu eredasti valgustatud akent	1 : 5000 — 1 : 10000
Vaade pimedast ruumist, koopast, sildade, kaarte alt heledale, päikesepaistelisele paigale	1 : 10000 — 1 : 100000

Liikuvate objektide säriaeg

Liikuvate objektide pildistamisel määratakse säriaeg sõltuvalt objekti liikumise kiirusest, liikumise suunast objektiivi optilise telje suhtes ja fotoaparadi ja objekti vahemaast.

Tabel 60

Säriaja sõltuvus objekti liikumiskiirusest ja kaugusest

Kaugus objektini, väljendatud objektiivi fookuskaugustes	Objekti liikumiskiirus (meetrit sekundis)					
	1		5		10	
	Säriaeg (sekundeis)					
	Kontakt-koopiateks	Suurendusteks	Kontakt-koopiateks	Suurendusteks	Kontakt-koopiateks	Suurendusteks
100	1/100	1/300	1/500	1/1500	1/1000	1/3000
500	1/20	1/60	1/100	1/300	1/200	1/600
1000	1/10	1/30	1/50	1/150	1/100	1/300

Negatiividel on lubatav kujutise nihkumine järgmistes piirides: kontaktkopeerimise puhul — 0,1 mm, suurendamisel — 0,03 mm.

Tabel 61

Säriaja sõltuvus objekti liikumissuunast

Liikumise suund objektiivi optilise telje suhtes	Suhteline säriaeg
Nurk=0°, s. t. objekt liigub otse aparaadi poole või aparaadist eemale	1
45° nurga all	$^1/_2$
90° nurga all	$^1/_3$

Tabel 62

Mitmesuguste objektide keskmine liikumiskiirus

Pildistatav objekt	Liikumiskiirus	
	km/tund	m/sek
Ujuja	3—3,5	1
Jalakäija, aeglaselt käiv	3—3,5	1
„ , kiiresti käiv	5—6	1,4—1,7
Jooksev inimene	8—9	2—2,5
Uisutaja	30—40	8—12
Jalgrattur	10—30	3—8
Hobune, sammu sõitev	6	1,7
„ , traaviv	10—18	3—5
Traavel võidusõidul	30—36	8—10
Hüppav hobune	40—55	12—15
Linnatransport	25—30	7—8,5
Auto maanteel	30—90	8,5—25
Raudteerong	30—90	8,5—25
Aurik	15—35	4—10
Lennuk	140—500	40—140

Tabel 63

Ligikaudsed säriajad liikuvate esemete pildistamisel

Pildistatav objekt	Liikumissuund		
	↓	↘	→
	Säriajad (sekundeis)		
Jalakäijad	1/10	1/25	1/50
Tänavaliiklus üldise plaaniga	1/25	1/50	1/100
Linnatransport	1/50	1/100	1/200
Sportlikud momendid	1/100	1/200	1/500

VALGUSFILTRID

Valgusfiltriks nimetatakse värvilist keskkonda, mis valivalt neelab valgust, s. t. laseb läbi ainult teatud lainepikkusega kiiri.

Fotograafias kasutatavad valgusfiltrid kujutavad endast kas tasaparalleelseid klaasplaate, mis on valmistatud värvitud massist, või kaht värvita klaasplaati, mille vahel on värviline želatiinkiht.

Oma otstarbelt jagunevad valgusfiltrid *pildistamis*filtreiks, mida kasutatakse pildistamiseks (siia kuuluvad ka kompensatsioonifiltrid), ja *laboratoorseiks*, mida kasutatakse fotolaboratooriumide laternates (siia kuuluvad ka mõningad selektiivsed valgusfiltrid). (Üksikasjalisemalt laboratoorseist filtreist vt. lk. 302.) Monokromaatilisi ja substraktiivseid valgusfiltreid amatöörpraktikas ei kasutata.

Tabel 64

Valgusfiltrite klassifikatsioon

Valgusfiltrite tüübid	Valiv toime	Rakendusala
Monokromaatilised (ühevärvilised)	Lasevad läbi väga kitsa spektritsooni kiiri	Teaduslikuks otstarbeks (astrofotograafia, mikrofotograafia) jne.
Selektiivsed	Lasevad läbi väikese rühma mingi spektritsooni (sinakasvioletse, rohelise, kollakasoranži, punase jne. tsooni) kiiri	Kasutatakse real juhtumeil värvilises fotograafias, reprodukt-sioonitehnikas ja fotolaboratooriumi valgustamisel

Tabel 64 järg

Valgusfiltrite tüübid	Valiv toime	Rakendusala
Kompensatsioon-filtrid	Neelavad spektritsooni mingi väikese rühma kiiri (näiteks sinakas-violetseid) ja lasevad läbi kõik teised	Kasutatakse pildistamisel ühe või teise värvusülekande efekti saavutamiseks

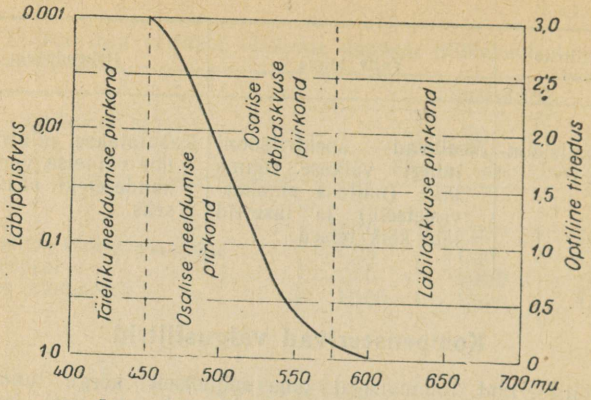
Kompenseerivad valgusfiltrid

Sensibiliseeritud fotomaterjal oma suhteliselt kõrge tundlikkuse tõttu spektri sini-violetse osa kiirte suhtes ei anna veel iseendast pildil õiget värvusülekannet. Seda võidakse saada sini-violetsete kiirte toime nõrgendamisega valgustundlikule kihile, kui asetatakse kaamera objektiivi ette valgusfilter, mis neelab spektri sini-violetse tsooni kiiri. Tõsi, õige värvusülekande seisukohalt on kompenseerivad filtrid ainult need, mis ei neela täielikult kõiki sini-violetseid kiiri, vaid lasevad nad osaliselt läbi (mõningad kollased filtrid); kuid praktikas kasutatakse ka niisuguseid valgusfiltreid, mis neelavad sini-violetsed kiired täielikult (tumekollased, oranžid, punased). Nende lugemine kompenseerivate filtrite tüüpi on tinglik, sest nad ei kompenseeri (ei tasanda) mitmesuguste kiirte toimet, vaid hävitavad sini-violetsete kiirte toime täiesti. Niisuguste filtrite kasutamine rikub samuti värviliste kiirte tasakaalu, kuid vastupidises suunas sellele, mis esineb pildistamisel ilma valgusfiltrita. Kui sinised värvused antakse ilma valgusfiltrita pildistamisel edasi valmisfotol liiga heledaina, siis oranži filtriga tulevad nad liiga tumedad. Seda nähtust nimetatakse *valguste edasiandmise üleparandamiseks*.

Küsimust, milline kollastest filtritest annab õige värvusülekande, ei saa lahendada mingi ühe konkreetse filtri nimetamisega, sest õige värvusülekande efekt sõltub ka negatiivmaterjali sensibilisatsiooni iseloomust ja astmest, pildistamisel kasutatava valgustuse spektraalsest koostisest, ja lõpuks pildistatava objekti enese värvusest.

Filtrite täpne spektraalne karakteristika saadakse nende neeldumisvõime (või läbilaskevõime) mõõtmise teel spetsiaalsete mõõteaparaatide abil. Saadud andmete alusel joonistatakse graafikule kõver, mis kannab *neeldumiskõvera* nime ja annab ülevaatliku pildi valgusfiltri värvusläbilaskevõimest mitmesuguse lainepikkusega kiirte suhtes (joon. 150).

Graafiku horisontaalteljel on märgitud kiirte lainepikkus (millimikronites), vertikaalteljel — optiline tihedus. Seetõttu näitab kõver nii neeldumisastet kui ka seda, mil määral valgusfilter laseb läbi erineva lainepikkusega kiiri.



Joon. 150. Valgusfiltri neeldumiskõver.

Filtrid, mille optiline tihedus on kolm ja rohkem, lasevad läbi ainult ühe tuhandiku või veelgi väiksema osa neile langevast valgusest, s. t. neelavad praktiliselt täielikult antud lainepikkusega kiired. Praktilisteks eesmärkideks aitab täiesti valgusfiltrite ligikaudsest hindamisest nende värvuse ja tiheduse järgi.

Filtrid on mitmesuguse värvusega: kollased, oranžid, punased jne. Kõige enam kasutatakse mitmesuguse tihedusega kollaseid filtreid (heledad, keskmised ja tihedad).

Amatöörpraktikas soovitatakse kasutada keskmise tihedusega kollaseid valgusfiltreid, mis on universaalsed, kuna nad sobivad kõigile sensibiliseeritud materjalidele (lk. 274).

Valgusfiltrite tegur

Kuna valgusfiltrid osaliselt või täielikult neelavad valguse, nõuab nende kasutamine säriaja pikendamist.

Arvu, mis näitab, mitu korda tuleb säriaega ühe või teise valgusfiltri kasutamisel suurendada, võrreldes säriajaga valgusfiltrita pildistamisel, kui kõik muud pildistamistingimused jäävad samaks, nimetatakse valgusfiltri teguriks q. Valgusfiltri tegurit väljendab fotomaterjali üldise valgustundlikkuse suhe tema efektiivsesse valgustundlikkusesse antud valgusfiltri jaoks:

$$q = \frac{S}{S_\varphi}.$$

Mida tihedam on valgusfilter ja mida lähem on tema värvus spektri punasele tsoonile, seda suurem on valgusfiltri tegur.

Antud valgusfiltri tegur ei ole konstantne, vaid sõltub valgustund-

Tabel 65

Valgusfiltriga pildistamise efekt erinevatel sensibiliseeritud materjalidel (päevavalgusega)

Valgusfiltri tihedus ja värvus	Materjalide värvustundlikkus		
	Ortokromaatiline ja isoortokromaatiline	Isokromaatiline	Pankromaatiline ja isopankromaatiline
Helekollane	Parandab pisut värvusülekannet. Tõstab pisut esile valged pilved	Parandab tunduvalt värvusülekannet. Tõstab hästi esile valged pilved	Annab peaaegu õigesti värvusülekande. Tõstab tugevasti esile valged ja töötab läbi õhukesekihilised pilved
Keskmine kollane	Parandab tunduvalt värvusülekannet. Tõstab hästi esile valged pilved	Annab peaaegu õige värvusülekande. Tõstab tugevasti esile valged ja töötab läbi õhukesekihilised pilved	Annab õige värvusülekande. Tõstab tugevasti esile valged ja hästi õhukesekihilised pilved. Tõstab kujutise kontrastsust
Tumekollane	Annab sama efekti, mis keskminegi kollane, kuid suurendab tunduvalt säriaega	Annab õigesti värvusülekande. Tõstab tugevasti esile valged ja töötab hästi läbi õhukesekihilised pilved. Tõstab kujutise kontrastsust	Annab pisut liialdatud värvusülekande. Muudab taeva tumedaks ja tõstab teravalt esile pilved. Tõstab tunduvalt kujutise kontrastsust
Oranž	Ei kasutata	Annab sama efekti, mis tihe kollane, kuid suurendab tunduvalt säriaega	Annab tugevasti parandatud värvusülekande. Pilves taeva annab edasi äikesepilvise taevana. Tõstab väga tugevasti kujutise kontrastsust
Punane	Ei kasutata	Ei kasutata	Annab liigselt parandatud värvusülekande. Punased esemed annab edasi peaaegu valgetena, sinisel peaaegu mustadena. Suurendab tunduvalt säriaega. Tavaliste võtete jaoks kõlbmatu

liku kihi sensibilisatsiooni astmest. Mida kõrgem on kihi tundlikkus näiteks kollaste kiirte suhtes, seda väiksemat säriaja suurendamist nõuab kollase valgusfiltri kasutamine, s. t. seda väiksem on ka selle filtri tegur. Sellepärast on ühe ja sama filtri tegur ortokromaatiliste plaatide ja filmide puhul tavaliselt suurem kui pankromaatiliste materjalide puhul.

Olulist mõju filtri tegurile avaldab ka valguse spektraalne koostis, mille juures pildistamine toimub. Mida vähem on selle valguse koostises sini-violetseid kiiri, seda väiksem on filtri tegur. Järelikult, ühe ja sama filtri tegur on sini-violetseist kiirtest rikka päevavalguse puhul alati suurem kui kunstliku valgustuse puhul, mis on rikas kollastest ja punastest kiirtest ja sisaldab võrdlemisi vähe sini-violetseid kiiri.

Päevavalguse spektraalne koostis ei ole samuti püsiv. Varajastel hommiku- ja hilistel õhtutundidel sisaldab päikesevalgus hoopis vähem sini-violetseid kiiri ja hoopis rohkem kollaseid ning punaseid kiiri kui keskpäeval.

Tabel 66

Otsese päikesevalguse spektraalse koostise muutumine sõltuvalt päikese kõrgusest

Päikese kõrgus (kraadides)	Värviliste kiirte sisaldus (protsentides)		
	Sini-violetseid ja rohelisi	Kollaseid	Punaseid
90	42	26	32
80	42	26	32
70	41	27	32
60	41	27	32
50	40	27	33
40	39	27	34
30	37	28	35
20	33	28	39
15	30	28	42
10	24	29	47
7	17	28	55
5	12	26	62
4	10	23	67
3	3	19	78
2	0	18	82

Ühe ja sama valgusfiltri tegur muutub päeva jooksul: päikesetõusust kuni keskpäevani suureneb ja seejärel väheneb õhtu poole. Kõik see raskendab tunduvalt filtri teguri täpset määramist, kuid praktikas ei ole vajadustki nii täpseks määramiseks. On täiesti küllaldane, kui teame ligilähedast filtri tegurit antud plaadi- või filmisordi jaoks

keskpäevase valgustuse juures ja vähendame seda fotograafilist tegurit varaseil hommiku- ja hilistel õhtutundidel ligikaudu kaks korda.

Kõige tähtsam viis filtri teguri määramiseks on järgmine. Ühtede ja samade tingimuste juures tehakse mitu võtet mitmesuguse erineva säriajaga ilma valgusfiltrita ja valgusfiltriga. Pärast ilmutamist valitakse kahest negatiivide grupist välja kaks negatiivi (kummastki grupist üks), mis on üldiselt tiheduselt ühesugused, ja võrreldakse säriaegu, mille juures saadi need negatiivid. Jagades suurema neist säriaegadest (säriaja filtriga pildistamisel) väiksemaga (säriajaga ilma filtrita pildistamisel), leitakse filtri tegur.

Näidatud viis ei anna absoluutselt täpseid tulemusi, kuid amatöörpraktikas on see täiesti vastuvõetav.

Ei tule samastada valgusfiltri numbrit tema teguriga. Numbrid, mida valgusfiltrid sageli kannavad, on tingarvud, millel pole otsest seost nende teguriga, samuti nagu igasugustel teistel tingarvudelgi (näit. ЖС-12 või ОС-12).

Valgusfiltri tegurit ei saa väljendada ühe arvuga, seepärast lisatakse filtreile tavaliselt pass, milles antakse juhendeid antud valgusfiltri teguri kohta mitmesuguse sensibilisatsiooniga fotomaterjalide jaoks. Need juhised on samuti ligikaudsed ja orienteerivad.

Nõukogude tööstus valmistab käesoleval ajal nelja liiki kompensatsioonfiltreid:

Valgusfilter ЖС-12 — helekollane
„ ЖС-17 — kollane, keskmise tumedusega
„ ЖС-18 — kollane, tume
„ ОС-12 — oranž

Valgusfiltrid valmistatakse fotograafilisest klaasist, mille mass on värvitud. Filtreid toodetakse mitmesuguse läbimõõduga ümmargustes metallääristes, vastavalt nõukogude fotoaparaatide põhiobjektiividele.

Allpool on toodud nõukogude valgusfiltrite keskmiste tegurite tabel kodumaiste fotomaterjalide jaoks keskpäevase valguse juures.

Tabel 67

Valgusfiltrite keskmine tegur mitmesugustele negatiivmaterjalidele keskpäevase päevavalguse juures

Valgusfiltri mark ja spektraalse neeldumise piirid	Plaadid			
	—	«Isoorto»	«Isokrom»	«Pankrom»
	Filmid			
	«Ortokrom»	—	«Isokrom»	«Pankrom» ja «Isopankrom»
	Fotograafiline tegur			
ЖС-12 (450 mμ)	3	2	1,5	1,5
ЖС-16 (490 mμ)	4	3	2	1,5
ЖС-18 (510 mμ)	6	4	3	2
ОС-12 (550 mμ)	Mittekasutatav	6	5	2,5

Polarisatsioonifiltrid

Polarisatsioonifiltriteks ehk polaroidideks nimetatakse optilisi süsteeme, mis võimaldavad valguse osalist või täielikku polariseerimist. Polaroidid on väga õhukesed valgust polariseerivad kiled, mis on mehaaniliste vigastuste vältimiseks liimitud kahe tasaparalleelse klaasi vahele.

Fotopraktikas kasutatakse polarisatsioonifiltreid pildistatavate esemete läikivailt pindadelt peegelduvate valgushelkide ereduse ja nendest helkidest tekkivate oreoolide vähendamiseks. Polarisatsioonifiltrite abil võib kõrvaldada klaasilt (samuti plastmassidelt, poleeritud pinnalt jne.) peegelduvat valgust ja seetõttu saada tehnilises suhtes laitmatuid tulemusi klaasitud piltide ja klaaskuplite all ning klaasvitriinides olevate esemete pildistamiseks. Prille kandvaid inimesi pildistades võib pehmendada või täielikult kõrvaldada prilliklaasidelt peegelduvad valgushelgid. Olgu rõhutatud, et polarisatsioonifilter ei ole kasutatav metalsetelt pindadelt tuleva peegelduse kõrvaldamiseks.

Polarisatsioonifiltrid võivad laiades piirides tõsta esile pilvi ning taeva eredust, ilma et samal ajal muutuks maapealsete esemete eredus. Selles mõttes võib polariseeriv valgusfilter täiel määral täita varjutatud valgusfiltri osa.

Fotograafias rakendatavad polarisatsioonifiltrid on monteeritud raamistusse, mille abil nad pildistamise ajaks asetatakse fotoaparaadi objektiivile. Kuna polarisatsioonifiltrite abil saavutatav efekt sõltub tema asendist objektiivi suhtes, tehakse niisuguste valgusfiltrite raamistused liikuvad (pöörduvad).

Polarisatsioonifiltrite kasutamisel tuleb arvestada, et nad neelavad tunduva osa valgusest ja nende tegur on kuni 6, kusjuures see ei sõltu fotomaterjali optilise sensibiliseerimise iseloomust.

Nõukogude fototööstus toodab polarisatsioonifiltreid kahesugustes mõõdetes («ПФ-36» läbimõõduga 36 mm ja «ПФ-42» läbimõõduga 42 mm) aparaatide «FED», «Zorki», «Kiiev» ja «Zeniti» objektiivide raamistustele. Tehaste andmeil lasevad need filtrid läbi 32—40% neile langevast valgusest ja polariseerivad enam kui 98% valgusest.

Polarisatsioonifiltri soodsaima asendi määramine ei tekita raskusi töötamisel fotoaparaadiga, mis võimaldab kujutuse visuaalset jälgimist klaasil (peegel- ja plaatkaamerail). Niisugustel kaameratel määratakse parim asend polarisatsioonifiltri aeglase pööramisega. Pildistades kaameratega, millel ei ole mattklaasi, võib polarisatsioonifiltrit orienteerida sel teel, et vaadeldakse pildistatavat eset vahetult läbi polarisatsioonifiltri. Leidnud sel teel filtri parima asendi, asetatakse ta selles asendis objektiivi raamistusele.

Valgusfiltrite hoidmine

Valgusfilter nõuab niisamasugust hoolikat ümberkäimist nagu kaamera objektiivgi. Pühkida tuleb teda ettevaatlikult pehme puhta vatiga (vt. «Objektiivide hooldamine», lk. 55). Valgusfiltrite tugeva määrdumise puhul tuleb neid pühkida vatitampooniga, mis on piiritu-

ses kergesti niisutatud. Ei tohi valgusfiltreid pühkida paberi, seemisnaha või riidelapiga.

Hoida tuleb valgusfiltreid kottides. Liimitud želatiinist valgusfiltreid tuleb hoida niiskuse ja kõrge temperatuuri eest.

VAHETATAVAD OBJEKTIIVID

Vahetatavate objektiivide klassifikatsioon

Optiliste vahendite igakülgne rakendamine fotopraktikas näeb ette mitmesuguste objektiivide kasutamist, mis erinevad üksteisest fookuskauguse ja pildinurga poolest. Sel eesmärgil konstrueeritakse täiuslikumad fotoaparaadid objektiivide vahetamise võimalusega.

Sõltuvalt pildinurga ja fookuskauguse suurusest jagunevad fotoobjektiivid kolme rühma: normaalsed, lainurk- ja pikafookuselised objektiivid. Pikafookuseliste objektiivide ühe eriliigi moodustavad teleobjektiivid.

Erinevalt normaalseist ehk, nagu vahel öeldakse, universaalseist objektiividest, mis on aparaatide põhiobjektiivideks, kannavad lainurk-, pikafookuselised ja teleobjektiivid vahetatavate objektiivide nimetust (üksikasjalisemalt vaata lk. 41—42).

Tingimusel, et objektiivil on küllaldased kasuliku pildivälja mõõtmed, lahendatakse küsimus, kas objektiiv on antud kaamerale normaalne, laia nurgaga või pika fookusega, sõltuvalt objektiivi fookuskaugusest ja kasutatavast pildinurgast.

Tabel 68

Normaalsete objektiivide fookuskaugused ja kasutatavad pildinurgad fotoaparaatide põhiformaatidele

Pildivälja formaat	Pildivälja diagonaal (ligikaudne)	Fookuskaugus	Kasutatav pildinurk (ligikaudu, kraadides)
	(sentimeetrites)		
2,4×2,4	3,4	3,5	52
2,4×3,6	4,3	5,0	46
4,5×6	7,5	7,5	54
6×6	8,5	8,0	56
6×9	10,8	10,5	54
6,5×9	11,5	11,0	55
9×12	15,0	13,5	58

Tabelist on näha, et normaalsete objektiivide fookuskaugus võrdub ligikaudu pildivälja diagonaaliga ja nende kasutatav pildinurk kõigub umbes 45°—60° piirides.

Objektiivid, mille fookuskaugus on suurem kui tabelis näidatud, võib lugeda pikafookuseliste objektiivide hulka. Niisuguste objektiivide pildinurk ei ole tavaliselt üle 30°.

Objektiive, mille pildinurk on suurem kui tabelis näidatud objektiividel, võime lugeda lainurk-objektiivide hulka kuuluvaiks. Niisuguste objektiivide fookuskaugused on väiksemad kui tabelis näidatud objektiividel ja nende pildinurk on tavaliselt suurem kui 70°.

Kuna kasutatav pildivälja nurk sõltub pildi formaadist, ei ole selle suurus püsiv: mida väiksem on kasutatav pilt, seda väiksem on ka kasutatav pildivälja nurk.

Praktiliselt tähendab see seda, et igasugust lainurk-objektiivi võib kasutada nii normaalsena kui ka pikafookuselisena juhul, kui pildi formaat on väiksem kui see, mille jaoks antud objektiiv on määratud.

Mis puutub pikafookuselistesse objektiividesse, siis ei saa neid kasutada ei normaalsete ega veel vähem lainurk-objektiividena.

Kuna lainurk-objektiivid erinevad normaalseist objektiividest (antud formaadi juures) oma väiksema fookuskauguse poolest, siis annavad nad väiksemas mastaabis kujutise ja neile on iseloomulik suurem sügavusteravus. Pikafookuselised objektiivid annavad suurema mastaabiga kujutise ja neid iseloomustab väiksem sügavusteravus.

Vahetatavate objektiivide kontrollimine

Kaamera põhiobjektiivi asendamine mingi vahetatava objektiiviga toimub lihtsalt ühe objektiivi eemaldamise teel kaamera küljest ja teise objektiivi asemele seadmisega.

Plaatkaamerail, kus teravustamine toimub mattklaasi järgi tööobjektiivi abil, võidakse iga objektiivi, kui selle kinnitamisseadis vastab kaamerale, kasutada ilma mingi erilise täiendava fokuseerimisseadiseta. Lainurk- ja pikafookuseliste objektiivide kasutamise võimalust neil kaamerail piiravad ainult kaamera lõõtsapikkuse piirid.

Sama kehtib ka ühe objektiiviga peegelkaamerate kohta. Kuid lainurk-objektiivide kasutamist, kuna neil on tavaliselt väike «tagumine lõik» (s. t. kaugus objektiivi tagumise läätse tipust kuni objektiivi tagumise peafookuseni), piiravad ka peegelkaamerate konstruktiivsed iseärasused. Niisugustel kaameratel on kasutatavad ainult need objektiivid, millede raamistus ei takista peegli vaba liikumist.

Kõigil teistel kaameratel on objektiivide vahetamine võimalik ainult spetsiaalsete fokuseerimisseadiste olemasolu puhul, mis on tavaliselt ette nähtud objektiivide konstruktsioonis. Niisugused seadised on kaamerate «Kiiev», «Zorki» ja «FED» objektiividel, kus teravustamine kaugusmõõdiku abil toimub spetsiaalsete seadistega, mis kompenseerivad vahetatava objektiivi nihkesammu erinevuse, võrreldes normaalobjektiiviga.

Nende objektiivide töötäpsus vastavail kaamerail sõltub vahetatava objektiivi töökauguse ühtelangemise astmest põhiobjektiivi töökaugusega või, mis on üks ja sama, kaamera töökaugusega, s. t. kaugusega objektiivi tugipinnast filmi tasapinnani, ja samuti objektiivi fokuseerimisseadise koostöö täpsusest kaugusmõõdiku mehhanismiga (üksikasjalisemalt vt. II osa lk. 119).

Objektiive, mis vastavad nimetatud nõuetele, s. t. on täpselt sobitatud kaamerale, nimetatakse j u s t e e r i t u i k s.

Vahetatavaid objektiive, mis ei ole justeeritud antud aparaadile, ei saa tarvitada, seepärast tuleb vahetatavate objektiivide ostmisel veenduda, et töökaugus, mis on näidatud objektiivi passil, langeks ühte kaamera töökaugusega (lubatav kõrvalekaldumine ±0,02 mm). Kaamerail «Kiiev» ja «Zorki» 1951. aasta teise poole ning hilisematel väljalasetel on töökaugused standardiseeritud, mis võimaldab vabalt vahetada neil kaamerail kõiki «Jupiter»-gruppi kuuluvaid objektiive.

Kaamerate «Zorki» ja «FED» objektiivide justeerimise täpsust võib kontrollida järgmiselt: objektiiv kinnitatakse kaamera külge ja seatakse lõpmatusele, mille järel kaamera suunatakse mingile väga kaugele esemele. Täpsel justeerimisel peavad kaugusmõõdiku okulaaris nähtavad esemekontuurid kokku langema. Kahekordsed kontuurid osutavad justeerimise ebatäpsusele.

Peab märkima, et kaamerate «Zorki» ja «FED» vahetatavate objektiivide justeerimine nõuab spetsiaalseid teadmisi ja instrumente, milledeta ei ole soovitatav iseseisvalt justeerimist teostada, et objektiivi mitte vigastada.

Kaamerate «Zorki-3», «Kiiev» ja «Kiiev-III» vahetatavate objektiivide justeerimise täpsust võib määrata samal viisil, kuid peale selle on siin võimalik kontrollida justeerimist ka peenelt mateeritud mattklaasi abil, mis asetatakse vastu kaamera pildiraami. Sellise kontrollimise puhul on soovitatav mattklaas enne vaseliiniga üle määrida.

Vahetatavate objektiivide kasutamise praktika

Vahetatavate objektiivide ratsionaalne kasutamine peab põhinema nende karakteersete iseärasuste arvestamisel. Pikafookuseliste ja eriti teleobjektiivide niisugusteks iseärasusteks on

1) väikene sügavusteravus, mille tõttu need objektiivid on vähesobivad mitmesugustele süžeedele, eriti neil juhtudel, kui esiplaan asub fotoaparaadi lähedal;

2) väike pildinurk, mille tõttu need objektiivid vähendavad kujuteldava ruumi perspektiivi liigselt, s. t. lühendavad (võrreldes looduses visuaalselt nähtavaga) kaugust esi- ja tagaplaani vahel, lähendavad neid plaane.

Peale oma põhieesmärgi, mis seisab suure plaaniga kujutiste saamises, kasutatakse pikafookuselisi objektiive oma iseärasuste tõttu edukalt suure plaaniga portreede pildistamisel.

Lainurk-objektiivide iseloomulikuks iseärasuseks on

1) suur sügavusteravus, mis võimaldab saada ülesvõttel teravatena need esemed, mis asuvad ruumiliselt üksteisest üsna kaugel;

2) suur pildinurk, mille tõttu need objektiivid pisut suurendavad kujutatava ruumi perspektiivi, s. t. pikendavad (võrreldes looduses visuaalselt nähtavaga) vahemaad esi- ja tagaplaani vahel, eemaldavad neid plaane üksteisest. See nähtus avaldub seda tugevamini, mida lähemal kaamerale on pildistatava süžee esiplaan, ja üksikuil juhtudel tekib mulje, nagu oleks perspektiiv moonutatud, kuigi geomeetriliselt on perspektiivid, mille annavad kõik objektiivid, täiesti ühesugused.

Samal põhjusel (perspektiivi suurendamine) tekitavad lainurkobjektiivid kaamera kõige tühisemate kallakute puhul pildistatavate objektide tunduva perspektiivse moonutuse, mis aga ei ole eriti tugevasti arhitektuuriliste objektide pildistamisel. Niisugusel pildistamisel on vaja eriti tähelepanelikult jälgida, et objektiivi optiline telg oleks rangelt horisontaalne.

FOTOREPRODUKTSIOON

Reprodutseerimiseks nimetatakse jooniste, joonistuste, plakatite, piltide, dokumentide, fotode ja muude tasapinnaliste kujutiste edasiandmist, taaskujutamist. Pildistatavat kujutist nimetatakse reprodukt-sioonitehnikas originaaliks. Originaali fotograafilist edasiandmist nimetatakse fotoreprodutseerimiseks.

Originaalide klassifitseerimine

Tehnilise teostuse iseloomu seisukohalt jagunevad originaalid:

1) joonoriginaalid, mis on valmistatud joonestusvahendite (joonsule, sule, pintsli) abil, graafilisel või polügraafilisel teel ja koosnevad punktidest, joontest ja täielikult kaetud kohtadest, ilma pooltoonideta; siia kuuluvad joonised, skeemid, diagrammid, trükitud tekst, joontehnikas joonised jne.;

2) toon- või pooltoonoriginaalid, mis on teostatud maalimisvahenditega, polügraafilisel või fotograafilisel teel ja sisaldavad üleminekutoone (pooltoone); siia kuuluvad joonised pintsliga «mahapesemisega», pliiatsijoonised, maalid, fotod jne.

Kummaski nimetatud rühmas eristatakse ühevärvilisi originaale, mis on valmistatud tuši või ühevärvilise värviga, ja mitmevärvilisi, mis on valmistatud mitme erivärvilise tuši, värvi või pliiatsiga.

Mitmesugust laadi originaalide fotograafiliseks reprodutseerimiseks kasutatakse erinevaid reprodutseerimisfotoplaate: joon-reproduktsioonplaate — joontehnikas originaalidele ja pooltoon-reproduktsioonplaate — toonoriginaalidele, sensibiliseerimata plaate — ühevärvilistele originaalidele ja sensibiliseeritud plaate — mitmevärvilistele originaalidele.

Reprodutseerimise tehnika

Kõrgekvaliteedilise reproduktsiooni peatingimused on:

1) kahekordse lõõtsapikkusega täpse fotoaparaadi kasutamine,

2) optiliselt täiuslike kõrge eraldusvõimega objektiivide kasutamine,

3) originaali ja fotoplaadi (filmi) tasapindade paralleelsus,

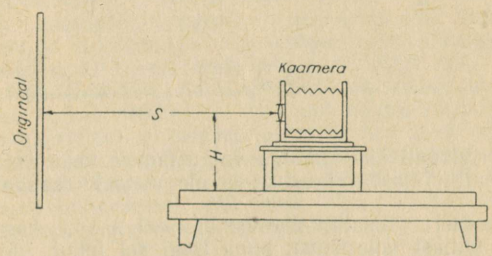
4) originaali kogu pinna ühtlane valgustamine.

Amatöörtingimustes on reprodutseerimiseks kasutatavad kõik plaatfotoaparaadid, millel on kahekordne lõõtsapikkus ja formaat vähemalt 9 × 12 cm (näit. «Fotokor Nr. 1»), ja kõik kaasaegsed objek-

tiivid (anastigmaadid). Spetsiaalsete lisaseadiste olemasolul võib kasutada ka teist tüüpi ja formaati kaameraid, kaasa arvatud väikekaamerad.

Tähtsat osa reproduktsiooni valmistamisel etendab fotograafiline paljundamisviis. Parimaid tulemusi annab kontaktpaljundamine, sellepärast on soovitatav kasutada võimalikult suuremat formaati, et vajalik pildimastaap saadaks juba fotografeerimise protsessis. Suurendamine annab vähem rahuldavaid tulemusi.

Reprodutseeritava originaali ja fotoplaadi (-filmi) piirdade paralleelsust kontrollitakse kas loodi abil või järgmiselt: ekraanile kinni-



Joon. 151. Reprodutseerimislaua skeem.

tatakse leht musta paberit ja selle keskkohta väike peegel ning kaamera paigaldatakse nii, et peeglist peegelduv kaamera objektiivi kujutis asuks täpselt mattklaasi keskkohas (kahe diagonaali ristumiskohas).

Kui reprodutseerimisega tuleb tegelda sageli, siis on soovitatav valmistada reprodutseerimislaud joonisel 151 näidatud skeemi kohaselt.

Objektiivi tsentri ja seadise aluse kaugus H määratakse kindlaks reprodutseeritava originaali maksimaalse formaadi järgi. See kaugus peab olema vähemalt poolt originaali küljepikkusest.

Objektiivi ja originaali vahekaugus määratakse järgmise valemi abil:

$$S = F\,(1 + m),$$

kus F = objektiivi fookuskaugus; m = joonvähenemise koefitsient.

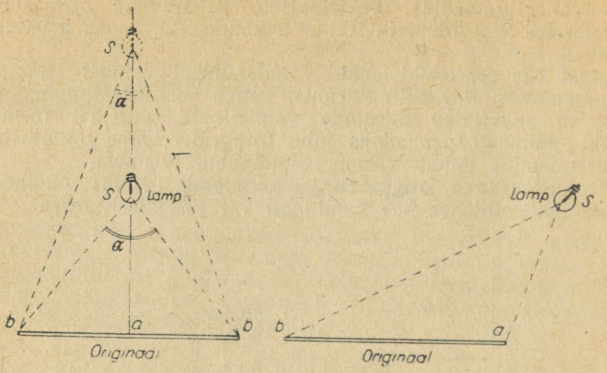
Kui näiteks $m = 5$ (viiekordne vähendus), siis $S = 6F$. Kui $m = 1$ (reprodutseerimine loomulikus suuruses), siis $S = 2F$.

Väikeste originaalide reprodutseerimiseks on mugavam vertikaalne reprodutseerimisseadis.

Tavalistes amatöörtingimustes võib reprodutseerimist teostada statiivilt statiivipea või suurendamisaparaadi toese ja ekraani abil.

Originaali valgustuse ühtlus oleneb lampide arvust, valgusvoo langemise nurgast ja lampide kaugusest originaalist.

Lihtsa skeemi abil (joon. 152) võib kindlaks teha, et valgusallika ja originaali mitmesuguste punktide kauguse erinevuse tõttu ei ole



Joon. 152. Originaali ühe lambiga valgustamise kaks varianti (originaali ühtlast valgustust ei ole võimalik saada).

ühelgi tingimusel võimalik ühe lambi abil saada kogu originaali absoluutselt ühtlast valgustust, kuna isegi sel juhul, kui lamp asub originaali tsentri kohal, on valgustus originaali mitmesugustes punktides erinev (punktides *a* suurem kui punktides *b*), kõnelemata sellest, et lampide niisugune paigutus on tehniliselt teostamatu.

Lambi ja originaali vahemaa suurendamisel väheneb kiirtevihu nurk α, kauguste *Sa* ning *Sb* diferents väheneb, mille tõttu valgustuse ühtlus suureneb, kuid pinnavalgus väheneb.

Valgustuse ühtlus suureneb kahe või suurema arvu lampide kasutamisel, kusjuures on tingimuseks, et lampe on paarisarv ja et nad on asetatud originaali suhtes sümmeetriliselt.

Tabel 69

Objektiivi ja originaali vahelise kauguse määramine antud fookuskauguse ja joonvähenemise koefitsiendi puhul

Objektiivi fookuskaugus (cm)	Joonvähenemise koefitsient											
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kaugus originaalist objektiivini (cm)											
5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0
7,5	15,0	18,7	22,5	26,2	30,0	37.5	45,0	52,5	60,0	67,5	75,0	82,5
10,5	21,0	26,2	31,5	36,7	42,0	52,5	63,0	73,5	84,0	94,5	105	115,5
13,5	27,0	33,7	40,5	47,2	54,0	67,5	81,0	94,0	108	121,5	135	148,5
18	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	90,5	108	126	144	162	180	198
21	42,0	52,5	63,0	73,5	84,0	105	126	147	168	189	210	321

Praktiliselt võib ühtlaseks lugeda niisugust valgustust, mille juures valgustuse erinevus originaali mitmesugustes osades ei ole suurem kui 6%. Kuna silm ei tee valgustuses nendes piirides vahet, piirdutaksegi reprodutseerimispraktikas valgustuse ühtluse visuaalse määramisega.

Väikeste originaalide (kuni 13 × 18 cm) reprodutseerimisel võib kasutada kahte, suuremate originaalide puhul nelja lampi. Lampide võimsus ja valguse aktiinsus erilist osa ei etenda; nad avalduvad ainult säriajas. Kõige ühtlasema valgustuse annab hajutatud päevavalgus, mis on täiesti sobiv amatöörtingimustes. Kuid selle ebapüsivus raskendab suuresti säriaja määramist.

Tähtis on valgusvoo langemise nurk originaali tasapinnale, eriti läikiva pinnaga originaalide reprodutseerimisel. Nurga suurus peab olema niisugune, et kiired, mida originaali läikiv pind tagasi peegeldab, ei satuks objektiivi. Selle reegli tähele panemata jätmine põhjustab valgushelkide tekkimist (mustad laigud negatiivil). Läikiva pinnaga originaalide reprodutseerimisel ei tohi nurk olla suurem kui 25°—30°. Ühtlasi ei tohi ka nurka rohkem vähendada, kuna see põhjustab originaali valgustuse tunduva languse. Mati pinnaga originaalide reprodutseerimisel võib nurk olla küllaltki suur (45—50°), kuna niisuguselt originaalilt peegelduv valgus hajub küllaldaselt hästi.

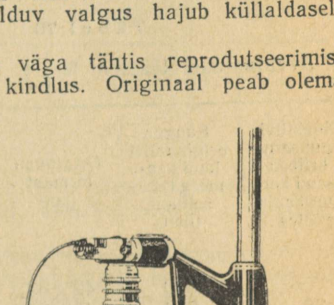
Kõigil reprodutseerimisjuhtudel on väga tähtis reprodutseerimislaua (seadise) täielik liikumatus ja kindlus. Originaal peab olema tasane ja hästi kinnitatud ekraanile. Originaali kinnitamiseks ja talle lameda pinna andmiseks on soovitatav kasutada head (peegli) klaasi.

Reprodutseerimine kaameratega «FED» ja «Zorki»

Mõningate lisaseadmete abil võib kaamerate «FED» ja «Zorki» abil teha ka reprodutseerimistöid. Niisugused seadmed on lisaläätsed, vaherõngad ja toes loodiga.

Toese (kronsteini) abil kinnitatakse kaamera suurendusaparaadi tugisamba külge objektiiv allapoole (joon. 153). Kaamera paigaldamine originaali suhtes toimub loodi abil. Vajalikuks eeltingimuseks sealjuures on ekraani pinna täpne horisontaalsus, mida tuleb kõigis suundades mõõta loodi abil.

Lisaläätsede kasutamine kaameral «FED» võimaldab normaalse objektiivi «FED» abil reprodutsee-



Joon. 153. Reprodutseerimine kaameraga «FED» kronsteini ja suurendusaparaadi toese abil.

rida 37,5 cm kuni 1 m kauguselt, kusjuures kujutise mastaap on 1 : 6 ja väiksem.

Kaugust mõõdetakse sel puhul kaamera kere tagaseina tasapinnalt. Teravustamine toimub kaamera objektiivi kaugusskaala ja alltoodud arvutustabelite abil.

Lisaläätsede kasutamise puuduseks on objektiivi süsteemi korrektsiooni rikkumine, mistõttu teravus kujutise äärtel isegi tugeva diafragmeerimise puhul ei ole täiesti rahuldav.

Paremaid tagajärgi annab selles suhtes vaherõngaste ja -torude kasutamine, mis asetatakse kaamera ja objektiivi vahele ja mis pikendavad sel viisil kaamera töökaugust. Sõltuvalt rõngaste mitmesuguse pikkusega torude arvust võib kaamera töökaugust muuta igasugustes piirides, mis ei võimalda reprodutseerida väikesi esemeid mitte ainult loomulikus suuruses, vaid isegi suurendatud mastaabis.

Kuna rõngad ja torud ei riku objektiivi optilist süsteemi, võib pildistada täpsel teravustamisel igasuguse diafragmaavaga.

Pikendusrõngad ja -torud võib valmistada amatöör ise vastava läbimõõduga vask- või alumiiniumtorudest.

Kaks 5 ja 9 mm pikkust vaherõngast võimaldavad reprodutseerida 27—60 cm kauguselt, kusjuures kujutis on mastaabis 1 : 3 kuni 1 : 10.

Tabel 70

Arvutustabel läätsele Nr. 1

Objektiivi tigukeerme kriipsu asend kaugusskaala suhtes	Kaugus originaalist kuni kaamera tagaseinani (mm)	Originaali formaat (cm)
∞	1000	42×63
20	954	40×60
10	912	38×57
7	880	37×56
5	841	35×53
4	806	34×51
3	761	32×48
2	683	28×42
1,75	656	27×40
1,5	623	25×38
1,25	582	23×35
1	531	21×32

Tabel 71

Arvutustabel läätsele Nr. 2

Objektiivi tigukeerme kriipsu asend kaugusskaala suhtes	Kaugus originaalist kuni kaamera tagaseinani (mm)	Originaali formaat (cm)
∞	531	21×32
20	519	20,8×31,2
10	508	20,3×30,5
7	499	20×30
5	488	19,3×29
4	477	19×28
3	463	18,5×27,5
2	436	17×25
1,75	426	16,5×24,5
1,5	413	16×24
1,25	397	15×22
1	375	14×20

Rõngaste keere — 4M39 × 1 (samm 1 mm). Kõik teised andmed rõnga mõõtmete kohta võidakse saada kaamera mõõtmete järgi.

Tabelid on ette nähtud fotoaparaadi «FED» põhiobjektiivile F=50 mm ja fotoaparaadi «Zorki» põhiobjektiivile «Industar-22» F = 52,4 mm.

Tabel 72

Arvutustabelid vaherõngaste jaoks

Rõnga pikkus	Originaali kaugus aparaadi tagaseinast (mm)		Näitaja asend skaalal	Ligikaudne mastaap
	«FED»	«Zorki»		
5 mm	607	662	∞	1 : 10
	562	608	5	1 : 9
	511	542	2	1 : 8
	462	491	1,25	1 : 7
	439	462	1	1 : 6,5
9 mm	389	419	∞	1 : 6
	367	393	3	1 : 5
	339	359	1,25	1 : 4,5
14 mm (5 + 9) mm	292	313	10	1 : 3,5
	269	286	1	1 : 3

Arvestades, et praktilises töös võib esineda vigu originaali ja kaamera tagaseina vahemaa mõõtmisel, on objektiivi soovitatav diafragmeerida avani 11 (12,5).

Väikekaamera «Zenit» võimaldab visuaalset teravustamist.

Reprodutseerimiseks on neljast pikendusrõngast koosnev rõngaste komplekt, millesse kuuluvad järgmise pikkusega rõngad:

rõngas nr. 1 — 5 mm
„ nr. 2 — 8 mm
„ nr. 3 — 16 mm
„ nr. 4 — 26 mm

Tabel «Zeniti» pikendusrõngaste kasutamiseks põhiobjektiiviga ($F = 50$ mm)

Rõnga number	Kaugus originaalist filmi tasapinnani (cm)	Kujutuse mastaap
1	65,7 — 45,5	1 : 10,5 — 1 : 6,55
2	45,5 — 36,4	1 : 6,55 — 1 : 4,76
1 + 2	32,8 — 29,1	1 : 4,03 — 1 : 3,27

Rõnga number	Kaugus originaalist filmi tasapinnani (cm)	Kujutuse mastaap
3	29,1 — 26,7	1 : 3,27 — 1 : 2,76
1 + 3	25,5 — 24,2	1 : 2,5 — 1 : 2,18
2 + 3	24,2 — 23,2	1 : 2,18 — 1 : 1,94
4	23,5 — 22,7	1 : 2,02 — 1 : 1,81
1 + 2 + 3	22,7 — 22,1	1 : 1,81 — 1 : 1,64
1 + 4	22,3 — 21,8	1 : 1,69 — 1 : 1,54
2 + 4	21,8 — 21,5	1 : 1,54 — 1 : 1,42
1 + 2 + 4	21,3 — 21,1	1 : 1,34 — 1 : 1,25
3 + 4	21,1 — 20,95	1 : 1,25 — 1 : 1,16
1 + 3 + 4	20,95 — 20,85	1 : 1,12 — 1 : 1,05
2 + 3 + 4	20,85 — 20,84	1 : 1,05 — 1 : 0,99

VEAD PILDISTAMISEL JA NENDE PARANDAMINE

Kui pildistamisel esinevaid vigu märgatakse kohe, tuleb objekti kohe uuesti pildistada, kuna ainult vähesed vead annavad end parandada.

Kõige sagedamini tulevad pildistamisvead ilmsiks alles valmisnegatiivi kvaliteedi hindamisel, s. o. pärast ilmutamist.

Seega siis liituvad eksitustele, mis tekivad pildistamisel, automaatselt ka ilmutusvead ja negatiivmaterjali defektid. Defektide põhjuste äratundmine ja nende kindlaksmääramine ei kaota mõtet ka neil juhtudel, kui neid ei saa parandada, sest selletaoline analüüs võimaldab vältida samasuguseid vigu tulevikus.

Tabel 73

Negatiivide defektid, mis on tekkinud ebaõige pildistamise tulemusel, nende põhjused ja kõrvaldamise viisid

Negatiivide defektid, mis on tekkinud pildistamisel (tingimusel, et ilmutusprotsess on õige)	Põhjused	Parandamine
Negatiiv on liiga läbipaistev, läbipaistvates kohtades detailid puuduvad, tumedates kohtades on detailid läbi töötatud	Alasäritus	Vähese alasärituse puhul kõvendamine; tugeva alasärituse puhul ei ole negatiiv parandatav

Negatiivide defektid, mis on tekkinud pildistamisel (tingimusel, et ilmutusprotsess on õige)	Põhjused	Parandamine
Negatiiv on tihe ja üksluine, ebakontrastne	Ülesäritus	Nõrgendamine
Negatiiv on ebaterav kogu pinna ulatuses	Ebatäpne teravustamine	Ei ole parandatav
Negatiiv on ebaterav kogu pinna ulatuses: kujutis on peegelpildina ümber pöördud (pildistamisel filmile võib kujutis ka terav olla)	Plaadi ebaõige laadimine (emulsioonikiht tahapoole)	Ei ole parandatav
Süžee mõningad plaanid ebaselged	1) Ebaõige teravustamine; 2) mittekülladane diafragmeerimine	Ei ole parandatav
Kujutis on määrdunud kogu negatiivi pinna ulatuses	Aparaat on liikunud pildistamise ajal	Ei ole parandatav
Liikuvate objektide kujutis on määrdunud, kõik muu on terav	Liiga pikk säriaeg	Ei ole parandatav
Kujutise kontuurid kahekordsed kogu negatiivi pinna ulatuses	Aparaadi värisemine pildistamise ajal	Ei ole parandatav
Lähedaste esemete ebaproportsionaalselt suured mõõtmed võrreldes kaugetega	Pildistamine on toimunud liiga lähedalt lühifookuse ja lainurk-objektiiviga	Ei ole parandatav
Objekti vertikaalsed jooned koonduvad ülespoole. Geomeetriline vorm on rikutud	Aparaadi objektiivi on kallutatud ülespoole	Ei ole parandatav

Negatiivide defektid, mis on tekkinud pildistamisel (tingimusel, et ilmutusprotsess on õige)	Põhjused	Parandamine
Sama, kuid vertikaalsed jooned koonduvad allapoole	Pildistamine kõrgest punktist, aparaati on kallutatud alla	Ei ole parandatav
Osa kujutist on ära lõigatud	1) Ebaõige viseerimine; 2) kasseti kaas ei ole lõpuni eemaldatud	Ei ole parandatav
Kujutis puudub	Objektiivilt ei ole katet ära võetud. Filmis on pilt vahele jäetud	Ei ole parandatav
Suur tume ring negatiivi keskel (pildistamisel kaameratega «FED», «Zorki» ja «Kiiev»)	Objektiiv ei olnud välja tõmmatud	Ei ole parandatav
Kaks kujutist ühel negatiivil	1) Kaks korda üht ja sama kassetti kasutatud; 2) filmi ei ole edasi keeratud	Ei ole parandatav
Väikesed läbipaistvad punktid	Tolm plaadil või filmil	Retušš

V osa

NEGATIIVPROTSESS

FOTOLAHUSED

Lahuseks nimetatakse oma omadustelt ühtlast keemiliste ainete segu. Niisugune segu saadakse ainete lahustamisel (sulatamisel) ühes või teises lahustajas (vees, piirituses jne.).

Tabel 74

Fotolahuste klassifikatsioon ja nende otstarve

Lahustegrupi nimetus	Lahuste otstarve
Ilmutid	Ilmutavad latentse fotograafilise kujutise
Kinnitid	Kinnitavad (fikseerivad) fotograafilised kujutised pärast nende ilmutamist
Kõvendajad	Kõvendavad fotograafiliste kujutiste optilist tihedust
Nõrgendajad	Nõrgendavad fotograafiliste kujutiste optilist tihedust
Viraažid (toonijad)	Muudavad fotograafilise kujutise värvust
Viraaž-kinnitid	Kinnitavad ja samaaegselt muudavad fotograafiliste kujutiste värvust päevavalguspabereil

Peale ülalloetletud lahuste kasutatakse fotograafias veel suurt hulka teisi lahuseid: desensibiliseerivaid lahuseid — fotograafilise kihi valgustundlikkuse vähendamiseks; parkivaid lahuseid — emulsioonikihi želatiini parkimiseks jne.

Fotolahuste koostisosad

Vesi

Kõigis fotograafilistes lahustes on ainete põhiliseks lahustajaks vesi. Parim on destilleeritud vesi. Mõningail juhtudel (näiteks reas värvilise fotograafia lahustes) on destilleeritud vee kasutamine kohustuslik, enamikel juhtudel aga võib destilleeritud vett edukalt asendada puhta vihma- või hästi puhastatud jõe-, kaevu- või veevärgiveega. Destilleerimata vee kasutamisel on soovitatav see läbi keeta. Mineraalsete lisanditega vesi (mineraalveed, merevesi jne.) ei kõlba fotograafiliste lahuste valmistamiseks.

Füüsiliselt saastatud vett (tolm, liiv, peenike prügi) tuleb filtreerida või seista lasta.

Keemilised ained

Keemilised ained võivad olla mitmesuguse keemilise puhtuse astmega üldiselt järgmiselt: tehniline (техн.), puhastatud (ОЧ.), puhas analüüsiks (Ч.Д.А.) ja keemiliselt puhas (Х.Ч.).

Esimesed neist on alati saastatud kõrvaliste lisanditega ja on seepärast fotograafiliseks otstarbeks kõlbmatud. Fotograafiliste lahuste valmistamiseks võib kasutada ainult keemiliselt puhtaid või analüüsiks puhtaid aineid. Viimaseid iseloomustab suur puhtus.

Mõningad soolad sisaldavad kristallvett.

Kristallveega ainete vabastamine veest toimub tavaliselt nende kuumutamise teel. Seda protsessi kutsutakse kaltsineerimiseks; seepärast on mõningaid veevabasid sooli hakatud kutsuma kaltsineerituiks (näit. kaltsineeritud sooda).

Fotograafiliseks otstarbeks on ühevõrra sobivad nii kristallveega kui ka veevabad ained, kuid kristallveega aineid tuleb alati võtta suuremas koguses kui veevabasid, kuna nad peale aine enese sisaldavad ka vett.

Kasutamisel on veevabad soolad mugavamad ja paremini säilivad.

Toome tabeli fotograafias kasutatavate kristallveega ainete asendamise kohta veevabade ainetega ja ümberpöördult (vt. lk. 291).

Suurt osa etendab ainete keemiline kvaliteet. Paljud ained lagunevad õhu toimel (haihtuvad, hapenduvad ja sulavad), mõningad muutuvad kõlbmatuks valguse mõjul jne. Niisuguses seisukorras on ained suuremalt jaolt fotograafiapraktikas kõlbmatud.

Lagunemise eest saab keemilisi aineid kaitsta nende õige ja hoolika pakkimisega. Kõiki aineid tuleb kaitsta õhu toime eest ja säilitada hästi korgitud purkides. Mõningaid aineid (näiteks hõbenitraat,

Tabel 75

Fotograafias kasutatavate kristallveega ja veevabade soolade ekvivalentsed kaalulised kogused

Ained	Kristallveega	Veevabad
Sooda	1,0 2,7	0,4 1,0
Naatriumsulfit	1,0 2,0	0,5 1,0
Potas	1,0 1,3	0,8 1,0
Hüposulfit (naatriumtiosulfaat)	1,0 1,7	0,6 1,0

ilmutavad ained) tuleb hoida pimedas või tumepruunist klaasist purkides.

Fotograafias kasutatavate ainete hulgas esineb sööbivaid ja mürgiseid aineid. Niisuguste ainete etikettidel peab olema pealkiri «Mürk!» Mingil juhul ei tohi hoida aineid etikettideta.

Fotograafias kasutatavate tähtsamate ainete loetelu ühes nende keemiliste nimetustega ja valemitega, välimuse kirjeldamise ja otstarbega on toodud lk. 293—299.

Fotograafias sagedamini kasutatavate ainete kindlaksmääramine

Vajaduse puhul võib kasutada keemiliste ainete kindlaksmääramiseks järgmisi lihtsaid viise.

Kaaliumbromiid. Lisades kaaliumbromiidi lahusele hõbenitraadi lahust, tekib kollane hõbebromiidi sadestus, mis ilmuti lisandamisel valguse käes kiiresti tumeneb.

Hüdrokinoon. Hüdrokinooni lahusele lämmastikhappe lisamisel värvub lahus punaseks, mõne aja pärast kollaseks. Kuumutamisel katseklaasis sulab, kuid ei lagune. Noa otsal tulle pistetuna hüdrokinoon põleb.

Kaaliummetabisulfit. Lisades kaaliummetabisulfiti lahusele happeid, eraldub vääveldioksüüd. Kaaliummetabisulfiti lahus valastab kaaliumpermanganaadi lahuse.

Metool. Lisades metoolilahusele hõbenitraadi lahust, tekib valge sadestus, mis tumeneb valguse käes.

Lisades metoolilahusele, mis on hapustatud soolhappega, baariumkloriidi, tekib valge lahustumatu sade (baariumsulfaat). Kuumutamisel katseklaasis metool laguneb, ilma et sulaks (erinevalt hüdrokinoonist).

Paraamiinofenool. Lisades paraamiinofenooli lahusele, mis on pisut

hapustatud soolhappega, kloorlubja lahust, värvub lahus violetseks ja tekib ühtlasi kollane vatitaoline sade.

Potas. Potaselahusele mingi happe lisamisel toimub reaktsioon ühes süsihappegaasi eraldumisega, mida saadab lahuse tormiline kihisemine. Viinhappe lahuse lisamisel tekib valge sade (erinevalt soodast, mille lahuseis ei teki sadet).

Sooda. Lisades soodalahusele viinhappe lahust, toimub reaktsioon süsihappegaasi eraldumisega, mida saadab lahuse kihisemine. Lahus jääb läbipaistvaks (erinevalt potasest, mille lahuses tekib valge sade).

Naatriumsulfit. Lisades naatriumsulfiti lahusele lahjat sool-, väävel- või lämmastikhapet, eraldub terava lämmatava lõhnaga vääveldioksüüd. Lahus jääb sealjuures läbipaistvaks.

Naatriumtiosulfaat (hüposulfit). Hüposulfiti lahusele soolhappe lisandamisel eraldub vääveldioksüüd ja tekib väävli sade. Hüposulfiti lahus valastab joodi alkoholse lahuse (joodtinktuuri).

Fotolahuste valmistamine

Fotolahuste valmistamiseks mõõdetakse välja vesi, kaalutakse keemilised ained ja lahustatakse need vees.

Vett ja vedelikke tuleb mõõta ning kuivi aineid kaaluda võimalikult täpselt. Kõrvalekaldumised retseptides näidatud kogusest ei tohi ületada 10%.

Vett ja vedelikke tuleb mõõta mõõteklaaside (mensuuride) abil. Kuivade ainete kaalumine toimub plastmassist või sarvest kaussidega apteegi- või laboratooriumikaaludega. Juhul kui puuduvad grammised vihid, võib kasutada selleks 1 kuni 5 kopikalisi peenrahasid: 1 kopikas kaalub 1 g; 2 kop. — 2 g; 3 kop. — 3 g; 5 kop. — 5 g.

Ainete lahustumise kiirendamiseks on soovitatav viimased enne portselanuhmris peeneks tampida. Lahustada tuleb ained selles järjekorras, nagu on näidatud retseptis või valmissegude etiketil.

Ühtki ainet ei tohi lahustada enne, kui eelmine on täielikult ära sulanud.

Lahustamist saab kiirendada segu liigutamisega klaaspulga abil, samuti ka vee eelneva soojendamisega (mitte üle 50° C).

Neil juhtudel, kui on tegemist lahuse üldise mahuga, võetakse vett algul väiksemas koguses, kui on retseptis näidatud, hiljem lisatakse retseptis näidatud mahuni. Niisugustel juhtudel on retseptis märgitud: vett... kuni (teatava koguseni).

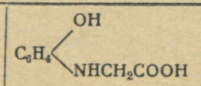
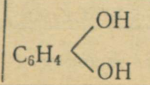
Sooja veega valmistatud fotolahused tuleb jahutada töötemperatuurini, mis on näidatud retseptis.

Normaalne temperatuur kõigile fotolahustele (välja arvatud värvilises fotograafias kasutatavad lahused) on 18—20° C, mingil juhul aga ei tohi väljuda 14—25° C piiridest.

Saastunud lahus tuleb filtreerida.

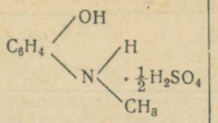
Fotograafias kasutatavad keemilised ained

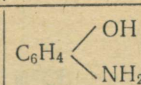
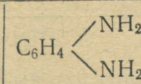
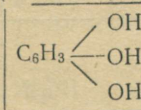
Üldtarvitatav nimetus	Ladinakeelne nimetus ja sünonüüm	Keemiline valem	Välimus	Põhiline rakendusala fotograafias
1	2	3	4	5
Amidool	Amidol Diamiidofenool-kloorhüdraat	$C_6H_3\begin{matrix}OH\\(NH_2)_2\cdot 2HCl\end{matrix}$	Valged või hallid kristalsed nõelad	Pehmelt töötav ilmutav aine. Kasutatakse leelisteta
Ammoniaak (vesilahus)	Liquor ammonii caustici Nuuskpiiritus	NH_4OH	Värvitu vedelik, terava lõhnaga	Kasutatakse negatiivide ja positiivkoopiate kõvendamiseks sublimaadiga
Ammooniumpersulfaat	Ammonium persulfuricum	$(NH_4)_2S_2O_8$	Värvita kristallid	Kasutatakse negatiivide üliproportsionaalseks nõrgendamiseks
Ammooniumnitraat	Ammonium nitricum	NH_4NO_3	Värvita kristallid	Magneesiumisegude koostisosa
Ammooniumbikromaat	Ammonium bichromicum	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	Oranžid kristallid	Kasutatakse positiivkoopiate nõrgendamiseks nõrgendajalahuseis. Mürgine
Ammooniumkloriid	Ammonium chloratum Salmiaak	NH_4Cl	Valged kristalsed tükid või pulber	Kiirkinnitite koostisosa

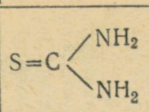
1	2	3	4	5
Booraks	Natrium biboracicum	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	Valged kuubikujulised kristallid	Mõningate peenterailmutite koostisosa
Boorhape	Acidum boricum	H_3BO_3	Helbelised läbipaistvad kristallid	Hapukinnitite koostisosa
Ferrikloriid	Ferrum sesquichloratum	$FeCl_3$	Kollakaspruunid kristallid	Nõrgendaja koostisosa
Ferritsüaankaalium	Kalium ferricyanatum Punane veresool	$K_3[Fe(CN)_6]$	Tumepunased kristallid	Kasutatakse nõrgendaja- ja kõvendajalahustes, samuti pleekimislahustes ning broomhõbekoopiate toonimisel. Mürgine
Formaldehüüd	Lahuseis: Formaliin Formaldehyd Solutus	HCOH	Lahus on värvitu	Kasutatakse fotokihi parkimiseks. Mürgine. Söövitav
Glütsiin	Glycinum Paraoksüfenüülglütsiin		Väikesed valged kristallid	Aeglaselt ja pehmelt töötav ilmutav aine
Hüdrokinoon	Hydrochinon Paradioksübensool		Väikesed värvita läikivad kristallid	Aeglaselt ja kontrastselt töötav ilmutav aine
Hüposulfit	Natrium hyposulfurosum Naatriumtiosulfaat	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	Värvita kristallid	Kinnitav aine

1	2	3	4	5
Hõbenitraat	Argentum nitricum Põrgukivi	$AgNO_3$	Lamedad värvita kristallid	Kasutatakse negatiivide kõvendamiseks. Mürgine.
Kaaliumbikromaat	Kalium bichromicum	$K_2Cr_2O_7$	Punakasoranžid kristallid	Kuulub kõvendaja- ja nõrgendajalahuste koostisse. Mürgine
Kaaliumbromiid	Kalium bromatum Broomkaali	KBr	Valged, läbipaistvad. kuubikujulised kristallid	Looritusevastane aine ilmutilahustes
Kaaliumjodiid	Kalium jodatum	KJ	Valged kuubikujulised kristallid	Kasutatakse valgustundlikule kihile lisamiseks ja vananenud fotopaberi töötlemisel loorituse vältimiseks.
Kaaliumkarbonaat	Kalium carbonicum Potas	K_2CO_3	Valge pulber	Kuulub alusena ilmutilahuste koostisse
Kaaliumkloraat	Kalium chloricum Berthollet' sool	$KClO_3$	Värvita läikivad kristallid	Magneesiumisegude koostisosa. Mürgine
Kaaliumhüdroksüüd	Kalium causticum Sööbekaalium	KOH	Suured valged kristallid	Alusena kuulub ilmuti koostisse. Söövitav
Kaaliummetabisulfit	Kalium metabisulfurosum	$K_2S_2O_5$	Värvita kristallid	Kasutatakse esijoones hapudes kinnitites. Vahel ka ilmuteis

1	2	3	4	5
Kaaliumpermanganaat	Kalium hypermanganicum	$KMnO_4$	Tumelillad kristallid	Kasutatakse nõrgendajais, lahustes kollaste plekkide kõrvaldamiseks, koostisosana magneesiumisegudes ja hüposulfiti sisalduse kindlaksmääramiseks pesemisvees
Kaaliumrodaniid	Kalium rhodanatum	KCNS	Värvita kristallid	Kasutatakse peenterailmuteis. M ü r g i n e
Kaaliumtsitraat	Kalium citricum	$K_2C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$	Nõelakujulised kristallid	Kuulub toonivlahuste koostisse
Kroommaarjas	Alumen chromicum	$K_2Cr_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	Tumevioletsed kristallid	Želatiini parkiv aine. Kasutatakse parkivates kinnitites
Kuldkloriid	Aurum chloratum	$AuCl_3 \cdot 2H_2O$	Väikesed oranžid kristallid	Toonivlahuste koostisosa nähtava kopeerimisega fotopaberile. M ü r g i n e
Magneesium	Magnesium metallicum	Mg	Hõbedaläikene pulber	Segudes koos hapnikurikaste ainetega kasutatakse valgustusplahvatusteks
Maarjas	Alumen kalicum	$K_2Al_2(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$	Värvita kristallid	Želatiini parkiv aine. Kasutatakse parkivais kinnitites

1	2	3	4	5
Metool	Metol Monometüülpara-amiidofenoolsulfaat		Väikesed metalse läikega värvita nõelad	Kiiresti ja pehmelt töötav ilmutav aine
Naatriumatsetaat	Natrium aceticum	$CH_3COONa \cdot 3H_2O$	Värvita kristallid	Toonivkinnitite koostisosa
Naatriumbisulfit	Natrium bisulfurosum	$NaHSO_3$	Valge pulber, terava lõhnaga	Hapukinnitite koostisosa
Naatriumhüdroksüüd	Natrium causticum Seebikivi	$NaOH$	Värvitud kuubitaolised kristallid	Kasutatakse kõvendaja- ja ilmutilahustes kui energilist alust. Söövitav
Naatriumkarbonaat	Natrium carbonicum Sooda	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ Na_2CO_3	Värvita kristallid Valge veevaba pulber	Kuulub alusena ilmutilahustesse. Söövitav
Naatriumkloriid	Natrium chloratum Keedusool	$NaCl$	Läbipaistvad kuubitaolised kristallid	Sublimaatkõvendaja koostisosa
Naatriumsulfiid	Natrium sulfuratum	$Na_2S \cdot 9H_2O$	Värvita kristallid	Kasutatakse broomhõbekoopiate pruuniks toonimiseks

1	2	3	4	5
Naatriumsulfit	Natrium sulfurosum	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	Värvita kristallid	Ilmutilahuse konserveeriv koostisosa
Paramiinofenoolhüdrokloriid	Paraaminophenolum hydrochloricum		Värvita prismalised kristallid	Pehmelt töötav ilmutav aine
Parafenüleendiamiin, vaba alus	1, 4-Phenylendiamin		Valge pulber	Peenterailmutite koostisosa. Mürgine
Pürogallool	1, 2, 3-Trioxy-benzol		Sublimeeritud; värvita nõelad	Ilmutiaine. Mürgine
Pliinitraat	Plumbum nitricum	$Pb(NO_3)_2$	Valged kristallid	Kuulub tooniv- ja kõvendajalahuste koostisse. Mürgine
Sidrunhape	Acidum citricum	$C_3H_4(OH) \cdot (COOH)_3H_2O$	Värvita kristallid	Kuulub hapude kinnitilahuste koostisse. Kasutatakse broomhõbekoopiate tooniv-lahustes
Soolhape	Acidum hydrochloricum	HCl	Värvitu vedelik	Söövitav. Kasutatakse kroomkõvendajais jne.
Sublimaat	Hydrargyrum bichloratum	$HgCl_2$	Valged prismalised kristallid	Kasutatakse negatiivide kõvendamiseks. Väga mürgine. Surmav

1	2	3	4	5
Tiokarbamiid	Thiocarbamid		Valged kristallid	Kasutatakse toonivlahustes, loori kõrvaldamiseks jne.
Uranüülnitraat	Uranium nitricum	$UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	Rohekaskollased kristallid	Kasutatakse negatiivide kõvendamiseks ja broomhõbekoopiate toonimiseks. Mürgine
Vasksulfaat	Cuprum sulfuricum Vasevitriol	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Sinised kristallid	Nõrgendaja- ja kõvendajalahuste koostisosa. Kuulub toonivlahuste koostisse. Mürgine
Vesinikülihapend	Hydrogenium peroxydatum Perhydrol	H_2O_2	Värvitu vedelik	Kasutatakse naatriumtiosulfaadi (hüposulfiti) jälgede hävitamiseks negatiivide ja positiivide töötlemisel. Mürgine
Viinhape	Acidum tartaricum	$C_4H_6O_6$	Suured värvita kristallid	Hapukinnitite koostisosa
Väävelhape	Acidum sulfuricum	H_2SO_4	Tihe värvitu vedelik	Kasutatakse esijoones hapukinniti lahustes. Söövitav
Äädikhape	Acidum aceticum	CH_3COOH	Värvitu vedelik	Kasutatakse hapukinnitites. Söövitav

Lahuste säilivus ja töövõime

Mitmesuguste fotolahuste säilivus ei ole ühesugune ja sõltub peamiselt lahuste koostisest ja neis toimuvaist reaktsioonidest.

Tarvitamata lahused, kui neid õigesti hoida, säilivad tavaliselt väga kaua, kuid esineb ka väga kiiresti riknevaid lahuseid, mille säilivust mõõdetakse poole tunniga. Niisuguste kiiresti riknevate lahuste säilitamiseks antakse retseptis tavaliselt vastav näpunäide. Tarvitatud lahused säilivad halvemini.

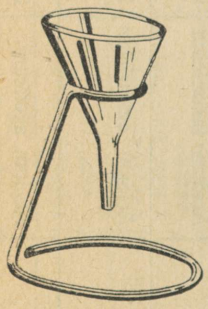
Vannidesse valatuna riknevad (hapenduvad) lahused kiiremini kui pudeleis, sest nende kokkupuutepind õhuga on sel puhul suurem. Nii näiteks säilib enamik äsjavalmistatud ilmuteid hästi korgitud ja kaelani täiskallatud pudeleis kuni pool aastat, vannides aga muutuvad nad kõlmatuks ühe ööpäeva jooksul.

Tavaliselt käib lahuste kõlbmatuks muutumisega kaasas nende värvumine (tumenemine) ja lagunemine ühes sadestuse eraldumisega. Nende tunnuste esinemine näitab seda, et lahust ei tohi enam edasi kasutada.

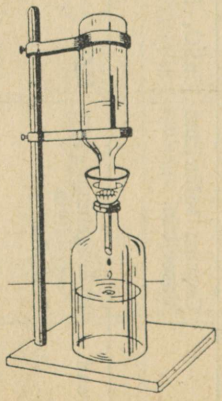
Lahuste riknemise põhjuseks võib olla ka see, et nende töövõime on kulutatud; sealjuures ei muuda mõned lahused oma välimust ja jäävad täiesti puhtaks ning läbipaistvaks.

Mida tugevamini on lahus kaotanud töövõime, seda aeglasemalt ja halvemini ta töötab. Tugevasti väljakurnatud lahustel puuduvad tavaliselt temale omased omadused.

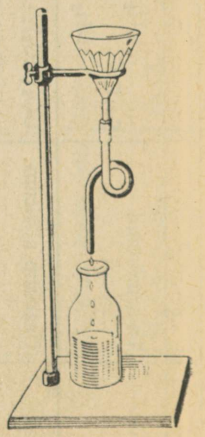
Lahuse töövõime kaotamine on seotud ainult tema kasutamisega.



Joon. 154. Lehtrialus.



Joon. 155. Isefiltreeriv seadis.



Joon. 156. Filtreerimist kiirendav seadis.

Et vältida lahjaks muutunud lahuse kasutamist, tuleb arvestada lahuses läbitöötatud valgustundlike materjalide kogust.

Lahuste kasutamisel tuleb jälgida, et nad ei satuks üksteisesse. Paljud lahused kas muutuvad selle tagajärjel ise kõlbmatuks või rikuvad neis töödeldavaid materjale.

Lahuste filtreerimine

Enamik fotolahuseid nõuab filtreerimist. Filtreeritakse läbi vati või filtreerimispaberi kas lehtri või filtreerimisseadise abil.

Lahuste filtreerimine vanni on väga mugav, kui kasutada traadist (vask- või valgevasktraadist) lehtri alust (joon. 154).

Filtreerimisel ühest pudelist teise võib tööd tunduvalt hõlbustada isefiltreeriva seadise abil, mille ehitus selgub joonisest 155. Niisugusel filtreerimisel peab ülemise pudeli suu olema tingimata lehtri ülemisest servast madalamal.

Filtreerimist võib kiirustada vesiluku kasutamisega (joon. 156).

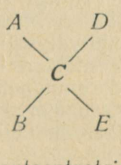
Jämedamat filtreerimist võib toimetada vati abil. Peenem filtreerimine nõuab filterpaberi kasutamist.

Varulahuste kasutamine

Mugavamaks kasutamiseks ja säilitamiseks valmistatakse paljud fotolahused kontsentreerituna ja säilitatakse varulahustena, mida enne tarvitamist tuleb ainult veega lahjendada retseptides näidatud vahekorrani.

Varulahustena on mugav säilitada ka mõningaid aineid, kui nad ei lagundu.

Kahest erineva kontsentratsiooniga ühesugusest lahusest valmistatakse kolmas vajaliku kontsentratsiooniga lahus järgmise valemi

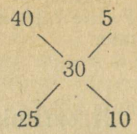


alusel, kus A on suurema kontsentratsiooniga varulahuse kontsentratsioon protsentides; B — väiksema kontsentratsiooniga varulahuse kontsentratsioon protsentides; C — nõutava lahuse kontsentratsioon; D — väiksema kontsentratsiooniga lahuse hulk; E — suurema kontsentratsiooniga lahuse hulk.

Selles valemis on tuntud A, B ja C ning tuleb määrata kindlaks D ja E, millede suuruse leiame järgmiste võrrandite abil:

$$D = C - B,$$
$$E = A - C.$$

Näiteks on ühe ja sama aine kahest lahusest, kontsentratsioonidega 40% ja 25%, vaja koostada 30%-line lahus.

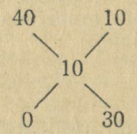


Varulahuste vahekord on $\frac{5}{10}=\frac{1}{2}$, s. t. kahe osa 25%-lise lahuse kohta tuleb võtta üks osa 40%-list lahust.

Kui soovitakse kontsentreeritud varulahust veega lahjendada vajaliku kontsentratsioonini, kasutatakse sama meetodit, ainult *B* (vee) kontsentratsiooni tähistatakse nulliga.

Siis väljendab *D* varulahuse ja *E* vee kogust.

N ä i d e. 40%-lisest lahusest on vaja saada 10%-line lahus.



Suhe $\frac{10}{30}=\frac{1}{3}$, s. t. kolme osa vee kohta tuleb võtta üks osa lahust.

FOTOMATERJALIDE ILMUTAMINE

Laboratooriumi-valgusfiltrid

Laboratooriumi-valgusfiltrid peavad laboratooriumi valgustama valgusega, mis on antud materjaliliigi suhtes mitteaktiinne. Vastavalt töödeldavate materjalide sensibiliseerimise iseloomule kasutatakse järgmiste värvustega laboratooriumi-valgusfiltreid.

Kollane valgusfilter — «Fotokont»-tüüpi hõbekloriidpaberite ja «Kontabrom»-tüüpi hõbekloriidbromiidpaberite töötlemiseks.

Oranž valgusfilter — «Bromportret»-tüüpi hõbekloriidbromiidpaberite, «Unibrom»-tüüpi hõbebromiidpaberite, diapositiivplaatide ja positiivfilmide töötlemiseks.

Punane valgusfilter — sensibiliseerimata ja ortokromaatiliste plaatide ja filmide töötlemiseks.

Tumepunane valgusfilter — isoortokromaatiliste plaatide ja filmide töötlemiseks.

Tumeroheline valgusfilter — ortokromaatiliste ja pankromaatiliste plaatide ja filmide ilmutamiseks.

Laboratoorsete valgusfiltrite spektraalne karakteristika määratakse kindlaks samal viisil nagu pildistamisfiltreilgi (vt. lk. 272). Praktilisteks eesmärkideks on tähtis, et valgusfilter ei laseks läbi antud fotomaterjali suhtes aktiinseid kiiri. Valgusfiltrit võib proovida järgmiselt:

plaat, film või paber, mille töötlemiseks vastav valgusfilter on määratud, kaetakse pooleni musta, valgust mitteläbilaskva paberiga või kartongitükiga ja asetatakse 1 minutiks proovitava filtri juurde 15—20 cm kaugusele ning seejärel ilmutatakse normaalse aja vältel. Loorituse tekkimine proovitava materjali valgustatud osas näitab valgusfiltri kõlbmatust. Tähtsaks teguriks niisuguse proovimise juures on laterna lambi tugevus. Laboratooriumi laternas, sõltuvalt filtri tihedusest, ei tule kasutada tugevamat lampi kui 25-vatist.

Ilmutamise üldine tehnoloogia

Valgustundlike materjalide **ilmutamine** koosneb viiest kohustuslikust operatsioonist:

1) ilmutamisest, 2) loputamisest, 3) kinnitamisest, 4) pesemisest ja 5) kuivatamisest, mis järgnevad üksteisele siintoodud järjekorras, ja lisaks täiendavaist, mittekohustuslikest operatsioonidest: desensibiliseerimisest, parkimisest jne.

Igal operatsioonil on oma kindel eesmärk.

Ilmutamine on vajalik selleks, et muuta varjatud fotograafiline kujutis nähtavaks metallilise hõbeda taastamise teel valgustundlikus kihis.

Ilmutusprotsessi ülesandeks on saada kujutise vajalik kontrastsus ja tihedus, mis saavutatakse vastavate ilmutilahuste kasutamise ja vastava ilmutamisajaga.

Materjali loputamine puhta veega on vajalik selleks, et kõrvaldada materjali pinnalt ilmutilahuse jäljed, et need ei satuks kinnitilahusesse. Praktiliselt piisab kümnesekundilisest loputamisest.

Kinnitamine on vajalik selleks, et muuta fotograafiline kujutis valguskindlaks. See saavutatakse kogu regenereerimata halogeenhõbeda lahustamise ja eemaldamise teel kihist, kuhu seda jääb keskmiselt kuni 75% esialgsest kogusest.

Kinnitamise kestus sõltub kinnitilahuse koostisest ja temperatuurist.

Pesemist on vaja želatiinkihist kinnitilahuse jääkide ja selles lahustunud soolade kõrvaldamiseks, mis kihisse jäädes mõne aja pärast kristalliseeruksid ja rikuksid kihi või põhjustaksid tumedate täppide või tuhmi kirme tekkimist.

Kuivamine on vajalik selleks, et teha negatiiv füüsiliselt tugevaks ja kõlblikuks edaspidiseks tarvitamiseks. Kuivamise kvaliteet ja kiirus sõltuvad õhu temperatuurist ja kuivatamismeetodist.

Ilmutilahuste valmistamine

Ilmutilahusesse kuuluvad peale vee tavaliselt järgmised ained:

ilmutav aine (metool, hüdrokinoon, paraamiinofenool jt.);

konserveeriv aine, mis kaitseb ilmutilahust hapendumise eest (tavaliselt naatriumsulfit, harvem — kaaliummetabisulfit);

aktiviseeriv aine, mis suurendab ilmutamise kiirust (leelised: potas, sooda, kaaliumhüdroksüüd, naatriumhüdroksüüd);

loorivastane aine, mis takistab loorituse tekkimist ja aeglustab pisut ilmuti töökiirust (tavaliselt kaaliumbromiid).

Erandi moodustab amidoolilmuti, mis töötab leeliseta.

Ilmutilahuste valmistamise üldine järjekord on järgmine: võetakse 40—50° C soojendatud vett 60—70% üldisest hulgast, lahustatakse väike kogus konserveerivat ainet, seejärel ilmutav aine, pärast seda ülejäänud konserveeriv aine, siis leelis ja lõpuks kaaliumbromiid.

Pärast kõigi ainete lahustamist lisatakse vajaliku koguseni külma vett. Erandi moodustab glütsiin, mis tuleb lahustada pärast konserveeriva aine ja leelise lahustamist.

Kahe ilmutava aine kasutamisel võib see järjekord pisut muutuda. Ilmutiretseptides loetletakse ained tavaliselt selles järjekorras, nagu neid tuleb lahustada. Lahustamisel tuleb energiliselt segada. Pärast lahuse valmistamist tuleb see filtreerida ja jahutada toatemperatuurini.

Tabel 77

Ilmutavate ainete optimaalne kogus lahustes

Ilmutav aine	Aine kogus grammides 100 cm^3 ilmutilahuse kohta
Amidool	0,4—0,6
Hüdrokinoon	0,5—1,0
Glütsiin	1,7
Metool	0,6
Paraamiinofenool	0,3—0,6

Retseptis näidatud konserveeriva aine puudumisel võib teda asendada teisega, mida võetakse ekvivalentses koguses.

Tabel 78

Konserveerivate ainete ekvivalentsed kogused ilmutilahustes

Naatriumsulfit, veevaba	Naatriumsulfit, kristallveega	Kaaliummetabisulfit
1	2	1,66
0,5	1	0,33
1,5	3	1

Naatriumsulfiti asendamisel kaaliummetabisulfitiga tuleb leelise kogust ilmutis suurendada 50% võrra.

Ilmutilahuste parimad tööomadused saavutatakse, kui lahuse koostisosad on teatud kindlas vahekorras.

Tabel 79

Konserveeriva aine minimaalne kogus 1 g ilmutava aine kohta

Ilmutav aine	Konserveeriva aine kogus (grammides)		
	Veevaba naatriumsulfit	Kristalliline naatriumsulfit	Kaaliummetabisulfit
Amidool	2,6	5,2	1,7
Hüdrokinoon	4,6	9,2	3,0
Glütsiin	3,0	6,0	2,0
Metool	3,0	6,0	2,0
Paraamiinofenool	4,1	8,2	2,7

Tabel 80

Leelismetallide karbonaatide optimaalne kontsentratsioon (grammi 100 cm³ ilmutilahuse kohta)

Leelismetallide karbonaadid	Leelise kogus grammides 100 cm³ ilmutilahuse kohta
Kristalliline sooda	10,5
Veevaba sooda	3,9
Potas	4,9

Tabel 81

Leelismetallide hüdroksüüdide optimaalne kogus (grammi 1 g ilmutava aine kohta)

Ilmutav aine	Naatriumhüdroksüüd	Kaaliumhüdroksüüd
Hüdrokinoon	0,7	1,0
Glütsiin	1,4	2,2
Metool	0,7	1,0
Paraamiinofenool	0,5	0,8

Retseptis näidatud leeliste puudumisel võib neid asendada teistega, mida võetakse ekvivalentses koguses.

Tabel 82

Leeliste ekvivalentsed kogused ilmutilahustes

Veevaba sooda	Kristalliline sooda	Potas	Naatriumhüdroksüüd	Kaaliumhüdroksüüd
1	2,71	1,32	0,76	1,08
0,37	1	0,48	0,28	0,40
0,76	2	1	0,57	0,82
1,32	3,68	1,75	1	1,43
0,93	2,62	1,23	0,7	1

Tuleb siiski arvestada, et ilmuti omaduste muutmiseta on võimalik asendada leelismetallide karbonaate (s. o. soodat potasega) ja leelismetallide hüdroksüüde (s. t. asendades naatriumhüdroksüüde kaaliumhüdroksüüdidega). Leelismetallide karbonaatide asendamine leelismetallide hüdroksüüdidega või vastupidi ei ole võimalik, sest niisuguse asendamise puhul muutuvad ilmutite fotograafilised omadused.

Kaaliumbromiidi optimaalne kogus protsentides ilmutilahuse üldise koguse kohta

Normaalse särituse puhul	0,05—0,15
Alasärituse puhul	kuni 0,05
Ülesärituse puhul	0,15—0,4

Ilmutilahuste klassifikatsioon ja omadused

Fotograafiapraktikas on hakatud jagama ilmutilahuseid negatiivilmutiteks, mis on määratud negatiivide ilmutamiseks, ja positiivilmutiteks, mis on määratud positiivide ilmutamiseks. Esimeste erinevus teistest seisab peamiselt ainete kontsentratsioonis: negatiivilmutites on ainete kontsentratsioon suurem kui positiivilmutites.

Enamik negatiivilmuteid (peale peeneteraliste) on kasutatavad ka positiivilmutitena, kui neid umbes kahekordselt lahjendada veega.

Ilmutite fotograafilisteks põhikarakteristikateks on

1) ilmutamise kiirus;
2) mõju kujutise kontrastsusele;
3) mõju kujutise teralisusele;
4) loori tekitav võime.

Ilmutamise kiiruse all mõeldakse aega, mille jooksul ilmuti täielikult ilmutab latentse fotograafilise kujutise. Selle tunnuse järgi võib negatiivilmutid jagada järgmisse 4 gruppi:

1) aeglaselt töötavad ilmutid, mis ilmutavad 10 minutit ja kauem;
2) keskmiselt töötavad ilmutid, ilmutusaeg 4—8 minutit;
3) kiirelt töötavad ilmutid, ilmutusaeg 2—3 minutit;
4) ülikiired ilmutid, ilmutusaeg 1—1½ minutit.

Ilmuti töökiirus sõltub kasutatava leelise liigist ja hulgast ning lahuse temperatuurist. Leelismetallide hüdroksüüde sisaldavad ilmutid töötavad kiiremini, leelismetallide karbonaate sisaldavad — aeglasemalt. Leelise kontsentratsiooni suurendamisega suureneb ilmuti töökiirus.

Samuti muutub ilmuti töökiirus sõltuvalt tema lahjenemisest (väljakurnatusest). Ülaltoodud andmed käivad värskelt valmistatud ilmuti kohta, mille temperatuur on 20° C.

Temperatuuri mõju mitmesuguste ilmutilahuste töökiirusele on erinev.

Selle järgi, kuidas ilmuti mõjub kujutise kontrastsusele, võib ilmutid jagada nelja järgmisse gruppi:

1) pehmelt töötavad; 2) normaalselt töötavad; 3) kontrastselt töötavad; 4) eriti kontrastselt töötavad.

Tabel 83

Keskmised andmed temperatuuriteguri mõjust metool-hüdrokinoon-ilmuti töökiirusele

Ilmuti temperatuur (kraadi)	12	15	18	20	22	24
Suhteline tööaeg (%)	150	130	110	100	90	80

Mõju kontrastsusele sõltub peamiselt ilmutava aine ja leelise liigist.

Toome ilmutite mõju kujutise kontrastsusele nende alanevas järjekorras: 1) hüdrokinoon naatriumhüdroksüüdiga; 2) hüdrokinoon kaaliumkarbonaadiga või naatriumkarbonaadiga; 3) metool naatrium- või kaaliumkarbonaadiga; 4) paraamiinofenool naatriumkarbonaadiga; 5) glütsiin kaaliumkarbonaadiga; 6) amidool.

Samuti on tähtis arvesse võtta, et kujutise kontrastsusaste kasvab ilmutamise ajaga. Uurimised näitavad, et koos ilmutamisaja pikendamisega võivad pehmed ilmutid anda kontrastsemad kujutised kui kontrastselt töötavad ilmutid lühendatud ilmutusajaga. Sellepärast on ilmutite liigitamine kontrastsuse järgi suurel määral tinglik ja seda tuleb mõista kui ilmutite töökiiruse resultaati. Kontrastsed ilmutid annavad maksimaalse kontrastsusastme lühema ajaga kui pehmed. Seega ilmutavad kiiresti töötavad ilmutid tavaliselt kontrastsemalt, aeglaselt töötavad pehmemalt.

Selle järgi, kuidas ilmuti mõjub kujutise teralisusele, jagatakse ilmutid *harilikeks* ja *peeneteralisteks*.

Teralisuse tekkimine sõltub suurel määral emulsiooni iseloomust ja valgustundliku kihi ilmutamisastmest. Ilmutusaja pikendamisega ja vastavalt optilise tiheduse suurenemisega suureneb teralisus. Ilmuti koostise mõju teralisuse astmele on võrdlemisi väike. Ilmutite peeneteralisuse toime on seletatav peamiselt sellega, et ilmuteis on suurel määral hõbehalogeene lahustavat ainet (selleks on naatriumsulfit) ja vähe leelisi, mistõttu neil on tasandavad omadused ja nad töötavad aeglaselt ning ilmutamisel neis saadakse väike tihedus.

Ilmutilahuste töövõime kaotus

Ilmutamise juures toimuvad keemilised reaktsioonid põhjustavad ilmuti koostise muutumise, mis omasoodu põhjustab tema töötamise efektiivsuse languse. Seda *ilmuti töövõime kaotust* iseloomustavad ilmutamisaja pikenemine ja fotomaterjalide praktilise valgustundlikkuse langemine ning ilmutatud negatiivmaterjalide gradatsiooni ja ilmutatud kujutise varjundi rikkumine, mis on oluline fotopaberite ilmutamisel. Parimate standardsete tulemuste saamiseks tuleb tarvitada värskelt koostatud ilmutit.

Neil juhtudel, kui töötlemisprotsess nõuab korraga suurt hulka ilmutit (näiteks paagis ilmutamisel) ja on soovitatav tema tööiga pikendada, kasutatakse nn. *värskendavat lahust*, mis taastab ilmuti koguse, mille valgustundlik materjal kaasa viib, ning võimaldab taastada tema koostisosade rikutud tasakaalu.

Ilmutite töövõime kaotus sõltub nende koostisest ja töödeldavate materjalide iseloomust. Negatiivmaterjalid lahjendavad ilmutit kiiremini kui positiivmaterjalid.

Toome ilmuti töövõime kaotuse põhilised tunnused: 1) töötamiskiiruse aeglustumine; 2) lahuse värvumine punakaspruuniks; 3) kujutis omandab rohekashalli varjundi.

Värskendava lahuse kasutamine võimaldab suurendada töödeldavate materjalide hulka 4—5-kordselt.

Ilmuti töövõime kaotus on samuti õhuhapnikuga hapendumise tagajärjeks (eriti ilmuti asudes ilmutusvannides) ja oleneb seetõttu ilmuti säilitamise viisist: kaelani täidetud ja hästi suletud nõudes võib ilmuti säilida mitu kuud, pooleni täidetud nõudes aga ainult mõned päevad.

Keskmiselt võib 1 liitris tavalises ilmutis ilmutada 25—30 plaati, mõõtmetega 9 × 12, ja kuni 100—125 samaformaadilist koopiat paberil. Täpsemad juhendid peenterailmutite töövõime kaotuse kohta tuuakse üksikute ilmutiretseptide kirjeldamisel. Värskendavate lahuste retseptuur on põhiliselt välja töötatud peenterailmutite jaoks.

Negatiivi-ilmutite retseptid

Tabel 84

Mitmesuguste metool-hüdrokinoon-ilmutite koostis

Ilmuti koostis	Ilmuti iseloom		
	Pehme	Normaalne	Kontrastne
	Ainete hulk (grammides)		
Metool	1	1	5
Naatriumsulfit (veevaba)	20	26	40
Hüdrokinoon	0,5	5	10
Sooda (veevaba)	12	20	34
Kaaliumbromiid	0,1	1	3
Vesi (cm^3) kuni	1000	1000	1000

Allpool tuuakse negatiivi-ilmutite retseptuur juhtudeks, kui fotograafil on käepärast ainult üks ilmutav aine.

Amidoolilmuti

Amidool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	25 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Amidool lisatakse sulfitilahusele vahetult enne ilmutilahuse tarvitamist. Lahus rikneb ruttu ja tuleb pärast tarvitamist välja kallata.

Ilmutamise kestus 3—5 minutit, temperatuuril 20° C. Ilmuti töötab pehmelt.

Glütsiinilmuti

Naatriumsulfit (veevaba)	25 g
Potas	50 g
Glütsiin	10 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Ilmutamise kestus 5—8 minutit, temperatuuril 20° C. Ilmuti töötab normaalselt.

Metoolilmuti

Metool	3 g
Naatriumsulfit (veevaba)	15 g
Sooda (veevaba)	12 g
Kaaliumbromiid	4 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Ilmutamise kestus 3—5 minutit, temperatuuril 20° C. Ilmuti töötab pehmelt.

Hüdrokinoonilmuti

Naatriumsulfit (veevaba)	20 g
Hüdrokinoon	6 g
Sooda (veevaba)	60 g
Kaaliumbromiid	1 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Ilmutamise kestus 6—8 minutit, temperatuuril 20° C. Ilmuti töötab kontrastselt.

Paraamiinofenoolilmuti

Paraamiinofenool	8 g
Naatriumsulfit (veevaba)	30 g
Sooda (veevaba)	50 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Ilmutamise kestus 6—8 minutit, temperatuuril 20° C. Ilmuti töötab normaalselt.

Ainult üht ilmutavat ainet sisaldava ilmuti kasutamisel peab fotograaf arvestama selle tööiseloomu.

Peenterailmutid

Kõige enam on levinud metool-hüdrokinoon-peenterailmutid. Nende retseptide hulk on väga suur, kuid nende ilmutite tööiseloom on harvade eranditega ligikaudu ühesugune. Toome parimaid tagajärgi andvate peenterailmutite retseptid.

Metool-peenterailmuti (A—12)

Metool	8 g
Naatriumsulfit (veevaba)	125 g
Sooda (veevaba)	5 g
Kaaliumbromiid	2,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 15 minutit, temperatuuril 20° C. Ühes liitris lahuses võib ilmutada 4 kinofilmi.

Värskendav lahus

Metool	8 g
Naatriumsulfit (veevaba)	125 g
Sooda (veevaba)	5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Lisada 30 cm³ pärast iga 1,6 m pikkuse kinofilmi või muu võrdse pindalaga materjali ilmutamist. Värskendava lahuse lisamisega võib ilmutada 1 liitris ilmutis kuni 15 rulli kinofilmi.

Metool-peenterailmuti

NIKFI retsept

Metool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	75 g
Booraks (kristalliline)	12 g
Boorhape (kristalliline)	4 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 15—20 minutit, temperatuuril 20° C. 500 cm³ ilmutis võib töödelda 2 kinofilmi, kusiuures teise rulli ilmutamisel tuleb pikendada ilmutamise aega 10% võrra.

Värskendav lahus

Metool	8 g
Naatriumsulfit (veevaba)	75 g
Booraks (kristalliline)	24 g
Boorhape (kristalliline)	4 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Värskendava lahuse lisamisega (12—15 cm³ pärast iga filmirulli ilmutamist) võib 1 liitris ilmutis ilmutada kuni 10 rulli kinofilmi või muud negatiivmaterjali võrdse pinnaga.

Metool-hüdrokinoon-peenterailmuti booraksiga (D-76)

Metool	2 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Hüdrokinoon	5 g
Booraks (kristalliline)	2 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 15 minutit, temperatuuril 20° C. See ilmuti, andes väga hästi läbitöötatud negatiivid ja suurendades 2—3 korda materjali efektiivset valgustundlikkust, kaotab väga ruttu töövõime. 1 liitris ilmutilahuses võib ilmutada kuni 3 filmi. Kasutades värskendavat lahust võib samas koguses ilmutada 10—12 rulli kinofilmi.

Värskendav lahus

Metool	3 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Hüdrokinoon	7 g
Booraks (kristalliline)	20 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Värskendava lahuse hulga määrab negatiivmaterjali poolt kaasaviidava ilmuti hulk (tavaliselt 12—13 cm³).

Metool-hüdrokinoon-peenterailmuti kõrgendatud kontrastsusega

Metool	3 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Hüdrokinoon	7,5 g
Booraks (kristalliline)	20 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 10 minutit, temperatuuril 20° C. Ühes liitris ilmutis võib töödelda 8 rulli kinofilmi. Värskendavat lahust ei ole välja töötatud.

Metool-peenterailmuti (leeliseta)

Metool	7,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 20 minutit, temperatuuril 20° C. 1 liitris ilmutis võib töödelda 8 kinofilmi, suurendades iga järgneva rulli ilmutamise aega 10% võrra. Värskendava lahuse lisamisel

(12—15 cm³ pärast iga rulli ilmutamist) võib ilmutatavate filmide arvu suurendada kuni 20-ni.

Värskendav lahus

Metool	10 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Booraks (kristalliline)	30 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Eriti peeneteraline ilmuti (DK-20)

Metool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Booraks (kristalliline)	3 g
Kaaliumrodaniid või naatriumrodaniid (mürgine!)	1 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutusaeg 15—25 minutit, temperatuuril 20° C.

Kasutatav ka kõrgema temperatuuriga (kuni 32°). 1 liitris ilmutis võib töödelda 6 kinofilmi; 500 cm³ lahuse puhul pikeneb iga järgneva filmi ilmutamisaeg 3 minutit; 300 cm³ lahuse puhul on teise filmi ilmutamisaeg 10 minutit pikem.

Värskendav lahus

Metool	7,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Booraks (kristalliline)	30 g
Kaalium- või naatriumrodaniid	5 g
Kaaliumbromiid	1 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Värskendava lahuse tarvitamise puhul pikeneb ilmuti tööiga 12—15 kinofilmini 1 liitri kohta.

Parafenüleendiamiin-glütsiin-ilmuti (S-3)

(Eriti peeneteraline)

Annab eriti peene tera kõrge tundlikkusega filmidel. Vähendab valgustundlikkust 2—3-kordselt.

Naatriumsulfit (veevaba)	90 g
Parafenüleendiamiin (alus)	10 g
Glütsiin	6 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 20° C juures 25—40 minutit. 1 liitris ilmutilahuses võib ilmutada kuni 8 filmi.

Ortofenüleendiamiin-metoolilmuti

(eriti peeneteraline)

Metool	12 g
Naatriumsulfit (veevaba)	90 g
Kaaliummetabisulfit	6 g
Ortofenüleendiamiin	12 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutusaeg 20° C juures umbes 12 minutit. Vähendab kuni 2-kordselt filmi tundlikkust. 1 liitris ilmutis võib ilmutada 6 filmi.

Eriti peeneteraline ilmuti (D-25)

Metool	7,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Naatriumbisulfit (veevaba)	15 g
(või kaaliummetabisulfit	16 g)
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 25—30 minutit, temperatuuril 20° C. Ühes liitris ilmutis võib töödelda 8 kinofilmi, suurendades ilmutamisaega iga järgneva rulli ilmutamisel 15% võrra.

Värskendav lahus

Metool	10 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Booraks (kristalliline)	30 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Värskendavat lahust lisatakse pärast iga filmi ilmutamist kuni 45 cm³. Pärast 6 filmi ilmutamist vähendatakse värskendava lahuse kogust poole võrra (22,5 cm³); edasi jääb kogus muutumatuks. Üldse võib 1000 cm³ ilmutis ilmutada süstemaatilise värskendamise juures kuni 25 rulli filmi.

Peenterailmuti «Final»

Naatrium-heksametafosfaat	0,12 g
Metool	3,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	50 g
Hüdrokinoon	3,5 g
Naatriumtsitraat	10 g
Booraks (kristalliline)	6 g
Kaaliumbromiid	4 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine ilmutamise kestus 10—12 minutit, temperatuuril 20° C. Ühes liitris ilmutis võib ilmutada 12 rulli kinofilmi. Ilmuti töötamisvõime kestvust võib pikendada 2—3 korda, kui kasutada värskendavat lahust.

Värskendav lahus

Naatrium-heksametafosfaat	0,12 g
Metool	2 g
Naatriumsulfit (veevaba)	20 g
Hüdrokinoon	5 g
Sooda (veevaba)	20 g
Naatriumtsitraat	10 g
Etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Destilleeritud vee kasutamisel, ja kui pesemisvesi ei ole kõva, ei tarvitse lisada naatrium-heksametafosfaati ning etüleendiamiintetraatsetaatnaatriumi. Neid lisatakse vee pehmendamiseks ja nad ei avalda mõju ilmutamisprotsessile.

Eriotstarbelised ilmutid

Eriti kontrastne ilmuti reproduktsioonidele

I lahus

Hüdrokinoon	25 g
Kaaliummetabisulfit	25 g
Kaaliumbromiid	25 g
Vesi	kuni 1000 cm³

II lahus

Külm vesi	1000 cm³
Naatriumhüdroksüüd	36 g
(või kaaliumhüdroksüüd	50 g)

Mõlemad lahused segatakse vahetult enne tarvitamist võrdseis kogustes. Ilmutamise kestus umbes 3 minutit, temperatuuril 20° C. Segatud ilmuti säilib halvasti ja ühtejärge ei või ilmutada üle 3 plaadi, mõõtmetega 9 × 12 cm. Ilmuti annab erakordselt kontrastse kujutise, sellepärast on ta sobiv ainult reproduktsioonitöödeks.

Kontrastne ilmuti reproduktsioonidele

Metool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	40 g
Hüdrokinoon	6 g
Sooda (veevaba)	40 g
Kaaliumbromiid	3 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Säilib hästi, kuid ei anna nii kontrastset kujutist kui eespool toodud ilmuti.

Ilmutamise kestus 5—8 minutit, temperatuuril 20° C.

Troopikailmuti

Metool	2,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	25 g
Hüdrokinoon	6,5 g
Sooda (veevaba)	16 g
Kaaliumbromiid	1 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kahelahuselisel peenterailmutil on järgmised eelised, võrreldes tavalise ühelahuselise ilmutiga.

Normaalne ilmutamise kestus on 3—4 minutit, temperatuuril 20° C, ja 2,5—3 minutit, temperatuuril 24° C. Temperatuuril 29°—30° C tuleb iga liitri ilmuti kohta lisada 100 g naatriumsulfaati. Ilmutusaeg jääb sealjuures 2,5—3 minuti piiridesse, kuna naatriumsulfaat pidurdab pisut ilmutamise kiirust.

Kahelahuseline peenterailmuti

Kahelahuselisel peenterailmutil on järgmised eelised, võrreldes tavalise ühelahuselise ilmutiga.

1. Tugevate kontrastide tasandamine, mis mõjub soodsalt ilmutamisprotsessile.
2. Kihi valgustundlikkus praktiliselt ei lange.
3. Ilmutamise pinnalise iseloomu tõttu saadakse kõrge teravusastmega negatiivid.
4. Lahuste kasutamine on ökonoomne (võidakse kasutada mitu korda).

Kahelahuselisel ilmutamisel sisaldab üks lahus ilmutavat ainet ja sulfitit, teelis on teises lahuses.

Kahelahuseline peenterailmuti

I lahus

Metool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Vesi	kuni 1000 cm³

II lahus

Booraks (kristalliline)	10 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kõiki peeneteralisi filme tuleb hoida I lahuses 4 minutit, teisi filme 5—6 minutit. Kõigi filmitüüpide töötlemine kestab II lahuses 3 minutit.

Alljärgnevalt on toodud eriti peeneteralise ilmuti Dk-20 variant kahes lahuses:

I lahus

Metool	5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	100 g
Kaaliumrodaniid	1 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Filmi hoitakse esimeses lahuses 15—20 minutit.

II lahus

Booraks (kristalliline)	25 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Enne tarvitamist varulahus lahjendada veega vahekorras 1 : 10 (s. o. 50 cm³-le II lahusele lisada 500 cm³ vett).

Ilmutamise kestus II lahuses 4 minutit.

I lahust võib kasutada mitu korda, eriti kui lisada talle pärast iga filmi ilmutamist 20 cm³ järgmise koostisega värskendavat lahust:

Metool	7,5 g
Naatriumsulfit (veevaba)	50 g
Kaaliumrodaniid	5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

II lahust kasutatakse ainult üks kord, siis kallatakse välja.

Kinnitilahuste klassifikatsioon

Kõigi kinnitilahuste peamiseks koostisosaks on naatriumtiosulfaat (hüposulfit), mis esineb kristallilisena ja veevabana (ümberarvutamine vt. tabel 75 lk. 291).

Harilik kinniti kujutab endast tiosulfaadi vesilahust.

Peale harilike kasutatakse veel hapusid, hapusid parkivaid ja nn. kiirkinniteid, mille koostisse peale naatriumtiosulfaadi kuuluvad happelised soolad või happed (kaaliummetabisulfit, boorhape, äädikhape, sidrunhape või väävelhape), parkivad ained (maarjas, formaliin) ja kiirendav aine (tavaliselt ammooniumkloriid).

Hapukinnitid erinevad tavalistest kinnititest parema säilivuse poolest; peale selle peatavad nad momentaanselt ilmumisprotsessi ja kõrvaldavad kollased plekid, mis ilmutamisel vahel tekivad.

Parkivail hapukinnititel on samad omadused, mis happelistelgi, kuid samaaegselt pargivad nad želatiinikihti, teevad selle vastupidavamaks kõrgele temperatuurile. Seepärast on soovitatav kasutada suvel parkivaid hapukinniteid.

Kiirkinnitid erinevad teistest kiirema toime poolest (töötavad kaks korda kiiremini kui tavalised ja kolm korda kiiremini kui parkivad hapukinnitid).

Kinnitilahuste valmistamine

Naatriumtiosulfaadi lahustamisel tekib energiline soojuse neeldumine, mille tõttu lahus tunduvalt jaheneb. Soojuskaotuse kompenseerimiseks peab vesi kinnitilahuse valmistamiseks olema soojendatud kuni 40°—50° C.

Hapukinnitite valmistamisel happeliste sooladega (näiteks kaaliummetabisulfitiga) lahustatakse algul naatriumtiosulfaat, siis kaaliummetabisulfit. Neid aineid võib lahustada ka üheaegselt, kuid mitte ümberpöördud järjestuses. Hapukinnitite valmistamisel hapetega segatakse viimased enne naatriumsulfiti lahustes ja pärast seda kallatakse väikeste annustena lakkamatult segades naatriumtiosulfaadi lahusesse *. Selle tingimuse mittetäitmine toob kaasa naatriumtiosulfaadi lagundumise ja sadestuse tekkimise.

Parkivate happeliste kinnitite valmistamisel lisatakse parkivad ained lahusele viimasena, sealjuures lahuse kujul, väikeste annustena ja segades.

Parkiva aine lisamine vahetult naatriumtiosulfaadi lahusele toob kaasa viimase lagunemise ja väävli eraldumise.

Kiirkinnitite valmistamisel lahustatakse ammooniumkloriid eraldi naatriumtiosulfaadist ja lisatakse viimase lahusele väikeste annustena ja segades.

Värskelt valmistatud kinnitilahuste töökiirus sõltub nii nende koostisest kui ka naatriumtiosulfaadi kontsentratsioonist, kusjuures naatriumtiosulfaadi kontsentratsiooni suurendamisel kuni 40% piirides kinnitilahuse töötamiskiirus kord-korralt kasvab. Edasisel naatriumtiosulfaadi kontsentratsiooni suurendamisel hakkab kinnitilahuse töötamiskiirus langema ja kontsentratsiooni puhul üle 60% lakkab lahus kinnitamast.

Kõige kiiremini toimivad kiirkinnitid, seejärel (langevas reas) tavalised, hapu- ja parkivad hapukinnitid. Tuleb silmas pidada, et naatriumtiosulfaadi sattumisel ilmutilahusesse muutub viimane kõlbmatuks.

Kinnitilahuste säilivus ja töövõime kaotus

Kiir- ja parkivad hapukinnitid säilivad halvasti. Paremini säilivad tavalised ja väga hästi — happelised kinnitid. Viimased säilivad erinevalt kõigist teistest hästi ka kasutusprotsessis.

---

* Kontsentreeritud väävelhappe kasutamisel ei tohi laialipritsimise ja põletishaavade tekkimise vältimiseks kallata happesse vett ega muud vedelikku. Sellepärast tuleb hapet vette või lahusesse valada ettevaatlikult ja väikeste annustena.

Hapud ja parkivad hapukinnitid säilitavad oma omadused ainult senikaua, kuni annavad happelise reaktsiooni ja värvivad sinise lakmuspaberi punaseks.

Tabel 85

Kinnitilahuste kasutamise norm 1 liitri lahuse kohta

Kinniti liik	Töödeldav materjal			
	pindala järgi (cm^2)		formaadis 9×12 (arv)	
	negatiivid	positiivid	negatiivid	positiivid
Tavaline kinniti	5 500	11 000	50	100
Hapukinniti	7 000	14 000	65	130
Parkiv hapukinniti	10 000	20 000	95	180
Kiirkinniti	5 500	11 000	50	100

Tabel on arvestatud piirides, kus kinnitilahuste omadused ja töökiirus muutuvad võrdlemisi vähe. Näidatud norme võib suurendada kuni 50%. Kinnitilahuste lahjenedes töötavad lahused aeglasemalt. Praktiliselt võib kinnitilahust tarvitada kuni kinnitamisaja pikenemiseni kolmekordseks. Nii lahjaks jäänud kinnitilahust pole aga soovitatav kasutada, vaid see tuleks asendada värskega.

Kinnitilahuste retsepte

Tavaline kinniti

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	250 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Keskmine kinnitamise kestus 15—20 minutit, temperatuuril 20° C.

Hapukinniti

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	250 g
Naatriumsulfit (veevaba)	25 g
Väävelhape (10%-line lahus)	5 cm^3
Vesi	kuni 1000 cm^3

Keskmine kinnitamise kestus 15—20 minutit, temperatuuril 20° C.

Hapukinniti kaaliummetabisulfitiga

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	250 g
Kaaliummetabisulfit	25 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine kinnitamise kestus 15—20 minutit, temperatuuril 20° C.

Parkiv hapukinniti

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	250 g
Naatriumsulfit (veevaba)	15 g
Äädikhape (30%-line)	45 cm³
Kaalium-alumiiniummaarjas	15 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine kinnitamise kestus 25—30 minutit, temperatuuril 20° C.

Kiirkinniti

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	250 g
Ammooniumkloriid	40 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Keskmine kinnitamise kestus 3—5 minutit, temperatuuril 20° C. Pikemaajalise kinnitamise puhul selles kinnitis kujutis nõrgeneb.

Negatiivmaterjalide ilmutamise reeglid

1. Nõud, mis on määratud materjalide töötlemiseks (ilmutusvannid, toosid), peavad olema puhtad.

2. Ilmutusvanne, mis on määratud ilmutilahuste jaoks, ei tohi tarvitada muude lahuste jaoks.

Arvestades seda, et materjalide töötlemisel paakides tuleb viimaseid tehnilistel põhjustel kasutada nii ilmutamiseks kui ka kinnitamiseks, tuleb paake pärast kinnitamise lõpetamist hoolikalt pesta.

3. Töödeldavate fotomaterjalide kastmine ilmutilahusesse peab toimuma võimalikult kiiresti, et lahus kataks korraga filmi (plaadi) terve pinna.

4. Ilmutamisprotsessis tuleb ilmutilahust perioodiliselt segada. Selleks tuleb seda ilmutit vannis loksutada ning paagiga töötades keerata pooli koos sellele kinnitatud filmiga.

5. Ilmutilahuse hulk peab olema niisugune, et ilmuti tasapind oleks vähemalt 1 cm kõrgemal töödeldava plaadi (filmi) pinnast, paakide kasutamisel aga 1 cm üle töödeldava materjali servade.

6. Ilmutamise üheks ülesandeks on saada antud tingimustes optimaalseid resultaate, mis saavutatakse ilmutamise teel retseptis näidatud temperatuuri juures ja aja vältel.

A l a i l m u t a m i s t iseloomustab puudulik kontrastsus ja kujutise üldine puudulik tihedus.

Ilmutamise kestel kasvavad kontrastsus ja kujutise tihedus, saavutades kindlal momendil oma optimaalse väärtuse, mille juures negatiivi heledates kohtades on läbi töötatud kõik detailid, tumedates osades on aga negatiiv normaalse tihedusega.

Normaalset ilmutamist iseloomustab selle momendi saabumine. Edasisel ilmutamisel ei suurene kujutise maksimaalse optilise tiheduse osatähtsus, sest loori kasv toob kaasa kujutise üldise tiheduse suurenemise ja kontrastsuse vähenemise.

Üleilmutamist, samuti nagu alailmutamistki, iseloomustab puudulik kontrastsus, seejuures aga kujutise üldine liigne tihedus.

7. Sõltuvalt materjalide särituse kestusest tuleb ilmuti koostises ette võtta järgmisi muudatusi:

ülesärituse puhul kasutatakse kõrge kontsentratsiooniga, suure kaaliumbromiidisisaldusega ilmutit; ilmutilahust tuleb jahutada;

normaalse särituse puhul kasutatakse normaalse kontsentratsiooniga ja normaalse kaaliumbromiidisisaldusega lahust; ilmutilahuse temperatuur peab olema samuti normaalne;

alasärituse puhul lahjendatakse ilmutit veega; ilmutis ei kasutata kaaliumbromiidi; ilmutilahuse temperatuuri tõstetakse.

Ülesärituse puhul ilmub kujutis ruttu ja üle kogu plaadi (filmi) pinna; normaalse särituse puhul on kujutise ilmumise kiirus normaalne (antud filmi jaoks). Kujutis ilmub algul kõige tihedamates, seejärel vähem tihedates negatiiviosades; alasärituse puhul kujutis ei ilmu hulgal ajal. Seejärel tumenevad ainult plaadi (filmi) kõige enam valgustatud kohad.

Negatiivmaterjalide ilmutamise meetodid

On olemas kolm negatiiv-fotomaterjalide ilmutamise meetodit.

Visuaalne meetod rajaneb ilmumiskäigu jälgimisel ja seda kasutatakse ainult neil juhtudel, kui negatiivmaterjal lubab töötlemist ühe või teise valguse käes, mis on küllalt hele, et näha kujutist.

Faktoriaalne meetod rajaneb ilmutusfaktorite ärakasutamisel, millede abil, teades induktsiooniaega (s. o. aega plaadi või filmi kastmisest ilmutuslahusesse kuni esimeste jälgede ilmutamiseni) ja korrutades seda ilmutusfaktoriga, võib kindlaks määrata üldise ilmutusaja.

Faktoriaalse meetodi ebatäiuslikkuse ja ebakindluse tõttu seda meetodit tänapäeval peaaegu üldse ei kasutata ja seepärast me seda edasises vaatluses ei käsitle.

Ajalise ilmutamise meetod rajaneb mitmesuguste ilmutilahuste uurimise katselistel tulemustel. Kõige mugavamad on selle meetodi jaoks aeglaselt töötavad ilmutid, sest mida pikem on ilmumise aeg, seda kergem on seda täpselt reguleerida ja kontrollida. Kõige laiemalt on levinud selle meetodi järgi ilmutamine tasandavate peenterailmutitega.

Ajalise ilmutamise meetod on mugav selle poolest, et see ei nõua visuaalset jälgimist ja võimaldab samaaegselt suure arvu negatiivide ilmutamist valguskindlais paakides valguse käes.

Peab arvesse võtma, et ilmutamisaeg sõltub peale ilmutilahuse

koostise ja temperatuuri ka ilmutatavate plaatide või filmide sordist. Mitmesugused plaadi- või filmisordid nõuavad erinevate töötlemistingimuste juures ka erinevat ilmutamisaega, mida ei saa varem ette määrata. Juhul kui ei ole täpselt teada, kui kaua peab antud plaati või filmi antud ilmutis ilmutama, on soovitatav teostada prooviilmutamine.

Kui parim ilmutamisaeg on katselisel teel kindlaks tehtud, on soovitatav edaspidi kasutada võimalikult ühte ja sama ilmutit ja ühte ning sama plaadi- või filmisorti.

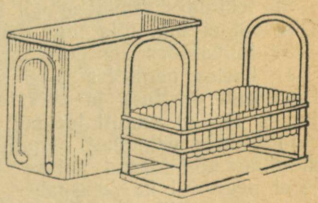
Samuti tuleb arvesse võtta ilmuti lahjenemise astet, suurendades iga järgneva filmi- või plaadipartii ilmutamisaega vastavalt juhendile, mis on antud iga ilmutilahuse retsepti juures.

Negatiivide kinnitamise reeglid

1. Kinnitamisprotsess koosneb kahest perioodist. Esimene neist algab plaadi (filmi) kinnitilahusesse viimisega ja lõpeb nähtavate lahustamata halogeenhõbeda jäänustega (valkjate laikude) kadumisega. Sellest hetkest algab kinnitamise teine periood, mis peab vältama vähemalt niisama palju aega kui esimenegi. Alles pärast seda võib kihti lugeda kinnitatuks.
2. Kinnitamise esimene periood tuleb teostada mitteaktiinse valguse käes või pimedas. Teine periood võib toimuda valguse käes.
3. Kiirkinnitite kasutamisel ei tohi kinnitamisprotsessi ettenähtud ajast pikemaks venitada, kuna seejuures toimub hõbeda osaline lahustumine ja kujutise nõrgenemine.

Negatiivide pesemise reeglid

1. Pesemist tuleb teostada voolavas vees, nõrga veejoa abil. Pesemisprotsessis toimub soolade difundeerimine želatiinikihilt vette ja seepärast ei kiirenda pesemist veejoa tugevamaks muutmine. Kuna soolade lahused on raskemad kui vesi ja langevad nõu põhja, annab suurema efekti niisugune pesemine, kus pesemisvesi voolab paaki ülalt ja paagist välja alt, mida on võimalik saavutada spetsiaalse pesemisnõu abil. Amatöörtingimustes on selleks otstarbeks pesemispaagid sifoontoruga (joon. 157).



Joon. 157. Sifoontoruga pesemispaak.

Pesemispaakide või -seadiste puudumisel võib pesta tavalises ilmutusvannis või filmi ilmutuspaagis. Pesta võib ka seisvas vees, kuid siis tuleb vett sageli vahetada.

2. Negatiivide pesemine jooksvas vees peab vältama vähemalt 20—25 minutit. Seisvas vees pikendatakse pesemisaega 35—40 minutini, kusjuures vett vahetatakse kolm-neli korda.

Pesemise kvaliteedi kontrollimine

Valmistatakse nõrk kaaliumpermanganaadi lahus (lahus peab olema helelillaka värvusega). Kui plaat või film on pesemisveest välja võetud, kogutakse negatiivilt voolavad veetilgad klaasi ja lisatakse sellele veele 1—2 tilka kaaliumpermanganaadi lahust.

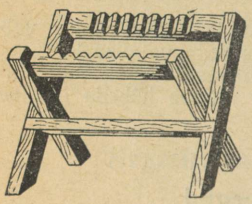
Lahuse värvumine kollakasoranžiks näitab naatriumtiosulfaadi olemasolu. Sel juhul tuleb pesemist jätkata.

Pesuvee temperatuur peab olema niisamasugune nagu kinnitilahuselgi. Kui seda tingimust silmas ei peeta, on võimalik želatiinikihi lahtiminek ja omapärase peene marmoritaolise võrgu tekkimine (nn. retikulatsioon).

Negatiivide kuivatamise reeglid

1. Enne kuivatamist tuleb puhta niiske vati abil võimalikult paremini eemaldada negatiividelt veetilgad.

2. Kuivatada tuleb ruumis, kus on püsiv temperatuur, mis ei ületa 26°—28° C, ja kus negatiiv on kaitstud tolmu eest.



Joon. 158. Negatiivide kuivatusraam.

3. Ei tohi muuta kuivatamisrežiimi, viies osaliselt kuivatatud negatiivi ühest kohast teise, kuna see põhjustab triipude ja plekkide tekkimist.

4. Klaasnegatiive tuleb kuivatada spetsiaalsetel kuivatusraamidel (joon. 158), filmnegatiive aga nurka- või otsapidi ülesriputatult.

5. Enne fotokihi täielikku kuivamist ei tohi seda mingil juhul sõrmega puudutada.

Negatiivide kuivamist võib kiirendada järgmiselt:

1) soojendades õhku (kui temperatuur on liiga madal) elektripliidi abil. Tulekahju vältimiseks tuleb pliit asetada filmist küllalt kaugele;

2) tekitades (tavalise või soojendatud) õhuvoolu ventilaatori abil. Õhuvool ei tohi olla liiga tugev;

3) kuivatades ventileeritavas tõmbekapis;

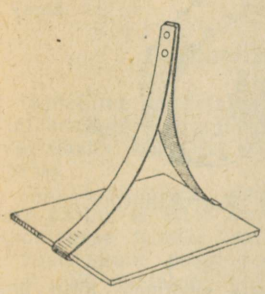
4) kastes negatiive 5—6 minutiks piiritusse (võib ka olla denatureeritud piiritus) ja kuivatades seejärel tavalise toatemperatuuri juures 15—20 minuti jooksul;

5) kastes eelnevalt negatiivi (pärast lühiajalist pesemist) 3—5 minutiks küllastatud potase- või soodalahusesse ja kuivatades seejärel negatiivi kuivatuspaberi ja puhta pehme lapi abil. Seda viisi tarvitatakse siis, kui on vaja kiiresti saada negatiivist positiivkoopiat. Pärast koopia saamist peab negatiivi uuesti hoolikalt üle pesema.

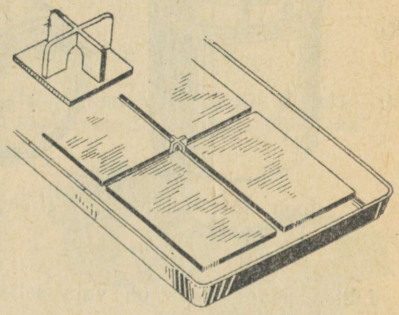
Plaatide ja tasafilmide ilmutamise tehnika

Plaate ja tasafilme ilmutatakse ilmutusvannides (küvettides) või spetsiaalsetes ilmutuspaakides. Teisel juhul asetatakse plaadid ja filmid paaki vertikaalselt (küljega), millest see ilmutamisviis on saanud ka oma nime — vertikaalne ilmutamine.

Plaatide ilmutamisel ilmutusvannis soovitatakse kasutada spetsiaalset hoidjat (joon. 159) ja mitme plaadi üheaegse ilmutamise puhul separaatoreid (joon. 160), mis väldivad plaatide üksteise otsa libisemist.



Joon. 159. Plaadihoidja



Joon. 160. Separaatorid ja nende kasutamise viis.

Ilmutamise lõppemise aeg visuaalse ilmutamise puhul määratakse kindlaks silma järgi. Ilmutamise kvaliteet sõltub paljuski fotograafi kogemustest, sest erinevail negatiivmaterjalidel on ka erinevad tunnused, mis võimaldavad otsustada nende ilmumisastet.

Plaatide ja tasafilmide vertikaalsel ilmutamisel kasutatakse spetsiaalseid valguskindlaid paake, mis võimaldavad neid täita ja tühjendada ka valguse käes. Niisuguste paakide puudumisel võib neid ise valmistada plastmassist või roostevabast terasest.

Alusele kinnitatud plaadid või filmid paigutatakse ilmutiga täidetud (teatud tasemeni) paaki pimedas.

Pärast ilmutamise lõppemist kallatakse ilmuti välja, paak täidetakse puhta veega ja loputatakse (plaate, filme). Seejärel kallatakse vesi välja ja täidetakse paak kinnitiga.

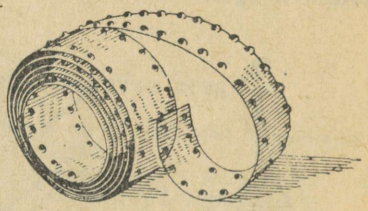
Juhul kui puudub seadis paagi puhastamiseks ja täitmiseks valguse käes, toimetatakse need operatsioonid pimedas või vastava mitteaktiinse valguse käes.

Rullfilmide ilmutamise tehnika

Rullfilmide ilmutamine toimub üldiselt mitmesuguse konstruktsiooniga ilmutuspaakide abil. Rullfilmide ilmutamiseks valmistatakse kahesuguse konstruktsiooniga paake.

Lihtne paak (joon. 161) kujutab endast mustast plastmassist hermeetiliselt pealekruvitava kaanega silindrilist nõu. Paak nõuab korrekslindi kasutamist, mis kujutab endast tselluloidlinti väikeste poolkerakujuliste kühmudega mõlemal äärel (joon. 162). Korrekslindid on ühepoolsed (kumerused on pööratud ühele poolele) ja kahepoolsed (kumerused on pööratud mõlemale poolele).

Joon. 161. Lihtne paak.



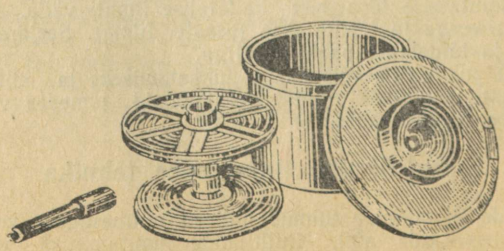
Joon. 162. Korrekslint.

Lihtsa paagi jaoks on vaja selle väikeste mõõtmete tõttu ühepoolset korrekslinti.

Film eraldatakse pimedas kattepaberist (rakordist) ja mähitakse rulli koos korrekslindiga nii, et korrekslindi kumerused puutuksid kokku filmi emulsioonipoolega. Niisugusel kujul lastakse film paaki, millesse on enne valatud ilmutit, mille järel paak suletakse. Paagi töömaht on 250 cm^3.

Ilmuti äravalamine, paagi täitmine veega loputamiseks, vee äraka llamine ja paagi täitmine kinnitiga — kõik need operatsioonid peavad toimuma pimedas või mitteaktiinse valguse käes. Kinnitamise lõpul pestakse filmi kas samas paagis või spetsiaalses pesemispaagis. Seejärel eraldatakse film ettevaatlikult korrekslindist ja riputatakse kuivama.

Kaksikspiraaliga universaalne paak (joon. 163) koosneb anumast,



Joon. 163. Universaalpaak kahe spiraalkettaga.

kaanest, käepidemest ja spiraalsoontega poolist. Poolide kettaid saab liigutada kas kokku või eemale, vastavalt filmide laiusele.

Film tõugatakse pimedas, üks ots ees, spiraali (emulsiooni poolega tsentri poole) ja lastakse koos pooliga paagi anumasse, millesse on enne valatud ilmuti. Seejärel kaetakse paak kaanega.

Universaalse paagi töömaht on 750 cm³.

Paagi konstruktsioon võimaldab teda täita ja tühjendada valguse käes, mistõttu ka kogu töötlemisprotsess võib toimuda valguse käes.

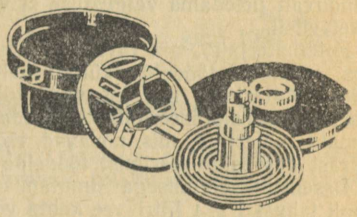
Pesta võib filmi samas paagis, kui asetada ta lahtisel kujul veejoa alla nii, et vesi satuks pooli keskossa.

Pärast pesemist võetakse film spiraalist välja ja riputatakse kuivama.

Kinofilmide ilmutamise tehnika

Kinofilme ilmutatakse normaalselt ilmutamispaakides. Selleks kasutatakse kas ülalkirjeldatud kaksikspiraalset universaalset paaki või spetsiaalset spiraalset kinofilmipaaki.

Kaksikspiraalses universaalses paagis ei erine kinofilmide ilmutamise tehnika rullfilmide omast, ainult paagi pooli kettad lähendatakse üksteisele kuni kinofilmi laiuseni.



Joon. 164. Spiraalkettaga kinofilmipaak.

Spiraalse kettaga paak (joon. 164) koosneb anumast, kaanest ja lahtivõetavast poolist. Viimane omakorda koosneb pealmisest tasasest kettast ja alumisest spiraaliga kettast. Eemaldanud ülemise ketta alumisest, asetatakse filmi ots pimedas ülemise ketta telje pikiavasse, mille järel see suletakse alumise ketta punniga. Film peab olema pööratud emulsioonikihiga väljapoole.

Edasi mähitakse film poolile, pöörates viimast kellaosutile vastassuunas ja hoides filmi väikese nurga all ketaste tasapindade suhtes.

Filmi õige mähkimise puhul peab film sattuma äärega spiraali soonde.

Kui film on poolile mähitud, lastakse viimane paagi anumasse, millesse on kallatud ilmuti, ja suletakse kaanega. Paagi töömaht on 350 cm³.

Paagi konstruktsioon võimaldab vedelikke vahetada valguse käes. Filmi pesemine selles paagis on analoogiline pesemisele kahe spiraalkettaga paagis. Pärast pesemist keritakse film poolilt ära ja riputatakse kuivama.

Ilmutamine desensibiliseerimisega

Desensibiliseerimiseks nimetatakse fotomaterjali valgustundlikkuse vähendamist.

Desensibiliseerimiseks kasutatakse mõningaid värvaineid, millel on omadus vähendada fotograafilise kihi valgustundlikkust, mõjustamata sealjuures latentset fotograafilist kujutist ja rikkumata halogeenhõbeda kõiki teisi omadusi, eriti tema ilmumise ja kinnitamise võimet. Neid aineid nimetatakse desensibilisaatoreiks. Nimetatud omadused võimaldavad suure eduga kasutada desensibilisaatoreid ilmutusprotsessi hõlbustamiseks. Tundlikkuse tunduva languse tagajärjel on võimalik ilmutada suhteliselt heleda valguse käes.

Desensibilisaatoreist on kõige efektiivsemad roheline ja kollane pinakrüptool.

Desensibilisaatorite kasutamine seisab selles, et plaate või filme töödeldakse enne väga nõrgas desensibilisaatori lahuses 1—2 minuti jooksul pimedas või valguse käes, mis on lubatud tavaliselt selle plaadi või filmi töötlemiseks, seejärel võib süüdata laboratooriumis tunduvalt heledama valgustuse ja visuaalset ilmutamist teostada tavalisel viisil.

Fotomaterjale, mis tavaliselt nõuavad töötlemist täielikus pimeduses, võidakse töödelda küllalt heleda punase või rohelise valguse käes. Materjale, mis lubavad töötlemist punases valguses, võib pärast desensibiliseerimist töödelda oranži valguse käes; sensibiliseerimata materjale, mis nõuavad töötlemist oranži valguse käes, võib pärast desensibiliseerimist töödelda kollase valguse käes.

Desensibiliseerimisega ilmutamiseks kasutatakse kollase pinakrüptooli lahust 1 g 1 liitri vee kohta või rohelist pinakrüptooli 1 g 5 liitri vee kohta. Desensibilisaatori lahus säilib väga hästi ja kaotab tootmisvõime väga aeglaselt, mis võimaldab kasutada teda mitmeid kordi ning pikema aja vältel.

Rohelist pinakrüptooli võib lisada ka mõningate ilmutite lahustesse, kuid see meetod on ebaökonoomne, mispärast me selle juures ei peatu.

Kihi parkimine

Kuumal aastaajal tekib lahuste kõrge temperatuuri tõttu oht, et emulsioonikiht võib sulada enne plaadi või filmi kinnitisse panemist. Niisugusel juhul pannakse plaadid või filmid 2—3 minutiks parkivasse lahusesse ja alles seejärel kinnitisse.

Parkiv lahus maarjasega

Kroommaarjas	30 g
Külm vesi	kuni 1000 cm³

Parkiv lahus formaliiniga

Formaliin (37%-line)	20 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Stopplahused

Ilmutamise koheseks katkestamiseks kasutatakse katkestuslahuseid ehk, nagu neid veel kutsutakse, stopplahuseid. Pärast ilmutamist pannakse plaadid (filmid) mõneks sekundiks ühte alltoodud lahusesse, mille järel nad kinnitatakse.

Stopplahus äädikhappega

Äädikhape (30%-line)	100 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Stopplahus sidrunhappega

Sidrunhape	30 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Stopplahus viinhappega

Viinhape	40 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kaltsiumivõrgu eemaldamine

Plaatide ja filmide emulsioonikiht sisaldab endas mõnel määral kaltsiumi ühendeid, mis satuvad temasse želatiiniemulsioonist ja pesuveest juba emulsiooni valmistamisel.

Vees raskesti lahustuvad kaltsiumiosakesed, mis vahel on oma mõõtmetelt küllalt suured, tekitavad negatiividel võrgu, mida sageli peetakse teraks (mistõttu kaltsiumivõrku vahel nimetataksegi ebateraks).

Kaltsiumivõrgu eemaldamiseks asetatakse film pärast ilmutamist järgmise koostisega happelisse lahusesse.

Hapulahus

Vesi	kuni 1000 cm³
Äädikhape (jää-äädikas)	5 g
Glaubrisool	50 g

Lahus kõlbab ainult ühekordseks tarvitamiseks. Hapulahuses hoitakse filmi ½—1 minut, seejärel viiakse ta pärast loputamist kinnitisse.

Niisuguse meetodi juures etendab lahus samaaegselt ka stopplahuse osa ja seda võidakse kasutada kõigil juhtudel, kui ilmumist on vaja kiiresti peatada. Kui niisugust vajadust ei esine, siis on parem lahust kasutada 5 minutit enne filmi pesemise lõpetamist, pannes filmi 1—2 minutiks lahusesse ja seejärel jätkates pesemist.

Äädikhappe puudumisel võib kasutada ka samas koguses soolhapet.

Ilmutamise aeg ja tingimused, milles toimub negatiivmaterjalide

töötlemine, avaldavad mõju negatiivide kvaliteedile. Ebaõigelt teostatud protsess põhjustab sageli parandamatuid vigu. Kuid real juhtudel võib ilmutamisvigu parandada.

Tabel 86

Ilmutamisvead ja nende kõrvaldamise viisid

Negatiividel esinevad defektid	Defektide põhjused	Defektide kõrvaldamise või parandamise viisid
Negatiiv on liiga läbipaistev, kuigi kujutise detailid on näha ka varjudes	Alailmutamine	Kõvendamine
Negatiiv on liiga tihe ja kontrastne	Üleilmutamine	Nõrgendamine
Negatiiv on liiga tihe ja looritatud	Tugev üleilmutamine	Nõrgendamine
Üldine hall looritus, detailid normaalselt läbi töötatud	Laboratoorse valgustuse mõju	Nõrgendamine
Üldine hall looritus, detailid nõrgalt läbi töötatud	Laboratoorse valgustuse mõju ja alailmutamine	Nõrgendamine järgneva kõvendamisega
Kahevärviline (puna-roheline) looritus	1) Ilmutisse on sattunud kinnitit; 2) ilmuti on vana	Kaaliumpermanganaadi nõrga lahusega töötlemine, seejärel pesemine ja töötlemine 50%-lises kaaliummetabisulfiti või naatriumbisulfiti lahuses, mille järel uuesti pesemine

Järg

Negatiividel esinevad defektid	Defektide põhjused	Defektide kõrvaldamise või parandamise viisid
Negatiiv on kõigis osades ebaühtlaselt ilmunud. Üksikud osad on üksteisest eraldatud vöötidega	Ilmuti ei katnud kohe kogu plaadi (filmi) pinda	Parandamine pole võimalik
Väikesed mustad punktid, käega katsumisel kumerad	Tolm ja mustuseosakesed, mis on jäänud kihi külge kuivatamisel	Teistkordne negatiivi pesemine ja, kui vaja, järgnev retušš
Väikesed läbipaistvad punktid	Õhumullid, mis on jäänud kihile ilmutamise ajal. Tolm	Retušš
Peen võrgutaoline muster (retikulatsioon)	Pesemisvee liiga kõrge temperatuur	Ei ole kõrvaldatav

NEGATIIVIDE TÄIENDAV TÖÖTLEMINE JA NENDE HOIDMINE

Igasugune negatiivide täiendav töötlemine, mille eesmärgiks on ühtede või teiste defektide kõrvaldamine, on üldiselt ebasoovitav. Tuleb püüda selle poole, et saada niisugused negatiivid, mis ei nõua mingisugust täiendavat töötlemist. Juhul kui saadakse puuduliku gradatsiooniga negatiivid, tuleb eelkõige püüda kõrvaldada need puudused vastava fotopaberi valikuga ja ainult äärmisel juhul kasutada täiendavat töötlemist.

Negatiivide täiendav töötlemine seisab kas hõbedast kujutise nõrgendamises või kõvendamises ning defektide kõrvaldamises retuši abil.

Negatiive võib kõvendada ja nõrgendada nii vahetult pärast pesemist kui ka pärast kuivatamist. Viimasel juhul tuleb negatiive enne niisutada puhtas vees. Kõiki neid operatsioone võib sooritada valguse käes.

Olulise tähtsusega on negatiivi seisund. Mehaanilised vigastused (kriimustused jne.) võivad kõvendamisel ja nõrgendamisel muutuda märgatavamaks. Nõrgendamine ja eriti kõvendamine annab rahuldavaid tulemusi ainult sel juhul, kui negatiivid on hästi kinnitatud ja hoolikalt pestud. Muidu on mitmesuguste plekkide tekkimine vältimatu.

Kõvendamise ja nõrgendamisega (või ühe ja teisega järjestikku) võib parandada negatiivide defekte, mis on tekkinud järgmiste vigade tõttu:

1) *alailmutus* (normaalse või ülesärituse puhul), mille tõttu negatiiv on tavaliselt läbipaistev ja nõrk;

2) *üleilmutus* (normaalse või ülesärituse puhul), mille tõttu negatiiv on tihe ja kontrastne või ühetooniline, sõltuvalt üleilmutamise astmest;

3) *ülesäritus* (normaalse ilmutuse puhul), mis annab üleilmutamisega analoogilised tulemused;

4) *väike alasäritus* (normaalse ilmutuse juures) — negatiiv on läbipaistev, nõrgendatud kontrastiga.

Teistsuguste fotograafiliste defektidega negatiive, eriti tugevasti alasäritatud, alasäritatud ja ühtlasi alailmutatud negatiive ei saa kõvendamise või nõrgendamise teel parandada.

Negatiivide kõvendamine

Kõvendamisprotsessi olemus seisab negatiivide optilise tiheduse suurendamises fotokihis oleva metallilise hõbeda hulga suurendamise teel (füüsiline kõvendamine) või kujutise metallilise hõbeda asendamise teel mingi mitteaktiinse värvusega ainega (keemiline kõvendamine).

Negatiivi kõvendamine põhjustab suuremal või väiksemal määral kontrasti suurenemist ja suurendab tavaliselt teralisust, mistõttu väikeseformaadilisi filme ei ole soovitatav kõvendada.

Kroomkõvendaja

Fotoamatöörile kõige kättesaadavam on kroomkõvendaja. Negatiiv pleegitatakse lahuses:

Kaaliumbikromaat	4 g
Soolhape (kontsentreeritud)	3 cm^3
Vesi	500 cm^3

Pleegitatud negatiivi pestakse 5 minutit, seejärel ilmutatakse ta uuesti kiiresti töötavas ilmutis. Selle protsessi vältel toimubki kõvendamine.

Kõvendatud negatiivi loputatakse, kinnitatakse 4—5 minuti jooksul, pestakse ja kuivatatakse.

Tugevama kõvenduse saamiseks võib nimetatud protsessi kaks korda korrata.

Kinoontiosulfaatkõvendaja

Allpool toodud kõvendaja paistab silma tugeva toime poolest. Kõvendamiseks tuleb valmistada kolm varulahust.

I lahus

Kaaliumbikromaat	7,5 g
Väävelhape (10%-line lahus)	100 cm³
Destilleeritud vesi	335 cm³

II lahus

Naatriumbisulfit	1,3 g
Hüdrokinoon	5 g
Destilleeritud vesi (20°)	335 cm³

III lahus

Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	7,5 g
Destilleeritud vesi (20°)	335 cm³

Kemikaalid peavad olema puhtad. Varulahuste nõud ja töötlemiseks kasutatavad vannid tuleb hoolikalt üle pesta ja destilleeritud veega loputada.

Töölahus koostatakse varulahuste segamisega järgmises koguses:

I lahust	1 osa,
II lahust	2 „ ,
III lahust	2 „ ,
I lahust	1 „ .

Lahused tuleb segada aeglaselt, kogu aeg liigutades, ja vahetult enne tarvitamist.

Kõige suurem kõvendamisefekt saavutatakse 10-minutilise töötlemisega 20° C juures.

Lahust tuleb võtta ainult nii palju, et ta kõige väiksemas vannis kataks negatiivi õhukese kihina.

Negatiivi töötlemisel ei tohi sõrmedega puudutada emulsioonikihti. Lahusevanni liigutatakse pidevalt. Pärast kõvendamist pestakse negatiivi jooksvas vees 15—20 minutit ja seejärel kuivatatakse.

Negatiivide nõrgendamine

Nõrgendamisprotsessi olemus seisab kujutise optilise tiheduse vähendamises kujutist moodustava hõbedahulga vähendamise teel. Hõbedahulga vähendamine toimub sealjuures hõbedaosakeste muutmise teel lahustuvaiks ühendeiks ja nende järgneva lahustamisega. Negatiiv muutub sealjuures läbipaistvamaks.

Väga tähtsaks teguriks on õige nõrgendaja valik.

Toime iseloomu järgi jaotatakse nõrgendajad kolme liiki: proportsionaalseiks, üliproportsionaalseiks ja pinnalisteks.

Proportsionaalsed nõrgendajad eemaldavad fotokihist hõbedat proportsionaalselt sellele, kuidas seda leidub kihis, s. o. tihedamatest kohtadest eemaldavad suuremal hulgal hõbedat, läbipaistvatest väiksemal hulgal. Esimesel pilgul võib näida, et niisugune

nõrgendaja ei muuda negatiivi kontrasti, kuid tegelikult ei ole see nõnda — proportsionaalsed nõrgendajad vähendavad pisut ka kujutise kontrastsust.

Proportsionaalse nõrgendaja toime tulemust on hõlpus mõista, kui kujutleda negatiivi, millel on kolm või neli erinevat optilise tiheduse astet, mida tähistatakse tingarvudega, nagu 10, 20, 30 ja 40. Niisugusel juhul väljendub tiheduste erinevus kogu aeg arvuga 10 (20—10=10; 30—20=10 jne.). Kui nõrgendada kõiki tihedusi poole võrra, siis on kõige heledama osa tihedus 5, järgnevatel — 10, 15 ja 20. Erinevus tiheduste osas langeb niiviisi kümnelt viiele, s. t. kontrast väheneb kahekordselt.

Proportsionaalset nõrgendajat soovitatakse sellepärast tugevasti üleilmutatud negatiividele, kus kontrast on liiga suur, kuid looritus puudub.

Proportsionaalne nõrgendaja

Punane veresool	0,5 g
Naatriumtiosulfaat (kristalliline) . . .	20 g
Vesi	200 cm³

Sellesse lahusesse asetatud negatiiv nõrgeneb aeglaselt. Vajaliku nõrgendamisastme saavutamisel võetakse negatiiv välja, pestakse hästi läbi ja kuivatatakse.

Lahus rikneb ruttu, seepärast on soovitatav valmistada seda vahetult enne kasutamist ja pärast kasutamist välja kallata. Punane veresool on mürgine.

Üliproportsionaalsed nõrgendajad mõjuvad tugevamini negatiivi tihedamatele kohtadele ja väiksemal määral heledamatele kohtadele, mille tõttu nad annavad suurema kontrasti vähenemise kui proportsionaalsed nõrgendajad. Neid nõrgendajaid soovitatakse samuti üleilmutatud negatiividele, mis on kõrge kontrastsusega, ja eriti niisugustele, millele on pildistatud kontrastsed objektid.

Üliproportsionaalsed nõrgendajad

Ammooniumpersulfaat	1 g
Väävelhape (10%-line)	2 cm³
Vesi	100 cm³

Negatiivi nõrgenemine selles lahuses kulgeb esialgu aeglaselt, seejärel aga kiireneb ja kestab veel mõni aeg pärast seda, kui negatiiv on lahusest välja võetud. Seepärast tuleb nõrgendamine ammooniumpersulfaadiga lõpetada pisut enne soovitava nõrgendamisastme saavutamist. Pärast nõrgendamist on vajalik põhjalik pesemine.

Pinnaline nõrgendaja mõjub ühesuguse jõuga kõigile negatiiviosadele, s. t. eemaldab võrdse hulga hõbedat kõigilt tema osadelt, nii tihedatelt kui ka läbipaistvatelt. Niisugune nõrgendaja on soovitatav üleilmutatud negatiividele, mille kontrast on nõrgenenud tugeva loorituse tõttu. Loori eemaldamisega saavutatakse ka negatiivi üldise tiheduse nõrgenemine ja kontrasti suurenemine.

Pinnaline nõrgendaja

Punane veresool	2,5 g
Naatriumtiosulfaat (kristalliline)	15 g
Vesi	100 cm³

Pinnaline nõrgendaja on oma omadustelt analoogiline ülaltoodud proportsionaalse nõrgendajaga ja erineb ainult tema koostisse kuuluvate ainete kontsentratsiooni poolest. Punase veresoola koguse suurendamise tõttu toimib nõrgendaja kiiremalt ja energilisemalt, mistõttu nõrgendamine (õigemini loorituse eemaldamine) kulgeb väga ruttu. Pikemaajalisel toimel hakkab nõrgendaja kujutist nõrgendama, s. t. mõjub nagu energiline proportsionaalne nõrgendaja.

Väikeseformaadiliste negatiivide nõrgendamine. Väikeseformaadiliste negatiivide nõrgendamisel on tähtis, et ei tekiks teralisust. Allpool toodud nõrgendaja ei mõjusta teralisust.

Nõrgendaja väikeseformaadilistele negatiividele

Vasksulfaat (vasevitriol)	100 g
Naatriumkloriid (keedusool)	100 g
Väävelhape (10%-line)	250 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Väävelhapet tuleb kallata lahusesse väikeste annustena ja segades. Pärast pleegitamist selles lahuses ilmutatakse negatiivi peenterailmutis (tavaliselt 2 minutit), seejärel kinnitatakse happelises kinnitis ja pestakse.

Negatiivide tehniline retušš

Sageli kaotavad hästi võetud fotod oma kunstilise väärtuse tühiste defektide tõttu (kriimustused, plekid, naha pigmentatsioon portree näol jne.). Vahel rikub ülesvõtte mulje väike, pildistamisel märkamatu vari, mis langeb pildistatavale objektile. Eeltoodud ja nendega analoogilisi pisidetaile võib parandada hõlpsasti retušiga, kusjuures koopial töö jäljed ei olegi märgatavad.

Negatiivil olevad defektid võivad tingida mitmesuguste retušiviiside tarvitamist. Niinimetatud märg retušš näeb ette negatiivi keemilist töötlemist — kõvendamist või nõrgendamist. Siin ei ole tegemist terve negatiivi üldise nõrgendamise või kõvendamisega, vaid ainult kujutise üksikute osade parandamisega. Märga retušši teostatakse sel teel, et kaetakse negatiivi nõrgad kohad, mis positiivil tulevad välja liiga tihedatena. Ebaõnnestunud katmise puhul on retuši värv kergesti mahapestav. On olemas ka kuiv nõrgendamine, mis seisab negatiivi liiga tugevate kohtade mahakraapimises terava skalpelliga. Sel puhul on tehtud vea parandamine võimatu.

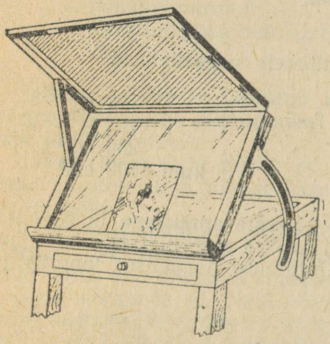
Lõppeks sobib peaaegu igal juhul pliiatsiga retušeerimine. Seejuures kaetakse negatiiv enne töötlemist spetsiaalse lakiga.

Kuna see lakk on veekindel, ei saa lakiga kaetud negatiivi keemiliselt töödelda.

Allpool esitatud retušeerimisvõtted ja -viisid näevad ette peamiselt töötamist klaas- ja (väiksemal määral) laiifilmnegatiividega. Väikeformaadiliste negatiivide (kinofilmide) väikesed mõõtmed ei võimalda enamikul juhtudel nende retušeerimisviiside kasutamist. Väikeformaadilisi negatiive retušeeritakse pliiatsiga või peene pintsliga luubi abil, mis annab 2—3-kordse suurenduse. Luubi käepide asetatakse luubile vajaliku asendi andmiseks liivapurki.

Retušeerimisraam ja selle kasutamine

Põhiline retušeerimistöö tehakse retušeerimisraamil (joon. 165). See koosneb kaldu asetatud raamist, millele on kinnitatud matt- või piimklaas. Klaasile asetatakse retušeeritav negatiiv. Töötades loomulikus valgustuses seatakse retušeerimisraam nii, et valgus langeks aknast selle tagumisele osale; sellesse osasse asetatakse peegel pisut kaldu, nii et sellele langev valgus peegelduks raami mattklaasil. Mattklaas peab olema valgustatud heledalt ja ühtlaselt.



Joon. 165. Retušeerimisraam.

Kui retušeerida kunstliku valgustuse juures, siis tuleb lamp koos reflektoriga asetada raami taha, kusjuures valguse peegeldamiseks ei kasutata peeglit, nagu töötamisel päevavalgusel, vaid valget kartongilehte. «Rahuliku valguse» saamiseks on soovitatav lambi ja retušeerimisraami vahele asetada nõu helesiniseks värvitud veega. Sinise värvusega on muuseas vääveläammoniaagi lahus.

See lahus valmistatakse järgmiselt.

Soojas keedetud vees lahustatakse 5% silmakivi; lahus filtreeritakse ja lisatakse talle tilgaviisi juurde ammoniaaki. Algul tekib vähene sadestus, mis väikeste ammoniaagiannuste lisamisel kordkorralt kaob. Niipea kui sadestus kaob, lõpetatakse ammoniaagi lisamine. Saadud sinine lahus on hästi valguskindel ja loob silmale meeldiva pehme valguse.

Mattklaas, mille peale negatiiv asetatakse, peab olema mattkihiga allapoole, et teda oleks kergem puhas hoida ja et filmiga töötamisel ei oleks karta negatiivi kriimustamist.

Retušeerimislaud tuleb kinnitada lauale nii, et järsk liigutus töötamise ajal teda paigast ei nihutaks, mis võib põhjustada praaki.

Märja negatiivi retušš

See töötamisviis erineb väga vähe negatiivi üldisest nõrgendamisest või kõvendamisest. Keemilist retušši kasutatakse neil juhtudel, kui ei ole vaja nõrgendada või kõvendada kogu negatiivi, vaid tema üksikuid parandatavaid osi.

Märja retuši jaoks on vaja kahte pehmet pintslit (üks pintsel peab olema pisut suurem kui teine). Peale selle on vaja pipetti, tükk vatti ja paar lehte filterpaberit. Retušeeritav negatiiv asetatakse läbipaistvasse klaasvanni või (viimase puudumisel) klaasplaadile. Töökoht peab kindlustama võimaluse vaadata retušeeritavat plaati vastu valgust. Parimaks valgustusviisiks on peegelduv valgus. Selleks suunatakse valgusallikas piimklaasile või valgele portselanesemele, negatiiv aga asetatakse vastu valgustatud valget pinda. Töökoha lähedale tuleb paigutada vannike puhta veega või seadis negatiivi pesemiseks kummivooliku abil.

Keemiline retušš tuleb teha kiiresti ja peatada paikse nõrgendamise või kõvendamise protsess kohe pärast seda, kui vajalik parandusaste on saavutatud; nõrgendamis- või kõvendamisprotsessi saab peatada lahuse kiire mahapesemisega ohtra puhta vee abil.

Toome näite. Oletame, et negatiiv kujutab maastikku ja taevas on nagu tavaliselt ikka pisut üle valgustatud. Kui teha koopia niisugusest negatiivist, siis ei tule pilved positiivil välja. Sellepärast on vaja negatiivi taevast kujutavat osa nõrgendada. Selleks asetatakse negatiiv 10 minutiks vette, muutes seeläbi emulsioonikihi pehmeks, mille järel, hoides plaati vanni kohal veidi kaldu (vastava valgustuse juures), sooritatakse nõrgendamine vatitampooniga, mis on niisutatud nõrgendajaga. Et ei tekiks teravat piiri negatiivi nõrgendatava ja nõrgendamata jäetava osa vahele, tuleb nõrgalt tõmmata nõrgendajaga üle nende osade, mis ei kuulu nõrgendamisele. Mida lahjem on nõrgendajalahus, seda vähem märgatav on üleminek nõrgendatud osalt nõrgendamata osale. Nõrgendaja ei tohi voolata kohtadesse, mis ei kuulu nõrgendamise alla, seepärast tuleb hoida negatiivi nõrgendatavate osadega allapoole.

Nõrgendamisprotsessi kontrollimiseks tuleb aeg-ajalt pesta negatiivi nõrgendatavat osa puhta veega. Kui paiklikku nõrgendamist tehakse väikeseformaadilisel filmil, kasutatakse vatitampooni asemel silmapritsi (pipetti).

Pisut keerukam on negatiivi keskel asuvate osade nõrgendamine. Sel juhul hoitakse negatiiv horisontaalses asendis, teda aeg-ajalt kallutades. Kuna nõrgendaja mõju negatiivi tihedamais osades aja jooksul natuke nõrgeneb, siis nõrgendamisele mittekuuluvatele osadele voolamisel väheneb ta aktiivsus, mis omasoodu vähendab nõrgendamata ja nõrgendatud osade vahelise piiri teravust. Antud juhul töötatakse pintsli abil. Nagu juba öeldud, tuleb töötada kiiresti, negatiivi aeg-ajalt puhta veega loputades.

Negatiivi keskmise osa paikset nõrgendamist võib ka teisiti korraldada, ja nimelt: mittenõrgendatav osa kaetakse mingi lakiga ja, ilma et oleks karta negatiivi rikkumist, teostatakse tema keskmise osa nõrgendamine. Siis pestakse nõrgendaja veega maha ja pärast nõrgenduse kontrollimist eemaldatakse lakk mingi lahustava vedeliku

(tärpentin, piiritus, bensiin) abil. Kui nõrgendatud osade piirjooned on väga teravad, asetatakse negatiiv horisontaalselt ja nii, et ta oleks alt valgustatud. Teravad piirid nõrgendatud ja nõrgendamata kohtade vahel tasandatakse lahjendatud nõrgendajalahuse abil, jälgides ühtlasi nõrgenemise käiku. Pärast töö lõppu pestakse negatiiv hästi üle.

Rahuldavaid tulemusi annab ka järgmine viis. Valmistatakse 50%-line naatriumtiosulfaadi vesilahus, mis lahjendatakse glütseriiniga pooleks. Sellesse lahusesse asetatakse negatiiv mõneks minutiks, mille järel vedeliku ülejääk lastakse maha nõrguda. Glütseriin on hea hügroskoopilise võimega, sellepärast ei kuiva lahus töötamise ajal ära.

Eraldi valmistatakse järgmise koostisega lahus:

Punane veresool	30 g
Vesi	100 cm³
Glütseriin	12 cm³

Selle lahuse abil töödeldakse pintsliga paikselt nõrgendatavaid negatiiviosi. Nõrgendamine toimub kiiresti; tööprotsessis eemaldatakse liigne nõrgendaja filterpaberi abil ja negatiiv asetatakse teistkordselt naatriumtiosulfaadi ja glütseriini lahusesse. Lastes liigsel lahusel ära nõrguda, jätkatakse nõrgendamist kuni vajaliku resultaadi saamiseni. Nõrgendatud negatiivi pestakse hästi vees.

Ülalkirjeldatud viisil võib teostada nii nõrgendamist kui ka negatiivi üksikute osade kõvendamist.

Kõvendajana on soovitatav kasutada järgmise koostisega lahust:

Kaaliumtsitraat (10%-line)	60 cm³
Vasksulfaat (10%-line)	6 cm³
Punane veresool (10%-line)	7 cm³

Selle koostisega kõvendaja värvib emulsioonikihi punaseks (see muutus kopeerimisele ei mõju); kõvendamisaste tuleb kindlaks määrata värvitud kihi tiheduse järgi.

Negatiivi katmine värviga

Sageli on negatiividel tihedate kohtade kõrval üksikud nõrgad kohad. Kui niisugusest negatiivist valmistada positiivkoopia, siis saadakse positiivpildi need osad, mis vastavad negatiivi nõrkadele osadele, liiga ülekopeerituna. Selle vältimiseks tuleb negatiivi nõrgad kohad katta punase mitteaktiinse värviga, mida kasutatakse retušiks.

Värv lahjendatakse vees väga nõrgaks. Tööprotsessis kasutatakse kahte pintslit: ühega võetakse värvi, teisega, vees niisutatud pintsliga lahjendatakse seda kergesti või pestakse vajaduse korral maha.

Pintslid peavad olema küllalt märjad, kuid seejuures ei tohi neil olla teravat peent otsa ja vesi ei tohi voolata pintslist tilkadena. Värviga katmisel tuleb töötada ühtlaste liigutustega, peatamata pints-

lit üksikutel kohtadel, et vältida triipe, mis positiivkoopiatel paistaksid plekkidena. Retušeeritava osa ääred hajutatakse. Selleks kaetakse esimesel korral kogu retušeeritav osa ning teistkordsel katmisel väiksem pindala, jättes ääred pisut vabaks.

Algajale fotoamatöörile on punase retušeerimisvärviga katmine pisut keerukas, sest punane värv ei lase hõlpsasti määrata negatiivi katmise astet. Paremaks orienteerumiseks soovitatakse negatiivi aegajalt vaadata läbi sinise klaasi; sel juhul on töödeldavad negatiivi-osad halli värvusega. Sinise klaasi puudumisel vaadeldakse negatiivi silmi pilutades nii, et kujutus oleks vaevu nähtav; värvuse taju kaob sel puhul peaaegu täiesti ja värvitud osad näivad niisama hallid nagu kogu negatiiv.

Kui värviga retušeerimisel on tehtud mõni viga, siis on võimalik seda veega maha pesta.

Värviga retušeerimine toimub negatiivi emulsiooniküljel.

Täppide ja muude pisidefektide katmine

Sageli, sõltumata sellest, kui täpselt on kassett filmiga täidetud, satuvad negatiivmaterjalile emulsiooniosakesed, filmiraasukesed või lakiterakesed, millega kassett on kaetud. Selle tagajärjel tekkivad läbipaistvad täpid negatiivil loovad positiivil mustad punktid, mis tuleb koopialt maha kraapida ja mis loomulikult rikuvad pildi. Selletaoliste defektide katmine negatiivil teostatakse kuiva tuši või karmiinvärvi abil. Nende ja nendega analoogiliste defektide katmiseks kasutatakse peent pintslit. Et teritatud otsaga pintslil ei oleks küljelt väljaulatuvaid karvu, mis tööd segaksid, tehakse pintsel märjaks, teritatakse ots teravaks ja tõmmatakse kiiresti üle põleva tiku. Seejuures põlevad üksikud eemalehoidvad karvad ära ja muudavad pintsli sobivaks ka kõige peenemaks retušeerimistööks.

Negatiivi pisidefektide katmisel võib esineda kaks juhtu. Esimesel juhul ei ole emulsioon rikutud ja täpp on tekkinud emulsiooni-kihis. Teisel juhul on emulsioonikiht rikutud ja aluskiht (klaas või tselluloid) paljastunud. Esimesel juhul töötatakse mingi mitteaktiinse, mittekatva akvarellvärviga (hall, punane). Värvi lahjendatakse nii, et selle toon oleks intensiivsuselt nõrgem kui negatiivil parandamisele kuuluva kujutise tihedus. Mitmekordsel värviga katmisel võib saavutada värvuse intensiivsuse, mis võrdub negatiivi antud osa tihedusega. Kui värvikiht katmisel osutub liiga paksuks, võib liigse värvi veega maha pesta.

Pintsel võib väikeste täppide katmisel olla ainult kergelt niiske, milleks ta pärast niisutamist üle filterpaberi tõmmates kuivemaks pigistatakse.

Kui plekk asub negatiivi tugevasti kaetud osal, siis kasutatakse akvarellvärvi asemel tušši. Selleks tõmmatakse tušipulgaga paar korda üle mingi portselaneseme (alustassi) niisutatud pinna ja saadud värvi kasutatakse retušiks. Ebaõnnestunult tehtud retuši puhul võib tuši jäljed kergelt veega maha pesta.

Vigastatud emulsiooniga osade katmisel tuleb kasutada katvat

akvarellvärvi või tuši. Nagu esimeselgi juhul, sooritatakse töö kergelt tühjaks surutud pintsliga.

Suurte osade kinnikatmine paljastunud alusel (klaasil, tselluloidil) toimub sel teel, et kogu hele laik kaetakse rea väikeste punktikestega, neid üksteise kõrvale tippides üle kogu vigastatud koha. Niisuguse katmise tulemusel pole laik positiivkoopial peaaegu üldse märgatav. Pintsliga ei ole soovitatav üht ja sama osa kahte korda katta, sest tuš või kattev värv võib korduval pintsliga puudutamisel varem retušeeritud osalt ära minna.

Kuiv nõrgendamine

Kuiva nõrgendamise all mõistetakse negatiivi liiga tihedate osade mehaanilist töötlemist. Nõrgendamisel kasutatakse lihvivat, nn. abrasiivset materjali. Seejuures eemaldatakse teatud osa hõbedat negatiivi töödeldavalt osalt ja antud osa kontrastsus väheneb. Niisugust nõrgendamist kasutatakse sel juhul, kui nõrgendamisele kuuluv osa on väike ja sellel on nõrgendajaga ebamugav töötada (kui töödeldakse suuremat negatiivi osa, siis on otstarbekohasem kasutada ülalkirjeldatud keemilist — märga — nõrgendamist. Heaks kuiva nõrgendamise vahendiks on peenendatud ja sõelutud pimsskivi. Sõelumine toimub järgmiselt. Pulbrilist või tükilist pimsskivi hõõrutakse uhmris senikaua, kuni ta muutub puudriks. Umbes 50 g puudrit puistatakse pooleliitrilisse klaaspurki, lisatakse vett kuni purgi ääreni ja segatakse siis saadud mass segi. 2—3 minuti pärast kallatakse kogu sogane vedelik ettevaatlikult teise purki, püüdes vältida jämedate pimsskivi osade kaasaminemist. Kõrti vedelamaks segades lastakse seda seista umbes 2 minutit, kuni suuremad osad sadestuvad, mille järel sogane suspensioon kallatakse sadestuse pealt ära ja jäetakse seisma kuni pinmsskivi pisimate osakeste täieliku sadestumiseni. Siis valatakse vesi sadestuse pealt ära ja sade asetatakse paberile või riidele ning lastakse sellel täielikult kuivada. Kuiv pimsskivipuuder hõõrutakse tükikeste peenendamiseks kergelt läbi ja asetatakse puhtasse purki või karpi.

Joon. 166. Tuššimispulgad.

Kuivaks retušiks kasutatakse teritatud otstega seemisnahast või paberist tuššimispulgakest (joon. 166), puupulki või vatitampoone.

Paberist tuššimispulgakese võib ise valmistada. Selleks määritakse ühedast paberist riba liimiga ja keeratakse pliiatsikujuliseks rulliks; pärast kuivatamist teritatakse seda «pliiatsit» liivapaberiga mõlemast

otsast (seejuures on tähtis jälgida, et valmis tuššimispulgakesele ei jääks liivapaberi jälgi). Vatitampoonid retušeerimiseks valmistatakse väga tihedaks rullitud vatitükist, mis on keeratud riidetüki sisse. Valmis tampoon seotakse tugevasti kinni. Väga väikeste pindade töötlemiseks kasutatakse teritatud puupulgakesi.

Pimsskivipuudrit või sellest valmistatud pastat võetakse ühele ülalkirjeldatud vahendile ja kasutatakse negatiivi töötlemiseks. Retušeerimispasta valmistatakse järgmise retsepti järgi:

Parafiin	8 g
Loomarasv (sulatatud)	12 g
Vaseliinõli	35 g

Segu sulatamisel seda liigutatakse ja lisatakse 80 g pimsskivipuudrit. Valmis pastat segatakse senikaua, kuni ta hangub, ja asetatakse pärast seda väikesesse tassi.

Negatiivi suuremate pindalade töötlemiseks kasutatakse vatitampooni, keskmiste osade jaoks — tuššimispulgakest ja üksikute punktide kõrvaldamiseks — puust pulka. Tööks valitud vahendile võetakse pisut pastat ja hõõrutakse sellega nõrgendamist vajavaid negatiivi osi. Retušeerimisel võib samuti tarvitada kuiva pimsskivipulbrit.

Kuiva retušeerimise puhul tuleb jälgida, et pimsskivipuuder või -pasta, samuti ka töövahend ja negatiiv oleksid täiesti kuivad, kuna niiskuse tõttu nõrgeneb negatiivi emulsioonikiht ja võib töötamisel kergesti vigastuda.

Töö juures nürinenud töövahendit teritatakse liivapaberiga, mille järel tuleb sellelt liivapaberi jäljed ettevaatlikult eemaldada.

Abrasiivmaterjaliga nõrgendamisel saadakse tavaliselt ähmastatud kontuurid, mis on selle meetodi eeliseks. Juhtudel, kui on vaja teravasti piiristada nõrgendatud kohta, kasutatakse šablooni. Šabloon valmistatakse vanast filmist, lõigates sellesse nõrgendatava koha kontuuridele vastava augu.

Pärast retušeerimist eemaldatakse puudri või pasta jäänused vatitampooni abil.

Mahakaapimine noaga

See retušeerimisviis nõuab suuremat vilumust kui eespool kirjeldatud viisid.

Mahakaapimist kasutatakse negatiivilt liiga tihedate kohtade eemaldamiseks, s. o. taastatud hõbedakihi paksuse vähendamiseks, eriti neil juhtudel, kui tihedad kohad on väikesed.

Heade töötulemuste saamise peamiseks tingimuseks on terav, hästi ihutud nuga, mis töö juures ei vetru. Noa tera peab olema keskelt laiem ja kitsenema otsa poole. Retušeerimisnoa pikkus ja laius sõltuvad töödeldavast pinnast: väikeste pindade jaoks kasutatakse väikesi kitsaid nuge, suuremad pinnad töödeldakse suuremate riistade abil. Parimaks noaks tuleb lugeda kirurgilist skalpelli. Žiletiteri ja spetsiaalseid kraapimissulgi ei ole soovitatav kasutada, sest töötamisel need vibreerivad, mis halvendab retuši kvaliteeti.

Skalpellid või teised noad, mida kasutatakse retušeerimiseks, nõuavad hoolikat teritamist. Neid nuge teritatakse ja ihutakse kõvasitel.

Teritamiseks kasutatakse jämedama teraga kõvasit, mida niisutatakse veega; need kõvasid teritavad noa tera teravaks, kuid tekitavad suure teralisuse tõttu teral «habeme», mis eemaldatakse ihumisega mõne tilga vaseliini- või muu mineraalõliga niisutatud spetsiaalsel peeneteralisel kõvasil.

Teritamisel veega niisutataval kõvasil liigutatakse nuga selga eespool hoides. Kui nuga ei ole väga nüri ega hambuline, piisab tema teritamiseks mõnest liigutusest mööda kõvasit; tugevasti nürinenud nuga tuleb teritada kauem. Noa ihumisel hoitakse lõiketera eespool.

Teritatud ja ihutud noa kontrollimiseks tõmmatakse teraga üle küüne. Hästi teritatud ja ihutud nuga ei tohi libiseda, vaid peab nagu liibuma küüne külge. Kui pärast ihumist jääb terale ette veel väikene «habe», hävitatakse see rihmal liipimisega, samuti nagu habemenoa teritamisel.

Põhivõte noaga retušeerimisel seisab tihedate kohtade mahakaapimises lühikeste paralleelsete liigutuste abil; algul kaabitakse ühes suunas, siis esimese joonterea suhtes mingi nurga all. Mahakaapimist toimetatakse kergete liigutustega, et iga tõmbe puhul eemalduks ainult väikene osa taastatud hõbedast.

Tööd võib lugeda heaks, kui pärast retušeerimist ei ole puhastatud kohas märgata üksikuid noakriipse.

Kui negatiivi enne retušeerimist nõrgendati, siis muutub želatiinipind väga siledaks ja isegi terav nuga hakkab libisema. Sel juhul tuleb emulsioonikihi pinda pisut mateerida, võttes vatitampoonile pimsskivipulbrit ja hõõrudes sellega kogu negatiivi pinda. Pärast niisugust töötlemist ei libise nuga enam mööda negatiivi pinda.

Kui ülaltoodud viisil retušeeritud negatiivist on vaja valmistada suurendust, on parem kasutada kondensorita suurendusaparaati või äärmisel juhul asetada kondensori ja lambi vahele matt- või piimklaas.

Pliiatsiretušš

Kõige levinum retušeerimisviis on retušeerimine pliiatsiga.

Portree pliiatsiretušši kasutatakse peamiselt laikude eemaldamiseks, mille on põhjustanud naha pigmenteerumine või muud põhjused.

Enne retušeerimist on vaja negatiiv katta spetsiaalse lakiga — mattoleiiniga. See lakk valmistatakse järgmise retsepti järgi:

Kampol	15 g
Piiritus (või tärpentin, denaturaat) . .	85 cm^3

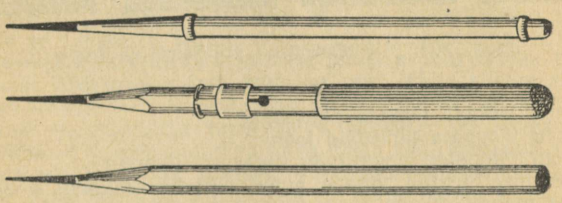
Tärpentinlakk ei ole oma omadustelt piirituslakist halvem, kuid ta kuivab pisut aeglasemalt.

Lakiga kaetakse kogu negatiiv, sõltumata sellest, missugune osa kuulub retušeerimisele. Negatiivi katmiseks lakiga kasutatakse puhast

pehmet pestud lappi. Negatiiv asetatakse emulsioonikihiga ülespoole ja hõõrutakse lakiga niisutatud lapiga kogu pind üle.

Lakkida võib ainult täiesti kuiva negatiivi. Vajaduse puhul võib laki maha pühkida piirituses niisutatud vatitampooniga.

Retušeerimiseks kasutatakse mitmesuguse kõvadusastmega pliiatseid. Vajalikud on pliiatsid 2T, 4T, TM. Mida nõrgem peab olema pliiatsijoon, seda tugevam peab olema pliiats. Intensiivseks retušiks kasutatakse pliiatsit TM; kõvad pliiatsid annavad peened, vähemmärgatavad retuššimismärgid. Retušeeritava osa vajalik tihedus saavutatakse vähemalt 4—5-kordsel negatiivi katmisel retušeerimismärkidega. Sageli kasvab retušeerimistihedus kord-korralt, kuid pärast 5—6-kordset pliiatsimärkide pealekandmist ei sünni enam tiheduses märgatavat muutumist. See on seletatav sellega, et negatiivile varem kantud lakikord saab negatiivi mitmekordsel töötlemisel kõva pliiatsiga tugeva surve tõttu vigastatud ja pliiats hakkab libisema kas mööda emulsiooni, mööda klaas- või tselluloidalust. Sel juhul pestakse lakk maha kogu negatiivilt ja pärast emulsioonikihi uuesti lakiga katmist korratakse retuššimist.



Joon. 167. Retušeerimispliiatsid.

Et ümbertegemisi vältida, on vaja esialgu kontrollida, kas lakeeritud negatiivipind kannatab 5—6 kihi pliiatsimärkide pealekandmist, ja alles pärast seda sooritada retušš valitud kõvadusega pliiatsiga.

Mugavamaks töötamiseks kaetakse kogu negatiiv musta paberiga, jättes sellesse väikese väljalõike, mida kord-korralt nihutatakse mööda negatiivi, asetades ta retušeerimisele kuuluvatesse kohtadesse.

Et retušeerimisjäljed ei jääks positiivil nähtavaks, tuleb töötada terava pliiatsiga (joon. 167). Pärast pliiatsi teritamist tuleb grafiiditolm pliiatsi otsalt eemaldada, sest see võib sattuda negatiivile ja selle lakitud pinnale kinni jääda.

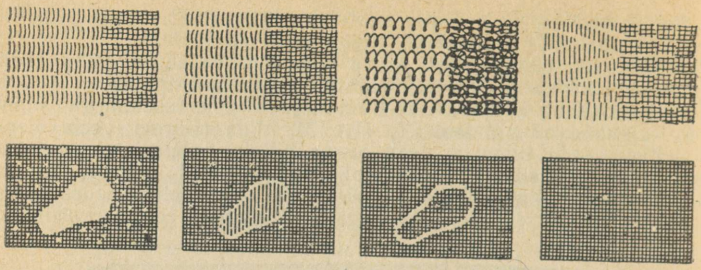
Väikesed punktid kaetakse tavaliselt pliiatsi terava otsa kergete puudutustega. Suuremad vead kõrvaldatakse mitmesuguse kujuga peente kriipsude abil (joon. 168).

Laigud on soovitatav katta viirutamisega keskkohast ääre suunas.

Pliiatsiretuši, samuti nagu igasuguse teisegi retuši tehnika peab olema niisugune, et positiivpildil ei oleks näha ei pliiatsijooni ega laiku.

Pliiatsiretuši puhul on vaja silmas pidada järgmisi reegleid:

1) negatiivi ei tohi katta liiga paksu lakikihiga;
2) ei tohi kasutada liiga kõva ega liiga pehmet pliiatsit;



Joon. 168. Mitmesugused pliiatsiretuši liigid.

3) ei tohi töötada jämeda pliiatsiga;
4) ei tohi tõmmata jämedaid jooni;
5) ei tohi pliiatsiga negatiivile tugevasti vajutada.

Retušeerimisel tehtud vigade puhul pestakse lakikiht koos retušimärkidega maha.

Retušš negatiivi pöördel

Real juhtudel tuleb retušeerida negatiivi tagumisel, s. o. emulsioonivabal poolel, ning peamiselt siis, kui on vaja heledaks teha mingit positiivpildi osa.

Klaasnegatiivide retušeerimisel kasutatakse üksikute osade katmiseks punast akvarellvärvi, mille koostises on kleepivat ainet värvi klaasi pinnal hoidmiseks. Sel viisil retušeeritud negatiiv sobib ainult kontaktkoopiate valmistamiseks, sest suurendamisel kerkivad punase värviga kaetud kohad pildi üldisest foonist kontrastselt esile.

Enne värviga katmist kantakse klaasile õhuke lakikiht. Lakikihile tuhmi pinna andmiseks lisatakse lakile paar tilka vett.

Negatiivi tagakülgi kaetakse samuti grafiiditolmu abil, mis kantakse lakitud pinnale seemisnahast tuššimispulga abil. Sel viisil võib retušeerida ainult negatiivi väikesi osi. Kui töötlemisele kuuluv osa on suurte mõõtmetega, kaetakse kogu negatiiv mattlakiga ja pärast seda, kui lakk on kuivanud, eemaldatakse see kõige tihedamatelt kohtadelt. Laki eemaldamine toimub tuššimispulgaga, mis on niisutatud mõne tilga piiritusega (samuti sobib selleks denaturaat või kölni vesi). Kui tonaalne üleminek retušeeritaval kohal on suur, siis võib töö hõlbustamiseks lisada lakile mõne tilga punast või kollast tušši.

Katmist võib teostada ka tselluloidil (mis on enne üle pestud ja mateeritud pimsskivipuudri abil) või suitsupaberil, mis kleebitakse nurkipidi negatiivi tagaküljele.

Portreedel tausta kõrvaldamiseks kantakse negatiivi pöördele mattlaki kord või liimitakse sellele mateeritud film või suitsupaber. Lakikihile või filmile kantakse tuššimispulga abil grafiiditolmu kujutise neisse kohtadesse, mis tuleb kõrvaldada positiivpildil. Kontuuride pehmendamiseks kantakse grafiiti peale pikkade tõmmetega.

Väikesed kriimustused, mis negatiivil esinevad, poleeritakse välja poleerimispasta abil, senikaua kui poleeritav koht omandab läike. Seda võib kõrvaldada ka järgmiselt: kriimustatud kohale valatakse 1—2 tilka glütseriini, mille järel film surutakse kahe klaasi vahele, jälgides sealjuures, et filmi ja klaasi vahele ei jääks õhumulle.

Negatiivide hoidmise tehnika

Vaatamata sellele, et negatiivide želatiinikiht on küllaltki tugev ja vastupidav, kattuvad negatiivid ebaõige ümberkäimise puhul kriimustuste ja laikudega. Negatiividega tuleb niisamuti ümber käia nagu eksponeerimata plaatide ja filmidega: pinda ei tohi kätega puudutada; tuleb hoida hõõrdumise eest, mida on eriti tähtis silmas pidada väikeseformaadiliste filmide asetamisel suurendusaparaadi hoideraami.

Üksikud negatiivfilmid tuleb hoida pakkides või siledast paberist ümbrikkudes. Lintides negatiive tuleb hoida rulli keeratult, mis ei tohi olla liiga väikesed ega tihedad. Väikekaamerate kinofilmide rullide läbimõõt olgu vähemalt 3 cm. Neid on kõige parem hoida lahtritesse jagatud karpides.

Tuleb meeles pidada, et igal korduval negatiivide leotamisel on olemas emulsioonikihi mahatuleku oht, mispärast tuleb kihti hoida määrdumise eest, et ei oleks vaja negatiivi pesta.

VI osa

POSITIIVPROTSESS

KONTAKTKOPEERIMINE

On kaks põhimõtteliselt erinevat fotokoopiate valmistamise viisi: kontaktkopeerimine ja projektsiooniline (optiline) kopeerimine.

Kontaktmeetodi juures pannakse fotopaber (või mõni teine positiivmaterjal) negatiiviga vastamisi, s. o. viiakse negatiivi pinnaga täielikku kontakti (siit ka nimetus — kontaktmeetod). Edasi säritatakse paber läbi negatiivi. Kontaktmeetod võimaldab saada ainult negatiiviga ühesuurust positiivi.

Kopeerimisseadmed

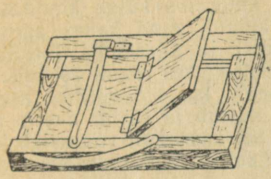
Kõige lihtsamaks kontaktkopeerimise seadmeks on kopeerimisraam (joon. 169), mis koosneb raamist, kaheosalisest kaanest ja kahest survevedrust. Negatiiv paigutatakse positiivmaterjalile vastavas pimikuvalgustuses kopeerimisraami, emulsioonikihiga kaane suunas. Negatiivi peale pannakse leht fotopaberit (valgustundliku kihiga vastu negatiivi) ning suletakse kaas, mille vedrud suruvad fotopaberi tihedalt vastu negatiivi. Ühtlasema surve saamiseks on kaane sisekülg kaetud pehme riidega.

Filmide kopeerimisel paigutatakse kopeerimisraami esmalt puhas klaas. Eelkirjeldatud viisil laetud kopeerimisraam suunatakse negatiiviküljega vastu valgust.

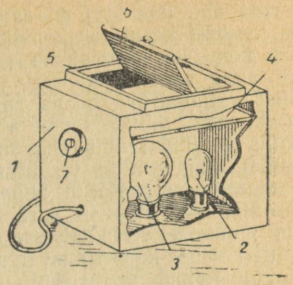
Ilmutamist vajavate fotopaberite kopeerimisprotsess lihtsustub tunduvalt erilise kopeerimiskasti * kasutamisel, mille ehitus selgub jooniselt 170. Seade koosneb valgustihedast kastist *1*, mille põhjale on kinnitatud kaks elektrilampi: punane — *2* ja valge — *3*. Lampide kohal asetseb mattklaasiga (või mõne muu valgusehajutajaga) raam *4*. Kasti pealmine osa kujutab endast klaasiga varustatud kopeerimisraami koos kahest osast koosneva kaanega 6 ja ligisurumisseadmega. Lihtsate omavalmistatud kopeerimiskastide juures võib ligisurumisseadme ära jätta.

---

* Arvesse võttes, et meie tööstus praegu amatööride jaoks kopeerimiskaste ei valmista, antakse nende ehitusviis lähtudes eeldusest, et need valmistatakse ise.



Joon. 169. Kopeerraam.

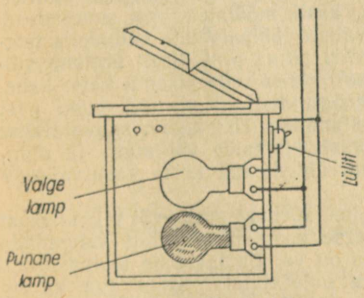


Joon. 170. Kopeerkasti ehitus.

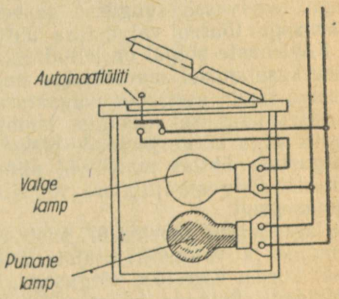
Kaheosalise kaane üks serv kinnitatakse kasti külge hingedega.

Kopeerimiskasti valgustusvõrku lülitamisel põleb punane lamp pidevalt, valge lamp lülitatakse sisse aga säritamise ajaks nupplüliti 7 abil. Lüliti võib asendada ka hariliku kellanupuga.

Suletud kaanega kopeerimiskast peab olema valguskindel, nii et kopeerimise ajaks ei oleks vaja laboratooriumis olevat fotopaberit paigutada ümbrikku või sahtlisse.



Joon. 171. Kopeerkasti elektrijuhtmestik.



Joon. 172. Automaatlüliti skeem.

Üldist põhimõttelist skeemi säilitades on võimalik kopeerimiskasti valmistada väga mitmesugustes variantides. Nii näiteks võib kasti konstruktsioonis ja selle elektriliste ühenduste skeemis ette näha automaatlüliti, mis töötab kaane survel (joon. 172); automaatne lülitamine on võimalik konstrueerida selliselt, et valgete lampide põlemise ajaks punane lamp kustub. Ümberlülitamise meetodil saab kasti konst-

rueerida ühe lambiga, mis annab vaheldumisi punast ja valget valgust. Selleks kasutatakse pöörduvat raami punase valgusfiltriga, mis katab kogu kopeerimisakna ava. Raam valgusfiltriga paigutatakse kasti sisse vahetult kopeerimisraami alla, nii et seda saab pöörata kastist väljaulatuva hoova abil. Raami külgseina külge kinnitatakse kontakt, mis lülitab lambi vooluringi ainult raami kahes äärmises asendis — ülalasendis (horisontaalasendis) ja allasendis (vertikaalasendis) ning lahutab vooluringi igas teistsuguses raami asendis. Nii on negatiiv valgustatud punase valgusega, kui valgusfilter asetseb horisontaalselt. Hoovale surumisel lamp kustub ja süttib uuesti alles raami jõudmisel vertikaalsesse asendisse. Sel momendil valgustab lamp negatiivi valge kopeerimisvalgusega. Valgusfiltrit hoidva raami tagasiliikumine toimub vedru jõul.

Teistest konstruktsioonivariantidest võiks nimetada kopeerimiskasti mitme lambiga, mida saab sisse lülitada kas kõiki korraga või siis igas soovitud kombinatsioonis. Teatud lampide sisselülitamisega on võimalik tõsta mõnede (kõige tihedamate) negatiiviosade valgustatust, kui soovitakse tasandada negatiivi ebaühtlast tihedust.

Lõpuks võib lisaseadmena kasutada veel automaatset lülituskella säriaegade täpseks mõõtmiseks.

Kopeerimiskastide põhinõudeks on kogu negatiivi pinna üheaegne ja ühtlane valgustamine. Seepärast tuleb kopeerimiskaste liikuvate siibritega, mis järk-järgult avavad valgele valgusele tee negatiivile, lugeda ebatäiuslikeks.

Valgustuse ühtlus saavutatakse esmajärjekorras lambi paigutamisega teatavasse kaugusse kopeerimisraamist. Selle kauguse suurendamisega tõuseb valgustuse ühtlus, kasti mõõtmed aga suurenevad.

Kogemuste põhjal on leitud, et tavaliste läbipaistvate kolbidega lampide kasutamisel saavutatakse negatiivi pinna praktiliselt ühtlane valgustus lambi asetsedes valgustatavast pildist selle pikema külje kahekordsel kaugusel (kaugus lambi hõõgniidist). Kuna sel viisil kast saaks väga kõrge ja seade oleks töötamiseks ebamugav, saavutatakse valgustuse ühtlus matt- või piimklaasist lampide või matt- ja piimklaasist valgusehajutajate või siis nii ühtede kui teiste kasutamisega samaaegselt.

Nagu selgub tabelist 87, saab seadme kõrgust matt- või piimklaasist lampide ja valgusehajutajate üheaegse kasutamise puhul vähendada kaks korda, võrreldes kõrgusega, mis on vajalik tavaliste läbipaistvate kolbidega lampide kasutamisel ilma hajutajateta. Kuna aga ka sel juhul 13 × 18 cm ja suuremate formaatide jaoks seadme kõrgus tuleks liiga suur, siis soovitatakse kasutada mitte ühte, vaid kahte või nelja lampi, arvestades 9 × 12 cm valgustatavat pinda ühe lambi kohta, s. o. 13 × 18 cm formaadis seadme jaoks 2 lampi, 18 × 24 cm jaoks 4 lampi, paigutades need valgustatava pinna keskele. Seadme kõrgus (9 × 12 cm formaadile ja suurematele) võib jääda ühesuguseks.

Praktiliselt rahuldav valguse hajutamine saadakse ka sümmeetriliselt kahel pool kopeerimisraami kulisside taga asetsevate lampide peegeldatud valgusega töötavates seadmetes (joon. 173). Reflektor peab olema paraboolse kujuga ja värvitud valge mati värviga.

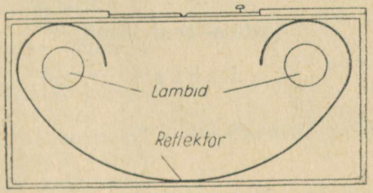
Kopeerimisseadme lampide võimsus valitakse olenevalt negatiivide tihedusest ja kasutatavate positiivmaterjalide tundlikkusest. Heledus

Tabel 87

Lambi ja negatiivi vahelised katselised kaugused ühe valge lambiga seadmetes

Kopeerimisraami formaat (cm)	Kaugus lambi hõõgniidist negatiivi pinnani (cm)		
	läbipaistva kolviga lamp	matt- või piimklaasist lamp	matt- või piimklaasist lamp valgusehajutajaga
6,5 × 9	18,0	11,5	9,0
9 × 12	24,0	15,0	12,0
10 × 15	30,0	20,0	15,0
13 × 18	36,0	22,0	18,0
18 × 24	48,0	32,0	24.0

tuleb valida selliselt, et säriajad oleksid kopeerimisel paarist sekundist kuni minutini. Lühemaid säriaegu on tülikas täpselt reguleerida, pikemad on samuti tülikad.



Joon. 173. Reflekteeritud valgusega kopeerkasti skeem.

Keskmise tihedusega negatiivide puhul on kõige sobivamad järgmise võimsusega lambid (arvestusega üks lamp 9 × 12 cm pinna kohta):

diapositiivplaatidele ja filmidele . . .	15 W
broomhõbepaberitele	25 W
kloorbroomhõbepaberitele	45 W
kloorhõbe- ja joodhõbepaberitele . . .	75—100 W

Kui kopeerimisseadmes on valgust liigselt, siis saab seda nõrgendada reostaadi või lisa-valgusehajutajate (valgust neelavate keskkondade) abil.

Päevavalguspaberitele kopeerimise tehnika

Päevavalguspaberitele kopeeritakse, kui negatiiv on hõre, hajutatud valguses või varjus; tihedaid negatiive kopeeritakse vahetult päikesekiirtes. Negatiivi tihedusest ja valgustuse heledusest olenevalt vältab säriaeg mõnest minutist kuni mõne tunnini.

Kopeerimiskäigu kontrollimiseks vaadeldakse koopiat perioodiliselt. Selleks vabastatakse üks kopeerimisraami vedrudest, avatakse üks kaanepool ja tõstetakse üles koopia nurk. See kontroll toimugu aknast eemal.

Kuna edasisel töötlemisel koopia muutub tunduvalt heledamaks, siis tuleb kopeerimist jätkata, kuni kujutise tumedates osades ilmub kerge metalne läige.

Saadud koopia kinnitatakse naatriumtiosulfaadi lahuses, milles kujutis nõrgeneb ja omandab punaka tooni. Kujutise pruuni värvuse saamiseks toonitakse koopiat mõne metalli (kulla, plaatina, seatina) soola lahuses.

Kinnitada ja toonida võib korraga ühes lahuses — toonivkinnitis, mida tavaliselt tehaksegi.

Arvesse võttes väärismetallide soolade kõrget hinda ja defitsiitsust, anname fotohuvilistele kättesaadavama seatina-toonivkinniti retsepti.

Seatina-toonivkinniti

Lahus 1

Naatriumtiosulfaat (kristalliline)	50 g
Vesi	250 cm³

Lahus 2

Pliinitraat	1 g
Vesi	25 cm³

Teine lahus valatakse väikeste osade viisi esimesse, loksutatakse ja paigutatakse pimedasse kohta. Lahust soovitatakse kasutada alles pärast ööpäevast seismist.

Koopia tuleb panna toonivkinnitisse kiire liigutusega, nii et lahus kataks kogu koopia pinna korraga. Selle reegli mittetäitmisel tekivad triibud ja plekid.

Toonivkinnitisse pandud koopiad muutuvad algul kollakaspunakaks ning hiljem pruuniks.

Liiga kauasel töötlemisel muutuvad koopiad luitunuks ja omandavad ebameeldiva hallikasrohelise värvuse. Lahust võib kasutada seni, kuni see annab veel soovitud tooni. Lahuse vananemisel koopiad ei muutu enam pruuniks, vaid jäävad punakaks.

Toonivkinnitis töödeldud koopiaid pestakse 5—6 minutit nõrgas veejoas ja kuivatatakse. Liiga kauane pesemine nõrgendab pruuni tooni ja muudab selle kollakaspunaseks.

Koopiate kuivatamine toimub varjus. Ühtlasemaks kuivamiseks tuleb

koopiatelt liigne vesi eemaldada puhta lapi või kuivatuspaberiga. Koopiale jäänud veetilgad tekitavad kuivades punakaid plekke.

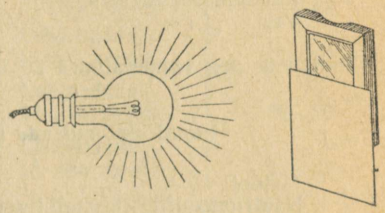
Koopiaid võib kuivatada ajalehepaberile laotatult või nurkipidi ülesriputatult.

Ilmutamist vajavatele paberitele kopeerimise tehnika

Ilmutamist vajavatele paberitele kopeerimise tehnika ei erine põhimõtteliselt päevavalguspaberile kopeerimise tehnikast. Vahe on ainult selles, et fotopaberi paigutamine kopeerimisruumi peab toimuma paberiliigile vastavas pimikuvalgustuses, kopeerimine ise aga elektrilambi valgusel. Kloorhõbepaberitele «Fotokont» ja kloorbroomhõbepaberitele «Kontabrom» kopeerimine toimub kopeerimisraamis 100—200-vatise võimsusega lampide valgusel; kloorbroomhõbepaberitele «Bromportret» ja broomhõbepaberitele «Unibrom» — 25—40-vatise võimsusega lampidega. Kopeerimisraam tuleb paigutada lambist 25—30 cm kaugusele.

Säriaeg varieerub olenevalt lambi võimsusest, lambi kaugusest, negatiivi tihedusest ja fotopaberi tundlikkusest.

Säriaja määramine toimub väikeste paberitükkidega tehtud proovide kaudu. Säriaja kiireks määramiseks soovitatakse kopeerimisraamiga kopeerimisel meetodit, mida selgitab joonis 174. Negatiivi alla paigutatud pabeririba säritatakse osade kaupa liikuva siibri abil. Tavaliselt on küllaldane, kui jaotada riba neljaks osaks, avades järjekorras 1/4 negatiivist, siis 1/2, 3/4 ja lõpuks kogu negatiivi pinna, muutes reeglipäraselt ka säriaega. Selleks antakse siibri iga edasiliikumise vahel ühesugune säriaeg, mis on võetud mõõtühikuks, näiteks 1 sekund. Sel viisil säritatakse esimest osa neli sekundit, teist — kolm, kolmandat — kaks ja neljandat — üks sekund. Proovitükki ilmutatakse antud ilmuti suhtes normaalse aja kestel.



Joon. 174. Säriaja määramine kopeerraamiga kopeerimisel.

Kopeerimiskastiga töötamisel ei ole võimalik eelkirjeldatud meetodit rakendada ja proovikoopiad tehakse fotopaberi tükikestel erinevate säriaegadega.

Fotokoopiate ilmutamine

Fotokoopiad tuleb ilmutisse panna kiiresti, nii et ilmuti kataks korraga kogu nende pinna. Iga koopia ilmutatakse eraldi. Fotokoopiate ilmutamiseks sobivad kõik negatiivmaterjalide jaoks kasutatavad ilmutid (välja arvatud peenterailmutid), mida lahjendatakse sama koguse veega. Mitmesuguste värvivarjunditega koopiate saamiseks võib soovitada järgmisi ilmutilahuseid.

Ilmuti soojade mustade toonide saamiseks

Metool	1 g
Naatriumsulfit (kristalliline)	30 g
Hüdrokinoon	3 g
Sooda (veevaba)	30 g
Kaaliumbromiid	1 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Ilmutamise aeg temperatuuril 20° C — 1—1,5 minutit.

Ilmuti pruun-mustade toonide saamiseks

Naatriumsulfit (kristalliline)	10 g
Hüdrokinoon	4 g
Sooda (veevaba)	10 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Ilmutamise aeg temperatuuril 20° C — 5—6 minutit.

Ilmuti sini-mustade toonide saamiseks

Metool	2 g
Naatriumsulfit (kristalliline)	45 g
Hüdrokinoon	6 g
Sooda (veevaba)	30 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Ilmutamise aeg temperatuuril 20° C — 1,5—2 minutit.

Pärast ilmutamist loputatakse koopiad kergelt üle ja pannakse kinnitisse. Koopiate kinnitamiseks on kohased kõik negatiivmaterjalide jaoks kasutatavad kinnitilahused, kusjuures lahuseid võib lahjendada poole koguse veega. Koopiate töötlemisel on soovitatav kasutada roostevabast terasest näpitsat (pintsetti). Koopiate pesemine toimugu jooksvas vees 20—25 minutit või seisvas vees 30—35 minutit, vahetades selle aja jooksul vett 4—5 korda. Kuivatamistehnika on samasugune kui päevavalguspaberitel.

Kloorbroomhõbepaberite kasutamine

Kloorbroomhõbepaberite eriliseks omaduseks on nende võime anda säriajast ja töötlemisrežiimist olenevalt mitmesuguse tooniga koopiaid. Leningradi fotopaberitehas nr. 4 soovitab paberite «Kontabrom» ja «Bromportret» jaoks järgmist ilmutit, mis annab erinevate kontsentratsioonide ja temperatuuride juures erinevaid toone.

Ilmuti paberitele «Kontabrom» ja «Bromportret»

Naatriumsulfit (kristalliline)	150 g
Hüdrokinoon	20 g
Potas	100 g
Kaaliumbromiid	2 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Tabel 88

Töötlemistingimused erinevate toonidega koopiate saamiseks

Soovitav koopia värvus	Säriaeg	Ilmuti kontsentratsioon	Ilmuti temperatuur (°C)
Mustjaspruun	Normaalne	Lahjendamata	18—20
Pruun (seepia)	Pikendada 3 korda	Lahjendada 6 osa veega	20—22
Helepruun	Pikendada 4 korda	Lahjendada 12 osa veega	20—22
Punakaspruun	Pikendada 6 korda	Lahjendada 15 osa veega	22—25

Joodhõbepaberi kasutamine

Fotopaberil «Iodoserebrjanaja» sisaldab emulsioon peale kloor- ja broomhõbeda veel joodhõbedat. Väikese valgustundlikkuse tõttu (veelgi väiksem kui kloorhõbepaberitel) kasutatakse teda ainult kontaktkoopiateks.

Joodhõbepaberite iseloomulikuks omaduseks on nende kujutise rohekas toon. Nende paberite ilmutamine toimub tavalistes ilmutites. Ilmuti temperatuuri tõstmine kuni 25° C parandab kujutise kvaliteeti.

Joodhõbepaberit on võimalik töödelda helekollases valguses.

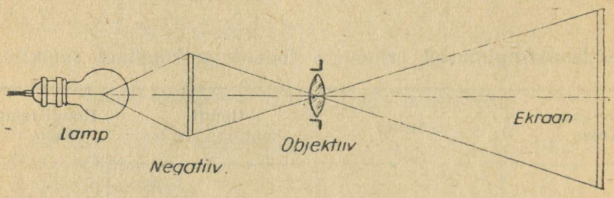
PROJEKTSIOONKOPEERIMINE

Projektsioonilise ehk optilise kopeerimise puhul projekteeritakse negatiivi kujutis projektsiooniaparaadi (suurendusaparaadi) abil ekraanile, millele on eelnevalt kinnitatud fotopaberileht; seejuures on võimalik negatiivi kujutise mastaapi muuta kas vähendamise või suurendamise suunas. Projektsioonkopeerimist kasutatakse põhiliselt suurendatud koopiate valmistamiseks.

Projektsioonmeetodi peamiseks eeliseks on võimalus muuta laiades piirides kujutise mastaapi, et saavutada kõige õnnestunumat välja-

lõiget. Peale selle võimaldab projektsioonmeetod parandada mõningaid negatiivi puudusi: erinevate negatiivosade ebaühtlast tihedust ja mõnesuguseid perspektiivi moonutusi.

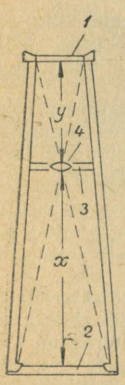
Kujutise mastaabi muutmisega saab projektsioonkopeerimisel paljundada plaane ja teisi kujutisi, mille juures on vaja kinni pidada täpsetest mõõtmetest. Lõpuks võimaldab projektsioonkopeerimine kombineeritud kopeerimist (fotomontaaži), ühtede võtete elementide kopeerimist teistesse (näiteks pilvede kopeerimine pilvedeta maastikule).



Joon. 175. Optilise projektsiooni põhimõte.

Projektsioonkopeerimise aluseks olev optilise projektsiooni printsiip on toodud joonisel 175. Lambiga valgustatud negatiivi kujutis projekteeritakse läbi objektiivi ekraanile. Objektiivi ja ekraani vahelise kauguse suurendamise ning objektiivi ja negatiivi vahelise kauguse vastava vähendamisega suureneb kujutise mastaap.

Sel printsiibil töötavad kõik projektsioon-suurendusseadmed, mida nimetatakse suurendusaparaatideks.



Joon. 176. Suurenduskoonus.

Suurendusaparaatide konstruktsioon

Lihtsaimaks suurendusseadmeks on muutumatu suurendusteguriga suurenduskoonus (joon. 176), mis kujutab endast piklikku koonilise kujuga valguskindlat kasti, mille ühes otsas on raam *1* negatiivi kinnitamiseks, teises otsas ekraan *2* fotopaberi paigutamiseks. Sisemisse vaheseina *3* on kinnitatud lihtsaima siiber-katikuga varustatud objektiiv *4*. Säritamine toimub hajutatud päevavalguses, kusjuures negatiiv on pööratud taeva suunas.

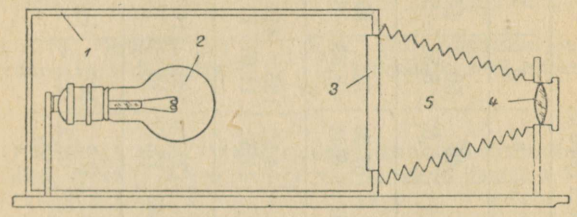
Sellist fotosuurendajat saab arvestada järgmise valemiga:

$$x = f(m+1);$$

$$y = \frac{x}{m},$$

kus x on objektiivi ja ekraani vaheline kaugus; y — kaugus objektiivist negatiivini; f — objektiivi fookuskaugus; m — suurenduskoefitsient.

Teiste sõnadega, selleks et määrata objektiivi ja ekraani vahelist kaugust, tuleb objektiivi fookuskaugus korrutada suurendusteguriga pluss 1, selleks aga, et määrata kaugust objektiivist negatiivini, tuleb leitud suurus jagada suurendusteguriga. See arvestus jääb maksvaks ka igasuguse teise muudetava suurendusteguriga suurendusseadme juures. Skemaatiliselt koosneb säärane seade (joon. 177) valguskindlast kastist *1*, milles on lamp *2*. Kasti eesmises seinas olevasse raami on paigutatud negatiiv *3*, selle ees on objektiiv 4. Objektiivi ja negatiivi vahele jääv ruum *5* on valguskindel ja muudetava väljatõmbega.



Joon. 177. Suurendusseade muudetava suurendusteguriga.

Valguskindlus, negatiivi pinna valgustuse ühtlus ja ekraani valgustuse kõrge intensiivsus on põhilisteks nõueteks, mida esitatakse igale foto-suurendusseadmele.

Kuna vahetult lambi valgusega pole võimalik saavutada negatiivi ühtlast valgustamist, siis rakendatakse suurendusaparaatides mitmesuguseid valgustusseadmeid ja -viise. Valgustussüsteemist olenevalt jagunevad suurendusaparaadid kolme alagruppi: 1) valgusehajutajatega; 2) valgusereflektoritega; 3) kondensoritega suurendusaparaadid.

Valgusehajutajatena kasutatakse piim- või mattklaase, mis paigutatakse lambi ja negatiivi vahele. Praktiliselt saadakse ühtlane valgustus vähemalt kahe, teineteisest veidi eemal asetseva valgusehajutaja kasutamisel. Tunduv valgusekadu (iga valgusehajutaja neelab umbes 50% sellele langevast valgusest) tingib säärastes suurendusseadmetes suure võimsusega lampide kasutamist, mis omakorda põhjustab suurendusaparaadi tugevat kuumenemist.

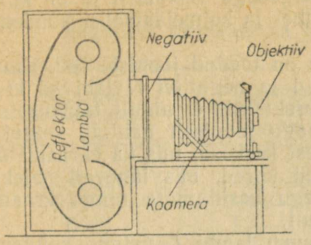
Valgusepeegeldajatega suurendusaparaatides kasutatakse ühtlasema valgustuse saamiseks paraboolset reflektorit (joon. 178). Praktiliselt ei saada siiski ainult reflektoriga küllaldast ühtlust ja seepärast kasutatakse suurendusaparaatides peale selle veel valgusehajutajat. Valgusekaod sellistes suurendusaparaatides ulatuvad kuni 75 protsendini kogu valgusvoost.

Kõige täiuslikumaks tüübiks on kondensoriga suurendusaparaat, sest siin lisandub ekraanivälja valgustuse täielikule ühtlusele veel valgustuse kõrge intensiivsus. Seetõttu on kõige laiemat kasutamist leidnud kondensoriga suurendusaparaadid. Kondensoriga suurendusaparaat

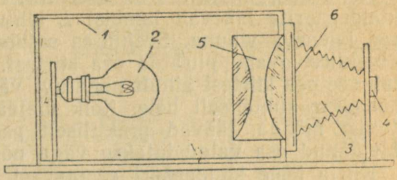
Kaugused objektiivist negatiivini ja ekraanini mitmesuguste objektiivide ja suurendusastmete puhul *

Objektiivi fookuskaugus (cm)	Suurenduse joonkoefitsient															
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12	15
5	12,50 8,33	15 7,50	17,50 7	20 6,60	22,50 6,43	25 6,25	27,50 6,11	30 6	35 5,83	40 5,71	45 5,62	50 5,55	55 5,50	60 5,45	65 5,42	80 5,33
7,5	18,75 12,50	22,50 11,25	26,25 10,50	30 10	33,75 9,64	37,60 9,37	41,25 9,17	45 9	52,50 8,75	60 8,87	67,50 8,44	75 8,33	82,50 8,25	90 8,13	97,50 8,12	120 8
10,5	26,25 17,50	31,50 15,75	36,75 14,70	42 14	47,25 13,50	52,50 13,12	57,75 12,83	63 12,60	73,50 12,25	84 12	94,50 11,81	105 11,67	115,50 11,55	126 11,45	136,50 11,37	168 11,20
13,5	33,75 22,50	40,50 20,25	47,25 18,90	54 18	60,75 17,36	67,50 16,87	74,25 16,50	81 16,20	94,50 15,75	108 15,43	121,50 15,19	135 15	148,50 14,85	162 14,73	175,50 14,62	216 14,40
18	45 30	54 27	63 25,20	72 24	81 23,14	90 22,50	99 22	108 21,60	126 21	144 20,57	162 02,25	180 20	198 19,80	216 19,64	234 19,50	288 19,20

* Iga lahtri ülemised numbrid näitavad kaugust objektiivist ekraanini, alumised — objektiivist negatiivini (cm).



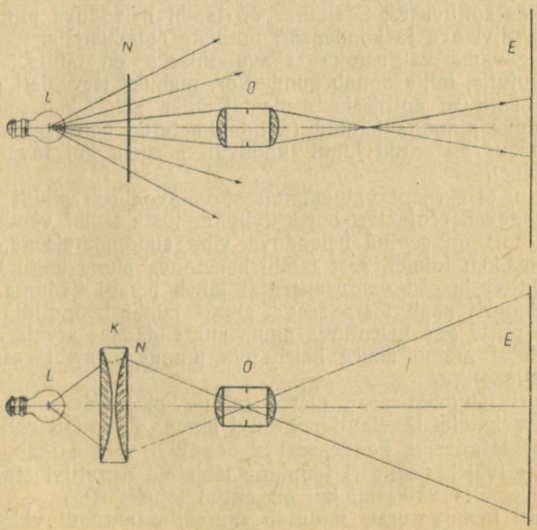
Joon. 178. Reflektoriga suurendusaparaadi skeem.



Joon. 179. Kondensoriga suurendusaparaadi skeem.

(joon. 179) omab peale projektsiooniseadme põhielementide valguskindla kasti *1*, lambi *2*, muudetava väljatõmbega kaamera *3* ja objektiivi *4* veel kondensori *5*, mis paikneb negatiivi *6* vahetus läheduses, mõnikord tihedalt vastu negatiivi.

Kondensor kujutab enesest võrdlemisi lühikese fookuskaugusega koguvat optilist süsteemi, mis tavaliselt koosneb kahest tasakumerast



Joon. 180. Kondensori töötamise skeem.

läätsest, mis on paigutatud kumeraie külgedega vastamisi ja on kinnitatud ühisesse torusse. Esineb ühe-, kahe- ja kolmeläätselisi kondensoreid.

Kondensori mõju selgub skeemilt, mis on toodud joonisel 180. Ilma kondensorita lähevad lambist *L* lähtuvad ja negatiivi *N* läbivad kiired laieneva vihuna. Seejuures satub objektiivile *O* ainult tähtsuseta, objektiivi avaga piiratud osa kiirtest. Nagu jooniselt nähtub, valgustab see osa kiirtest ainult negatiivi väikest keskosa, mis ka ekraanil *E* saadakse suhteliselt hele. Kõik ülejäänud kiired, mis lähevad objektiivist mööda, jäävad praktiliselt peaaegu kasutamata ning ekraani ülejäänud osa valgustatakse väga nõrgalt.

Kiirte teele kondensori asetamisel langeb lambi *L* valgus kondensorile *K*; valgus koondatakse selles ja suunatakse objektiivile *O*, moodustades selles lambi *L* kujutise. Projekteeritav negatiiv *N* asetseb kondensori *K* lähedal ja sellises kauguses objektiivist *O*, et saada ekraanil *E* negatiivi kujutise soovitavat mastaapi, s. o. kaugusel, mis on kooskõlas objektiivi kaugusega ekraanist.

Ekraani ühtlase valgustuse eeltingimuseks on niisugune kiirte tee kondensorist objektiivi, mille puhul kiired objektiivis ristuvad. Et nimetatud tingimust täita, peab lambi kaugus kondensorist olema kooskõlas objektiivi kaugusega kondensorist. Kuna aga objektiivi asendi määrab selle kaugus negatiivist, mis omakorda oleneb vajalikust suurendustegurist ega ole jääv, siis on ka lambi asend muutuv ja seda muudetakse suurendusteguri järgi.

Sellisel viisil on projektsioonsüsteemi kõikide elementide — lambi, kondensori, negatiivi, objektiivi ja ekraani vahelised kaugused omavahel kindlas sõltuvuses. Seejuures on lambi helenduva pinna suurus seoses objektiivi ava ja kondensori optiliste omadustega.

Kõige tugevama valgustoime saavutamiseks on tähtis, et lambi hõõgniidi kujutis, mille annab kondensor, mahuks tervenisti objektiivi. Seepärast osutuvad optiliseks projektsiooniks kõige kohasemaks väikese helenduva pinnaga lambid (nõndanimetatud punktvalguslambid), mille kasutegur on antud juhul tunduvalt kõrgem kui tavalistel valgustuslampidel.

Selle tõttu, et ekraani valgustamisest võtavad osa ainult need kiired, mis langevad projektori objektiivile, ei tõsta lambi võimsuse suurendamine, mis on seotud helenduva vihu suurendamisega, peaaegu üldse valguslikku toimet, sest lambi helenduva pinna kogu kujutis ei mahu objektiivi ja osa valgusenergiat läheb ikkagi kaduma. Valguslikku kasutegurit saab tõsta seega ainult lambi hõõgniidi heledama hõõgumise, mitte aga helenduva pinna suurendamise arvel. Tunduvalt suurema efekti annab suure helenduva pinnaga lambi asendamine punktvalguslambiga.

Kondensori läbimõõt peab olema selline, et kondensorist tulevate kiirte koonus kataks täielikult negatiivi pinna. Vastavalt sellele tingimusele ja arvestades, et kondensori ja negatiivi vahele jääb tavaliselt väike vahe, ei või kondensori tööpinna läbimõõt negatiivi standardformaatide jaoks olla väiksem, kui on antud tabelis 90.

Kondensori fookuskaugus mõjutab suurendusaparaadi valguskambri pikkust. Mida pikem on kondensori fookuskaugus, seda kaugemale tuleb sellest paigutada valgusallikas ning seda pikem peab olema val-

Tabel 90

Negatiivi formaadi ja kondensori tööpinna läbimõõdu suhe

Negatiivi formaat (cm)	Kondensori tööpinna läbimõõt (mm)	Negatiivi formaat (cm)	Kondensori tööpinna läbimõõt (mm)
2,4×3,6	50—55	6,5×9	115—120
4,5×6	80—90	9×12	150—160
6×9	110—115	13×18	220—230

guskamber. Selles mõttes on lühema fookuskaugusega kondensorid kasulikumad.

Veel suuremat mõju avaldab kondensori fookuskaugus lambist kiirguva valgusvoo ärakasutamisele. Fookuskauguse vähendamisega ja lambi lähendamisega kondensorile suureneb kasutatava valgusvihu väljumise nurk ja järelikult kasutatakse ära lambi valgusenergiast suurem osa, nii et ka selles suhtes on lühema fookuskaugusega kondensorid eelistatavamad. Kuna aga fookuskauguse vähendamisega kasvavad ühtlasi aberratsioonilised nähtused, siis seab see piiri haardenurga * suurendamisele.

Kondensori töö kvaliteedi suurendamiseks tuleb selle konstruktsiooni keerukamaks muuta. Kui haardenurgale kuni 40° piisab üheläätselisest kondensorist, siis 60-kraadise haardenurga jaoks on vaja kaheläätselist ja veel suuremate haardenurkade jaoks — kolmeläätselist kondensorit. Viimaste haardenurk on kuni 90° (joon. 181).

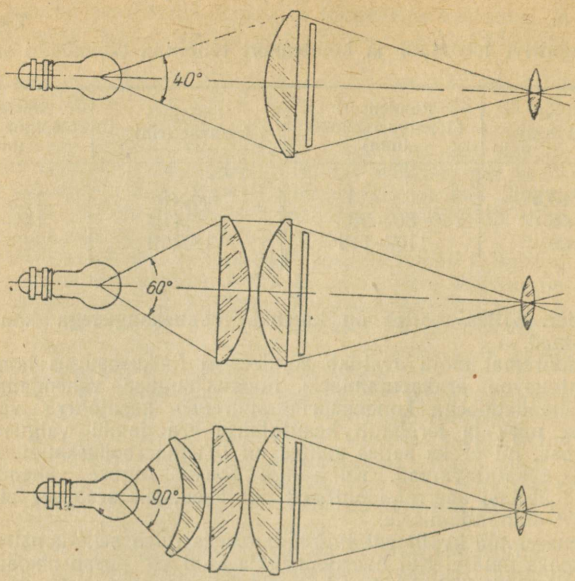
Kõige mugavamaks ja tehnoloogiliselt kergesti läbiviidavaks on tasakumer kondensori läätsede kuju, millistena need tavaliselt valmistataksegi. See kuju on ka projektsioonsüsteemis kasutamiseks kõige mugavam, sest see võimaldab negatiivi maksimaalselt läätsele lähendada (kuni kontaktini). Kolmeläätselise kondensori juures on lambipoolne lääts positiivse meniski kujuga.

Kondensori läätsedel ei tohi olla mingeid rikkeid ega defekte (lainelisust, täppe, mulle jne.). Eriti tähtis on see negatiivipoolse läätse suhtes, sest sel puhul projekteeritakse kõik need vead ekraanile suurendatud kujul.

Nagu selgub eelnevast kirjeldusest, on lambi asend suurendusaparaadis muutuv. Seepärast peavad lambid olema sellistes suurendusaparaatides liikuvad ja varustatud seadmega, mis võimaldab neid vajalikus asendis kinnitada.

Projektsioonisuunast olenevalt jagunevad suurendusaparaadid horisontaalseiks (horisontaalseks projektsiooniks) ja vertikaalseiks (vertikaalseks projektsiooniks). Kuna amatöörpraktikas kasutatakse peaaegu eranditult vertikaalseid suurendusaparaate, sest need on töötamisel palju mugavamad ega nõua palju ruumi, siis horisontaalseid suurendusaparaate alljärgnevalt ei kirjeldata.

* Haardenurgaks võib piltlikult nimetada lambi hõõgniidist lähtuva ja kondensori äärega piiratud koonusekujulise valgusvihu tipunurka.



Joon. 181. Haardenurga suurus ühe-, kahe- ja kolmeläätselise kondensori puhul.

Suurendusaparaadid

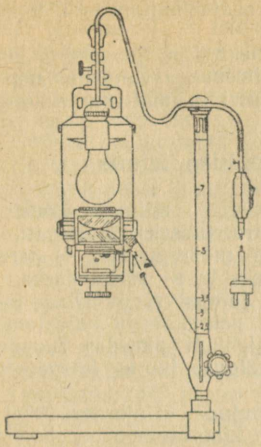
Kodumaine tööstus valmistab käesoleval ajal amatööride jaoks mitut tüüpi suurendusaparaate, milledest alljärgnevalt kirjeldatakse kolme mudelit: «У-2», «Fotak»* ja «Leningrad». Kõik need suurendusaparaadid on vertikaalset tüüpi.

Suurendusaparaat «У-2» (joon. 182) on määratud kinofilm-negatiivide (24×36 mm) jaoks. Aparaat võimaldab kümnekordset joonsuurendust.

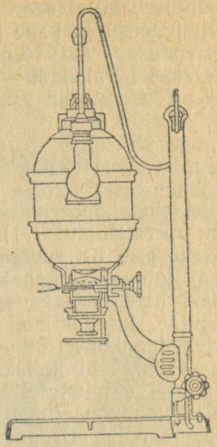
Negatiivi hoidmiseks on suurendusaparaadil allapööratav negatiiviraam. Suurendusaparaat on müügil ilma objektiivita ja see asjaolu muudab aparaadi tunduvalt odavamaks. Objektiivina saab kasutada kaamera «FED» normaalobjektiivi F=50 mm, suhtelise avaga 1 : 3,5, või samatüübilist «Zorki» normaalobjektiivi «Industar-22» samasuguste optiliste andmetega. Peale selle valmistatakse spetsiaalselt suurendamiseks lihtsustatud ja odavamaid objektiive «И-22-у».

Suurendusaparaadis «У-2» kasutatakse tavalist 60-vatist lampi. Aparaat on varustatud kondensori ja valgusehajutajaga (mattklaasiga), mida saab soovi korral eemaldada.

* Suurendusaparaati «Fotak» valmistatakse ebaregulaarselt.



Joon. 182. Suurendusaparaat «У-2» lõikes.



Joon. 183. Suurendusaparaat «Fotak» lõikes.

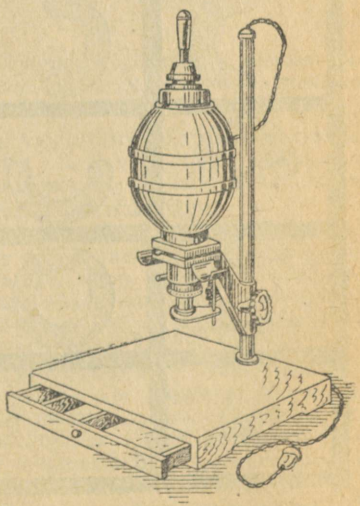
Suurendusaparaat «Fotak» (joon. 183) sarnaneb põhimõtteliselt «У-2»-ga. Tal on samasugused tehnilised andmed ja ta erineb «У-2»-st ainult valguskambri ja negatiiviraami konstruktsiooni poolest. Viimane tõmmatakse filmi kohalepaigutamisel suurendusaparaadi pildiraaami soontest välja.

Negatiiviraam on varustatud katteklaasiga, mis surub filmi tagaküljelt vastu raami.

Suurendusaparaat «Leningrad» (joon. 184) on põhiliselt sama konstruktsiooniga mis suurendusaparaat «Fotak». Tal on aga spetsiaalne raam korrigeerimis-valgusfiltrite jaoks ja teistsugune mehhanism projektsioonsüsteemi üles-alla liigutamiseks.

Korrigeerimis-valgusfiltrite raam teeb aparaadi kohaseks värvifotode kopeerimiseks. Raam on arvestatud valgusfiltritele 6×6 cm.

Projektsioonsüsteemi liigutamine



Joon. 184. Suurendusaparaat «Leningrad».

ülestõstmiseks-allalaskmiseks ning kohalekinnitamiseks toimub hammaslattsüsteemi ja kahe pideme abil.

Suurendusaparaat võimaldab kümnekordset joonsuurendust; selles kasutatakse tavalisi 50—75-vatise võimsusega valgustuslampe. Ekraanilaud on varustatud sahtliga fotopaberi ja muu juurdekuuluva jaoks.

Projektsioonkopeerimise tehnika

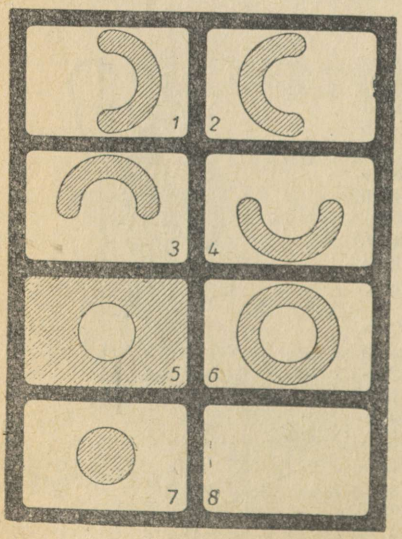
Projektsioonkopeerimise protsess jaguneb mitmeks üksteisele järgnevaks operatsiooniks: 1) lambi tsentreerimiseks, 2) negatiivi kohalepaigutamiseks, 3) suurendusmastaabi määramiseks, 4) teravustamiseks, 5) fotopaberi kohalepaigutamiseks ja 6) säritamiseks.

Pärast neid operatsioone järgneb fotopaberi tavaline töötlemine: ilmutamine, loputamine, kinnitamine, pesemine ja kuivatamine.

Projektsioonkopeerimine toimub täielikult pimedas ruumis oranži, punakasoranži või kollakasrohelise valguse juures (olenevalt kasutatava paberi valgustundlikkusest).

Projektsioonkopeerimiseks võib kasutada «Unibrom»-tüüpi broomhõbepabereid ja «Bromportret»-tüüpi kloorbroomhõbepabereid. Väga nõrkade (läbipaistvate) negatiivide puhul saab kasutada ka «Kontabrom»-tüüpi kloorbroomhõbepabereid.

Kogu ekraanipinna täiesti ühtlane valgustus saavutatakse lambi tsentreerimisega, s. o. lambi paigutamisega optilise süsteemi (kondensor — objektiiv) teljele kondensorist teatud kindlale kaugusele, mis oleneb kondensori ja objektiivi vahelisest kaugusest.



Joon. 185. Ekraani valgustamine olenevalt lampide paigutusest.

Lambi asendi tsentreerimisel ilmuvad ekraanile kaare- või ringikujulised vikerkaarevärvilised või tumedad laigud.

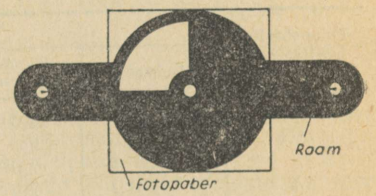
Tsentreerimine toimub lambi liigutamise ja ekraani valgustatud pinna jälgimise kaudu. Suurendusaparaadi ekraanile pannakse leht valget paberit, kustutatakse ruumivalgustus ja lülitatakse suurendusaparaadi lamp sisse. Ekraanil tekkivate tumedate laikude asend ja iseloom (joon. 185) osutab, millises suunas on vaja lampi liigutada. Kaarekujuliste laikude tekkimisel ekraani valgustatud pinnal paremal, vasakul, ülal või all (kujundid 1, 2, 3 ja 4) tuleb lampi liigutada laigu suunas. Tumeda raami või tumeda rõnga tekkimisel (kujundid 5 ja

6) tuleb lampi kondensorist eemaldada, pinna keskel tumeda ringi tekkimisel (kujund 7) — lähendada kondensorile. Lambi õige asendi puhul on ekraani valgustus ühtlane (kujund 8).

Kuna lambi kaugus kondensorist oleneb objektiivi asendist, viimane sõltub aga omakorda negatiivi ja objektiivi vahelisest kaugusest, siis tuleb lamp tsentreerida pärast objektiivi asendi kindlaksmääramist. Selleks paigutatakse suurendusaparaati eelnevalt (enne lambi tsentreerimist) mingisugune negatiiv, määratakse suurendusaparaadi projektsioonosa edasi liigutades kindlaks vajalik suurendusmastaap, teravustatakse ja alles pärast seda, kui negatiiv on eemaldatud, viiakse läbi tsentreerimine.

Praktiliselt pole siiski vaja väikeste mastaabi muutmiste puhul lambi asendit muuta. Veel harvemini tekib tsentreerimisvajadus valgusehajutaja või mattlambi kasutamisel.

Kui lambi asend on tsentreerimise kaudu leitud, kinnitatakse see suurendusaparaadi juures oleva vastava seadmega ja paigutatakse suurendusaparaati negatiiv.



Joon. 186. Seadis säriaja määramiseks.

Edasi leitakse suurendusaparaadi projektsioonosa liigutades ja ekraanil negatiivi kujutist jälgides vajalik suurendusmastaap ja teravustatakse objektiivi liigutamisega.

Pärast eelkirjeldatud operatsioonide läbiviimist varjatakse suurendusaparaadi objektiiv punase valgusfiltriga, mis on olemas kõikidel ülalkirjeldatud suurendusaparaatidel, ning punases valgustuses pannakse ekraanile leht fotopaberit.

Edasi toimub säritamine punase valgusfiltri kõrvalepööramisega.

Projektsioonkopeerimisel kergendab tunduvalt tööd spetsiaalne suurendusraam paberi kinnitamiseks, mis on varustatud katteklaasi või muudetavate mõõtmetega täisnurkse surveraamiga.

Säärase suurendusraamiga töötamisel toimuvad ettevalmistavad operatsioonid (mastaabi leidmine ja teravustamine) suurendusraami abil. Sel puhul tuleb suurendusaparaadi lamp enne paberi suurendusraamile kinnitamist kustutada ja säritada lambi sisselülitamisega, s. o. ilma punast valgusfiltrit kasutamata. Selline meetod võimaldab ühtlasi suurendusaparaadil perioodiliselt jahtuda.

Säriaja määramine toimub proovikoopiate valmistamisega. Väga kohane on selleks otstarbeks joonisel 186 kujutatud lihtne seadeldis, mis kujutab endast tugevast mustast paberist erilise kujuga raamikest. Vastava suurusega ruudukujuline tükike fotopaberit pannakse raami alla ja kinnitatakse rõhknaeltega suurendusaparaadi ekraanile (või suurendusraamile). Siis toimetatakse säritamist läbi raami väljalõike, pöörates pärast igakordset valgustamist paberit 90° ja muutes säriaega. Raamike paigutatakse projekteeritava negatiivi süžeeliselt kõige tähtsamale osale.

Fotopaberi valik

Üldisest valgustundlikkusest lähtudes valitakse fotopaber vastavalt töötingimustele ja kopeerimismeetodile. Pimiku puudumisel (näiteks rännakutingimustes) võib kopeerida aristotüüpi paberile.

Kontaktkopeerimisel kõlbavad iga liiki paberid. Projektsioonkopeerimiseks on vaja kõrge valgustundlikkusega pabereid («Unibrom», «Bromportret», vt. tabel 91).

Paberite kontrastsuse valik, mis on kõige tähtsam, toimub negatiivi järgi. Olenevalt negatiivi iseloomust, mis määratakse visuaalse hindamisega, kasutatakse kopeerimiseks mitmesuguseid paberisorte (vt. tabel 92).

Tabel 91

Fotopaberite valgustundlikkus (ГОИ-testi järgi)

Fotopaberite kontrastsusastme number	Valgustundlikkus S				
	«Unibrom»	«Bromportret»	«Kontabrom»	«Fotokont»	«Iodoserebrjanaja»
1	1—8	2,0	0,4	0,4	—
2	2—9	2,0	0,4	0,4	0,012
3	3—10	2,0	0,4	0,4	0,012
4	3—10	2,0	0,4	0,2	—
5	3—10	—	—	0,2	—
6	0,5—2,5	—	—	0,05	—
7	0,5—2,5	—	—	0,05	—

Tabel 92

Paberi valik olenevalt negatiivi iseloomust

Negatiivi iseloomustus	Soovitatav fotopaberiliik
Negatiiv eriti kontrastne. Heledates kohtades detailid peaaegu puuduvad ja need kohad on peaaegu läbipaistvad. Tihedates kohtades on detailid vaevalt eraldatavad, sest need kohad on peaaegu läbipaistmatud	Pehme № 1
Negatiiv mõõdukalt kontrastne. Nii heledates kui ka tumedates kohtades detailid hästi läbi nähtavad	Normaalne № 2
Negatiiv normaalne. Detailid kõikides kohtades hästi läbi töötatud	Normaalne № 3
Negatiiv pehme. Kontrastsus puudulik, kuid detailid tumedates ja heledates kohtades hästi eraldatavad	Kontrastne № 4

Järg

Negatiivi iseloomustus	Soovitatav fotopaberiliik
Negatiiv liiga pehme. Kontrastsus nõrk. Detailid nii tumedates kui ka heledates kohtades raskesti eraldatavad	Kontrastne № 5
Negatiiv lame. Kontrastsus väga nõrk. Detailid nii tumedates kui ka heledates kohtades vaevalt eraldatavad	Kontrastne № 6
Negatiiv väga lame. Kontrastsus liiga nõrk. Detailid peaaegu eraldamatud	Kontrastne № 7

Nagu toodud tabelist nähtub, ei tule negatiivi üldine tihedus arvesse ja tiheduse mõju kõrvaldamiseks tuleb negatiivide hindamisel tihedaid negatiive vaadelda heleda lambi suunas, keskmise tihedusega negatiive hajutatud päevavalguses, läbipaistvaid negatiive valgelt paberilehelt peegelduvas valguses. Liiga hõredad negatiivid pannakse lihtsalt valgele paberile.

Tabelis toodud andmete suhtes tehakse erand must-valgete joonoriginaalide reprodutseerimisel, kusjuures negatiivi kontrastsusest olenemata tarvitatakse eranditult kontrastseid paberisorte (nr. 4, 5, 6 ja 7).

Kõikide teiste tunnuste järgi (pind, paksus, värvus) toimub fotopaberi valik vastavalt fotograafi ülesandele ja maitsele.

Tabel 93

Paberite umbkaudsed suhtelised säriajad *

Fotopaberi kontrastsusastmete numbrid	Suhtelised säriajad				
	«Unibrom»	«Bromportret»	«Kontabrom»	«Fotokont»	«Iodoserebrjanaja»
1	1,3	5	25	25	—
2	1,1	5	25	25	90
3	1	5	25	25	60
4	1	5	25	50	—
5	1	—	—	50	—
6	4	—	—	200	—
7	4	—	—	200	—

* Ühikuks on võetud kõrgeima valgustundlikkusega broomhõbepaberite «Unibrom» säriaeg.

Diapositiivid

Diapositiivide valmistamise tehnika ei erine praktiliselt miliegagi koopiate valmistamisest fotopaberil. Diapositiivplaatide ja positiivfilmide suhteliselt kõrge valgustundlikkus võimaldab nendele kopeerida nii kontakt- kui ka projektsioonimeetodil.

Diapositiive ilmutatakse kuni kõrgete tiheduste saavutamiseni. Kujutist hinnatakse läbivas valguses.

Diapositiivmaterjalide töötlemiseks kõlbavad nii negatiivi kui ka positiivi ilmutid ja igasugused kinnitilahused.

Paremaks säilimiseks soovitatakse diapositiivide emulsioonikihti katta kaitseklaasiga ja kantida.

FOTOKOOPIATE VIIMISTLEMINE

Hõbebromiidkoopiate toonimine

Pruun toon. Väga lihtne ja häid tulemusi andev broomhõbekoopiate pruuniks toonimise meetod seisab järgnevas.

Hästi pestud koopia pannakse järgmise koostisega lahusesse:

Punane veresool	6 g
Kaaliumbromiid	2 g
Vesi	200 cm³

Selles lahuses kujutis pleegitatakse.

Pleegitatud koopia pestakse ja viiakse järgmise koosseisuga lahusesse:

Naatriumsulfiid	10 g
Vesi	200 cm³

Lahuse mõjul ilmub kujutis kiiresti uuesti, omandades pruuni tooni.

Pleekimisastet varieerides (seda mitte lõpuni viies) saab koopiatele anda mitmesuguseid mustjaspruune toone.

Selle meetodi puuduseks on naatriumsulfiidi lahustamisel eralduva väävelvesiniku halb lehk; seepärast tuleb toonida tõmbekapis või vabas õhus (rõdul, lahtise akna juures jne.).

Punakaspruun toon. Punakaspruunide toonide saamiseks koostatakse järgmise koostisega lahus:

Vasevitriol	2 g
Sidrunhape	6 g
Sooda (kristalliline)	12 g
Punane veresool	1,5 g
Vesi	300 cm³

Eelnevalt vees leotatud koopiat hoitakse antud lahuses kuni soovitud tooni tekkimiseni, mille järel koopia loputatakse ja kuivatatakse.

Sinine toon. Siniseid toone saadakse järgmiste meetoditega.
I meetod. Koostatakse järgmise koostisega lahus:

Raudammooniumtsitraat	1	g
Sidrunhape	1,5	g
Punane veresool	1	g
Vesi	250	cm^3

Eelnevalt vees leotatud koopiat hoitakse selles lahuses kuni soovitud tooni saabumiseni, mille järel koopia loputatakse ja kuivatatakse.
II meetod. Koopia pannakse järgmise koostisega lahusesse:

Kaaliumbikromaat	0,3	g
Raudmaarjas	1,25	g
Oblikhape	2,5	g
Punane veresool	1	g
Ammooniummaarjas	5	g
Soolhape (kontsentreeritud)	0,6	cm^3
Vesi	1000	cm^3

Selles lahuses toimub kujutise toonimine.
Pärast toonimist ja loputamist pannakse koopiad kinnitilahusesse:

Naatriumtiosulfaat (kristalliline)	250	g
Boorhape	32	g
Vesi	1000	cm^3

Pärast kinnitamist järgneb lühiajaline pesemine ja kuivatamine.

Roheline toon. Mitmesuguse intensiivsusega rohelised toonid saadakse järgmise koostisega lahuse abil:

Raudammooniumtsitraat	1	g
Sidrunhape	1,5	g
Punane veresool	1	g
Uranüülnitraat	1	g
Vesi	350	cm^3

Vees leotatud koopiat hoitakse lahuses kuni soovitud tooni saamiseni, mille järel lühiaegselt pestakse ja kuivatatakse.

Toonimine aniliinvärvidega

Hõbebromiidkoopiate ja diapositiivide aniliinvärvidega toonimise meetod põhineb nõndanimetatud põhiliste värvainete omadusel moodustada mõnede hõbedaühenditega mittelahustuvaid ühendeid (lakke).
Protsessi skeem seisab üldjoontes järgmises: hästi pestud koopia pannakse söövituslahusesse, siis pestakse, mille järel sellele kantakse värvaine lahus, mis olenevalt töötlemise kestusest annab koopiale väiksema või suurema intensiivsusega tooni.
Värvaineteks sobib suurem osa põhilistest orgaanilistest aniliin-

värvidest: kollased värvid — auramiin, safraniin, tioflaviin; rohelised — malahhiitroheline, metüleenroheline; punased — püroniin, rodamiin, fuksiin; sinised — metüleensinine, metüül-violett ja paljud teised.

Kõikvõimalike värvuste ja värvivarjundite saamiseks on vaja ainult kolme värvainet — kollast, sinist ja punast, mis segatakse mitmesuguses proportsioonis.

Müügil olevate aniliinvärvide kõlblikkust proovitakse eelneva katsetamisega. Selleks lahustatakse 0,5 g katsetatavat värvi 100 cm^3 vees ja pärast täielikku lahustumist lisatakse mõni tilk äädikhapet. Kui seejuures lahuse värvus muutub või kui selles tekib sade, siis ei ole värvaine kõlblik. Teisel juhul, s. o. kui lahuse värvus ei muutu ja sadet ei teki, pannakse ettevalmistatud (söövitatud) koopia klaasile ja kantakse vatitampooniga värvilahust niiskele koopiale, mille järel koopia pestakse. Kui seejuures värv täiesti välja pestakse, siis on ta kõlbmatu. Kõlbmatu on värv ka sel juhul, kui ta pesemisel üldse ei eemaldu ja kui kogu koopia pind jääb värviliseks. Värv on kõlblik ainult sel juhul, kui ta pesemisel koopia heledatelt osadelt eemaldub, tumedatel aga jääb püsima.

Koopia pannakse enne värvimist järgmise koostisega söövituslahusesse:

Vesi	250 cm^3
Kaaliumtsitraat	15 g
Vasevitriol	10 g
Ammooniumrodaniid	4 g
Äädikhape (80%-line)	7 cm^3

Selles lahuses hoitakse koopiat 1 minut, seejärel pestakse 10—15 minutit jooksvas vees ja pannakse järgmise koostisega värvimislahusesse:

Vesi	200 cm^3
Värvaine	1 g
Äädikhape (80%-line)	1 cm^3

Soovitud toonist ja värvi intensiivsusest olenevalt hoitakse koopiat värvimislahuses 5 kuni 10 minutit. Pärast seda koopia loputatakse ja pannakse selgitavasse lahusesse:

Vesi	500 cm^3
Soolhape (kontsentreeritud)	15 g

Selles lahuses hoitakse koopiat kuni selle kujutise heledate osade täieliku selginemiseni, mille järel koopia pestakse ja kuivatatakse.

Fotode lakkimine

Fotosid, mis on määratud näitustele, vitriinidesse jne. väljapanemiseks, on soovitatav lakkida, sest lahtistena võivad nad määrduda. Lakitud koopiaid on niiske lapiga kerge puhastada. Lakkimiseks on kohased kõik maalide jaoks kasutatavad lakid.

Mati läbipaistva laki võib koostada järgmise retsepti järgi:

Puhastatud bensiin	100 cm³
Puhastatud tärpentin	100 cm³
Meevaha, valge	10 g
Värnits	3 cm³

Lakk kantakse peale puhtasse lappi mähitud vatitampooniga. Pärast tunniajalist kuivamist poleeritakse lakitud pind kalevi või sametiga.

Läikiv läbipaistev lakk koostatakse järgmise retsepti järgi:

Vesi	50 cm³
Dekstriin	0,5 g
Nuuskpiiritus	15 cm³
Glütseriin	5 cm³
Etüülalkohol (96%)	100 cm³
Šellak, valge	25 g

Dekstriin, nuuskpiiritus ja glütseriin lahustatakse vees, šellak — piirituses, mille järel mõlemad lahused segatakse.

Laki võib peale kanda pintsli, tampooni või pulverisaatoriga. Koopiad, mis pannakse välja tänavavitriinidesse ja teistesse kohtadesse, kus nad on niiskuse mõju all, tuleb katta järgmise koostisega veekindla lakiga:

Amüülatsetaat	100 cm³
Atsetoon	50 cm³
Bensool	100 cm³
Tselluloid (peeni filmilõikeid)	5 g

Kõlblik on ka iga teine läbipaistev nitrolakk.

Kõrgläige

Koopiate pinna saab muuta peegelläikivaks, kui rullida nad märjalt emulsiooni küljega mingisugusele peegelsiledale pinnale. Koopiad peavad sel juhul olema valmistatud läikival või eriti läikival paberil. Teistsuguse pinnaga paberitel kõrgläiget ei teki.

Koopiatele kõrgläike tegemiseks võib kasutada klaasi, orgaanilist klaasi (pleksiklaasi), tselluloidi, peegelsiledaks poleeritud roostevaba teras- või kroomitud messingplekki.

Kõik teised materjalid, välja arvatud klaas, ei nõua mingit eelnevat ettevalmistust peale pesemise ja puhta lapi või käsnaga ülepühkimise (mustuse eemaldamiseks). Klaasi kasutades tuleb see enne esmakordset koopiate pealerullimist pesta seebi või leeliseveega ning seejärel nõrga sool- või väävelhappelahusega. Edasi tuleb klaas alati enne tarvitamist üle pühkida bensiinis või denatureeritud piirituses niisutatud vatiga, seejärel puhta lapiga.

Et ära hoida koopiate klaasi külge kleepumist, mida juhtub küllaltki

sageli, soovitatakse klaasi puuderdada talgiga, puhtaks pühkida ja seejärel hõõruda kuni kuivamiseni ühega järgmistest lahustest:

1. Puhastatud tärpentin . . . . . 100 cm³
   Vaha (valge) . . . . . 5 g
2. Puhastatud bensiin . . . . . 100 cm³
   Vaha (valge) . . . . . 3 g
3. Härjasapp . . . . . 100 cm³
   Formaliin (20%-line) . . . . . 10 cm³
   Äädikhape (40%-line) . . . . . 2 cm³

Märjad koopiad paigutatakse emulsioonikihiga vastu klaasi (või mõnda teist peegelpinda), kaetakse kuivatuspaberi või puhta linase käterätikuga ja rullitakse kummirulliga tihedasti ligi või surutakse ligi kummist joonlauaga, jälgides, et koopiate ja klaasi vahele ei jääks õhumulle.

Koopiad jäetakse klaasile kuni täieliku kuivamiseni. Kuivanud koopiad tulevad kas ise lahti või siis tõmmatakse nad klaasilt nurkapidi. Kuivamise kiirendamiseks võib kasutada soojendatud õhku ja ventilaatorit. Klaasile rullitud koopiad kannatavad soojendamist kuni 45—50° C. Klaasi külge kleepunud koopiaid saab klaasilt eemaldada ainult pärast veega leotamist.

Koopiate (piltide) retušš

Must-valgete fotode retušš toimub kraapsulgede või meditsiiniliste skalpellide ning musta tuši abil. Toonitud koopiate puhul kasutatakse musta tuši asemel vastava värvusega kuivi akvarellvärve. Mustade punktide katmiseks kasutatakse valget akvarellvärvi.

Tugevasti suurendatud fotode retušiks kasutatakse peale loetletud vahendite veel pressitud tahma (souss) ja musti tahmapliiatseid.

Retušeerida tuleb pärast koopia täielikku valmimist, sest igasuguse edasise töötlemisega võib retušši vigastada või ära pesta.

Läikivaid ja satineeritud paberil valmistatud pilte retušeeritakse ainult tuši või värviga. Pliiatsite ja soussi kasutamine on võimalik ainult matt-, poolmatt- või teraliste paberite puhul.

Pildi pind peab olema puhas ja sile.

Väikesed mustad punktid ja peened mustad joonekesed eemaldatakse kraapsule või skalpelli otsaga. Suuremad tumedad plekid, mida väljakraapimisega ei õnnestu kaotada, kaetakse valge akvarellvärviga. Väikesed valged punktid ja kriimustused retušeeritakse peene pintsli abil lahjendatud tuši või värviga.

Soussi või tahmapliiatseid kasutatakse suurte pindade katmiseks.

Kollaseks muutunud piltide taastamine

Aja jooksul pleekinud ja koltunud pilte saab taastada järgmise meetodiga. Pilti leotatakse vees ja seejärel pargitakse kihi tugevdamiseks 50%-lises kroommaarjase lahuses. Siis pestakse pilti 5 minutit jooksvas vees ja pannakse järgmise koostisega lahusesse:

Vesi	200 cm³
Kaaliumpermanganaat	0,5 g
Soolhape (kontsentreeritud)	5 cm³

Kaaliumpermanganaat ja soolhape lahustatakse eraldi pooles veekoguses ja segatakse enne tarvitamist (lahus rikneb kiiresti).
Selles lahuses pilt pleekub ja värvub ühtlasi tumepruuniks (mangaanhapendi värvus).
Selliselt töödeldud pilt loputatakse ja pannakse lahusesse:

Naatriumsulfit (kristalliline)	20 g
Väävelhape	5 cm³
(või soolhape	10 cm³)
Vesi	100 cm³

Selles lahuses kaob pildi tumepruun värvus. Pärast loputamist ilmutatakse pilt valguse käes ükskõik millises energilises ilmutis, pestakse ja kuivatatakse.
Sama meetodit kasutatakse värvilise loorituse eemaldamiseks.

Hallide piltide parandamine

Kahvatuid, halle pilte saab tunduvalt paremaks muuta järgmisel viisil. Hästi pestud pilt pannakse lahusesse:

Kaaliumbikromaat	5 g
Soolhape (kontsentreeritud)	10 cm³
Vesi	250 cm³

Selles lahuses hoitakse pilti kuni kujutise täieliku pleekimiseni, seejärel pestakse kollase värvuse eemaldamiseks ja ilmutatakse energilise ilmutiga.

Fotode kleepimine

Fotode kleepimiseks kõlbavad liimid, mis ei sisalda happeid, sest viimased põhjustavad aja jooksul fotode kollaseks muutumise.
Kleepimiseks on väga hea kasutada tavalist vedelamat tisleriliimi.

Kondiliim	25 g
Vesi	100 cm³

Edukalt saab kasutada ka želatiinliimi, milles kondiliim on asendatud samasuguse koguse želatiiniga.
Peenestatud liimile või želatiinile valatakse veidi vett ja jäetakse tursuma, milie järel lisatakse sooja vett ja sulatatakse kuumendamise teel, liimi sealjuures segades. Jahtunud liim peab olema sülditaoline. Enne tarvitamist soojendatakse liim üles.

Väga hea, hästi kleepuva liimi saab dekstriinist (nõndanimetatud postiliim):

Dekstriin	90 g
Suhkur	15 g
Vesi	120 cm³

Ained segatakse ja kuumendatakse, kuid ei lasta keema minna. Hallituse eest kaitsmiseks lisatakse liimile mõned tilgad karbolhapet.

Heade liimimisomadustega on ka tavaline tärklisekliister, mis on fotode kleepimiseks täiesti kõhane. Parimaid tulemusi annab järgmise retsepti järgi valmistatud kliister:

Tärklis	8 g
Nuuskpiiritus	15 cm³
Vesi (keev)	85 cm³

VII osa

VÄRVILINE FOTOGRAAFIA

VÄRVILISE FOTOGRAAFIA ALUSED

Värvuse iseloomustus

Värvuste ja varjundite kogu mitmekesisuse juures võib kõiki olemasolevaid värvusi jagada kahte gruppi: kromaatilised (värvilised) ja akromaatilised (värvusetud).

Värvusi, millel on mingisugune värviline toon (taevassinine, punane, kollane jne.), nimetatakse kromaatilisteks värvusteks. Värvusi, mis sisaldavad valgeid, musti ja mitmesuguseid halle toone ning ei oma värvilisi varjundeid, nimetatakse akromaatilisteks.

Kromaatilised värvused erinevad omavahel värvuse tooni, värvuse küllastusastme ja heleduse poolest; akromaatilised — ainult heleduse ehk suhtelise ereduse poolest.

Värvuse toon on kromaatilise värvuse kvalitatiivseks eraldajaks sama heledusega akromaatilisest värvusest. Värvuse tooni määratakse sama värvust omava spektraalvärvi lainepikkusega. Värvuse küllastusastet (värvuse puhtust), subjektiivset värvuse tunnetamist mõõdetakse spektraalvärvuse suhtega valgesse. Näiteks olgu värvuse küllastusaste 75%. See tähendab, et värvuse subjektiivne tunnetamine on analoogiline värvuste segu tunnetamisega, kui värvuses on 75% vastavat spektraalvärvust ja 25% valget. Spektraalvärvuste küllastusaste loetakse ühikuks. Heledust, mis oleneb keha pinnalt valguse peegeldamise tegurist, mõõdetakse valge etaloon-pinna suhtes ja väljendatakse harilikult suhtelistes ühikutes. Igale akromaatilisele värvusele on võimalik valida heleduselt vastav kromaatiline värvus.

Värvuse toon, küllastusaste ja heledus on värvuse põhilisteks iseloomustajateks, mille abil on võimalik iga värvust määratleda kvalitatiivselt ja kvantitatiivselt.

Kehade iseloomustus

Kõiki kehi võib jagada h e l e n d a v a t e k s ja m i t t e h e l e n d a v a t e k s. Helendavateks kehadeks on valgusallikad, mis kiirgavad valgust. Kõik ülejäänud on mittehelendavad kehad. Mittehelendavad kehad peegeldavad, lasevad läbi või neelavad nendele langevat val-

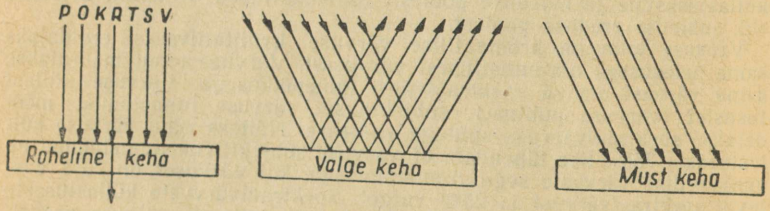
gust. Neelatud valgus muutub teist liiki energiaks. Mittehelendavate kehade valgust peegeldav iseloom sõltub nende pinna omadustest.

Mittehelendavad kehad jagunevad omakorda läbipaistvaiks ja läbipaistmatuteks. Valguse langemisel kehadele toimub kiirte neeldumine, läbilaskmine ja peegeldumine. Ühed kehad neelavad või peegeldavad neile langeva valguse täielikult. Sääraseid kehi nimetatakse läbipaistmatuteks. Teised kehad, neelates tähtsusetu osa kiirtest, lasevad nendest suurema osa läbi. Selliseid kehi nimetatakse läbipaistvaiks. Määrangud «läbipaistvad» ja «läbipaistmatud» kehad on suhtelised. Kõik oleneb aine kihi paksusest. Mida paksem on kiht, seda väiksem on läbipaistvus.

Läbipaistmatud kehad peegeldavad ja neelavad neile langeva valguse. Läbipaistvad kehad peegeldavad, neelavad ja lasevad valgust läbi.

Kehade värvus

Meid ümbritsevad kehad neelavad (absorbeerivad) valgusenergiat valivalt (selektiivselt). Sellele vastavalt peegelduvad meie silma (või pääsevad läbi keha) mitmesuguse lainepikkusega valguskiired, kutsudes esile keha värvusele vastava nägemismulje. Keha värvus, mis peegeldab kõiki spektraalvärvusi ühesugusel määral ja mille juures peegeldumine ületab neeldumise, on alati valge. Vastupidi, kehal, mis neelab kõiki spektraalvärvusi ühesugusel määral (peegeldumine on antud juhul tühine), on must värvus (joon. 187).



Joon. 187. Kehade värvuse tekkimine.*

P — punane; *O* — oranž; *K* — kollane;
R — roheline; *T* — taevassinine;
S — sinine; *V* — violetne.

Läbipaistmatu keha, mis on värvitud näiteks roheliseks, omab selle värvuse olenevalt roheliste kiirte peegeldumisest ja kõikide ülejäänute neeldumisest. Kui keha on läbipaistev, siis määravad keha värvuse teda läbistavad kiired. Näiteks kui klaas neelab kõik värvilised kiired peale punaste, siis näib see klaas valges valguses punasena. Kui aga klaasis neelduvad kõik värvilised kiired ühtlasel määral, siis väljub valge valgus pärast klaasi läbistamist nõrgendatult, kuid värvuse suhtes muutumatult, ja klaas näib värvusetu.

* Joonisel antud tingmärgid on maksvad ka ülejäänud juhtudel.

Fotograafias kohtutakse läbipaistmatute kehadega (pildistamisobjektid), läbipaistvate kehadega (valgusfiltrid, mõnikord pildistamisobjektid) ja helenduvate kehadega (valgusallikad). Fotoalases praktikas omab tähtsust nii fotografeeritavatelt objektidelt valguse peegeldumine (sest just nimelt see nähtus võimaldabki näha ja fotografeerida neid) kui ka peegeldatud valguse neeldumine valgustundlikus kihis, mis võimaldab saada fotograafilist kujutist (kuna valgusenergia mõjul toimuvad fotomaterjalis keemilised muutused).

Tuleb tähendada, et looduses ei ole olemas kehi, mis peegeldaksid puhast spektraalvalgust. Peegeldunud valgus on harilikult mitmesuguse spektraalse koostisega valguskiirte segu.

Värvilise fotograafiaga tegeldes on eriti tähtis meeles pidada, et valguse peegeldumine kvalitatiivses suhtes oleneb eseme värvusest (värviliste helkide tekkimine), kvantitatiivselt aga peale selle veel pinna siledusest (krobelisusest), samuti ka valgusallika tugevusest.

Kehade värvuse muutumine

Valgustuse spektraalse koosseisu muutmisel muutub ka kehade värvus. Nii tumenevad hariliku elektrivalgustuse juures lillad, sinised, taevassinised ja rohekassinised värvused, kollased, oranžid ja punased toonid aga helenevad. Seepärast tuleb värvilisi koopiaid korrigeerida selles valgustuses, milles on arvestatud nende vaatlemine.

Meid ümbritsev atmosfäär, eriti alumistes kihtides, moodustab risustunud keskkonna, sisaldades niiskust ja tolmuosakesi, mis takistavad valguse läbitungimist. Toimub lillade, siniste ja taevassiniste kiirte osaline hajumine, kusjuures läbipääsvasse valgusse jääb suur hulk kollakaspunaseid kiiri. Sellega seletub kollakaspunaste kiirte küllus päikesetõusul ja -loojangul (ühtlasi osa taeva vastav värvumine), samuti taevassinine värvus, sest peegelduvale valgele valgusele lisanduvad lillad, sinised ja taevassinised kiired, mis hajuvad atmosfääris. Lühilaineliste kiirte hajumisega on seletatavad ka taevassinised refleksid kujutistel (sinise taeva refleks), kui pildistatakse väljas.

Värvilisel pildistamisel esinevad taevassinised refleksid harilikult veepinna kujutistel, kõrgete puude või esemete tippudel, mida on pildistatud päikesepaistelise ilmaga.

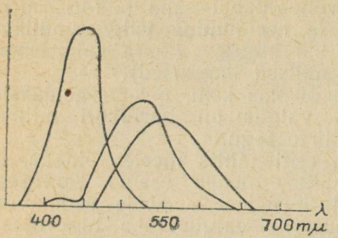
Kuivõrd kehade värvus muutub olenevalt valgustuse spektraalsest koosseisust, on vaja meeles pidada, et päevavalguse koosseis on vastavalt päevaajale erinev, elektrivalgus muudab oma spektraalset koosseisu olenevalt võrgupingest ja valgusallika võimsusest.

Nägemise kolmevärvilisuse teooria

Nägemise kolmevärvilisuse teooria põhialused avaldas 1756. a. M. V. Lomonossov. See teooria, mis selgitab meie silma poolt tunnetatavaid värviaistinguid, on kõige täiuslikum.

Kolmevärvilise nägemise teooriale vastavalt on silma võrkkiles kolme liiki tunnetusaparaate, nõndanimetatud retseptoreid, mis on erineva värvitundlikkusega ja ärrituvad valguse toimel.

Silma närvilõpud (retseptorid) reageerivad erinevalt erineva lainepikkusega valguskiirtele. Ühed ärrituvad kiirte puhul lainepikkusega 680 mμ (punane värvus), teised kiirte puhul lainepikkusega 550 mμ (roheline värvus) ja kolmandad — lainepikkusega 480—450 mμ (sinililla värvus).



Joon. 188. Silma retseptorite põhiärrituste kõverad.

Retseptorite ühtlane ärritumine kutsub esile valge värvuse (tugeva ärrituse puhul) ja hallide värvuste aistingud (nõrga ärrituse puhul). Ärrituse puudumine kutsub esile musta värvuse aistingu. Kolmesuguste retseptorite erineva ärrituse puhul toimub kromaatilise värvuse tunnetamine. Retseptorite mitmesugune ärritusaste kutsub esile ühe või teise värvuse aistingu. Järelikult, mõjutades silma punase, rohelise ja sinise värvusega mitmesugustes vahekordades, võime tunnetada kõiki värvusi ja varjundeid.

Joonisel 188 on antud silma retseptorite põhiärrituste kõverad. Närvilõppude valgustundlikkuse rike põhjustab värvipimeduse, s. t. mõnede värvuste mitteeraldamise, nende ärasegamise teistega (näiteks punase rohelisega jne.).

Põhi- ja täiendvärvused

Põhi- ehk primaarvärvusteks on punane, roheline ja sinine, mis võimaldavad meie silmal tunnetada kõiki akromaatilisi ja kromaatilisi värvusi.

Kõik värviülekande suhtes täisväärtuslikud värvilise fotograafia meetodid põhinevad põhivärvuste kasutamisel komponentnegatiivide saamiseks.

Valge valguse lahutamisel prisma abil tekib seitsmest värvusest koosnev spekter, mis annab segamisel uuesti valge. Valget värvust on võimalik saada aga ka teisiti. Selleks on küllaldane segada näiteks oranž taevassinisega, kollane sinisega jne. Kahte värvust, mis segamisel annavad valge, nimetatakse täiendvärvusteks. On olemas väga palju värvusi, mis üksteise suhtes on täiendvärvusteks. Täiendvärvused peavad vastama värvuse tooni poolest teatud kindlatele värvustele. Täiendvärvuste mitmekesisus on näha tabelist 94.

Värvuste segamisel, mis ei ole täiendvärvused, tekivad vahepealsed värvused. Näiteks annab taevassinine lillaga segamisel sinise värvuse jne.

Kiirgustele lainepikkusega 495—570 mμ (rohelised kiired) on täiendvärvusteks purpursed värvused, mis spektris puuduvad ja mis saadakse punase ja lilla värvuse segamisel.

Mitmekihiliste fotomaterjalide kasutamisel põhinevate värvilise fotograafia meetodite juures on üksikutes primaarkihtides tekkivate kuju-

tiste värvused täiendvärvusteks vastavate primaarkihtide poolt neelatud valguse värvusele.

Tabel 94

Spektraalseid täiendvärvusi

Lainepikkus (millimikronites)		
700—495,5	610—493,5	450—570,0
680—495,5	600—492,0	440—569,5
670—495,5	590—485,0	430—569,0
660—495,4	580—482,5	420—568,7
650—495,3	490—593,0	410—568,7
644—495,2	480—578,0	400—568,7
630—494,8	470—573,0	380—568,6
620—494,4	460—571,0	

Aditiivne värvuste tekitamise meetod

Aditiivne ehk värvuste liitmise meetod, põhinedes nägemise kolmevärvilisuse teoorial, võimaldab saada kõiki värvusi ja varjundeid kolme põhivärvuse — punase, rohelise ja sinise — teatavas proportsioonis segamise (liitmise) abil. Kui ekraanile projitseerida samaaegselt kolm erineva värvusega valgusvihku — punane, roheline ja sinine —, siis võib nende valgusvihkude heleduse vastava muutmisega saada iga värvust.

Värvuste tekitamise aditiivne meetod allub järgmistele seadustele:

1) ükskõik millise kromaatilise värvuse segamine teatud vastavas proportsioonis täiendvärvusega annab akromaatilise värvuse. Kromaatilise värvuse segamisel täiendvärvusega teistsugustes vahekordades saadakse üks kromaatilistest lähtevärvustest. Värvuse küllastusaste seejuures väheneb;

2) värvuste segamisel, mis ei ole täiendvärvused, saadakse vahevärvused, mis asetsevad spektris segatavate värvuste vahel. Näiteks rohelise ja punase segamisel saadakse kollane värvus. Mida kaugemal asetsevad segatavad värvused teineteisest spektris, seda madalam on saadud värvuse küllastusaste;

3) värvused, mis kutsuvad silmas esile ühesuguseid värvuseaistinguid, annavad optilisel segamisel sama värvuse, olenematult lähtevärvuste spektraalsest koosseisust.

Üksteise lähedal asuvad peened erineva värvusega jooned või punktid kutsuvad esile värvuste ruumilise segunemise, mispuhul tekib silmas ülalkirjeldatud seadustele vastavalt värvuseaisting.

Ruumilisel värvuste segamise printsiibil põhineb värvilise fotograafia rastermenetlus (vt. lk. 380).

Tabel 95

Mitmesuguste värvuste saamine aditiivsel teel

Segatavad värvused			Saadav värvus
—	—	—	Must
Punane	Roheline	Sinine	Valge
Punane	Roheline	—	Kollane
Punane	—	Sinine	Purpurne
—	Roheline	Sinine	Taevassinine
Punane	—	—	Punane
—	Roheline	—	Roheline
Punane	—	Sinine	Sinine
(nõrk)	Roheline (nõrk)	Sinine (nõrk)	Hall

Subtraktiivne värvuste tekitamise meetod

Subtraktiivne värvuste tekitamise meetod, mis põhineb nägemise kolmevärvilisuse teoorial nagu aditiivnegi, seisab valgest valgusest üksikute spektrivärvide lahutamises eriliselt valitud valgusfiltrite abil, mis neelavad lahutatavat värvust.

Vajalikkude värvuste saamiseks kasutatakse primaarvärvustele täiendvärvustes valgusfiltreid: taevassinist, purpurset ja kollast.

Nimetatud valgusfiltrid neelavad põhivärvuste kiiri, vastavalt punaseid, rohelisi ja siniseid, ning lasevad ülejäänud $^2/_3$ spektri kiirtest läbi.

Tabel 96

Spektrikiirte neeldumine ja läbilaskmine valgusfiltrites

Neelduv värvus	Kasutatava valgusfiltri värvus	Läbilastav värvus
Punane	Taevassinine	Roheline, sinine
Roheline	Purpurne	Punane, sinine
Sinine	Kollane	Punane, roheline

Subtraktiivse meetodiga on võimalik tekitada kogu looduses esinevat värvuste mitmekesisust (tabel 97), mis meie silmas segunedes kutsuvad esile vastavaid nägemisaistinguid.

Tabel 97

Mitmesuguste värvuste saamine subtraktiivsel teel

Kasutatavate valgusfiltrite värvus			Saadav värvus
Taevassinine	—	—	Taevassinine
—	Purpurne	—	Purpurne
—	—	Kollane	Kollane
—	Purpurne	Kollane	Punane
Taevassinine	—	Kollane	Roheline
Taevassinine	Purpurne	—	Sinine
Taevassinine	Purpurne	Kollane	Must
Taevassinine (nõrk)	Purpurne (nõrk)	Kollane (nõrk)	Hall

Värvilise fotograafia printsiibid

Värviliste fotode saamise protsess koosneb kolmest operatsioonist.

1. Värvuste eraldamine, s. t. pildistatavalt objektilt peegelduva valge valguse jaotamine kolme põhivärvuse kiirteks (punasteks, rohelisteks ja sinisteks). See saavutatakse pildistamisega pankromaatilistele fotomaterjalidele ja vastavate valgusfiltrite kasutamisega.

2. Vaheprotsessid, s. t. fotomaterjali ilmutamine ja vastav töötlemine.

Esimese kahe operatsiooni tulemusel saavutatakse «eraldatud värvustega» komponentnegatiivid ja -positiivid, milledel eri värvused on registreeritud pildistatava objekti antud osas teatava värvuse sisaldusega proportsionaalsete tumenemistega.

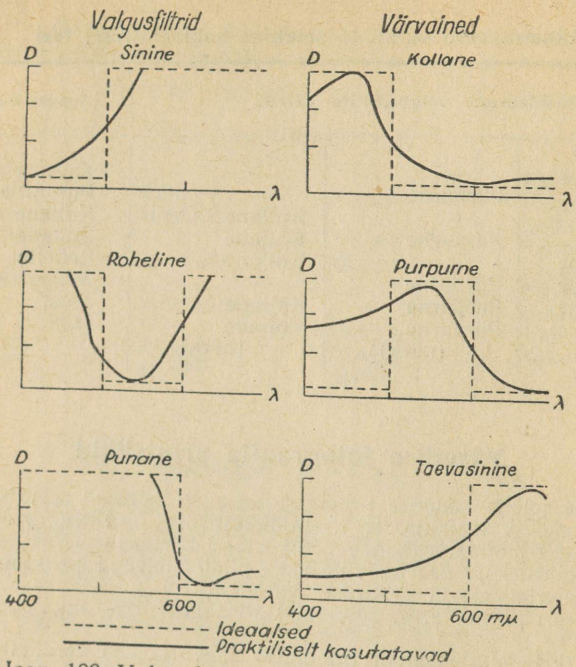
3. Sünteetilised protsessid, s. t. valmispildi saamine.

Mitmekihilisi fotomaterjale kasutades saadakse kõik kolm komponentnegatiivi üksteise peal asetsevatena, filmi kolmes kihis. Värvuste sünteesi teostatakse samuti üheaegselt kolmekihilisel filmil või värvifotopaberil, kõikidel teistel juhtudel valmistatakse kolm eri negatiivi ja positiivi, mis liidetakse ühel või teisel viisil.

Värvuste eraldamine ja värvuste sünteesi paljukihiliste fotomaterjalide abil annab kõige paremaid tulemusi.

Tuleb märkida, et olemasolevad värvilise fotograafia meetodid ei võimalda täpset objekti värvuste sünteesi; nad suudavad loomulikke värvusi edasi anda ainult umbkaudselt. See seletub peamiselt sellega, et puuduvad ideaalselt valgust neelavad valgusfiltrid ja värvained, mis on tingimata vajalikud objekti värvuste täpseks ülekandmiseks (joon. 189). Seepärast on olemasolevate meetodite puuduseks värvuste eraldamise ja värvuste taastekitamise protsesside ebatäiuslikkus.

Seejuures aga on võimalik värvuste eraldamise ja värvuste sünteesi juhiste täpsel jälgimisel valmistada värvilisele originaalile küllalt lähedasi koopiaid.



Joon. 189. Valgusfiltrite ja kujutise värvainete spektraalse neeldumise kõverad.

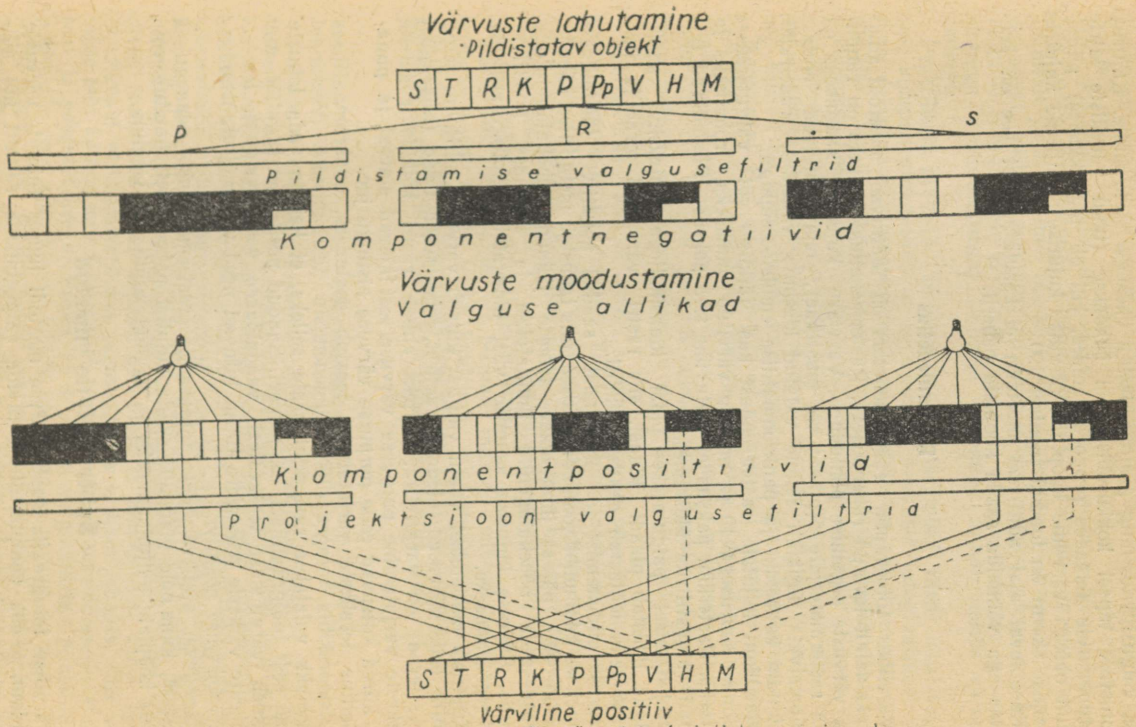
VÄRVILISE FOTOGRAAFIA MEETODID

Värviline fotograafia põhineb värvuste tekitamisel aditiivsel või subtraktiivsel teel. Seepärast jagunevad värvilise fotograafia meetodid aditiivseteks ja subtraktiivseteks.

Aditiivne meetod

Värvilise fotograafia aditiivne meetod seisneb järgnevas. Kolme valgusfiltri — sinise, rohelise ja punase — abil toimub pildistatava objekti värvuste eraldamine.

Kolmest komponentnegatiivist (mis on saadud pildistamisel sinise, rohelise ja punase valgusfiltriga) saadakse kopeerimisel must-valged diapositiivid. Need diapositiivid paigutatakse projektsioonilaternatesse, millede ees on pildistamisel kasutatud valgusfiltrite värvusele vasta-



Joon. 190. Aditiivsel meetodil värviliste kujutiste saamise skeem

vad valgusfiltrid, ning projitseeritakse üheaegselt ekraanile. Kujutise joonistuse täpsel kokkusobitamisel saadakse (tänu värviliste kiirte segunemisele samades proportsioonides, kui oli tegelikkuses) pildistatud objekti värviline koopia. Värvilise kujutise aditiivse kujutise saamise skeem on toodud joonisel 190.

Käesoleval ajal aditiivset meetodit ei kasutata, sest see on keerukas ega võimalda saada koopiaid paberil.

Rastermenetlus

Värvilise fotograafia rastermenetlus on aditiivse meetodi ainukeseks laialt levinud rakenduseks. Rastermenetluse aluseks on ruumiline värvuste segamise põhimõte. Värvilise kujutise saamiseks on vaja rastermaterjale (plaate või tasafilme), mis kujutavad endast läbipaistvat tugikihti sellele valatud kleepuva vahekihi, rasterkihi, veekindla kaitselaki ja pankromaatilise emulsioonikihiga.

Harilikult kujutab raster endast kas tärklise- või vaiguterakesi keskmise suurusega 10 μ, mis on värvitud punaseks, roheliseks ja siniseks. Rasterkihi paksus ei ületa ühe tera paksust. Rastriterad täidavad valgusfiltrite ülesannet.

Pildistamisel paigutatakse plaat klaasiküljega objektiivi poole. Valgus läbistab plaadi klaasi, siis rastri värvilised terad ja alles pärast seda mõjustab emulsioonikihti.

Pärast pildistamist ja ilmutamist saadud negatiivi töödeldakse happelises kaaliumbikromaadi lahuses, mis lahustab metallilise hõbeda, ei mõju aga pärast ilmutamist kihisse jäänud hõbehalogeniidile. Pärast seda hõbehalogeniid ilmutatakse ja saadakse positiivne kujutis. Säärase kujutise saamise viisi nimetatakse fotograafiliseks ümberpööramiseks.

Kujutise vaatlemisel vastu valgust kutsub värvuste aditiivne segunemine esile värvused, olenevalt sellest, missugused terad (missugust värvi terad) on varjutatud. Näiteks annab rastri kõikide roheliste terakeste varjutamine purpurse värvuse, sest läbivad sinised ja punased kiired kutsuvad esile purpurse värvuse aistingu jne.

Selline terakeste varjutamine teostub pealmises, pankromaatilises emulsioonikihis fotograafiliste tumenemiste tekitamisega. Veekindel kaitselakk valatakse rasterkihi peale selleks, et kaitsta seda lahuste toime eest fotograafilisel töötlemisel. Saadud positiivset kujutist, mis koosneb värvilistest terakestest, vaadeldakse vastu valgust. Rastriterakeste väikeste mõõtmete tõttu liituvad need vaatlemisel, moodustades värvilise positiivi.

Käesoleval ajal värvilise fotograafia rastermenetlusi peaaegu ei kasutata, kuna pole võimalik saada kujutist paberalusel, puudub võimalus koopiate paljundamiseks ja saadud kujutis on teraline.

Subtraktiivne meetod

Värvilise fotograafia subtraktiivse meetodi juures toimub värvuste eraldamine ehk komponentnegatiivide valmistamine samuti kui aditiivse meetodi juures; värvuste süntees sünnib subtraktiivse meetodi

juures erinevalt aditiivsest, võimaldades saada kujutise paberalusel. See seletub asjaoluga, et aditiivse meetodi juures saavutatakse värvuse tunnetamine varvuste optilise liitmise kaudu, subtraktiivse meetodi juures — värvuste lahutamise või värvainete segamise kaudu. Esimesel juhul on meil tegemist põhivärvustega — sinise, rohelise ja punasega, millede segamine annab aistingu valgest värvusest, teisel juhul — põhivärvuste täiendvärvustega — kollase, purpurse ja taevassinisega (siniroheliseg), millede segamine annab musta värvuse aistingu.

Praktiliselt saadakse värviline kujutis järgmisel viisil: must-valgetest komponentnegatiividest kopeeritakse tavalisel fotograafilisel teel must-valged komponentpositiivid, mis värvitakse antud negatiivi valgusfiltri täiendvärvuses, siis aga sobitatakse kolm ühevärvilist positiivkujutist kokku paberalusele või läbipaistvale filmile (joon. 191). Tulemuseks saadakse värviline kujutis, mille värvused on ligilähedased originaalile. Subtraktiivse meetodi suhteline lihtsus ja mõned teised eelised on põhjustanud selle laialdase leviku fotograafias.

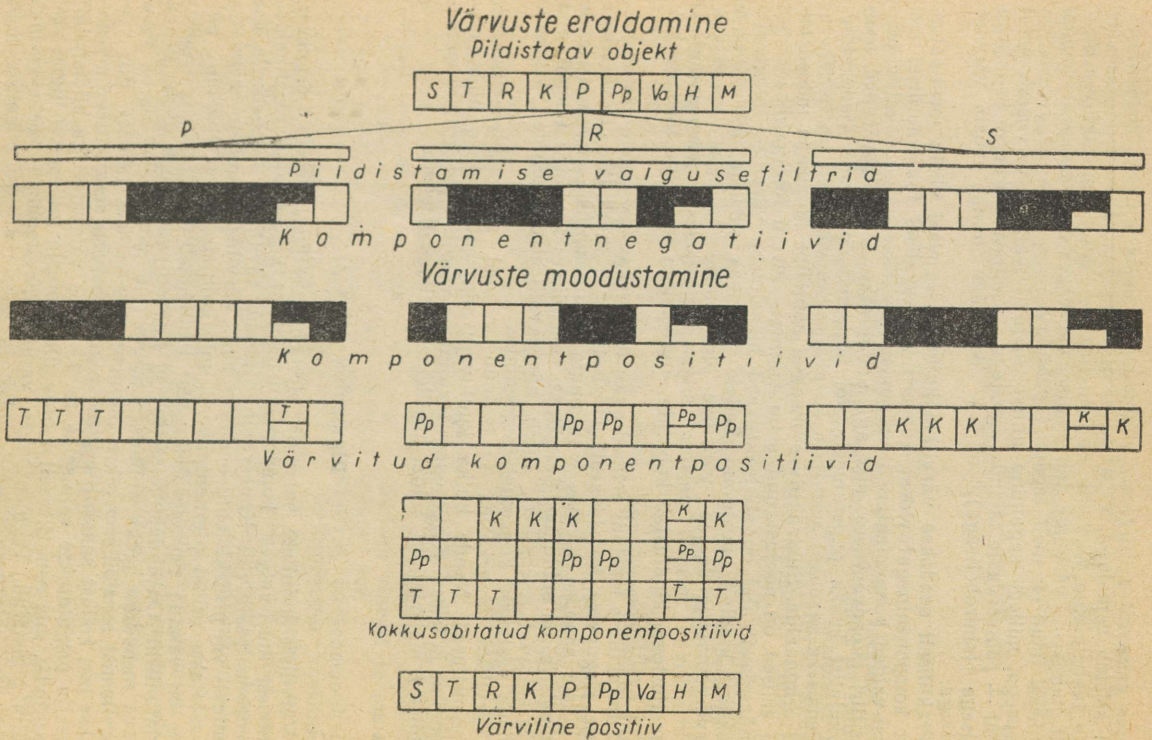
Käesoleval ajal on subtraktiivsed menetlused värvilise fotograafia praktikas kindlalt juurdunud. Sellele on kaasa aidanud mitmekihiliste värvifotomaterjalide ja värvilise ilmutamise protsessi leiutamine. Subtraktiivne meetod paistab silma mitmekesiste värvusesünteesi menetlustega, kindlustab koopiate suure hulga ja nende täiesti rahuldava kvaliteedi.

Subtraktiivse meetodi eelised saavad selgeks selle meetodi erimenetluste järgnevast kirjeldusest. Tuleb muidugi märkida, et värviliste kujutiste saamise lihtsus, vaatamata mitmekihiliste fotomaterjalide ilmumisele, on suhteline. Seepärast, rakendades ka kõige täiuslikumat subtraktiivset menetlust, tuleb kõrgekvaliteetsete piltide saamiseks omada vastavaid kogemusi ja teadmisi.

Värvilises fotograafias on levinud mitmed subtraktiivse meetodi erimenetlused. Nende hulka kuuluvad: pigmentmenetlus, hüdrotüüpmenetlus ja teised. Kõige enam levinud on värviline fotograafia mitmekihilistel materjalidel, mida käsitleme üksikasjalisemalt.

Pigmentmenetlus

Värviliste kujutiste saamine pigmentmenetlusel seisab järgnevas. Kolmest must-valgest komponentnegatiivist kopeeritakse must-valged komponentpositiivid. Kopeerimine toimub tavalisele fotopaberile kas kontakt- või projektsiooniseadmete abil. Värviliste kujutiste saamiseks kasutatakse erilist pigmentpaberit, mis kujutab endast tugikihti, millele on valatud peeneteralist vees lahustumatut värvainet sisaldav želatiinikiht. On endastmõistetav, et pigmentpaber peab olema kõnesoleva menetluse jaoks kollast, purpurset ja sini-rohelist värvi. Enne tarvitamist sensibiliseeritakse pigmentpaber erilises lahuses. Siis võetakse leht kollast sensibiliseeritud pigmentpaberit sensibiliseerimislahusest ja paigutatakse «sinisele» (s. t. sinise valgusfiltriga pildistatud) positiivile, mis asub klaasil kihiga ülespoole ja millest on liigne vesi välja pigistatud. Pigmentpaber vajutatakse hoolikalt vastu koopiat. Säärasesse olekusse jäävad paber ja koopia 10—15 minutiks. Selle



Joon. 191. Subtraktiivsel meetodil värviliste kujutiste saamise skeem.

aja jooksul toimub keemiline reaktsioon pigmentpaberis leiduva sensibiliseerimislahuse ainete ja fotokoopia metallilise hõbeda vahel. Selle tulemuseks on pigmentpaberi želatiinikihi vastavate kohtade parkimine. Edasi eraldatakse pigmentpaber koopiast ja teostatakse pigmentpaberil moodustunud pargitud želatiinilt kujutise ülekandmine tselluloidlehele.

Pigmentkoopia tuleks vee all paigutada vahatatud tselluloidile ja suruda hästi ligi. 10—12 minuti järel toimub pigmentkihi ilmutamine kuuma veega. Töötlemise ajal toimub parkimata želatiini lahustumine ja pigmentpaberi paberaluse eraldumine. Selle tulemusel jääb tselluloidile pargitud ja pigmendiga värvitud želatiinist värviline (kollane) kujutis.

Samal viisil saadakse purpurne ja sini-roheline kujutis. Seejärel toimub kujutiste ülekandmine tselluloidilt paberile.

Käesoleval ajal ei ole pigmentmenetlusel laialdast levikut. Selle praktiline tähtsus on säilinud ainult mõnedes tehnikaharudes.

Hüdrotüüp-menetlus

Hüdrotüüp-menetluseks nimetatakse värviliste kujutiste valmistamist värvitud želatiinreljeefidest kolmevärvitrüki teel.

Hüdrotüüp-menetlus on säilitanud oma tähtsuse kuni käesoleva ajani. Sel menetlusel värviliste kujutiste saamiseks on vaja komponentnegatiive. Edasi tuleb kopeerida matriitsid, neid töödelda, värvida ja teostada hüdrotüüpne trükkimine.

Hüdrotüüp-menetluse mitmesugustest variantidest on käesoleval ajal kasutamisel värviliste kujutiste saamise protsess pesemisreljeefilt, mis on valmistatud parkiva pleegitamisega.

Praegusaegne värviliste kujutiste valmistamise hüdrotüüpne protsess seisab järgnevas.

Komponentnegatiivid kopeeritakse erilisele matriitsfilmile, mis kujutab endast tselluloidalust tartratsiini sisaldava hõbehalogeniidi valgustundliku kihiga. Tartratsiini lisatakse emulsioonile selleks, et saada teravamaid kujutisi, sest kihi värvumise tõttu on valguse hajumine kihis takistatud. Kopeerimine toimub filmi tselluloidküljelt.

Matriitsfilm ilmutatakse pärast kopeerimist harilikus ilmutis ja pestakse seejärel 8—10 minuti kestel jooksvas vees.

Saadud hõbekujutist töödeldakse parkivas pleegitajas, mis koostatakse varulahustest.

Varulahus nr. 1.

Ammooniumbikromaat		10 g
Väävelhape (kontsentr.)		2 cm³
Vesi	kuni	500 cm³

Varulahus nr. 2.

Naatriumkloriid		25 g
Vesi	kuni	500 cm³

Töötlemine toimub 5 minuti jooksul järgmises töölahuses:

Varulahus nr. 1	50 cm³
Varulahus nr. 2	50 cm³
Vesi	kuni 300 cm³

Lahuse temperatuuriks on 18° C.

Töötlemise käigus pargitakse želatiini neid kohti, kus leidub metallilist hõbedat. Pleegitatud matriitsfilmi pestakse 4—5 vahetuses kuumas vees (45—50°), igaühes 1 minut.

Pärast parkimata želatiini väljapesemist loputatakse saadud reljeefi vees ja kinnitatakse 1—2 minutit järgmise koostisega kinnitis:

Naatriumtiosulfaat (krist.)	250 g
Naatriumsulfit (veevaba)	15 g
Äädikhape (28% lahus)	50 cm³
Boorhape	8 g
Kaalium-alumiiniummaarjas	15 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kinnitatud matriits pestakse jooksvas vees ja kuivatatakse.

Kuivatatud maatriitsid värvitakse värvainete vesilahustes, milledele on lisandatud äädikhapet.

Matriitside värvimine toimub järgmistes lahustes:

Kollaseks

(kujutise jaoks, mis saadud sinise valgusfiltriga pildistamisel)

Tartratsiin	40 g
Äädikhape	20 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Värvimise kestus 1,5—2 minutit.

Purpurseks

(kujutise jaoks, mis saadud rohelise punase valgusfiltriga)

Asofuksiin	2 g
Äädikhape	10 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Värvimise kestus 3—4 minutit.

Taevassiniseks

(kujutise jaoks, mis saadud pildistades punase valgusfiltriga)

Ksüleen-taevassinine	4 g
Äädikhape	10 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Värvimise kestus 3—4 minutit.

Värvitud matriitse pestakse nõrgalt äädikhappega hapustatud vees (0,5%), et eemaldada reljeefi pinnale jäänud värvaine, ning seejärel kuivatatakse (kuivamise ajal äädikhape lendub matriitsilt). Pärast seda alustatakse hüdrotüüpset trükkimist.

Trükkimisel võib kasutada ükskõik millist siledat valget paberit, mis kaetakse želatiinikihiga ja pargitakse 0,5%-lises kroommaarjalahuses 5 minuti jooksul. Sääraselt ettevalmistatud paberit leotatakse 1 minut hapus saponiinilisandiga vees.

Äädikhape	10 cm³
Saponiin	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Saponiini lisandatakse ühtlasemaks märgumiseks. Niisutatud paberi želatiinikihi vastu pannakse värvitud purpurne matriits, reljeefiga vastu paberi želatiinikihti, rullitakse liigi, kaetakse klaasiga ja paigutatakse surve alla.

Sel ajal kui matriits on vastu paberit surutud, toimub värvaine üleminek reljeefilt paberi želatiinikihti.

Kuna reljeefi paksus on 5—7 korda väiksem paberi paksusest ning et paberi želatiinikihis leidub äädikhapet ja reljeefis seda ei ole, läheb peaaegu kogu värvaine reljeefilt üle želatiinikihti (värvaine absorbeerimine hapu keskkonna poolt). Kontakti kestus on 10—15 minutit.

Peale kontakti lõpetamist eraldatakse matriits paberist ja selle vastu rullitakse taevassinise kujutisega matriits (enne seda sobitatakse purpurse ja taevassinise kujutised täpselt kokku). Samal viisil toimub trükkimine kollasest matriitsist.

Saadud värviline kujutis kuivatatakse.

Hüdrotüüp-menetlus võimaldab valmistada hulga värvilisi koopiaid. Ühe matriitsikomplekti abil saab teha 20—25 värvilist koopiat. Iga uue koopia jaoks tuleb matriits uuesti värvida.

Hüdrotüüpsel viisil saadud värviliste kujutiste kvaliteet on väga hea ja need võivad võistelda ükskõik millisel muul teel saadud kujutistega.

On võimalik, et hüdrotüüp-menetlus ka tulevikus ei kaota oma tähtsust. Kujutise värvainete valguskindlus muudab hüdrotüüpia paljudel juhtudel asendamatuks meetodiks.

Toonimismenetlus

Värviliste kujutiste valmistamine toonimismeetodil põhineb komponentpositiivides sisalduva metallilise hõbeda asendamisel ainega, mille värvus on täiendvärvuseks pildistamisel kasutatud valgusfiltri värvusele.

Toonimismenetluse rakendamiseks on vaja eralduva emulsioonikihiga positiivmaterjale.

Kopeerimine toimub tavaliste värvieraldamisreeglite järgi valmistatud komponentnegatiividest. Värviliste kujutiste saamise tehnika on järgmine: kolmest komponentnegatiivist kopeeritakse kas kontakti või projektsioonilisel teel eralduva kihiga fotomaterjalile positiivid.

Pärast tavalist fotograafilist töötlemist toonitakse saadud komponent-positiivid vastavates toonimislahustes. Seejärel kantakse kolm kujutist jäädavale alusele.

Kirjeldatud meetoditest on praegusel ajal mõningal määral levinud ainult hüdrotüüp-menetlus.

VÄRVILINE FOTOGRAAFIA MITMEKIHILISTE MATERJALIDE KASUTAMISEGA

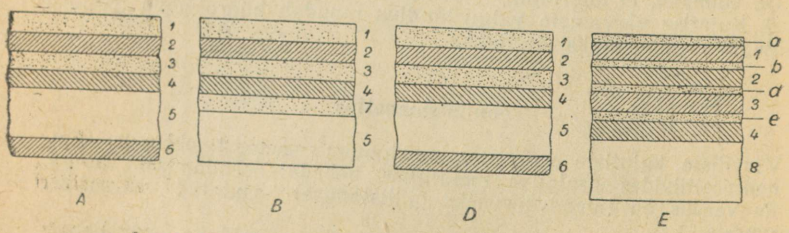
Käesoleval ajal on kõige levinumaks värviliste kujutiste saamise viisiks fotograafia mitmekihiliste materjalide ja värvilise ilmutamise rakendamisega. See menetlus põhineb värvilise fotograafia subtraktiivsel meetodil.

Värvilises fotograafias mitmekihiliste fotomaterjalide kasutamisega on küllaltki lihtsalt lahendatud paljundamise ja ühtlase kvaliteediga värviliste koopiate saamise küsimus, kusjuures värvilise fotograafeerimise protsess praktiliselt ei erine harilikust pildistamisest. See on põhjustanudki kõne all oleva meetodi laia leviku, vaatamata protsessi mõnedele puudustele ja raskustele.

Käesoleval ajal on värviline fotograafia mitmekihilistel materjalidel välja tõrjunud kõik varem kasutatud meetodid. Seepärast on järgnevas osas pandud pearõhk selle menetluse kirjeldamisele, mis hakkab tungima isegi teaduse ja tehnika mitmesuguste valdkondade praktikasse.

Värvifotomaterjalide ehitus

Värvilise kujutise saamiseks värvilise fotograafia mitmekihiliste materjalide rakendamise meetodil on vaja erilisi värvifotomaterjale: negatiivfilmi, ümberpööramisfilmi, positiivfilmi või pabereid «Fotocvet».



Joon. 192. Värviliste fotomaterjalide ehituse skeem:
A — negatiivfilm; *B* — ümberpööratav film; *D* — positiivfilm; *E* — fotopaber; *1* — pealmine sensibiliseerimata emulsioonikiht; *2* — filterkiht; *3* — keskmine ortokromaatiline kiht; *4* — alumine pankromaatiline emulsioonikiht; *5* — tselluloid; *6* — valgustara-vastane kiht (roheline); *7* — valgustara-vastane kiht (pruun); *8* — tugikiht (paber); *a* — želatiin-kaitsekiht; *b, d, e* — želatiin-vahekihid.

Värvifotomaterjalid erinevad must-valgeist oma koostise ja ehituse poolest, omavahel aga erinevad nad ainult detailides (joon. 192).

Värvifotomaterjalidel on kolm erineva värvustundlikkusega emulsioonikihti: pealmine kiht — sensibiliseerimata, tundlik sinisele valgusele; keskmine — ortokromaatiline, tundlik sinisele ja rohelisele valgusele; alumine — pankromaatiline, tundlik punasele ja sinisele valgusele. Keskmise ja alumise kihi kaitsmiseks sinise valguse kahjuliku mõju eest on pealmise ja keskmise kihi vahele valatud kollane filterkiht, mis koosneb kolloidhõbedast želatiinis.

Kihtide erinev spektraalne tundlikkus kindlustab negatiivide kihtides komponentnegatiivide ja positiivse fotomaterjali kihtides komponentpositiivide saamise.

Emulsioonikihid sisaldavad värvaineid tekitavaid erilisi aineid, mida nimetatakse värvilisteks komponentideks. Pealmises kihis tekitab värviline komponent pärast ilmutamist kollase värvaine, keskmises kihis — purpurse värvaine, alumises kihis — taevassinise värvaine.

Filmi tagakülg on alumises kihis valgustarade ärahoidmiseks kaetud oreoolivastase kihiga. Oreoolivastane kiht kaotab oma värvuse ilmutusprotsessis.

Värvifotomaterjalide iseloomustus

Praegusajal saab värvifotomaterjalide omadustest rääkida ainult tinglikult, sest värviline sensitomeetria on alles väljatöötamise ja täiustamise staadiumis.

Toodetavate värvifoto-negatiivmaterjalide omadusi iseloomustavad järgmised parameetrid.

Valgustundlikkus

Negatiivfilmide üheks peamiseks iseloomustajaks on valgustundlikkus. Madal valgustundlikkus piirab tunduvalt värvifotomaterjalide kasutamise võimalusi. Kolme emulsioonikihi olemasolu, millest igaühel on erinev valgustundlikkus, tingib sellise paigutuse, et elementaarkihtide praktiline valgustundlikkus oleks umbkaudu ühesugune (arvesse võttes pealmistes kihtides neelduvat valgust). Negatiivfilmi erinevate kihtide valgustundlikkuse näitajate erinevus ei tohi olla suurem kui 2,5.

Ebasobivais tingimusis pikema säilitamise puhul toimuvad alumises ja keskmises kihis valgustundlikkuse muutused, põhjustades loorituse suurenemist ja rikkudes värvuste tasakaalu.

Kontrastsus

Kontrastsusel on suur tähtsus pildistatava süžee värvuse õigele ülekandele, sest iga emulsioonikihi kontrastsustegur peab olema sama või siis väikese erinevusega, mis ei ületa negatiivfilmil 0,15 ja positiivfilmil 0,4. Toodetavate negatiivfilmide kontrastsus on 0,6—0,9, positiivfilmidel — 1,9.

Fotograafiline ulatus

Värvifotomaterjalidel on tavaliselt väiksem fotograafiline ulatus kui must-valgetel, mis põhjustab pildistatava objekti ebaõige värvuste sünteesi, sel juhul kui süžee valgustuses esineb järske üleminekuid.

Värvuste tasakaal

Ideaalsel värvifotomaterjalil peaksid kõigil kolmel kihil olema ühesugused fotograafilised omadused. Värvifotomaterjalide valmistamise tehnoloogilise protsessi keerukus ei võimalda seni kõigis kolmes kihis täiesti ühesuguste fotograafiliste näitajate saamist. See puudutab valgustundlikkust ja kontrastsust. Kui valgustundlikkuse ja kontrastsuse näitajad on igas kihis võrdsed, siis võiks saada õige värvusesünteesiga kujutise. Tavaliselt on aga mõne kihi valgustundlikkus kõrgem, mille tõttu kujutis saadakse mõne domineeriva värvusega. Näiteks põhjustab alumise kihi kõrgem valgustundlikkus selles kihis tugevama kujutise tekkimise kui keskmises ja pealmises kihis, mis üldkokkuvõttes annab negatiivile (või koopiale) taevassinise värvingu. Keskmise ja pealmise kihi tundlikkuse domineerimine alumise kihi suhtes annab kujutisele punase varjundi (segu purpursest ja kollasest).

Mida teravamalt on väljendatud kujutise üldine värviline toon, seda kõrgem on vastava kihi valgustundlikkus ja seda halvemini on fotomaterjal tasakaalustatud üksikute värvuste suhtes.

Värvuste tasakaalu puudumisel jääb kujutisel domineerima üks või teine värvivarjund, mis ilmub üksikute kihtide valgustundlikkuse tasakaalu puudumise või üksikute kihtide kontrastsuse näitajate ühtsuse puudumise tõttu. Värvuste tasakaal on värvifotomaterjalide põhiliseks iseloomustajaks. Negatiivfilmidel domineerib tavaliselt purpurne varjund.

Looritus

Mitmekihilisuse tõttu ja samuti selle tõttu, et kihid on mitmevärvilised, on värvifotomaterjalidel looritus kõrgem kui must-valgetel. Tuleb märkida, et värvifotomaterjalidel on praktiliselt võimatu saada kujutist must-valgele kujutisele võrdse looritusteguriga.

Negatiivfilmide juures looritustegur ei ületa 0,35.

Värvifotomaterjalide liigid

Värvifotomaterjale toodetakse film- ja paberalusel. Värvifotograafia filmid jagunevad vastavalt oma ülesandeile omakorda negatiivseiks, positiivseiks ja ümberpööratavaiks.

Negatiivfilm

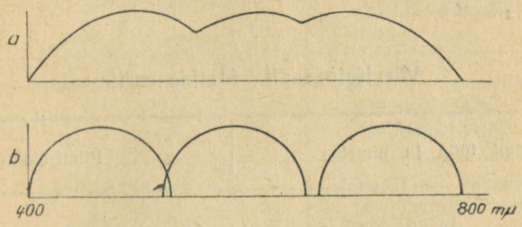
Negatiivfilm on määratud värvuse eraldamiseks. Negatiivfilmi toodetakse 35 mm perforeeritud filmina kaameratele «FED», «Zorki», «Sport», «Kiiev» jt. ning rull- ja tasafilmina.

Olenevalt valgustusest, mille juures negatiivfilmi tuleb kasutada, jagunevad need päevavalgusfilmideks (ДС) ja kunstvalgusfilmideks, s. o. pildistamiseks hõõglampide valgusel (ПС).

Esimesel juhul on filmil kõrgendatud tundlikkus punaste kiirte suhtes, teisel — siniste kiirte suhtes, sest neid kiiri ei ole pildistamiseks kasutatava valgusallika valguses küllaldaselt.

Negatiivfilmid omavad valgustundlikkuse kogu nähtava spektri kiirte suhtes, tähtsusetu lüngaga rohelises tsoonis (joon. 193).

Valgustundlikkust kõikide spektraalkiirte suhtes on vaja värvuste õigeks eraldamiseks.



Joon. 193. Värviliste fotomaterjalide spektraalne valgustundlikkus:
a — negatiivfilmil; *b* — positiivmaterjalidel.

Positiivfilm

Positiivfilm on määratud värvuste sünteesiks värvilistest negatiividest kontakt- või projektsioonkopeerimise kaudu. Positiivfilmi toodetakse samades formaatides kui negatiivset.

Värvifotograafia positiivfilmide valgustundlikkus ei erine vastavate must-valgete sortide valgustundlikkusest. Positiivfilmidel on spektraalne valgustundlikkus kogu nähtavale spektrile, väikese lüngaga kolla-rohelises osas (580—600 mμ), mis võimaldab töötlemisprotsessis rakendada vastavaid valgusfiltreid (vt. joon. 193).

Ümberpööratav film

Värvifotograafia ümberpööratav film on määratud unikaalse positiivse kujutise saamiseks.

Olenevalt otstarbest toodetakse kahte liiki ümberpööratavaid filme:

1) pildistamiseks päevavalguses;
2) pildistamiseks kunstlikus valguses.

Liikide erinevus on analoogiline negatiivfilmide omaga. Ümberpööratavad filmid nõuavad erilist töötlemisrežiimi ja -retseptuuri.

Toodetava ümberpööratava filmi formaadid vastavad negatiivfilmi omadele.

Värvifotograafia ümberpööratavate filmide spektraalne valgustundlikkus on samasugune kui negatiivfilmidel.

Asjaolu, et ümberpööratava filmi kasutamisel saadakse kujutis ainult ühes eksemplaris, piirab selle materjali kasutamist ja nõuab pildistamistingimuste ja fotograafilise töötlemise reeglite ranget järgimist.

Ümberpööratavat filmil saadud diapositiivid annavad filmoskoobi või epidiaskoobiga vaatlemisel selged, mahlakad värvused.

Tabel 98

Värvifotograafia filmide sortiment

Filmi tüüp ja nimetus	Filmi otstarve
I. Negatiivfilmid	
Värviline kino-negatiivfilm ДС, 35- ja 16-mm	Filmimiseks päevavalgusel
Värviline kino-negatiivfilm ПС, 35- ja 16-mm	Filmimiseks hõõglampide valgusel
«FED» — värviline negatiivfilm ДС	Pildistamiseks päevavalgusel
«FED» — värviline negatiivfilm ПС	Pildistamiseks hõõglampide valgusel
Värviline negatiiv-rullfilm ДС	Pildistamiseks päevavalgusel
Värviline negatiiv-rullfilm ПВС	Pildistamiseks hõõglampide valgusel
Värviline negatiiv-tasafilm ДС	Pildistamiseks päevavalgusel
Värviline negatiiv-tasafilm ПВС	Pildistamiseks hõõglampide valgusel

Filmi tüüp ja nimetus	Filmi otstarve
II. Positiivfilmid	
Värviline kinopositiiv, 35-mm	Värviliste filmikoopiate valmistamiseks
«FED» — värviline positiivfilm	Värviliste koopiate kontaktkopeerimiseks väikekaamerate «FED» värvilistest negatiividest
Värviline positiiv-rullfilm	Värviliste positiivide kontaktkopeerimiseks värvilistest rullfilminegatiividest
Värviline positiiv-tasafilm	Värviliste positiivide kontakt- ja projektsioonkopeerimiseks värvilisest tasafilmist, rullfilmist ja «FED»-tüüpi väikekaamerate negatiividest
III. Filmid kontratüüpide valmistamiseks	
Värviline ümberpööratav topelt-negatiiv-kinofilm, 35-mm	Vahetuks värvilise kontratüüpi negatiivi valmistamiseks originaalnegatiivist

Tabel 99

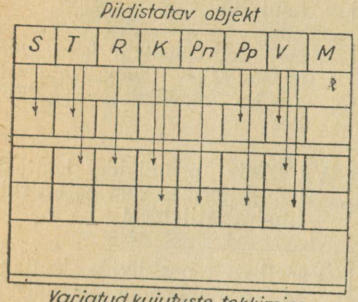
Toodetavate värvifotofilmide fotograafilised iseloomustused

Filmi tüüp	Fotograafilised iseloomustused				
	S (GOST-ühikutes)	D max	γ	D_0 (mitte kõrgem kui)	R (joonte arv millimeetris)
Negatiivfilmid	16—22	2,0	0,6—0,85	0,35	30—35
Positiivfilmid	1—2	2,5	mitte alla 1,9	0,25	60
Filmid kontratüüpide valmistamiseks	1—2	—	1,2—1,3	0,30	60

Värvifotopaber

Fotopaberit värvilistest negatiividest värviliste koopiate valmistamiseks toodetakse kodumaises tööstuses nimetuse «Fototsvet» all.

Paber «Fototsvet» kõlbab nii värviliseks kontakt- kui ka projektsioonkopeerimiseks ja seda valmistatakse kartongalusel, läikiva ja struktuurse pealispinnaga. Paberi «Fototsvet» paberalus on kõrgema kvaliteediga ja väga valge, mis kindlustab kujutise värvitoonide puhtuse.



Joon. 194. Värvilise negatiivi saamise skeem.

Paberi ehitus erineb positiivfilmi ehitusest selles, et emulsiooni- ja filterkihtide vahel asetsevad želatiin-vahekihid; samasugune kiht on valatud ka pealmise kihi peale.

Paberi «Fototsvet» tundlikkus ületab must-valgete paberite tundlikkuse 2—3 korda. Paberi kontrastsus kõigub 1,5 ja 2,5 vahel. Paberi «Fototsvet» looritus on veidi kõrgem kui must-valgetel paberitel, kuid tunduvalt madalam kui mitmekihilistel filmidel. Värvifotopaberite looritus on värviline ja see on selgesti märgatav ilmutatud koopia valgustamata äärtel.

Paberi «Fototsvet» spektraalne tundlikkus on samasugune kui positiivfilmil.

Paberit toodetakse järgmistes formaatides: 6×9; 9×12; 10×15; 13×18; 18×24; 24×30; 30×40; 40×50 cm.

Piiratud koguses toodetakse fotopaberit ilma filterkihita, mille ülesannet täidab vastavasse vahekihti lisatud kollane värvaine.

Kavatsetakse hakata tootma kontrastset paberit «Fototsvet», millel on kõrge värvusekontrastsus ja mis tõstab tunduvalt kujutise värvuste küllastusastet.

Pildistamine värvifotomaterjalidele

Värvifotomaterjalidele pildistamisel toimub värvuste eraldamine kusjuures kõigis kolmes negatiivmaterjali kihis saadakse vastava spektraalse tsooni kujutis. Pealmises (sensibiliseerimata) kihis tekib kujutis sinisest spektriosast; keskmises kihis (ortokromaatilises) — kujutis spektri rohelisest osast, sest kihile langevad rohelised ja

punased kiired (siniseid kiiri takistab esimese ja teise kihi vahel asetsev kollane filterkiht); kiht ei ole aga tundlik punastele kiirtele, seepärast registreerib see ainult rohelisi kiiri. Viimane fotomaterjali kiht (pankromaatiline) võib saada nii punaseid kui ka rohelisi kiiri, kuid kiht on tundlik ainult punastele kiirtele, seepärast kutsub ainult see spektriosa esile fotograafilise efekti. Skemaatiliselt on erisuguste kiirte toime negatiivfilmi eri kihtidele näidatud joonisel 194.

Objektiivid

Värviliselt võib pildistada kõikide kaasajal toodetavate fotokaameratega.

Soovitatav on seejuures, et aparaadi objektiivil oleks hea üldine ja kromaatiline korrektsioon, sest värvilise kujutise moodustamisest võtavad osa nähtava spektri kõik kiired.

Soovitatav on tarvitada nn. sinist optikat, mis vähendab valguse peegeldumistegurit ja seega ühtlasi suurendab objektiivi efektiivset valgusjõudu. Peale selle võimaldab sinine optika, tingitult valivast neeldumisest, parandada värvusülekannet teatavates spektriosades.

Värviliseks pildistamiseks võib soovitada järgmisi objektiive-anastigmaate: «Industar-10», «Industar-22» ja kogu «Jupiteri» seeriat.

Värvifotograafia negatiivmaterjalid

Värviliseks pildistamiseks kasutatakse negatiivfilmi ja ümberpööratavat filmi. Seejuures, vastavalt valgustustingimustele, rakendatakse päevavalgusfilmi ДС või kunstvalgusfilmi ПС. Tuleb märkida, et värvifilmi ДС võib hea eduga kasutada nii päeva- kui ka kunstlikus valguses. Värvifilmi ПС kasutatakse ainult kunstlikus valguses. Vastasel juhul tekivad värviülekandes kopeerimisel kõrvaldamatud vead.

Pildistamiseks ümberpööratavale filmile saab kasutada ainult valgustusele vastavat materjali.

Et olla heades tulemustes täiesti kindel, selleks proovitakse sagedasti filmipartiid praktiliselt, sest filmi juures esineb mõnikord tugev värvuste ebatasakaal, mida pole võimalik kopeerimisel kõrvaldada.

Eriti soovitatav on kontrollimine pildistamisel ümberpööratavale filmile, sest siin puudub kopeerimisprotsess.

Pildistamis-valgusfiltrid

Valgusfiltrid on määratud selleks, et muuta pildistamisel valguse spektraalne koosseis normaalseks ja antud filmitüübile vastavaks.

Hõõglampidega valgustatud objektide pildistamisel päevavalgusefilmile põhineb valgusfiltrite kasutamine valgustuse ühtlustamisel. Päevavalguse-negatiivfilmile pildistamisel kasutatakse paljudel juhtudel taevassinist valgusfiltrit, mis neelab hõõglampide valguses leiduvaid punaseid kiiri, mida seal on palju enam kui siniseid. Taevassinise valgusfiltri tarvitamine pildistamisel kergendab korrigeerimist värviliste koopiate valmistamisel.

Valgusfiltreid tuleb aga kasutada ainult sel juhul, kui pildistamine ilma filtrita ei anna soovitud tulemusi.

Valgusfiltriga pildistamise vajaduse puhul soovitatakse kasutada järgmisi valgusfiltreid: 1) taevassinine valgusfilter CC-1 (Izjumi tehase toode); 2) taevassinine korrigeerimis-valgusfilter, tihedusega 40—50%.

Valgusfiltritega pildistamine toimub nagu harilikul filtritega pildistamisel ning on seotud säriaja pikendamisega umbes 4—5 korda.

Pildistamisel ümberpööratavale filmile eelnimetatud filtreid ei kasutata. Ümberpööratavate filmide jaoks on olemas terve rida valgusfiltreid, mis on arvestatud igasuguste pildistamisjuhtude jaoks (tabel 100).

Tabel 100

Kompenseerivate valgusfiltrite kasutamine ümberpööratavate filmide juures

Valgusfiltri otstarve	Mark	Värvus	Säritustegur
Pildistamiseks filmile ПС väljas	K-19	Oranž	4
Pildistamiseks filmile ДС hommikul või õhtul	K-28	Hele-taevassinine	1,5
Pildistamiseks filmile ДС mägedes (kõrgemal kui 2000 m üle merepinna)	K-29-C	Värvusetu	1,5
Pildistamiseks filmile ДС magneesiumi valgusel	K-31	Kollane	2,0
Pildistamiseks filmile ПС tugevate hõõglampide või välklampide valgusel	K-32	Helekollane	1,5
Pildistamiseks filmile ДС ruumides või filmile ПС kaarlampidega (mikrofotograafias)	K-33-A	Taevassinakas, roosa	1,3

Valgusfiltri otstarve	Mark	Värvus	Säritus-tegur
Pildistamiseks filmile ДС väljas, ilma päikeseta	K-34	Roosa	2
Pildistamiseks filmile ДС suure võimsusega hõõglampide kasutamisel	K-69	Taevassinine	5

Ümberpööratavale filmile pildistamisel kasutatakse kompenseerivaid valgusfiltreid ainult äärmistel juhtudel ja suure ettevaatusega, sest nende oskamatu kasutamine võib parandamise asemel värvuste tasakaalu rikkuda.

Kasutatavate valgusallikate valguse iseloomustus

Nagu eespool öeldud, jagunevad valgusallikad loomulikeks ja kunstlikeks. Loomulikuks valgusallikaks on päike. Kunstlike valgusallikate hulka kuuluvad elektrihõõglamp, elektrikaarlamp, magneesiumi-välkvalgus, gaasilamp jne.

Tabel 101

Valgusallikate võrdlev toime värvifotomaterjalidele
(Päikesevalguse toime on võetud ühikuks)

Valgusallikad	Filmi kihid		
	Sensibiliseerimata (pealmine)	Ortokromaatiline (keskmine)	Isopankromaatiline (alumine)
Hõõglamp	0,6	0,7	0,8
Kaarlamp	1,3	1,1	1,0
Keskpäevane päikesevalgus	1,0	1,0	1,0

Fotopraktikas kasutatavad loetletud valgusallikad erinevad valgusvoo tugevuse ja selle spektraalse koosseisu poolest, mis võib muutuda, olenevalt olukorrast, milles valgusallikas asub. Näiteks muutub päikesevalguse spektraalne koosseis olenevalt päevaajast: hommikul päikesetõusul ja õhtul päikeseloojangul sisaldab valgus palju pikalainelisi kiiri, mis annab pildistatavale objektile vastava värvuse.

Värvilisel pildistamisel on kõige soodsam kasutada päikesevalgust. Elektrilambi kiirguse iseloom oleneb pingest ja võimsusest. Pinge lan-

Tabel 102

Mitmesuguste valgusallikate kiirguse valgusenergia spektraalne jagunemine

Valgusallikad	Protsentides üldisest valguse kiirgusest		
	siniseid	rohelisi	punaseid
Neoonlamp	0,3	4,2	95,5
Elektrilamp metallist hõõgniidiga	13,0	24,5	62,5
Gaasiga täidetud elektrilamp, suure võimsusega	17,0	27,5	55,5
Kaarlamp	21,5	30,0	48,5
Elavhõbedalamp	23,0	70,5	6,5
Keskmine päevavalgus	33,3	33,3	33,3
Otsene päikesevalgus	39,0	34,0	27,0

Tabel 103

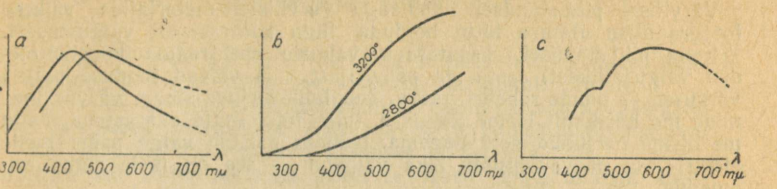
Mõnede valgusallikate värvustemperatuur

Valgusallikad	Värvustemperatuur (absoluutse skaala kraadides)
Elektrilamp, süsi-hõõgniidiga	2080
Elektri-vaakuumlamp metall-hõõgniidiga	2450
Gaasiga täidetud elektrilamp, väikese võimsusega (kuni 100 W)	2700
Gaasiga täidetud elektrilamp, suure võimsusega (alates 100 W)	3000
Magneesiumivalgus	3650
Keskmine päikesevalgus	5000
Kaarlamp	5600—6500
Pilves taeva valgus	6400—6900
Sinise taeva valgus	19000—24000

gus toob kaasa siniste kiirte sisalduse languse. Sama toimub valgusallika võimsuse vähendamisel.

Valgusallikatest kiirguvat valgusenergiat võib iseloomustada veel energia spektraalse jagunemise kõverate kaudu, mis on toodud joonisel 195, või selle värvustemperatuuriga.

Värvustemperatuur iseloomustab kiirguse valgusenergia spektraalset jagunemist. Mida madalam on värvustemperatuur, seda enam



Joon. 195. Mitmesuguste valgusallikate energia jagunemine:
a — päevavalgus (pidev joon — keskpäevane päike; punktiir — põhjapoolse taeva päevavalgus); *b* — elektrivalgus; *c* — kaarlambivalgus.

sisaldab kiirguv valgus pikalainelisi kiiri ja vastupidi. Tuleb meeles pidada, et valgusallikate valguse spektraalne koosseis mõjutab väga suurel määral esemete värvust.

Valgustustingimused ja värvilise pildistamise iseärasused

Filmide värvuste tasakaal on valitud vastavalt optimaalsele valgustustingimustele. Päevavalgusfilmid on arvestatud keskmisele päevasele valgusele, kunstvalgusfilmid — hõõglampide valgusele värvustemperatuuriga 2800°. Seepärast tuleb üht või teist liiki filmi kasutades lähtuda konkreetseist valgustustingimustest.

Pildistades värvifotomaterjalidele päevavalguse tingimustes, ei ole tingimata vaja arvestada mitte ainult valgustuse tugevust, vaid ka selle spektraalset koosseisu, mis sõltub päeva- ja aastaajast ning ilmastikuoludest.

Hommiku- ja õhtutundide valgust iseloomustab, võrreldes keskpäeva tingimustega, rohke kollaste ja punaste kiirte sisaldus, kusjuures õhtul on nende sisaldus suurem kui hommikul. Seepärast jäävad koopiatel (pildistades hommikul või õhtul) domineerima kollased-punased varjundid.

Ka keskpäevasel valgusel on värvilise fotograafia suhtes iseärasusi. Keskpäevane valgus sisaldab varjus vähe kollaseid-punaseid kiiri, domineerivad sinised kiired. Pildistamine sellistes tingimustes annab lõpptulemuseks positiivi, millel domineerivad sinakad varjundid.

Kui must-valges fotograafias luuakse mulje kujutise vastavusest pildistatavale objektile valguse-varju kontrasti arvel, siis värvilises fotograafias saavutatakse üldmulje samal viisil ja pildistatava objekti üksikute osade värvusekontrasti arvel.

Värviline fotograafia, samuti nagu must-valge fotograafia, põhineb pildistatavalt objektilt peegelduva valguse fotokeemilisel mõjul valgustundlikule materjalile, sest värvuse kvalitatiivne tunnetamine inimsilma poolt oleneb mõjuva valguse hulgast.

Seepärast on värviisel pildistamisel kujutise värvuste ereduse saavutamiseks vaja peamiselt just tugevat valgusallikat. Mida tugevam on valgusallikas, seda mahlakamad ja küllastunumad on värvused. Nõrk valgustus annab pildistamisel tavaliselt nõrkade värvidega lameda koopia.

Värvilisel pildistamisel tuleb aga värviliste materjalide väikese fotograafilise ulatuse tõttu hoiduda liiga kontrastsest valgustusest. Kuna pildistamiseks kasutatava valguse spektraalne koostis oleneb valgusallikast, aasta- ja päevaajast, siis võivad looduse paljud värvused — puude rohelus, taeva, vee, lumevarjude sinine värvus jne., mida me harilikult loeme jäävaiks, tulla fotol mitte säärastena, nagu me oleme harjunud neid nägema. Näiteks paistab valge paber meile elektri- või päevavalguses ikka valgena — see on meie silma eriomadus.

Värvifotomaterjal «näeb» kõike «objektiivselt» ja esimesel juhul tuleb paber kollane, teisel juhul — sinise varjundiga. See kõik räägib sellest, et pildistamisel tuleb arvesse võtta kasutatava valgustuse spektraalset koostist.

Kuigi värvilise pildistamise tehnika ei erine must-valgest pildistamisest, on sellel terve rida iseärasusi, mis on omased ainult värvilisele pildistamisele.

Need iseärasused on järgmised:

1) segatud valgustuse (elektri- ja päevavalguse) kasutamisel saadakse koopiad, millede korrigeerimine pole võimalik, kui ei ole teadlikult tahetud luua värvilise valgustuse efekti;

2) ei tule pildistada suurte heledusintervallidega objekte, sest värvifotomaterjalide fotograafiline ulatus on väiksem kui must-valgeil materjalidel. Kui võimalik, siis tuleb taolistel juhtudel kasutada eestvalgustust;

3) pildistades valgust reflekteerivate pindade lähedal (tapeet, eesriided, puude rohelus jne.), olgu see ruumis või väljas — alati on hädaoht pildistataval objektil värviliste refleksi de tekkimiseks.

Nendest hoidumine oleneb fotograafi tähelepanust ja vilumusest, kusjuures tuleb meeles pidada, et silm ei märka alati seda, mida «näeb» film (vt. spektraalse tundlikkuse kõverad). Seepärast tekitavad pildistatavat objekti ümbritsenud värvilistelt pindadelt peegeldunud värvilised refleksid koopial värvuseülekande, mis näib meile ebaloomulikuna. Näiteks annavad sinise seina lähedal istuva inimese pildistamisel sinised refleksid juustele sinaka varjundi. Refleks punaselt eesriidelt pildistatava näol muudab näo selle osa punaseks; seda puudust ei ole võimalik kopeerimisel kõrvaldada.

Mõnedel juhtudel võib värvilisi reflekse soovitud kunstiliste efektide saavutamiseks ära kasutada;

4) vajadus korrigeerimiseks värvilistest negatiividest kopeerimisel ja selle operatsiooni suur töömaht nõuavad värvilisel pildistamisel võimalikult suure hulga selliste negatiivide saamist, milledest saaks kopeerida ühesuguse korrektsiooniga;

5) pildistatava objekti varjukülgedel on tavaliselt sinine varjund, mis seletub atmosfääris hajunud lühilaineliste (siniste) kiirte domineerimisega varjudes. Seepärast tuleb pildistamisel hoiduda pildistatava objekti juures sügavatest varjudest.

Säriaja määramine pildistamisel

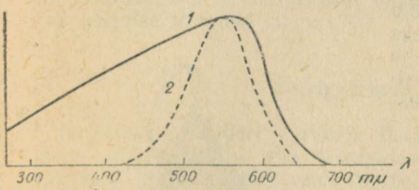
Värvilises fotograafias omab värvuste sünteesi suhtes suurt tähtsust säriaeg, seepärast tuleb see määrata võimalikult täpselt.

Üht ja sama objekti tuleb pildistada erineva säriajaga kaks-kolm korda, kusjuures märgitakse üles iga võtte pildistamistingimused. Sel juhul võidakse hea negatiivi saamises kindel olla.

Orienteerivalt võib säriaega määrata tabeli järgi, mis on koostatud Nõukogude Liidu keskmiste laiuskraadide jaoks, võttes filmi tundlikkuseks 16—22 GOST-ühikut.

Täpsem säriaja määramine on võimalik fotoelektriliste valgusmõõdikute abil.

Säriaja määramisel tuleb suurema kindluse saavutamiseks valgusmõõdik kalibreerida praktilise pildistamise kaudu. Tuleb aga võtta arvesse, et valgusmõõdikute näitude õigsus on samuti suhteline, eriti



Joon. 196. Spektraalne tundlikkus: *1* — seleenfotoelemendi tundlikkus; *2* — silma tundlikkus.

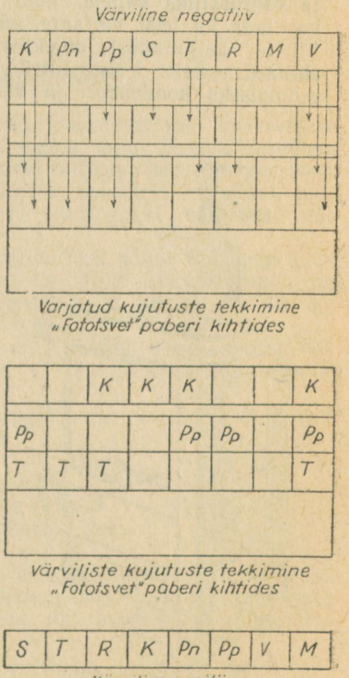
kui arvestada, et valgusmõõdikute spektraalne valgustundlikkus erineb silma spektraalsest valgustundlikkusest (joon. 196).

Pildistamisel ümberpööratavale filmile peab säriaja määramine olema veelgi täpsem kui negatiivfilmiga töötades, sest ümberpööratavate filmide fotograafiline ulatus on väga väike.

Värvifotomaterjalide kontakt- ja projektsioonkopeerimine

Kontakt- ja projektsioonkopeerimine toimub positiivseile värvifotomaterjalidele: filmile ja paberile.

Nii kontakt- kui ka projektsioonkoopeerimise eesmärgiks on värviliste fotokoopiate paljundamine.



Joon. 197. Värvilise positiivi saamise skeem.

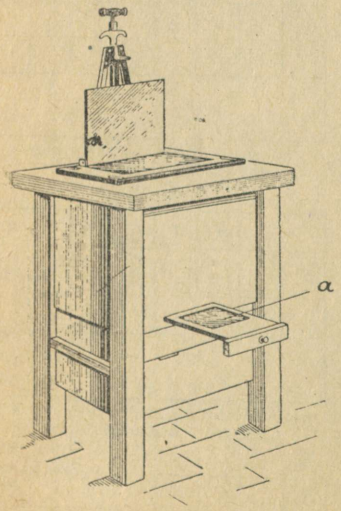
Praegusaegne värviline kopeerimistehnika võimaldab saada värvilisest negatiivist praktiliselt piiramatu arvu värvilisi fotokoopiaid. Värvilise positiivi saamise skeem on toodud joonisel 197.

Aparatuur värviliseks kopeerimiseks

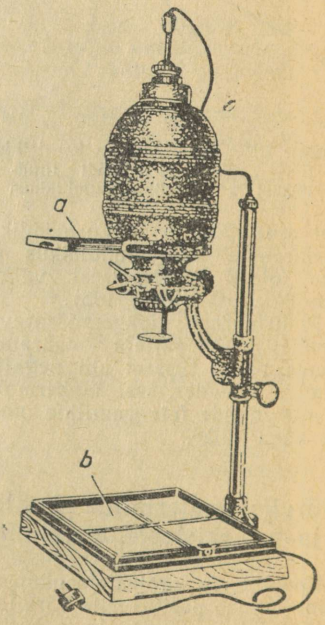
Värviliste negatiivide värviliseks kopeerimiseks kasutatakse must-valgeks kopeerimiseks olemasolevaid kontakt- ja projektsioonaparatuure lisaseadmega korrigeerimis-valgusfiltrite jaoks.

Kontaktkopeerimine toimub kopeerimisraamil, mille valgusallika ja tugiklaasi vahel asetseb väljatõmmatav raam korrigeerimisvalgusfiltritega (joon. 198).

Projektsioonkopeerimine toimub tavalist tüüpi suurendusaparaadi abil, millel on lisaseade korrigeerimis-valgusfiltrite jaoks. Parimaid tulemusi annab filtrite paigutamine suurendusaparaadi kondensaatori ja valgusallika vahele, kuid võib kasutada ka teisi variante, näiteks filtrite paigutamist objektiivi ja ekraani vahele. Valgusfiltrite paigutamiseks kondensori ja valgus-



Joon. 198. Kopeerimisseade värviliseks kopeerimiseks:
a — raam korrigeerimisfiltrite jaoks.



Joon. 199. Suurendusaparaat värviliseks tööks:
a — raam korrigeerimisfiltrite jaoks; *b* — suurendusraam.

allika vahele peab suurendusaparaadil olema filtrite jaoks väljatõmmatav raam (joon. 199).

Arvesse võttes positiivsete fotomaterjalide spektraalset valgustundlikkust ja täpse kadreerimise vajadust suurendamise juures peab suurendusaparaadi juurde kuuluma universaalne kopeerimisraam (vt. joon. 199). Suurendusaparaadi kohandamisel värviliseks kopeerimiseks peavad fotohuvilised lähtuma oma võimalustest, kuid igal juhul peab raam filtrite jaoks mahutama nelja valgusfiltrit, sest mõnikord on vaja kasutada kahte ühevärvilist filtrit.

Kopeerimisvalguse spektraalne koostis peab olema jääv, sest selle muutused mõjuvad tugevasti koopiate värvusülekandele. Seoses sellega tuleb kopeerimisel hoida elektrilambi hõõgniidi töörežiim ühtlane, selleks võrku lülitades voltmeetri ja reostaadi või — veel parem — pingestabilisaatori.

Kopeerimine toimub tavaliselt 110- või 210-voldise pinge juures (kui elektrivõrgu pinge on vastavalt 127 või 220 V).

Pinge tõustes enam kui 5% võrra muutub koopia värvuste tasakaal kollase poole, langemisel enam kui 5% võrra muutub tasakaal taevassinise värvuse suunas.

Korrigeerimis-valgusfiltrid

Negatiivi ja paberi värvuste tasakaalu parandamiseks kasutatakse erilisi valgusfiltreid, mis võimaldavad saada õige värvusülekandega värvilisi kujutisi. Sääraseid valgusfiltreid nimetatakse korrigeerimis-valgusfiltriteks. Korrigeerimis-valgusfiltrite komplekti (kollast, purpurset ja taevassinist värvi) kuulub 11 filtrit igast värvusest, mis erinevad tiheduse poolest.

Valgusfiltrite tihedust märgitakse protsentides kõige tihedama filtri suhtes, mille tihedus võetakse 100%-ks. Igas värvusegrupis on valgusfiltrite tiheduste muutused järgmised: 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100%.

Valgusfiltrite tiheduse märkimiseks on hakatud kasutama arvude süsteemi, mille kohaselt filtri tihedust väljendab teatavale grupile vastav arv.

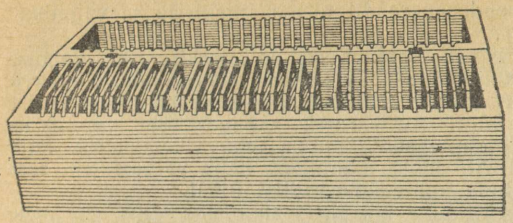
Näiteks kõige õhemat kollast, purpurset ja taevassinist filtrit tähistatakse järgmiselt:

05 00 00 — kollane filter
00 05 00 — purpurne filter
00 00 05 — taevassinine filter

Samasugusel põhimõttel tähistatakse kõiki ülejäänud valgusfiltreid.

Tabelis 104 on antud kõikide värviliste positiivkujutiste saamiseks kasutatavasse filtritekomplekti kuuluvate 33 valgusfiltri märkimise viis.

Valgusfiltri tihedust tähistav arv märgitakse tavaliselt ka filtrile. Valgusfiltreid tuleb säilitada erilistes kastides, servitiasendis (joon. 200), normaalse temperatuuriga (18—20° C) kuivas ruumis, hoides neid ereda valguse toime eest.



Joon. 200. Korrigeerimisfiltrite kast.

Tabel 104

Värvilisel kopeerimisel kasutatavate valgusfiltrite tähistamine

Jrk. nr.	Valgusfiltrite värvus / Tihedus (%)	Kollased	Purpursed	Taevassinised
1	5	05 00 00	00 05 00	00 00 05
2	10	10 00 00	00 10 00	00 00 10
3	20	20 00 00	00 20 00	00 00 20
4	30	30 00 00	00 30 00	00 00 30
5	40	40 00 00	00 40 00	00 00 40
6	50	50 00 00	00 50 00	00 00 50
7	60	60 00 00	00 60 00	00 00 60
8	70	70 00 00	00 70 00	00 00 70
9	80	80 00 00	00 80 00	00 00 80
10	90	90 00 00	00 90 00	00 00 90
11	100	100 00 00	00 100 00	00 00 100

Halvakvaliteediliste filtrite kasutamine annab kopeerimisel negatiivseid tulemusi, seepärast on vaja õigeaegselt välja vahetada kopeerimiseks kõlbmatud udustunud, plekilised, pleekinud ja katkised valgusfiltrid.

Korrigeerimisfiltrite kasutamine ja kopeerimine

Korrigeerimisfiltrite kasutamine põhineb värvifotomaterjalile langevast valgusvihust nähtava spektri ühe kolmandiku osa eraldamisel. Värvuse korrektsioon on värvilise kopeerimise lahutamatuks osaks selle tõttu, et värvilistes negatiivides domineerib tavaliselt mingisugune varjund. Ainult harukordadel juhtub, et värvilisest negatiivist kopeerimine ei tingi korrigeerivate filtrite kasutamist, kui negatiivi värvuste tasakaal langeb ühte värvilise fotopaberi omaga.

Selgitame korrigeerimise vajadust järgneva konkreetse näitega.

Negatiivil on üldine sini-roheline toon. Säärasest negatiivist kopeerimisel saadakse värvilisel fotopaberil koopia üldise punase varjundiga. See seletub järgmiste põhjustega: negatiivi sinine värvus soodustab suure hulga siniste kiirte läbipääsu, mis paberi pealmisele kihile mõjudes kutsuvad esile koopial tugeva kollase värvuse. Negatiivis rohelise tooni domineerimine tekitab paberi tugeva valgustamise roheliste kiirtega, mis mõjuvad emulsiooni keskmisele kihile, ja see omakorda põhjustab koopial tugeva purpurse värvingu.

Üheaegne kollase ja purpurse värvuse tekkimine annab koopiale üldise punase värvuse, mis muidugi rikub pildistatud objekti värvusülekannet ning on seega ebasoovitav.

Koopial domineeriv üldine punane värvus kõrvaldatakse suurendusaparaadi või kopeerimiskasti valguse «värvimisega» punaseks, et nõrgendada sinise ja rohelise valguse toimet vastavalt pealmisele ja keskmisele emulsioonikihile. Sel juhul saavad kõik emulsioonikihid proportsionaalselt õige särituse.

Tuleb märkida, et valguse värvimine punaseks peab olema seda tugevam, mida intensiivsem on positiivi punaseks värvumine.

Praktikas rakendatakse korrigeerimisfiltreid kopeerimisvalguse vastavaks värvimiseks.

Korrigeerimisfiltrite valik

Värviline kopeerimine seisab õigete korrigeerimisfiltrite valikus ja õige säriaja määramises.

Kopeerimiseks ettevalmistatud negatiivist tehakse proovikoopia ilma korrigeerimisfiltrita. Koopia peab olema sel juhul õigesti säritatud — seda määratakse katseliselt. Seejärel hinnatakse proovitüki värvusülekannet kas päevavalguses või sellele lähedase valgustuse juures ja määratakse, milliseid korrigeerimisfiltreid tuleb kasutada.

Ebaõige värvusülekande puhul saadakse proovitükk, millel mõni värvivarjund on domineeriv.

Värvuste sünteesi parandamiseks kasutatakse sama värvusega filtrit, mis domineerib proovikoopial.

Tabel 105

Korrigeerimisfiltrite kasutamine

Koopial domineeriv värvitoon	Soovimatu tooni kõrvaldamiseks kasutatavate filtrite värvus	Koopial domineeriv värvitoon	Soovimatu tooni kõrvaldamiseks kasutatavate filtrite värvus
Taevassinine	Taevassinine	Punane	Kollane + purpurne
Kollane	Kollane	Sinine	Purpurne + taevassinine
Purpurne	Purpurne	Roheline	Kollane + taevassinine

Tabel 106

Korrigeerimisfiltrite kombinatsioonide paigutus mosaiik-valgusfiltrites

00 00 00 00 00 25 00 00 50 00 00 75 00 00 100	00 25 00 00 25 25 00 25 50 00 25 75 00 25 100	00 50 00 00 50 25 00 50 50 00 50 75 00 50 100	00 75 00 00 75 25 00 75 50 00 75 75 00 75 100	00 100 00 00 100 25 00 100 50 00 100 75 00 100 100	Purpurne-taevassinine valgusfilter
00 00 00 25 00 00 50 00 00 75 00 00 100 00 00	00 25 00 25 25 00 50 25 00 75 25 00 100 25 00	00 50 00 25 50 00 50 50 00 75 50 00 100 50 00	00 75 00 25 75 00 50 75 00 75 75 00 100 75 00	00 100 00 25 100 00 50 100 00 75 100 00 100 100 00	Kollane-purpurne valgusfilter
00 00 00 00 00 25 00 00 50 00 00 75 00 00 100	25 00 00 25 00 25 25 00 50 25 00 75 25 00 100	50 00 00 50 00 25 50 00 50 50 00 75 50 00 100	75 00 00 75 00 25 75 00 50 75 00 75 75 00 100	100 00 00 100 00 25 100 00 50 100 00 75 100 00 100	Kollane-taevassinine valgusfilter

Kui selle juures ilmub uus soovimatu toon, siis kasutatakse selle kõrvaldamiseks väiksema tihedusega filtrit.

Mida enam on vaja kõrvaldada proovikoopial domineerivat värvitooni, seda suurema tihedusega korrigeerimisfiltreid tuleb kasutada.

Kõikidel värvilise kopeerimise juhtudel on vaja märkida hariliku pliiatsiga koopiate tagaküljele kasutatud valgusfiltrid ja säriaeg. Näiteks märgitakse kollase filtri 40 00 00 ja purpurse 00 10 00 kasutamisel koopia tagaküljele «40 10 00» ja lisatakse säriaeg. See kergendab värvuste sünteesi korrigeerimist, ning aitab hoiduda edasistest vigadest.

Kolme filtri kombinatsiooni ei kasutata, sest siis jääb värvusülekanne samasuguseks kui kahe filtri puhul, suureneb aga filtrite üldine tihedus ning pikeneb säriaeg.

Korrigeerimisfiltrite valik võib toimuda ka spetsiaalsete seadmete ja aparaatide abil: mosaiik-valgusfiltrite komplekti, multiplikaatori või visuaalsete ja fotoelektriliste värvuse korrektsiooni seadmete abil.

Mosaiik-(malelaud-) valgusfiltrite komplekt koosneb kolmest filtrist, mõõtmetega 6×6 või 12×12 cm, mis omakorda koosnevad 25 väikesest erisuguste tihedustega valgusfiltrist.

Igas mosaiik-valgusfiltris asetseb kombinatsioon kahte värvi filtritest.

Mosaiik-valgusfiltreid kasutatakse umbkaudseks korrigeerimis-valgusfiltrite määramiseks.

Korrigeerimisfiltrite määramine toimub järgmisel viisil. Kontakt-

kopeerimisel pannakse üks filtritest kopeerimiskasti klaasile, selle peale negatiiv ja fotopaber. Suurendusaparaadiga töötamisel pannakse mosaiikfilter fotopaberi emulsioonikihile.

Pärast kopeerimist valitakse parima värvusülekandega koopiaosa; vajaliku korrigeerimisfiltrite kombinatsiooni lõplik leidmine toimub tavalisel teel.

Multiplikaator kujutab endast projektsiooniaparaati värvilise negatiivi kopeerimiseks 25 läätsest koosneva süsteemi kaudu, mis asetsevad sarnaselt mosaiikfiltri üksikute filtritega. Läätsede ja negatiivi vahele paigutatakse üks kolmest mosaiikfiltrist.

Negatiivi kujutis projitseeritakse iga läätse kaudu fotopaberile, mis asetseb läätsede teravustasapinnas.

25 vähendatud kujutisest koosneva koopia järgi toimub orienteeruv korrigeerimisfiltri valik. Lõplik filtrite kombinatsioon määratakse praktilise kopeerimisega.

Teisi visuaalseid ja fotoelektrilisi seadmeid kopeerimiseks vajaliku filtritekombinatsooni määramiseks kasutatakse senini ainult värviliste kinofilmide kopeerimisel, seepärast ei paku need fotoamatöörile huvi.

Säriaja määramine ja arvestamine kopeerimisel

Korrigeerimisfiltrite kasutamine põhjustab kasutatava filtri tihedusest oleneva (ekraani-) valgustuse languse, muutes tunduvalt säriaega. Õige säriaja määramine on värvilisel kopeerimisel eriti tähtis ja heade tulemuste saavutamise aluseks. Säriaja isegi väikesed kõrvalekaldumised, mis must-valgel fotomaterjalil oleksid märgatamatud, tekitavad värvilisel kopeerimisel kujutise värvusesünteesis moonutusi.

Korrigeerimisfiltrite kasutamisel aitab õige säriaja määramise kergendamiseks kaasa spetsiaalne tabel, mis võimaldab täpselt ja kiiresti leida säriaja muutumise, võrreldes normaalse säriajaga ilma filtriteta (tabel 107).

Õige säriaja arvutamisel tuleb meeles pidada järgmist.

Kollaste filtrite kasutamine mõjutab säriaja suurenemist vähem kui purpursete ja taevassiniste filtrite kasutamine.

Kopeerides kollase filtriga, mille tihedus on kuni 50, pikendatakse säriaega 10%; tiheduse juures 50—100 on vaja säriaega pikendada veel 10% võrra.

Purpursete ja taevassiniste filtrite kasutamine nõuab säriaja pikendamist protsentides vastavalt filtrite tihedusarvule.

Samuti tuleb teha parandus valguse neeldumise tõttu filtri klaasides. Ühe valgusfiltri kasutamine, mis koosneb kahest klaasist, tingib säriaja pikendamise 10% võrra.

Säriaja arvestus toimub liitprotsentides, s. t. iga järgnev säriaja pikendamine lisandub eelmisele suurusele.

Näide. Säriaeg kopeerimisel ilma filtrita on 5 sek. Tuleb määrata säriaeg 30% tihedusega taevassinise valgusfiltri kasutamiseks.

Arvestus tehakse järgmiselt. Filtri klaasides neeldunud valguse arvel on vaja säriaega pikendada 10%. Valguse neeldumise arvel filterkihis eneses tuleb säriaega pikendada 30%.

Tabel 107

Säriaja arvestus kopeerimisel

Nõutud säriaja pikendamine (liitprotsentides)	Lähte-säriaeg sekundites																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	10	11	12	13	14,3	15,5	16,5	17,5	18,7
20	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,3	8,5	9,7	10,9	12,1	13,3	14,5	15,5	17,0	18,2	19,5	20,5
30	1,3	2,7	4,0	5,3	6,7	8,0	9,3	10,6	11,9	13,3	14,5	16,0	17,0	18,5	20,0	21,0	22,5
40	1,5	2,9	4,4	5,8	7,3	8,8	10,0	11,7	13,0	14,6	16 0	17,5	19,0	20,5	22,0	23,5	25,0
50	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,0	12,9	14,5	16,1	18,0	19,0	21,0	22,5	24,0	26,0	27,0
60	1,8	3,5	5,3	7,2	8,8	10,6	12,1	14,0	15,9	17,7	19,0	21,0	23,0	25,0	26,5	28,0	30,0
70	1,9	3,9	6,8	7,9	9,7	11,7	13,3	15,5	17,5	19,5	21,5	23,5	25,0	27,0	29,0	31,0	33,0
80	2,1	4,3	7,5	8,5	10,7	12,8	14,6	17,0	19,2	21,5	23,5	25,5	28,0	30,0	32,0	34,0	36,0
90	2,3	4,7	8,3	9,4	11,8	14,1	16,0	18,8	21,1	23,6	26,0	28,0	30,5	33,0	35,0	37,5	40,0
100	2,5	5,1	9,1	10,3	12,9	15,5	18,0	20,7	23,3	26,0	28,5	31,0	34,0	36,0	39,0	41,5	44,0
110	2,8	5,6	10,0	11,4	14,2	17,0	19,9	22,8	25,6	28,5	31,0	34,0	37,0	40,0	43,0	45,5	48,0
120	3,1	6,2	11,0	12,5	15,6	18,8	22,0	25,0	28,1	31,0	34,5	37,5	40,0	44,0	47,0	50,0	53,0
130	3,4	6,8	12,0	13,7	17,2	20,6	24,0	27,5	31,0	34,5	38 0	41,0	44,0	48,0	52,0	55,0	58,0
140	3,7	7,5	13,2	15,1	18,9	22,7	26,5	30,0	34,0	38,0	42,0	45,0	49,0	53,0	57,0	60,0	64,0
150	4,1	8,3	14,5	16,6	20,8	24,9	29,0	31,6	37,5	42,0	46,0	50,0	54,0	58,0	62,0	67,0	71,0
160	4,5	9,1	16,0	17,2	22,8	27,5	32,0	33,0	41,0	47,0	50,0	55,0	59,0	64,0	69,0	73,0	78,0
170	4,9	10,0	17,6	20,1	25,5	30,0	35,0	40,0	45,0	51,5	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	81,0	86,0
180	5,5	11,0	19,4	22,1	27,7	33,0	38,5	44,0	50,0	55,0	61,0	66,0	72,0	78,0	83,0	89,0	93,0
190	6,0	12,3	21,3	24,7	30,5	42,0	42,3	48,8	55,0	61,0	67,0	73,0	79,0	85,0	91,0	97,0	104
200	6,5	13,3	23,4	26,7	33,5	40,0	46,9	53,6	60,0	67,0	74,0	80,0	87,0	94,0	101,0	107	114

Nõutud sära ja pikendamine (liitprotsentides)	Lähte-särlaeg sekundites															
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	40	50
10	19,8	21,0	22,0	23,0	24,0	25,5	26,5	27,0	28,0	29,0	31,0	32,0	33,0	38,0	44,0	55,0
20	22,0	23,0	24,0	25,5	26,5	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	34,0	35,0	36,0	42,0	48,0	60,0
30	24,0	25,0	26,5	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0	36,0	37,0	38,0	40,0	46,0	53,0	67,0
46	26,5	28,0	29,0	31,0	32,0	33,0	35,0	37,0	38,0	39,0	41,0	42,0	44,0	51,0	59,0	73,0
50	29,0	30,5	32,0	34,0	35,5	37,0	38,0	40,0	42,0	43,0	45,0	46,0	48,3	50,0	64,0	81,0
60	32,0	33,5	35,5	37,0	39,0	41,0	42,0	44,0	46,0	48,0	49,0	51,0	53,0	52,0	71,8	89,0
70	35,0	37,0	39,0	41,0	43,0	45,0	47,0	48,0	50,0	52,0	54,0	56,0	58,0	68,0	78,0	97,0
80	38,0	41,0	43,0	45,0	47,0	49,0	51,0	53,0	56,0	58,0	60,0	62,0	64,0	75,0	86,0	107
90	42,0	45,0	47,0	49,0	52,0	54,0	56,0	59,0	61,0	63,0	66,0	68,0	72,0	82,0	94,0	118
100	46,0	49,0	52,0	54,0	57,0	59,0	62,0	65,0	67,0	70,0	72,0	75,0	78,0	91,0	104	130
110	51,0	54,0	57,0	60,0	63,0	65,0	68,0	71,0	74,0	77,0	80,0	82,0	85,0	100	114	143
120	56,0	59,5	63,0	66,0	69,0	72,0	75,0	78,0	81,0	84,0	88,0	91,0	94,0	109	126	157
130	62,0	66,0	69,0	72,0	76,0	79,0	83,0	86,0	89,0	93,0	96,0	100	103	121	138	173
140	68,0	75,0	76,0	79,0	83,0	87,0	91,0	95,0	98,0	102	106	110	114	133	152	190
150	75,0	79,0	84,0	87,0	92,0	96,0	100	104	108	112	117	121	125	146	167	209
160	82,0	87,0	92,0	96,0	101	105	110	115	119	124	128	133	138	160	184	230
170	92,0	96,0	101	106	110	115	121	126	131	136	141	146	151	177	202	252
180	100	106	111	116	122	128	133	139	144	150	155	161	167	194	222	273
190	110	116	122	128	134	140	146	152	159	165	171	177	183	214	244	306
200	121	128	134	141	148	154	161	168	175	181	188	195	201	235	265	336

Kokku: 10+30=40% (liitprotsentides).
10% 5 sekundist on 0,5 sek.; 5 sek.+0,5 sek.=5,5 sek.
10% 5,5 sekundist on 0,55 sek.; 5,5 sek.+0,55 sek.=6,05 sek.
10% 6,05 sekundist on 0,605 sek.; 6,05 sek.+0,605 sek.=6,655 sek.
10% 6,655 sekundist on 0,665 sek.; 6,655 sek. + 0,665 sek. = 7,320 sek.
Selliselt 40%=7,3 sek.

Järelikult, kasutades taevassinist valgusfiltrit tihedusega 30, on vaja säriaega pikendada 5 sekundilt 7,3 sekundini.

Tabelite kasutamist (tabel 107 lk. 406, 407) võib selgitada mõnede näidetega.

1. Lähte-säriaeg on 15 sek. On vaja määrata säriaeg kopeerimisel valgusfiltritega 00 50 00. Säriaja pikendamine: valgusfiltri tiheduse arvel 50%, kahe klaasi arvel 10%, kokku 60%. Tabelis, tulbas lähte-säriajaga 15 sek. leiame horisontaaljoonel 60% kohal säriaja, mis moodustab 26,5 sek.

2. Lähte-säriaeg on 10 sek. On vaja määrata säriaeg kopeerimiseks valgusfiltriga 00 130*20. Säriaja pikenemine moodustab filtrite tiheduse arvel 130% + 20%=150% ja 6 klaasi arvel 30%, kokku 180%. Tabelis leiame 10 sek. vertikaalil ja 180% kohal horisontaalil säriaja 55,0 sek.

3. Lähte-säriaeg on 5 sek. Vaja on määrata säriaeg kopeerimiseks valgusfiltriga 80 00 00. Säriaja pikenemine: kollase valgusfiltri arvel 20% ja 2 klaasi arvel 10%. Tabelis 5. sek. kohal vertikaali mööda ja 30% kohal horisontaali mööda leiame säriaja, mis on 6,7 sek.

Säriaja täpseks mõõtmiseks tuleb kasutada automaatset lülituskella, mis lülitatakse suurendusaparaadi või kopeerimiskasti elektrijuhtmesse. Automaatse lülituskella puudumisel määratakse säriaeg helenduvate numbritega kella või metronoomi järgi. Kasutada võib ka harilikku kella, valgustades seda nõrga rohelise valgusega, mis langeb ainult kellale.

Valgusfiltrite valimise ja õige säriaja määramise kiirendamiseks võib soovitada järgmist levinud meetodit.

Kopeeritakse ilma filtriteta korraga mitu proovi erinevate säriaegadega. Seejärel määratakse, missugune säriaeg osutus normaalseks ja milliseid valgusfiltreid tuleb kasutada. Pärast seda kopeeritakse samuti mitu proovi filtri erinevate tiheduskombinatsioonidega ja töödeldakse neid kõiki korraga; seejärel määratakse valges, missugune filtritekombinatsioon osutus kõige õnnestunumaks.

Õige filtritekombinatsiooni leidmise kiirus oleneb vilumusest.

Kopeerimise kergendamiseks on soovitatav valida negatiivi värvuste tasakaalule vastava värvuste tasakaaluga paber.

Näiteks kollakas-rohelise tasakaaluga negatiivist kopeerimiseks on soovitatav tarvitada samasuguse tasakaaluga paberit. Sel juhul on õige värvusesünteesi saavutamiseks vaja üsna väikest korrektsiooni, sest negatiivi domineeriv kollakas-roheline värvus aitab kaasa valguse toimel peamiselt paberi vähetundlikus keskmises emulsioonikihis, mis annab purpurse kujutise.

Samal ajal kõrge tundlikkusega pealmine ja alumine emulsioonikiht, mis annavad vastavalt kollase ja taevassinise kujutise, saavad

* Valgusfilter tihedusega 130 saadakse kahe filtri kokkuliitmisel.

suhteliselt vähem valgust kui keskmine kiht, mistõttu koopial tekib peaaegu õige värvusesüntees ja parandamiseks on vaja ainult väikest korrigeerimist.

Fotopaberi värvuste tasakaalu määratakse järgmisel viisil. Kopeeritakse must-valgest negatiivist paberile «Fototsvet» ja pärast selle töötlemist määratakse saadud koopial domineeriva värvitooni järgi fotopaberi värvuste tasakaal. Kopeerimine ja töötlemine toimub samades tingimustes, milles fotopaberit kavatsetakse kasutada.

Pärast antud negatiivist korrigeeritud proovikoopia saamist kopeeritakse nõutav arv koopiaid ja ilmutatakse samas ilmutis, milles töödeldi etalooniks võetud proovikoopia. Vastasel juhul võivad koopiad tooni poolest üksteisest erineda.

Kopeerimisprotsessis (korrigeerimisfiltrite vahetamine) ja värvilise fotopaberi töötlemise protsessis tuleb kasutada valget valgust, seepärast on eksponeeritud ja eksponeerimata fotopaberi hoidmiseks vaja kaheks osaks jaotatud valguskindlat kasti.

VÄRVIFOTOMATERJALIDE TÖÖTLEMINE

Ettevaatusabinõud töötamisel värviliste ilmutitega

Värvilises fotograafias tarvitatavad ilmutiained dietüülparafenüleendiamiin ja etüül-oksi-etüülparafenüleendiamiin on parafenüleendiamiini derivaadid ja, nagu viimati mainitugi, inimorganismile kahjuliku toimega.

Tuleb märkida, et dietüülparafenüleendiamiinsulfaadi kahjulik mõju on palju tugevam kui etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaadil.

Nende ainete ettevaatamatu käsitsemine põhjustab kõige sagedamini nahahaigusi (ekseeme).

Tuleb meeles pidada, et värviilmutite kahjulik toime võib avalduda mitu nädalat, mõnikord ka mitu kuud pärast töö algust. Seepärast tuleb värviilmutitega töötamisel juba esimesest päevast alates pidada kinni järgmistest ettevaatusabinõudest:

1) ilmutiainete suurte koguste süstemaatiline kaalumine peab toimuma erilises kapis, sest ilmutiained tolmavad väga kergesti;

2) laboratooriumis on soovitatav laua kohale, millel toimub ilmutamine, ehitada õhku imev seade;

3) ilmutitega tuleb töötada tingimata kummikinnastes;

4) ilmutiaine või valmis ilmuti sattumisel nahale tuleb see eemaldada vatiga, pesta seda kohta veega, siis nõrga äädikhappelahusega ning uuesti veega;

5) ilmutiaineid tuleb säilitada tingimata hoolikalt suletud nõus.

Lahuste koostamine ja säilitamine

Värvilise kujutise kvaliteet oleneb suurel määral töötlemislahuste kvaliteedist, mis omakorda oleneb nende koostamise ja säilitamise tingimustest.

Lahuste koostamisel ja nende säilitamisel tuleb järgida järgmisi reegleid:

1) lahuste koostamiseks kasutatakse kvaliteetseid, eelnevalt kontrollitud kemikaale;

2) lahuseid tuleb koostada ja säilitada puhastes klaasist, plastmassist või keraamilistes korrosioonivabades nõudes;

3) lahuste koostamiseks tarvitatav vesi olgu puhas, ilma kahjulike lisanditeta. Soovitatav on kasutada destilleeritud vett;

4) kasutatava vee temperatuur olgu 30—35° C;

5) töötlemislahuse retseptis olevad ained tuleb lahustada täielikult;

6) lahused tuleb pärast koostamist filtreerida läbi marlifiltri;

7) nii anumaid kui ka filtreid tuleb kasutada ainult teatud lahuse jaoks;

8) kemikaale tuleb lahustada retseptis antud järjekorras;

9) ilmuti koostamisel destilleeritud või pehme kraaniveega pole vaja lisada naatrium-heksametafosfaati või etüleendiamiintetraatsetaatnaatriumi;

10) kui puudub etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium, siis võib selle asendada kahekordse koguse naatrium-heksametafosfaadiga;

11) on vajalik, et pärast värvilise ilmutamise lahuste koostamist ja läbifiltreerimist seisaksid need enne tarvitamist 24 tundi;

12) hästi korgitud ja täisvalatud anumas on valmis ilmuti säilitamisaeg (see käib pudeli kohta, milles lahuse õhuga kokkupuute pind on väga väike) mitu nädalat; kinnises, kuid mitte täisvalatud pudelis — umbes nädal. Tarvitatud ilmuti (isegi osaliselt tarvitatud) säilib 1—2 päeva;

13) ülejäänud töötlemislahused säilivad täisvalatud ja korgitud pudelis mitu nädalat, kinnises, poolikus pudelis 8—14 päeva. Osaliselt kasutatud lahused säilivad 2—3 päeva;

14) kuiva sulfiti segamine hüdroksüülamiinsulfaadi (või -hüdrokloriidiga) ei ole lubatud, sest võib tekkida reaktsioon plahvatusega;

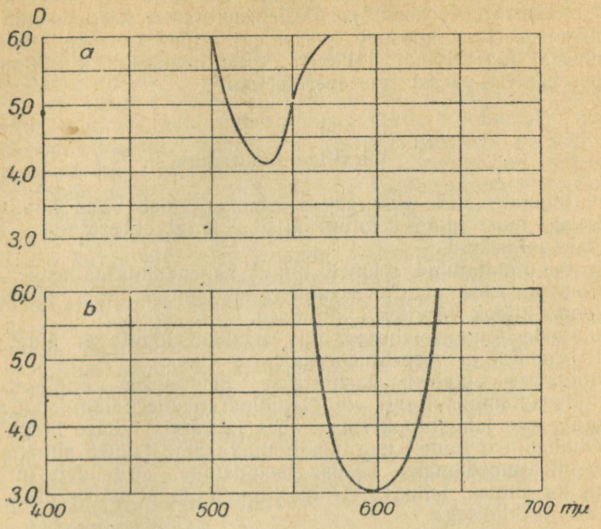
15) ilmutilahuse koostamisel on soovitatav lahust *B* valada lahusesse *A*.

Pimikuvalgustus värvifotomaterjalide töötlemisel

Arvesse võttes värvifotomaterjalide spektraalset valgustundlikkust, kasutatakse nende töötlemisel spetsiaalset kaitsevalgustust.

Värvifoto-negatiivfilmi ja ümberpööratava filmi töötlemisel tarvitatakse valgusfiltrit nr. 170, mille spektraalse neeldumise kõver on antud joonisel 201.

Latern ei tohi asetseda lähemal kui 0,75 m.



Joon. 201. Värviliste fotomaterjalide jaoks määratud kaitsefiltrite spektraalse neeldumise kõverad: *a* — negatiivfilmi jaoks; *b* — positiivfilmi ja fotopaberi jaoks.

Positiivfilmi ja paberi «Fototsvet» töötlemisel tarvitatakse kaitsevalgusfiltrit nr. 166, mille spektraalse neeldumise kõver on samuti toodud joonisel 201.

Looritusest hoidumiseks tuleb laternates kasutada mitte võimsamat kui 40-vatist lampi ja paigutada need vähemalt 1 m kaugusele.

Mõnikord kasutatakse neoonlambiga positiivfilmi ja paberi «Fototsvet» töötlemiseks filtreid nr. 164, naatriumlambiga töötlemisel aga — filtreid nr. 165.

Värvifotomaterjalide töötlemise iseärasused

Vaatamata näilisele lihtsusele iseloomustab värvifotomaterjalide töötlemist rida iseärasusi, mis tekitavad raskusi ja muudavad keerukaks vajaliku kvaliteediga värviliste kujutiste saamise.

Värvifotomaterjalide töötlemisel on nõutav ennekõike täpsus ja töötlemisrežiimi kõrvalekaldumatu järgimine. Mustus, hooletus töö juures ja töötlemisrežiimi rikkumine põhjustavad alati värvusesünteesi kahjustamist ja materjalide raiskamist. Temperatuurirežiim ja töötlemisaeg peavad olema püsivad, sest nendest kõrvalekaldumine mõjutab kujutise värvusülekannet.

Värvifotomaterjalide emulsioonikihi on väga tundlik töötlemislahuste temperatuuri tõusu ja töötlemisprotsessi kestuse suhtes.

Töötlemisprotsess koosneb värvilisest ilmutamisest, töötlemisest lõpplahuses (positiivmaterjalidel), pleegitamisest, kinnitamisest ja vees pesemistest pärast iga operatsiooni.

Värviline ilmutamine

Värvifotomaterjalide ilmutamise tehnika erineb vähe analoogilisest protsessist must-valges fotograafias, olgugi et protsess ise omab suuri lahkuminekuid.

Värviline ilmutamine seisneb ilmuti hapendumissaaduste ja emulsioonikomponentide poolt värvainete tekitamises, mis moodustavad emulsioonikihtides värvilised kujutised.

Ilmutamine toimub lahuses, mis sisaldab ilmutavat ainet, leelist, sulfitit, bromiidi ja veepehmendajat.

Ilmutavatest ainetest kasutatakse ilmutamisel etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaati või dietüülparafenüleendiamiinsulfaati.

Ilmutav aine lahustub kergesti vees ja värvib lahuse kergelt punaseks. Õhuhapniku toimel muutub ilmutava aine lahuse punane värvus järk-järgult tumedamaks. Leelise lisandamine kõrgendab tundlikkust õhuhapniku suhtes, lahus tumeneb ja muutub pruuniks ühes hõljuva sadestuse tekkimisega.

Ilmuti värvumine õhuhapniku toimel seletub ilmutava aine hapendumisega, mille tagajärjel viimase sisaldus ilmutis ning ühtlasi selle aktiivsus langevad. Täielikult hapendunud ilmuti kaotab ilmutamisvõime.

Värvilisele ilmutile tuleb tingimata lisada leelist, et muuta ilmutavat ainet ilmutamisvõimeliseks baasiks.

Värviliseks ilmutamiseks tarvitatakse peamiselt potast, harvemini teisi leelisi. Sooda näiteks aeglustab tunduvalt ilmumise kiirust; söövad leelised seevastu kiirendavad ilmumist ja annavad määrdunud tooniga kujutise.

Potas ei tohi sisaldada lisandeid, eriti naatriumtiosulfaati või sulfiide. Vähene naatriumtiosulfaadisisaldus tekitab loorituse, sulfiidide sisaldumine aga värvib värvilise kujutise ebameeldivalt kollaseks.

Fotoamatööride praktikas võib juhtuda, et värviilmuti valmistamiseks ei leidu kohast potast. Sellistel juhtudel asendatakse potas soodaga, seda enam, et sooda tavaliselt sisaldab vähem lisandeid kui potas.

Tuleb aga arvesse võtta, et ilmutid potase või soodaga ei anna ühevääriseid tulemusi. Seepärast tuleb potast soodaga asendada ainult kvaliteetse potase puudumisel.

Soodaga koostatud ilmutid ei tööta nii energiliselt ja moodustavad madalama küllastusastmega värvilisi kujutisi.

Potast soodaga asendades tuleb seda võtta 120 g, ülejäänud ained võetakse endistes kogustes. Ilmutite valmistamine ja kasutamine on tavaline.

Samuti kui must-valgete materjalide jaoks, lisatakse värvilisele ilmutile sulfitit, mis on vajalik ilmuti kindlustamiseks õhuhapniku

toime vastu. Sulfitit lisatakse ainult väiksemas koguses kui must-valges fotograafias, sest sulfitisisalduse suurendamine annab ilmutamisel end tugevasti tunda.

Sama eesmärgiga, mida täidab sulfit, lisatakse värvilisele ilmutile hüdroksüülamiinsulfaati või -kloriidi.

Asjaolu, et ilmutis on nii sulfitit kui ka hüdroksüülamiinsulfaati ja -kloriidi, muudab selle hapendumise vastu kindlamaks kui neist ainult ühe aine lisamine. Ilmuti, mis sisaldab sulfitit ilma hüdroksüülamiinita, hapendub õhuhapnikuga tunduvalt kiiremini kui mõlema aine lisamisel. Peale selle võimaldab säärane kooskasutamine hoida ilmuti aktiivsust pikema aja jooksul ühtlasel tasemel.

Hüdroksüülamiini tuleb lahustada sulfitist eraldi, sest nende segamine tahkel kujul võib esile kutsuda plahvatusega reaktsiooni. Võib ka töötada ilmutiga, mis on koostatud ilma hüdroksüülamiinita.

Tavaliselt sisaldavad värvilised ilmutid kaaliumbromiidi, mille ülesanne on sama mis must-valges fotograafias. Kaaliumbromiidi kontsentratsiooni muutmine mõjutab tunduvalt ilmutusprotsessi, muutes ilmumise kiirust, samuti ka kontrastsuse ja loorituse näitajaid.

Ilmuti koostamisel võib kõva vee kasutamine tekitada fotograafilise kihi pinnal kaltsiumsulfaadi eraldumise, mis põhjustab kaltsiumivõrgu. Seepärast on vaja kaltsiumisoolad veest kõrvaldada või moodustada vees hästi lahustuv kompleksne kaltsiumisool.

Seda sihti taotlebki ilmutile lisandatav etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium. Samasuguseks otstarbeks kasutatakse vee pehmendamisel naatriumheksametafosfaati.

Kui ilmuti koostamisel kasutatakse pehmet vett, langeb ära vajadus lisandada veepehmendajaid.

Värvilise ilmutamise protsessis muutub ilmutite toime ilmutava aine ja sulfiti kontsentratsiooni languse ja samuti bromiidi kontsentratsiooni tõusmise tõttu, mis vähendab lahuse aktiivsust.

Ilmutite töövõime muutumine toob kaasa ka muutusi värvusesüntees.

Ilmutamisel tuleb rangelt järgida töötlusrežiimis antud töötlemise kestust ja temperatuuri. Tavaliselt peab ilmuti temperatuur olema 18°±0,5°. Temperatuuri tõusmisel suureneb kujutise kontrastsus ja looritus. Temperatuuri langemisel väheneb kujutise tihedus.

Ilmutusprotsessi jooksul peab silmas pidama ka ilmuti liikumist — see peab alati ühtlane olema.

Ilmuti aktiivsuse langemisel tuleb see taastada, hoides kogu töötamise jooksul ilmuti töövõime ühtlasena. Selleks lisatakse ilmutile aeg-ajalt samasuguse koostisega, kuid ilma kaaliumbromiidita värsket ilmutilahust, sest töötanud ilmutis on bromiidide kontsentratsioon selletagi küllalt kõrge.

Ilmumise katkestamine (positiivmaterjalidel)

Pärast ilmutamist toimub kohe hoolikas pesemine, millele järgneb töötlemine stopplahuses.

Stoppvanni põhieesmärgiks on ilmumisprotsessi seiskamine.

On võimalik kasutada mitmesuguse koostisega stopplahuseid, mis on toodud retseptuuris.

Pleegitamine

Pärast vahepesemist tuleb koopiaid pleegitada. Pleegitamisprotsess seisab kujutise ja filterkihi töötlemises pleegitamislahuses, et muuta eemaldamisele kuuluv metalliline hõbe, mis asetseb emulsioonikihis koos värvilise kujutisega, teistsuguseks, naatriumtiosulfaadis kergesti lahustuvaks ühendiks.

Harilikult kasutatakse pleegitamiseks punast veresoola, mis muudab metallilise hõbeda naatriumtiosulfaadilahuses kergesti lahustuvaks soolaks. Pleegitamisvannile võib lisandada fosfaate pleegitamisprotsessi kiiruse ühtsuse saavutamiseks.

Pleegitamislahuse temperatuur tuleb hoida 17—18°; pleegitamise kestus määratakse töötlusrežiimis.

Lihtsate pleegitamislahuste kõrval kasutatakse ka parkivaid pleegitamislahuseid, mis tõstavad emulsioonikihi sulamistemperatuuri.

Kui pleegitatakse halvasti pestud kujutist, mis sisaldab väljapesemata jäänud ilmutavat ainet, tekib üldine värviline looritus.

Kinnitamine

Kinnitilahused ei erine koostiselt must-valges fotograafias kasutatavatest ja on määratud värvilistes materjalides sisalduva hõbeda eemaldamiseks. Pärast kinnitamist ei sisalda värvifotomaterjalid hõbedat ja kujutis koosneb ainult värvainetest.

Hapusid kinniteid värvilises fotograafias ei kasutata, sest nendes pleekub värviline kujutis.

Kinnitilahused võivad sisaldada peale naatriumtiosulfaadi ammooniumkloriidi, mida kasutatakse kinnitamise kiirendamiseks. Häid tulemusi saavutatakse ainult värskes ammooniumkloriidiga kinnitilahuses. Kinnitamisprotsess kestab 5—6 minutit.

Värviliste positiivmaterjalide jaoks võib kasutada ka parkivaid kinnitamislahuseid.

Pesemine

Värvifotomaterjalide töötlemise juures on väga suur tähtsus pesemistel, sest nende kvaliteedist oleneb suurel määral töö lõpptulemus. Halb pesemine põhjustab sageli loorituse, kujutise toonide määrdumise jne. Olenevalt kasutatud menetlusest kõigub pesemiste arv 2-st kuni 4-ni.

Pesemist on vaja emulsioonikihist töötlusainete eemaldamiseks, et vältida nende kahjulikku toimet värvilisele kujutisele.

Pesemine pärast ilmutamist (välja arvatud positiivfilm). Pärast ilmutamist järgneb esimene vahepesemine, mis on vajalik ilmuti väljapesemiseks. Pesemise jooksul toimub täiendav ilmumine. Pesemisvee kõrgendatud temperatuur ja väike liikumiskiirus tõstab looritust.

Pesemiseks on soovitatav kasutada kõva vett.

Looritusest hoidumiseks tuleb pesta intensiivselt, pehme vee puhul temperatuuril mitte üle 13° ja kõva vee (kaevu-, puurkaevuvee) puhul mitte üle 16—18°. Säärane vee temperatuur ja intensiivne pese-

mine (duši all, vee intensiivse liikumisega) kindlustab ilmutava aine korraliku väljapesemise. Tuleb arvesse võtta, et ilmutav aine on raskesti väljapestav; valgustundlikku kihti jäänud ilmutava aine väikesed jäägid võivad tekitada üldise värvilise loorituse.

Pesemine pärast stoppvanni (positiivmaterjalide juures). Pärast stopplahuses töötlemist järgneb harilikult pesemine kihtides olevate fosfaatide ja naatriumtiosulfaadi eemaldamiseks (olenevalt retseptist). Vee temperatuur peab olema samasugune kui ülejäänud juhtudel.

Pesemine pärast pleegitamist. Pärast pleegitamist toimuva pesemise eesmärgiks on pleegitamislahuse koostisainete eemaldamine, kusjuures tuleb jälgida eelnevate pesemiste kohta käivaid reegleid.

Väljapesemata jäänud pleegitamislahuse koostisainete jäägid ei tekita looritust ega muid muutusi kujutises.

Lõplik pesemine. Lõplik pesemine toimub pärast kinnitamist ja selle sihiks on kihtidest töötlemislahuste koostisainete eemaldamine. Pärast pesemist ei tohi kihtides olla mingisuguseid aineid peale värvainete. Lõplikuks pesemiseks ettenähtud ajast kõrvalekaldumised mõjuvad värvilise kujutise säilimisele.

Kuivatamine

Kuivatamine peab toimuma puhtas ja kuivas õhus, hoides seega ära tolmu sattumise kujutisele.

Nii filme kui ka paberit tuleb kuivatada kiiresti, sest aeglasel kuivamisel tekib muudatusi värvuste tasakaalus. Õhutemperatuur normaalse niiskusesisalduse puhul ei tohi ületada 35°.

Värvi-negatiivfilmide töötlemine

Negatiivfilmide töötlemine seisab emulsioonikihi keemilises mõjutamises töötlemislahuste abil.

Kinnipidamine tabelis antud töötlemisaegadest ja filmide töötlemislahuste temperatuuridest kindlustab muude reeglite täpsel järgmisel hea värvuseeraldusega negatiivi saamise.

Toodud režiimidest kõrvalekaldumine põhjustab värvusülekande moonutusi, sageli ka negatiivi rikkumise (mullid emulsioonikihis, loorits, emulsioonikihtide lahtitulek — täielik või osaline).

Negatiivfilmide töötlemiseks kasutatakse erilisi töötlemislahuseid, millede retseptuuri valik ei ole nii mitmekesine nagu must-valgete fotomaterjalide töötlemisel.

Ilmutav lahus

Lahus *A*

Etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium . .	1	g
Hüdroksüülamiinhüdrokloriid	1,2	g
Dietüülparafenüleendiamiinsulfaat . . .	2,75	g
Vesi . . . . . kuni	500	cm³

Tabel 108

Negatiivfilmi töötlemise järjekord ja režiimid

Operatsiooni järjekord	Operatsiooni nimetus	Töötlemise kestus (minutit)	Lahuse temperatuur (kraadi)	Töötlemise eesmärk
1	Värviline ilmutamine	6—8	18±0,5	Hõbe- ja värvilise kujutise ilmutamine
2	Vahepesemine	15	Mitte üle 15	Edasine hõbe- ja värvilise kujutise ilmutamine ja ilmuti väljapesemine
3	Pleegitamine	5	15—18	Kujutise ja filterkihi hõbeda muutmine hõbeferritsüaniidiks
4	Vahepesemine	5	Mitte üle 15	Pleegitamislahuse väljapesemine
5	Kinnitamine	5	12—18	Valgustamata hõbehalogeniidi ja pleegitatud kujutise ja filterkihi hõbeda lahustamine. Valgustara-vastase kihi värvusetuks muutmine
6	Lõpp-pesemine	20	Mitte üle 15	Töötlemislahuste lõplik väljapesemine

Lahus *B*

Etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium	1	g
Potas	75	g
Naatriumsulfit, veevaba	2	g
Kaaliumbromiid	2,5	g
Vesi	kuni 500	cm^3

Töölahuse koostamiseks segatakse lahused *A* ja *B* võrdseis kogustes. Destilleeritud vett kasutades võib ära jätta etüleendiamiintetraatsetaatnaatriumi.

Pleegitamislahused

Pleegitamiseks tarvitatakse mitmesuguse koostisega lahuseid.

I Punane veresool	50	g
Naatriumkloriid	50	g
Vesi	kuni 1000	cm³
II Monokaaliumfosfaat	5,8	g
Dinaatriumfosfaat	4,3	g
Punane veresool	100	g
Vesi	kuni 1000	cm³
III Punane veresool	80	g
Kaaliumbromiid	12	g
Vesi	kuni 1000	cm³

Kinniti

Naatriumtiosulfaat, kristalliline	200	g
Vesi	kuni 1000	cm³

Kinnitamiseks võib kasutada ka järgmise koostisega kiirkinnitit:

Naatriumtiosulfaat, kristalliline	250	g
Ammooniumkloriid	60	g
Vesi	kuni 1000	cm³

Kiirkinnitit kasutatakse ainult värskelt.

Värvilise ilmutamise kestuse pikendamine suurendab negatiivi kontrastsust.

Kuna värvilise negatiivi kontrastsusaste ei tohi olla kõrge, siis saavutatakse madalam kontrastsus pärast ilmutamist ettenähtud kestva pesemise kaudu, mille jooksul toimub täiendav ilmumine.

Pesemisvee halb ringlus ja kõrge temperatuur soodustavad loorituse suurenemist.

Värviliste negatiivmaterjalide töötlemisel tuleb meeles pidada, et korralik pesemine pärast kinnitamist aitab negatiivi paremini säilitada.

Pesemiste juures võib emulsioonikihtides tekkida mulle ja emulsioonikihid võivad lahti tulla. Kihtide lahtitulekut hoiab ära pesemine külmas (mitte üle 12°) ja puurkaevu vees. Pesemine külmas ja eriti puurkaevu vees vähendab kihtide tursumist, mis omakorda vähendab kihtide lahtituleku ohtu.

Värvifotomaterjalide, sealhulgas ka negatiivmaterjalide töötlemisel võivad ilmneda ootamatud nähtused, mida põhjustab pesemisvesi. Näiteks võib peale tugevaid sadusid pesemisveel olla ilmselt leelisene või happeline reaktsioon (see oleneb antud maakoha mullastiku koossei-

sust); viimasel juhul tekitab pesemisvesi punase looriuse ja kujutise punaseks muutumise, mida kopeerimisel pole võimalik korrigeerida. Sellist laadi vea kõrvaldamise abinõudest vt. lk. 439.

Toome negatiivmaterjalide töötlemiseks vajalike lahuste kulunormid, millede puhul ei teki värvilise negatiivkujutise kahjustamisi.

Tabel 109

Negatiivmaterjali hulk, mida võib töödelda 1 liitris töötlemislahuses

Töötlemislahused	35 mm või 6 cm rullfilme (rulle)	Tasafilme 9 × 12 cm (lehti)
Ilmuti	6—7	40
Pleegitaja	13—14	80
Kinniti	13—14	80

Toodud töötlemislahuste kulunormid on keskmised. Teistsuguse formaadiga filmide töötlemisel tuleb kulunorm vastavalt ümber arvestada. Töötamisel kasutatakse töölahust niisugusel hulgal, et see kataks töödeldava materjali täielikult. Lahuste kao kompenseerimiseks lisatakse värsket lahust, arvestusega — 25—30 cm^3 pärast ühe kinofilmi või rullfilmi töötlemist ja 40—45 cm^3 pärast viie lehe 9×12 cm formaadis tasafilmi töötlemist.

Negatiivfilmide töötlemise tehnika

Negatiivfilmi ilmutamine ja esimene pesemine toimub ka täielikus pimeduses, vastavas laboratooriumivalgustuses või valguse käes, kus kasutatakse ilmutustanke. Kogu edasine töötlemine võib toimuda päevavalgel, kusjuures valgustus ei tohi olla väga hele.

Rullfilmi ja 35 mm filmi töödeldakse harilikkudes tankides ja see ei erine tehniliselt must-valge filmi töötlemisest.

Operatsioonide kestuse kontrollimiseks on kõige parem kasutada helisevaid kelli või meditsiinilisi protseduurikelli, milledel saab valmis seada fotomaterjali töötlemise ühe või kõikide operatsioonide lõppemise signaali. Äärmisel juhul võib kasutada ka harilikku kella, kuid see on ebamugavam.

Tasafilme võib ilmutada ja edasiselt töödelda kas harilikes vannides või spetsiaalsetes tankides.

Vannides töötlemisel on soovitatav kasutada paberi ilmutamise jaoks kirjeldatud rakiseid. Ka tankides ilmutamisel kasutatakse spetsiaalseid plastmassist raame.

Filmide pesemisel tuleb kindlustada vee korralik ringlus.

Temperatuuri kontrollitakse vahetult vannides või tankides lahuste või vee temperatuuri mõõtmiseks määratud termomeetri abil.

Temperatuuri reguleerimine toimub termostaatide abil.

Negatiivfilmide kuivatamine

Töödeldud värvilisi negatiive kuivatatakse samuti nagu harilikke negatiive. Tuleb ainult meeles pidada, et värvilisi negatiive ei tohi kuivatada kõrgel temperatuuril. Soovitatav on kiire kuivatamine, sest muidu tekib negatiivi värvuste tasakaalus mõningaid muudatusi, mis on küll kopeerimisel kõrvaldatavad.

Värviliste negatiivide hoidmine

Negatiive on soovitatav hoida pergamendist või kalkast ümbrikes, mis on mõlemast otsast lahtised. Sel juhul saab vajalikke negatiive välja otsida ilma neid ümbrikust välja võtmata, ühtlasi on nad kaitstud kriimustuste ja teiste vigastuste eest.

Negatiivide niisuguseks hoidmiseks lõigatakse 35 mm ja rullfilm 20—30 cm pikkusteks tükkideks; negatiivid pannakse ümbrikesse, neid omakorda hoitakse vastavate mõõtmetega suuremas ümbrikus või karbis.

35 mm filmi negatiive võib hoida karpides, rullidena pehmesse paberisse mähitult, kuigi see viis on vähem kindel kui ümbrikes hoidmine.

Tasafilmi negatiive hoitakse paberist või tsellofaanist ümbrikes. Kõikidel juhtudel on soovitatav vajaliku negatiivi leidmise hõlbustamiseks pakendile märkida negatiivi nimetus.

Ümberpööratavate filmide töötlemine

Ümberpööratav värvifilm on määratud värviliste diapositiivide valmistamiseks.

Tabel 110

Ümberpööratavate filmide töötlemise järjekord ja režiimid

Operatsioonide järjekord	Operatsiooni nimetus	Töötlemise aeg (minutit)	Lahuse temperatuur (kraadi)	Operatsiooni eesmärk
1.	Negatiivne ilmutamine (must-valge)	35	18±1	Hõbe-komponentkujutiste ilmutamine
2.	Vahepesemine	25	mitte üle 15	Ilmuti jääkide väljapesemine
3.	Valgustamine	5	—	Positiivsete komponentkujutiste moodustamine

Tabel 110 järg

Operatsiooni-de järjekord	Operatsiooni nimetus	Töötlemise aeg (minutit)	Lahuse temperatuur (kraadi)	Operatsiooni eesmärk
4.	Värviline ilmutamine	11	18±0,5	Hõbe- ja värviliste komponentkujutiste ilmutamine
5.	Vahepesemine	25	mitte üle 15	Värviilmuti jääkide väljapesemine
6.	Pleegitamine	5	12—18	Kujutise, filterkihi ja valgustaravastase kihi metallilise hõbeda muutmine kinnitis lahustuvaks hõbeferritsüaniidiks
7.	Vahepesemine	5	mitte üle 15	Pleegitamislahuse jääkide väljapesemine
8.	Kinnitamine	5	10—18	Kujutise, filterkihi ja valgustara-vastase kihi pleegitatud hõbeda lahustamine
9.	Lõplik pesemine	20	mitte üle 15	Töötlemislahuste lõplik väljapesemine

Ümberpööratavate filmide töötluslahuste retseptuur

Nagu nähtub operatsioonide järjekorrast, täieneb ümberpööratavate filmide töötlemine ainult must-valge ilmutamisega. Seoses sellega antakse alljärgnevalt ainult ümberpööratavate filmide negatiivsete (must-valgete) ilmutite retseptuur.

Negatiivne (amidool-) ilmuti

Naatriumsulfit, veevaba	50 g
Amidool	5 g
Kaaliumbromiid	1 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Kõva vett kasutades tuleb enne ilmuti teiste koostisosade lahustamist vees lahustada 1 g etüleendiamiintetraatsetaatnaatriumi või 2 g naatriumheksametafosfaati.

Amidoolilmuti koostatakse vahetult enne kasutamist.

Ümberpööratavate filmide töötlemise teised lahused on samad, mis negatiivfilmide juures.

Ümberpööratavate filmide must-valgeks ilmutamiseks võib soovitada ka metool-hüdrokinoonilmutit.

Metool-hüdrokinoonilmuti

Naatriumsulfit, veevaba	25 g
Metool	2 g
Hüdrokinoon	4 g
Sooda, veevaba	19 g
Kaaliumbromiid	2 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Negatiivse (must-valge) ilmutamise kestus selles ilmutis 30—35 minutit.

Toome lahuste kulunormid ümberpööratavate filmide töötlemisel.

Tabel 111

1 liitris töötlemislahuses töödeldava ümberpööratava filmi kogus

Töötlemislahused	35 mm või 6 cm rullfilme (rulle)	Tasafilme 9 × 12 cm (lehti)
Must-valge ilmuti	3—4	15—20
Värviilmuti	6—7	35—40
Pleegitamislahus	13—14	75—80
Kinniti	13—14	75—80

Ümberpööratavate filmide töötlemise tehnika

Ümberpööratavate filmide töötlemise tehnika on peaaegu samasugune kui negatiivfilmidel, erinedes sellest ainult mõnedes detailides. Tuleb märkida, et ümberpööratavate filmide töötlemisel on vaja eriti täpselt järgida töötlemisjuhiseid, sest kopeerimisprotsessi puudumise tõttu ei ole võimalik pärastine värvusülekande korrigeerimine.

Pärast esimest pesemist toimuv ümberpööratava filmi valgustamine on väga tähtis ja see avaldab mõju värvilise diapositiivi kvaliteedile. Valgustamiseks pühitakse ümberpööratav film mõlemalt poolt niiske käsna või seemisnahaga liigsest veest ja paigutatakse valgusallika ette emulsiooniga ülespoole. Valgustamiseks on vaja tugevat valgusvoogu (elektrilampi võimsusega 500 W või hajutatud päevavalgust). Valgustamise ajal säritatakse hõbehalogeniidi, mis pildistamisel jäi valguse toimest mõjutamata.

Tuleb jälgida, et valgustamise ajal ei tumeneks filmi ilmumata kohad, sest vastasel korral moodustub värvilisel ilmutamisel neis kohtades vähem kujutise värvaineid ja diapositiiv saadakse madala küllastusastmega.

Selleks et emulsioonikiht ei sulaks lambi soojuse mõjul, tuleb film asetada lambist 50—75 cm kaugusele. Täieliku läbivalgustamise kindlustamiseks tuleb filmi pöörata nii emulsiooni- kui ka tagaküljega valgusallika poole.

Pärast valgustamist toimub kogu edasine töötlemine nõrgas valges valguses.

Ümberpööratavate filmide kuivatamine ja hoidmine on samasugune kui negatiivfilmidel.

Värviliste diapositiivide värvusülekande korrigeerimise meetodeid

Värvilistel diapositiividel võib esineda värvusülekande rikkeid soovimatu värvilise varjundi kujul (kollane, purpurne, taevassinine), mis on tingitud reeglitest kõrvalekaldumisest pildistamisel või töötlemisel või filmi halvast kvaliteedist.

Taolistel juhtudel on võimalik värvusülekannet parandada, kui kasutada projitseerimisel kõrvaldamisele kuuluva varjundi täiendvärvusega filtrit või kui värvida diapositiivi kõrvaldatava varjundi täiendvärvuse lahuses.

Kuigi ülalnimetatud korrigeerimismoodused on väga lihtsad, kõlbavad nad ainult väga väikeste moonutuste parandamiseks. Intensiivse varjundi puhul aitab see moodus ülekannet parandada ainult mõnedes kujutise kohtades.

Taevassinine varjund korrigeeritakse tavaliselt hõõglampide abil.

Diapositiivide värvusülekannet saab korrigeerida veel teisel teel — üksikute positiivsete komponentkujutiste nõrgendamise kaudu. Tuleb aga arvesse võtta, et sel juhul vähendab korrigeerimine mõningal määral kujutise üldist tihedust. Parimaid tulemusi saadakse õigesti säritatud diapositiivide nõrgendamisel. Toome mõned nõrgendajate retseptid.

Kollase varjundi nõrgendaja

Vasksulfaat, kristalliline	2 g
Ammoniaak 25% (erikaal 0,91)	3 g
Vesi	200 cm³

Nõrgendamiseks lahjendatakse lahust veega 1 : 10. Nõrgendamise kestus 1—4 minutit.

Kollase varjundi nõrgendamisel on värvuse muutumine kergesti jälgitav, seepärast otsustatakse nõrgenduse astme üle visuaalselt.

Purpurse varjundi nõrgendaja

Lahus *A*

Soolhape, kontsentreeritud	4 cm³
Vesi	200 cm³

Lahus *B*

Trinaatriumfosfaat	2 g
Vesi	200 cm³

Töötlemise kestus lahuses *A* on 1—3 minutit. Sellele järgneb 1—2 minutit pesemist ja 2—6 minutit töötlemist lahuses *B*.

Purpurse varjundi nõrgendaja lahuses *A* töötlemisel tekib tugev värvuse muutus, järele jääb ainult nõrk purpurne kujutis. Lahuses *B* toimub kujutise värvuste taastamine. Nõrgendatud diapositiiv jääb heledamaks ja vähemkontrastseks.

Taevassinise varjundi nõrgendaja

Lahus *A*

Vesinikülihapend	3% lahus

Lahus *B*

Naatriumhüdroksüüd	4 g
Vesi	200 cm³

Enne tarvitamist koostatakse töölahus:

Lahus *A*	40 cm³
Lahus *B*	40 cm³
Vesi	200 cm³

Nõrgendamise kestus 1—4 minutit.

Taevassinise varjundi nõrgendamisel on värvuse muutumine kergesti jälgitav, seepärast otsustatakse nõrgenduse astme üle visuaalselt.

Nõrgendatud diapositiiv muutub veidi heledamaks.

Värviliste diapositiivide nõrgendamise tehnika

Enne nõrgendamist pannakse diapositiivid 15—20 minutiks 16—18° C temperatuuriga vette. Nõrgendamise ajal tuleb lahust liigutada; lahuse temperatuur olgu 16—18° C. Diapositiive nõrgendatakse vannides, sest see võimaldab kõige paremini nõrgendamisprotsessi visuaalselt kontrollida.

Pärast nõrgendamist pestakse diapositiivi hoolikalt jooksvas vees. Tavaliselt kestab pesemine 15—20 minutit.

Puuduliku nõrgendamise puhul võib soovitud tulemuse saavutada korduva töötlemisega. Üleliigset nõrgendamist pole võimalik parandada.

Vajaduse korral (näiteks kui diapositiiv on punase varjundiga) nõrgendatakse diapositiivi kordamööda kahes erinevas nõrgendus-lahuses.

Nõrgendajate rakendamine

Tabel 112

Diapositiivi nõrgendatav varjund	Rakendatavate nõrgendajate arv	Rakendatavad nõrgendajad
Kollane	1	Kollase varjundi nõrgendaja
Purpurne	1	Purpurse varjundi nõrgendaja
Taevassinine	1	Taevassinise varjundi nõrgendaja
Punane	2	Kollase ja purpurse varjundi nõrgendajad
Sinine	2	Purpurse ja taevassinise varjundi nõrgendajad
Roheline	2	Kollase ja taevassinise varjundi nõrgendajad

Värviliste diapositiivide viimistlemine ja hoidmine

Värvilised kujutised filmil on määratud vastu valget vaatlemiseks ning seepärast kanditakse need klaaside vahele ja demonstreeritakse diapositiivide kujul. Hoidmine on analoogiline värviliste paberkoopiate või värvilise positiivfilmi omaga.

Fotopaberi töötlemine

Tabel 113

Fotopaberi töötlemise kestus ja tingimused

Töötlemislahus	Töötlemise kestus (minutit)	Lahuste ja vee temperatuur (kraadi)	Töötlemise eesmärk
Värviilmuti	3	18 ± 5	Nähtava hõbe- ja värvilise kujutise moodustamine
Vahepesemine	10	mitte üle 15	Ilmuti kemikaalide väljapesemine

Töötlemislahus	Töötlemise kestus (minutit)	Lahuste ja vee temperatuur (kraadi)	Töötlemise eesmärk
Katkestusvann	5	17—18	Ilmumise katkestamine ja taandamata jäänud hõbehalogeniidi osaline lahustamine
Pesemine	5	mitte üle 15	Katkestusvanni kemikaalide väljapesemine
Pleegitamisvann	5	17—18	Kujutise, samuti filterkihi hõbeda muutmine kinnitis lahustuvaks hõbeferritsüaniidiks
Pesemine	5	mitte üle 15	Pleegitamisvanni kemikaalide väljapesemine
Kinnitamine	5	17—18	Hõbeferritsüaniidi ja hõbehalogeniidi jääkide lahustamine
Lõplik pesemine	20	mitte üle 15	Kinnitamisvanni kemikaalide väljapesemine

Fotopaberi töötlemise retseptuur

Praegusel ajal on olemas suur hulk töötlemislahuste retsepte, kuid tuleb märkida, et kohasem on neist välja valida üks retsept, et sellega häid tulemusi saavutada.

Allpool toome standardse retsepti värvifotopaberite töötlemiseks. Selle retsepti järgi koostatud töölahused annavad häid tulemusi.

Ilmuti

Lahus *A*

Hüdroksüülamiinsulfaat	2 g
Etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaat .	4,5 g
Vesi	kuni 500 cm³

Lahus *B*

Etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium .	2 g
Potas	80 g

Naatriumsulfit, veevaba	0,5 g
Kaaliumbromiid	0,5 g
Vesi	kuni 500 cm³

Ilmutamisprotsessis toimub ilmuti väsimine. Ilmuti aktiivsuse hoidmiseks ühtlasel tasemel (massilisel ilmutamisel) tuleb ilmutile perioodiliselt lisada lisandlahust.

Lahus *A*

Hüdroksüülamiinsulfaat	2 g
Etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaat	6,5 g
Vesi	kuni 100 cm³

Lahus *B*

Etüleendiamiintetraatsetaatnaatrium	2 g
Potas	80 g
Naatriumsulfit, veevaba	0,5 g
Vesi	kuni 900 cm³

Lisandlahuse koostamine toimub samas järjekorras kui põhilise ilmuti koostamine.

Kui kasutatakse lisandlahust, kuulub ilmuti töölahus väljavahetamisele nädalase töötamise järel.

Stopplahus

Lahus *A*

Monokaaliumfosfaat	9 g
Dinaatriumfosfaat	9 g
Vesi	kuni 500 cm³

Lahus *B*

Naatriumtiosulfaat	160 g
Vesi	kuni 500 cm³

Pleegitamislahus

Lahus *A*

Punane veresool	20 g
Vesi	kuni 500 cm³

Lahus *B*

Monokaaliumfosfaat	12 g
Dinaatriumfosfaat	8 g
Vesi	kuni 500 cm³

Kinniti (parkiv)

Lahus *A*

Naatriumatsetaat	60 g
Naatriumtiosulfaat	80 g
Vesi	kuni 500 cm³

Lahus *B*

Kaalium-alumiiniummaarjas	30 g
Vesi	kuni 500 cm³

Lahustamisjärjekorra rikkumisel ja segades naatriumtiosulfaati maarjasega ilma naatriumatsetaadita muutub lahus sogaseks-piimjaks (naatriumtiosulfaadist väävli eraldumine).

Võib kasutada ka harilikku kinnitit.

Värviliste paberkoopiate värvuste küllastusastme tõstmine ilmutamisel

Värvilised koopiad on mõnikord lamedate, väheküllastunud värvidega (see käib kõige enam punaste ja purpursete toonide kohta). Taolistest defektidest võib ilmutamisprotsessis hoiduda rea abinõude kaudu:

1) ilmutatakse ilmutis, milles ilmutava aine kontsentratsioon on tavalisest poolteist korda kõrgem;

2) pikendatakse koopiate ilmutamise aega ning ühes sellega vastavalt esimese pesemise kestust.

Harilikust ilmutamisest erineb antud moodus ainult sellega, et ilmutamine kestab 3 minuti asemel 6 minutit ning pesemine pärast ilmutamist 10 minuti asemel ainult 3 minutit;

3) tõstetakse ilmumise kiirust potase kontsentratsiooni tõstmisega ilmutis (80 g asemel kuni 120 g).

Mõned fotoamatöörid saavutavad kõrgema küllastusastme, töödeldes koopiaid ilmutis temperatuuril 20° C. Ülejäänud töötlemistingimused jäävad endiseks.

Tuleb märkida, et seda moodust ei saa soovitada, ehkki see on kõige lihtsam ja ökonoomsem ega nõua erilise ilmutí koostamist. Põhjuseks on emulsioonikihi nõrk side paberiga, mille tõttu tekib emulsiooni lahtituleku oht.

Ühe või teise meetodi valik, lähtudes tema võimalustest, jääb fotoamatöörile endale.

Ülaltoodud meetodid on kontrollitud fotolaboratooriumide ja fotoamatööride tööpraktikas.

Fotopaberi töötlemise kiiremad ja lihtsustatud menetlused

On olemas mitmeid kiiremaid ja lihtsustatud menetlusi.

Kiirendatud menetlused saavutatakse harilikult vahepesemiste kestuse lühendamise arvel, mis põhjustab töödeldavate värviliste kuju-

tiste kvaliteedi mõningase alanemise. Sama võib öelda ka lihtsustatud retseptuuri kohta.

Mõne menetluse puuduseks on töötluslahuste säilivuse halvenemine ning loorituse suurenemine kujutise valgetel kohtadel.

Pesemise kestuse lühendamisel tuleb suurendada vee kiirust pesemisvannides.

Kahe lahuse meetod. Vaatamata lihtsusele ja töötluse kestuse tunduvale lühenemisele ei ole kahe lahuse meetodil kiire riknemise ja pleekiv-kinnistava soola defitsiitsuse tõttu laia levikut.

Ilmutamine toimub harilikus värviilmutis 3 minutit järgneva 10-minutilise pesemisega. Siis järgneb pleegitamine ja kinnitamine ühes järgneva koostisega lahuses:

Raud(III)-etüleendiamiintetraatsetaat	89 g
Potas	18 g
Kaaliumbromiid	25 g
Naatriumtiosulfaat	120 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Töötlemise kestus 6 minutit, pesemise kestus 20 minutit.

Töötlemise kiirmeetod I

Ilmuti

Lahus *A*

Etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaat	4,5 g
Vesi	kuni 50 cm³

Lahus *B*

Sulfit, veevaba	0,5 g
Kaaliumbromiid	2 g
Potas	78 g
Hüdroksüülamiinsulfaat	2 g
Vesi	kuni 950 cm³

Ilmutamise kestus 3 minutit, pesemise kestus 15 sekundit.

Stopplahus

Naatriumtiosulfaat	250 g
Ammooniumkloriid	60 g
Naatriumatsetaat	100 g
Äädikhape (80% lahus)	10 cm³
Vesi	kuni 1000 cm³

Töötlemise kestus 2,5 minutit, pesemise kestus 15 sekundit.

Pleegitaja

Punane veresool	100 g
Monokaaliumfosfaat	4,3 g
Dinaatriumfosfaat	5,8 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Enne tarvitamist tuleb lahust lahjendada veega vahekorras 1 : 10. Töötlemise kestus — 3 minutit, pesemise kestus — 2 minutit.

Kinniti

Naatriumtiosulfaat	250 g
Ammooniumkloriid	50 g
Naatriumbisulfit	0,5 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kinnitamine kestab 1,5 minutit, pesemine — 15 sekundit.
Paremate tulemuste saamiseks tuleb pikendada pesemist pärast ilmutamist 15 sekundilt, millest ilmselt ei aita, 5—8 minutini.

Töötlemise kiirmeetod II

Ilmutamine toimub hariliku koostisega ilmutis 3 minutit, millele järgneb intensiivne pesemine 1 minuti kestel.

Katkestuslahus

Naatriumtiosulfaat	250 g
Ammooniumkloriid	50 g
Kaalium-metabisulfit	25 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Töötlemise kestus — 2 minutit, pesemine — 1 minut.
Pleegitamine toimub punase veresoola 2%-lises lahuses 1½ minuti kestel, mille järel koopiat pestakse 1 minut.

Kinniti

Naatriumtiosulfaat	250 g
Sooda, veevaba	30 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Kinnitamise kestus — 2 minutit. Edasiselt toimub, nagu harilikult, lõplik pesemine.

Lihtsustatud töötlusmeetod I

Ilmuti

Lahus *A*

Hüdroksüülamiinsulfaat		2	g
Etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaat		4,5	g
Vesi, destilleeritud	kuni	500	cm³

Lahus *B*

Potas		75	g
Sulfit, veevaba		0,5	g
Kaaliumbromiid		0,5	g
Vesi, destilleeritud	kuni	500	cm³

Stoppvann

Naatriumbensosulfonaat		2	g
Dinaatriumfosfaat		10	g
Monokaaliumfosfaat		10	g
Naatriumtiosulfaat		200	g
Vesi	kuni	1000	cm³

Pleegitaja

Punane veresool		50	g
Naatriumkloriid		50	g
Vesi, destilleeritud	kuni	1000	cm³

Kinniti

Lahus *A*

Kaalium-alumiiniummaarjas		30	g
Vesi, destilleeritud	kuni	800	cm³

Lahus *B*

Naatriumatsetaat		60	g
Naatriumtiosulfaat		80	g
Vesi, destilleeritud	kuni	200	cm³

Töötlemise kestus kõikides lahustes nagu tavaliselt.

Lihtsustatud töötlusmeetod II

Ilmuti

Lahus *A*

Hüdroksüülamiinsulfaat	2	g
Etüül-oksü-etüülparafenüleendiamiinsulfaat	4,5	g
Vesi kuni	500	cm³

Lahus *B*

Sulfit, veevaba	0,5	g
Kaaliumbromiid	0,5	g
Potas	75	g
Vesi kuni	500	cm³

Ilmutamise ja pesemise kestus tavaline.

Stoppvann

Naatriumtiosulfaat	250	g
Vesi kuni	1000	cm³

Töötlemine kestab 5 minutit, pesemine — 5 minutit.

Pleegitaja

Punane veresool	15	g
Naatriumkloriid	20	g
Vesi kuni	1000	cm³

Töötlemine kestab 4 minutit, pesemine — 4 minutit

Kinniti

Naatriumtiosulfaat	250	g
Vesi kuni	1000	cm³

Kinnitamine kestab 5 minutit, pesemine — 20 minutit.

Eeltoodud menetluse juures on looritus veidi tugevam kui tavaliselt.

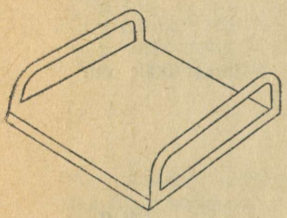
Peamiseks eeliseks on retseptuuri lihtsus ja kättesaadavus. Peale selle on ühte vanni valatud 25%-line tiosulfaadi lahus nii katkestuskui ka kinnitamislahuseks. Sellisel viisil on kogu protsessi samasuguse järjekorra puhul nelja vanni asemel vaja ainult kolme.

Lahuste kulunormid 1 m² (100 lehte 9×12 cm) paberi «Fototsvet» töötlemiseks on järgmised:

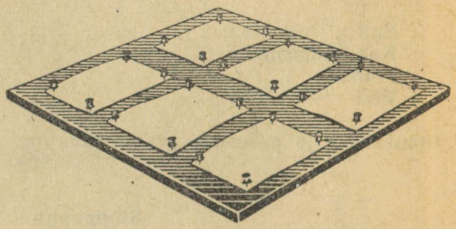
Ilmuti	2	l
Stopplahus	1	l
Pleegitaja	0,5	l
Kinniti	0,5	l

Fotopaberi töötlemise tehnika

Fotopaberi töötlemine võib toimuda vannides või plastmassist, klaasist või portselanist tankides. Kõlbavad ka emailitud metallvannid ja -tankid. Sel juhul tuleb jälgida, et email ei oleks vigastatud.



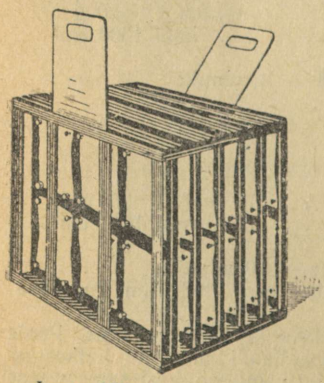
Joon. 202. Plaat vannis ilmutamiseks.



Joon. 203. Plaat paagis ilmutamiseks.

Pesemiseks on kohased ka roostevabast terasest või tsingitud plekist vannid, mis on kaetud nitrolakiga.

Vannides ilmutamisel kinnitatakse koopiad spetsiaalsetele, vanni mõõtmetele vastavatele painduvast plastmassist plaatidele (joon. 202).



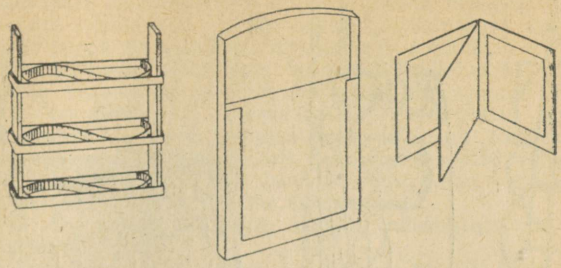
Joon. 204. Ilmutamiskorv.

Tankides ilmutamisel võib koopiad kinnitada samasugustele, kuid veidi muudetud plaatidele kui vannides ilmutamisel (joon. 203), mis paigutatakse plastmassist korvi (joon. 204) ning lastakse siis ilmutuspaaki. Paakidel on äravõetavad kaaned ning nad on varustatud lahuse väljalaskmiseks kraanidega.

Peale plaatide kasutatakse tankides ilmutamisel veel spetsiaalseid plastmassist raame (viniplast, pleksiklaas jne.), millede ehitus selgub joonisel 205.

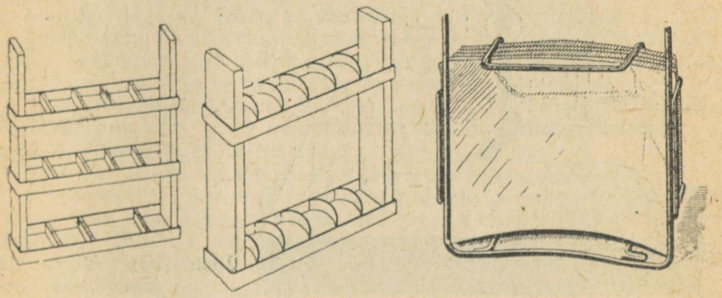
Antud juhul pole korve vaja; raamid paigutatakse paakidesse ilma nendeta. Raamid valmistatakse vastavalt paberi formaadile.

Fotopabereid on mugav töödelda ka korreksplaatide abil, mida saab valmistada tselluloidist või emulsioonist puhtaks pestud tasafilmist.



Joon. 205. Raamid fotopaberi ilmutamiseks.

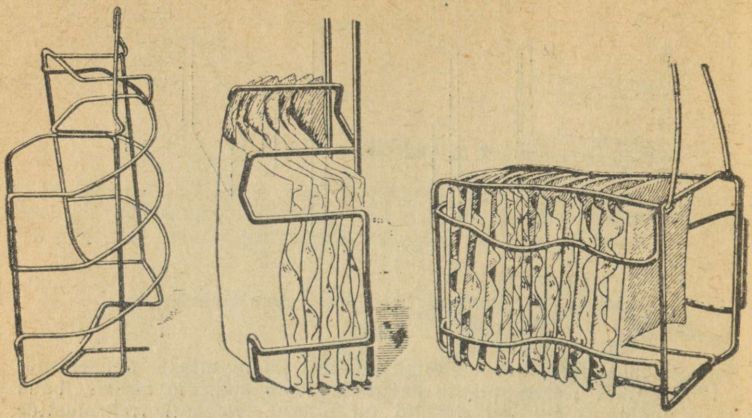
Reljeef saadakse metallist šablooni abil, mis kuumutatakse temperatuurile 120—150° C. Korreksplaate kasutades võib koopiate äärtele jääda valgeid punkte, juhul kui pakend on pingul. Peale korreksplaatide tarvitatakse veel traadist emaileeritud sõrestik-korve. Korvide vorm ning suurus võivad olla mitmesugused (joon. 206).



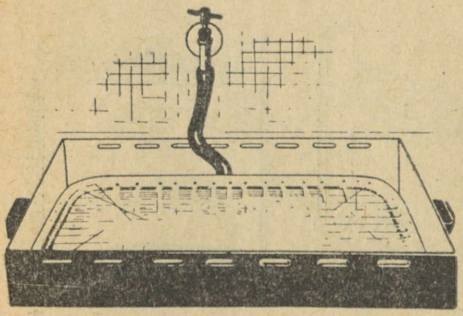
Joon. 206. Sõrestik-korvid fotopaberi ilmutamiseks.

Töötlemiseks määratud fotopaberi vahele paigutatakse korreksplaadid selliselt, et fotopaberi lehed vahelduksid korreksplaatidega. Siis pannakse paber ühes korreksplaatidega korvi (joon. 207) ja lastakse ilmutuspaaki. Säärasel viisil saab üheaegselt ilmutada 12 kuni 15 koopiat. Töötlemisel võib kasutada ka erilisi paake, kuhu korreksplaatidega fotopaber pannakse ilma sõrestik-korvita. Töötlemisel tõstetakse koopiad ühest vannist või nõust teise, s. o. kas vette või töötlemislahusesse.

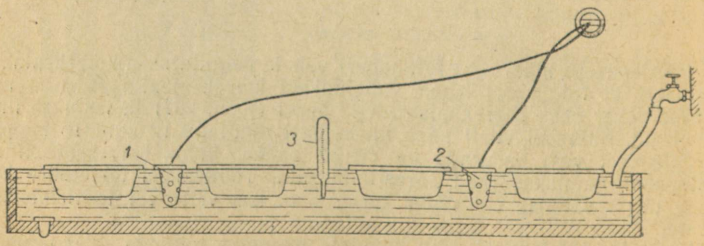
Vannides töötlemisel võib koopiate pesemine toimuda dušš-pesemisvannis (joon. 208) või ükskõik millises muus pesunõus, kus on kindlustatud hea, intensiivne pesemine.



Joon. 207. Sõrestik-korvide ja korreksplaatide kasutamine.



Joon. 208. Vann dušš-pesemiseks.



Joon. 209. Vannides töötlemise termostaat:
1, 2 — elektrikuumenduselemendid; *3* — termomeeter.

Töötlemisaja kontrollimiseks tuleb kasutada helisevaid sekundikelli (stoppereid) võimalikult pikkade osutite ja helenduva numbrilauaga.

Ühtlase temperatuurirežiimi hoidmiseks on kasulik vann- (joon. 209) või tank-töötlemisel rakendada termostaati. Viimasel juhul on töötlemisseade varustatud termoregulaatoriga, mis säilitab automaatselt vajaliku temperatuuri.* Termostaatide puudumisel reguleeritakse lahuse temperatuur enne töö alustamist vajalikule kõrgusele. Soojendamiseks kasutatakse kuuma vett, jahutamiseks jääd või külma vett. Kõige kindlamaks vahendiks lahuste temperatuuri vajalikul tasemel hoidmiseks on tööruumi ühtlane temperatuur.

Positiiv-tasafilme töödeldakse samade vahenditega, mida rakendatakse paberi töötlemisel.

Rull-positiivfilmi töötlemiseks tarvitatakse tavalisi must-valges fotograafias kasutatavaid tanke.

Piltide viimistlemine

Läikival paberil valmistatud piltidele tehakse kõrgläige, mis mõningal määral aitab tõsta pildi mahlakust ja selgust.

Värvilistele piltidele kõrgläike andmine toimub analoogiliselt vastava must-valge protsessiga.

Sirgeks lõigatud äärtega värvilised pildid kleebitakse albumisse või paspartuule. Paspartuu värvuse valikul eelistatakse halli või musta tooni, sest tume foon tõstab pildi paremini esile. Satineeritud pinnaga pildid näevad head välja ka valgele paspartuule kleebitult.

Tuleb meeles pidada, et värvilisi pilte ei tohi kleepida igasuguse liimiga, mis võib pildil tekitada värvuste muudatusi kohtades, kus pildi tagumine külg on määritud ebakohase liimiga.

Värviliste piltide kleepimiseks võib soovitada tärklisekliistrit.

Kleepimisel on soovitatav liimiga määrida ja kinni kleepida ainult kitsas riba foto ülemises ääres, sest üleni kinnikleebitud foto tõmbub tavaliselt kõveraks, avaldades ebameeldivat muljet.

Värviliste piltide kleepimiseks soovitatakse veel kummiliimi. Selle eelisteks teiste liimidega võrreldes on, et see

a) ei muuda pildi värvust;

b) kindlustab kindla ja kiire liimimise;

c) sattudes kätele, fotole ja paberile, on kergesti eemaldatav puhta lapiga ega jäta mingeid jälgi;

d) ei riku läikivate piltide läiget;

e) ei deformeeri kleebitavaid fotosid.

Värviliste fotode igasuguseid väikesi defekte — punkte, kriimustusi, väikesi heledaid triipe, laigukesi jne. — saab parandada värvilise retušiga. Retušeeritakse hea peene pintslikese abil (vastavas värvuses ja toonis) värvainete vesilahusega, millele on lisandatud želatiini. Kui puudub soovitav värv, siis saab selle kolme värvaine — kollase, purpurse ja taevassinise — segamise kaudu.

Värvilise retuši kvaliteet oleneb foto retušeeritavale osale värvuse ja tooni poolest sobiva värvi valikust.

* Kui lahuseid on vaja jahutada, pannakse termostaati jääd.

Piltide säilitamine

Suurt tähelepanu tuleb pühendada värviliste fotode säilitamise küsimusele. Mitmekihilistel fotomaterjalidel valmistatud värvilistel piltidel on suur puudus, mis seisab kujutist moodustavate värvainete piiratud valguskindluses. Seetõttu pleegivad värvilised fotod otseses päikesevalguses kiiresti. Valges toas seinale paigutatult pleegivad värvilised fotod hajutatud valguse toimel aeglasemalt, kuid juba 2—3 kuu pärast on värvuste muutus märgatav.

Värviliste kujutiste värvuste muutused päevavalguse toimel tekivad pealmise kihi kollase värvaine pleekimise (hävinemise) tõttu, mille järel fotol domineerib lilla varjund. Kestvamal valgustamisel toimub keskmise kihi purpurse värvaine hävinemine ning kujutis hakkab sinetama, seejärel hävib aga ka alumise kihi sinine värvaine.

Värvilisi fotosid tuleb tingimata kaitsta ereda, eriti otsese päikesevalguse eest. Kõige parem on värvilisi fotosid hoida albumis. Neil juhtudel, kui värvilisi fotosid on vaja paigutada hajutatud päevavalgusse, on võimalik pleekimist tunduvalt vähendada fotode kantimisega klaasi alla.

Mõnikord pleegivad fotod ettevaatusabinõudele vaatamata isegi albumis. See toimub töötlemisel pesemisaegade lühendamise ja pesemise halva kvaliteedi tõttu, sest kihtidesse jäänud töötlemislahuste ja reaktsiooniproduktide jääkide toimel lagunevad kujutise värvained.

Värviliste fotode töötlemis- ja säilitamisreeglite täpne järgimine aitab kaasa nende mitmeaastasele säilitamisele ilma värvusülekannet kahjustamata.

Värviliste piltide parkimata kiht on väga tundlik hõõrdumisele. See on eriti märgatav kõrgläikega piltide juures. Foto pinna kaitsmiseks hõõrdumise eest on soovitatav see paigutada fotoalbumisse kleepimisel süvendatud raami.

Positiivfilmide töötlemine

Tabel 114

Värvilise positiivfilmi keemilis-fotograafilise töötlemise režiimid harilikus protsessis hapu fosfaat-katkestusvanniga

Operatsioonide järjekord	Operatsioonide nimetus	Filmi töötlemise kestus (minutit)	Lahuste ja vee normaalne temperatuur (kraadi)
1.	Värviline ilmutamine	10—11	18—19
2.	Pesemine	0,5—1	7—15
3.	Katkestusvann	2—3	14—19
4.	Pesemine	15—20	7—15

Operatsioonide järjekord	Operatsioonide nimetus	Filmi töötlemise kestus (minutit)	Lahuste ja vee normaalne temperatuur (kraadi)
5.	Pleegitamine	3—5	14—19
6.	Pesemine	4—5	7—15
7.	Kinnitamine	7—10	14—19
8.	Pesemine	12—15	7—15
	Kokku:	53,5—70	—

Positiivfilmi ilmutamisel kasutatakse sama ilmutit, mida negatiivfilmi juures.

Katkestuslahused

I	Monokaaliumfosfaat	100 g
	Vesi	kuni 1000 cm³
II	Monokaaliumfosfaat	80 g
	Fosforhape (erik. 1,7)	3 cm³
	Vesi	kuni 1000 cm³

Pleegitaja ja kinniti samad mis negatiivfilmi juures.

Tabel 115

Ligikaudne kogus positiivfilmi, mida võib ilmutada 1 liitris töötlemislahuses

Lahuse nimetus	35 mm positiivfilm (meetrites)	Tasafilm 9 × 12 cm (lehtede arv)
Värviilmuti	10	40
Katkestuslahus	20	80
Pleegitaja	20	80
Kinniti	20	80

Positiivfilmi töötlemise tehnika

Positiivfilmi töödeldakse samuti nagu negatiivset. Positiivfilmi kauem kestva ilmutamise tõttu on aga värvilise positiivi kontrastsusaste negatiiviga võrreldes kõrgem. Nii on värvilise negatiivi kontrastsus 0,6—0,75 piirides, värvilisel positiivil aga 2,0—2,5.

Positiivfilmi ilmutamine nõuab peaaegu neli korda enam aega kui paberi «Fototsvet» ilmutamine. Pärast ilmutamist järgneb töötlemine katkestuslahuses.

Positiivfilmi töötlemiseks rakendatakse samasuguseid aparatuure ja rakiseid kui negatiivfilmi ja paberi «Fototsvet» töötlemisel.

Kuivatamine

Positiivfilmil saadud värvilisi pilte kuivatatakse samades tingimustes kui värvilisi negatiive. Kuivatamisprotsess peab toimuma ½—1 tunni jooksul, vastasel korral tekib keskmise kihi kujutise värvuse muutumise arvel mõningaid muutusi värvuse tasakaalus.

VÄRVILISTE PILTIDE DEFEKTE JA NENDE TEKKIMISE PÕHJUSI

Esinevate defektide ärahoidmise profülaktiliseks abinõuks on värvifotomaterjalide kasutamise ja töötlemise tingimuste range järgimine. Allpool kirjeldame ainult mõningaid defekte, mis on kõige iseloomulikumad ja tööpraktikas kõige sagedamini esinevad.

Negatiivide defektid

1. Negatiiv on ebaterav. Peale tavaliste ebateravust põhjustavate tegurite võib antud juhul süüdi olla värvivõteteks kõlbmatu objektiiv (ebateravaid kujutisi annavad eriti tihti lainurk-objektiivid). Tuleb objektiivi kontrollida rea teistsuguste negatiivide juures.

2. Väga tihe negatiiv. Heledates kohtades puuduvad detailid. Värvuste tasakaal erineb teistest üheaegselt töödeldud negatiividest tumedama värvuse poolest. Põhjuseks on ülesäritus.

3. Kontrastne negatiiv. Varjudes puuduvad üksikasjad. Negatiivi värvuste tasakaal väga nõrgalt väljendatud. Põhjuseks on alasäritus.

4. Sinised ja sinilillad triibud risti üle negatiivide filmi alguses mõnede keerdude ulatuses. Põhjuseks on filmi väärvalgustus kassetis. Kui puudub küllaldane arv valguskindlaid kassette, siis tuleb pärast aparaadi laadimist filmi 2—3 kaadri võrra ilma pildistamata edasi keerata.

5. Perforatsioonist negatiivi keskkoha poole suunduvad triibud (ühel negatiivipoolel). Põhjuseks on filmi puudulik liikumine (või liikumatus) ilmutamise ajal.

6. Roheline triip negatiivi ühel äärel mööda perforatsiooni. Põhjus — filmi puudulik liikumine kinnitamisel või äratarvitud kinniti kasutamine.

7. Filmi ühe või mitme kihi kohatine lahtitulek pärast selle töötlemist. Põhjus — pesemiseks kasutati kõrgendatud temperatuuriga või liiga pehmet vett.

8. Paljud väikesed mullikesed valgustundlikus kihis. Põhjuseks on pesemisvee kõrgendatud temperatuur.

Piltide defektid

1. Heledatel kohtadel on mitmesuguse tihedusega sinakas värvus. Põhjuseks on punane väärvalgustus.
2. Heledatel kohtadel on määrdunud-rohekas värvus. Põhjuseks on valge väärvalgustus.
3. Heledatel kohtadel on nõrk roosakas värvus. Põhjus — kollakas-roheline väärvalgustus (laboratooriumivalgustus).
4. Kontrastne pilt, millel puuduvad detailid kujutise heledates kohtades. Põhjuseks alasäritus.
5. Tihe pilt halva värvusejaotuse ja domineeriva musta tooniga, varjudes puuduvad detailid. Põhjuseks ülesäritus.
6. Pildil domineerib hallikaspurpurne värvus. Põhjus — puudulik pesemine pärast ilmutamist.
7. Kujutise heledatel kohtadel hall looritus. Põhjus — ilmutiga reostunud katkestuslahuse kasutamine.
8. Soovimatu värviline varjund pildi tumedates või heledates kohtades. Põhjuseks on filmi või fotopaberi värvuste tasakaalu rike. Viimast põhjust on võimalik kõrvaldada teistsuguse emulsiooninumbriga paberit kasutades.
9. Ebaühtlane looritus, tavaliselt purpurne, tumedamate triipudena, mis meenutab pildile asetatud paberilehe kuju. Põhjuseks on ilmuti või pesemisvee halb tsirkulatsioon ilmutamisel või esimesel pesemisel, kusjuures üks pilt oli surutud tihedalt teise vastu.
10. Ühtlane looritus üle kogu pildi. Põhjuseks on reostunud või vana ilmutilahuse kasutamine.
11. Pruunikas-punakas looritus. Põhjus — vananenud pleegitamislahuse kasutamine või töötamine tinutatud metallvannides. Esimesel juhul saab pilti parandada teistkordse pleegitamisega värskes pleegitajas ühes tavalise järgneva pesemise ja kinnitamisega. Teisel juhul on defekt parandamatu.
12. Ühtlane tugev hall looritus. Põhjus — ilmuti kasutamine, millesse on sattunud tiosulfaati.
13. Tugev hallikasroosa looritus, kujutis puudub. Põhjus — suure hulga tiosulfaadiga reostunud ilmuti kasutamine.
14. Kujutise tumedate kohtade punakas-pronksjas värvus, peened detailid pole nähtavad. Põhjus — vananenud pleegitamislahuse kasutamine.
15. Pruunikaspunased plekid. Põhjus — pleegitamislahuse ebaühtlane tsirkuleerimine.
16. Emulsioonikihtide mullistumine ja lahtitulek. Põhjus — kõrgendatud temperatuuriga töötluslahuste ja pesemisvee kasutamine.
17. Pealmise kaitsekihi osaline äratulek. Põhjus — töötluslahuste ja pesemisvee temperatuuri väikesed kõikumised või pesemisvee liigne pehmus. On soovitatav lõpliku pesemise ajal hõõruda pildi pinda ilma seda veest välja võtmata peopesaga või vatitampooniga, eemaldades sel viisil kaitsekihi täielikult, muidu tekib koopial ebaühtlane läige.
18. Emulsioonikihi sulamine. Põhjus — kuivatamine kuumal aastaajal otseses päikesevalguses.
19. Värvusejaotus on tuhm, värvitu. Põhjus — pildistamine on toimunud sompus ilmaga või varjus.

20. Kujutise kõik värvused on edasi antud punaste toonide domineerimisega. Põhjus — koopiate pesemine toimus kõrgendatud happelisusega vees. Defekti kõrvaldamiseks töödeldakse koopiat 1—2 minutit 15—20%-lises potaselahuses, seejärel pestakse 5—7 minutit jooksvas vees, millel ei ole kõrgenenud happelisust, ja kuivatatakse.

21. Valgustarad kujutise heledate (valgete) kohtade ümber, detailid puuduvad või on halvasti läbi töötatud. Põhjus — alasäritus vastavate kohtade jaoks kopeerimisel. Nimetatud kujutise kohad tuleb läbi kopeerida.

22. Pildi varjukohtades domineerib eredalt väljendatud värvus, mis ei vasta kujutise antud kohale. Põhjus — varjudes tugevasti alasäritatud negatiivist kopeerimisel vastab nende kohtade värvus koopial fotopaberi värvuste tasakaalule, millele liitub korrigeerimisfiltrite parandus.

23. Süžeeliselt tähtsa pildiosa õige värvuste sünteesi juures on ülejäänud osades värvuste süntees ebaõige. Põhjus — (kontrastsuse poolest) rikutud värvuste tasakaaluga fotopaberi kasutamine.

24. «Virvendus» pildi heledates kohtades (eriti kopeerimisel läbipaistvaist, õhukestest negatiividest). Põhjus — ebaühtlane (ebatäielik) hõbekujutise pleekimine või paberi «Fototsvet» defekt.

VALGUSFILTRITE VALMISTAMINE

Korrigeerimisfiltrid värviliseks kopeerimiseks

33 filtrist koosneva korrektsioonfiltrite komplekti valmistamiseks (11 filtrit igast värvusest: kollast, purpurset, taevassinist) on vaja 70 värvainetega katmiseks ettevalmistatud 9×12 cm mõõtmetega klaasi (66 klaasi 33 valgusfiltri jaoks ja 4 tagavaraks).

Valgusfiltrite valmistamise tehnika

Valgusfiltrite valmistamine koosneb viiest operatsioonist: 1) klaasi ettevalmistamine; 2) värvaine kaalumine; 3) želatiini ja värvaine lahustumine; 4) värvilise kihi valamine; 5) kuivatamine.

1. **Klaasi ettevalmistamine.** Valitakse võimalikult ühtlane ja puhas klaas (kõige parem on õhuke peegliklaas) ilma mullide ja defektideta. Valamiseks ettevalmistatud pind tuleb hoolikalt puhastada. Puhastamise kvaliteedist oleneb tunduval määral valmis valgusfiltri kvaliteet.

Klaasi puhastamiseks kasutatakse puhast piiritust, millele võib lisada mõne tilga ammoniaagilahust. Hästi puhastatud klaasil tekitab hingamine ühtlase udustumise.

Puhastatud klaas paigutatakse täpselt horisontaalselt (soovitatav on horisontaalsust kontrollida vesiloodi abil).

2. **Värvaine kaalumine.** Värvaine kaalumine peab toimuma võimalikult suure täpsusega (viga ei tohi ületada 5%). Tuleb arvesse võtta, et värvainete lahused riknevad kiiresti, seepärast ei saa neid koostada tagavaraks.

3. **Želatiini ja värvaine lahustamine.** Valgusfiltrite valmistamiseks tuleb kasutada želatiini parimaid sorte (võimalikult värvusetuid). Vesi peab olema destilleeritud, vastasel korral saadakse valgusfiltrid kindlasti ebaselged. Želatiin tuleb algul üles leotada destilleeritud vees (30—40 min.). Lahustamiseks paigutatakse nõu želatiiniga kuuma vette. Värvaine lahustatakse algul väheses vees ja valatakse želatiinilahusesse. Temperatuuril alla 25° võib lahus muutuda sülditaoliseks. Seetõttu tuleb see enne valamist uuesti üles soojendada.

Värvainega segatud želatiinilahust tuleb enne filtrite valamist filtreerida. Selleks kasutatakse vatti. Filterkihti tuleb enne selle kasutamist pesta destilleeritud veega. Lehtrit on soovitatav enne filtreerimist veidi soojendada, et ära hoida lahuse hangumist.

4. **Valamine.** Želatiini ja värvaine lahuse temperatuur peab enne valamist olema umbes 45°, kõikumised ±5 mõju ei avalda.

Valamistehnika on väga lihtne, kuid nõuab mõningat harjutamist. Lahuse väljavalamine toimub ühe võttega, ühtlase joana. Tilkadena suurest kõrgusest langev lahus jookseb hästi laiali, kuid annab sageli mulle. Väljavalamine toimub klaasi keskkohta ühest käest (teises käes hoitakse sooja klaaspulgakest, et juhtida lahust klaasi servadeni, kui see kuskil peatub). Pärast valamist kõrvaldatakse sama pulgakesega õhumullid ja teised vead, mida märgatakse valatud kihis.

Ruumi temperatuur, milles valamine toimub, olgu umbes 21°, igal juhul aga mitte alla 18°, sest kõrgema või madalama temperatuuri juures muutub lahus liiga kiiresti sültjaks, jõudmata voolata klaasi äärteni, ning pole võimalik kaotada õhumulle. Pärast valatud kihi pinna sültjaks muutumist ei tohi seda puutuda.

5. **Kuivatamine.** Kuivatamise edukuse põhiliseks eeltingimuseks on tolmu puudumine. Häid tagajärgi saadakse isegi lahtistel riiulitel, kui tolmu vastu võitlemiseks on rakendatud abinõusid ning hoitakse vajalikku temperatuuri madala õhuniiskuse juures. Mida kauem kestab kuivatamisprotsess, seda halvemad tulevad filtrid. Normaalselt kestab kuivatamisprotsess — valamisest kuni kihi täieliku tahkeks muutumiseni — 20 kuni 40 tundi. Kuivatamisruumi temperatuur ei tohi olla üle 22° ega alla 18°. Pärast lahuse hangumist võib valgusfiltrid kuivamiseks paigutada vertikaalselt.

Pärast kuivamist kaetakse valgusfilter kihi võimalike vigastuste ärahoidmiseks teise klaasiga. Kaks klaasi kanditakse kokku musta paberi või kalinguriga.

Valgusfiltrite kontrollimine

Värviliseks kopeerimiseks määratud valgusfiltreid kontrollitakse praktilise kasutamisega. Laboratooriumilaternate jaoks määratud filtrite kontrollimiseks valgustatakse laterna ees 50 cm kaugusel vastavat fotomaterjali 1 minuti jooksul. Pärast ilmutamist ei tohi see materjal olla looritunud.

Toome värvainete lähte-töölahused.
Kollaste filtrite jaoks:

Tartratsiin	0,8 g
Vesi	kuni 1000 cm^3

Purpursete filtrite jaoks:

Geranool	0,7 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Taevassiniste filtrite jaoks:

Toluidiin-sinine	1,1 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Värvainete lähte-töölahustest valmistatakse lahuseid mitmesuguse tihedusega valgusfiltrite valamiseks vastavalt alltoodud tabelitele.

Tabel 116

Lahuste koostamine kollaste valgusfiltrite valamiseks

Filtrite tihedus (%)	Värvaine lahus (cm³)	30%-line želatiinilahus (cm³)	Destilleeritud või keedetud vesi (cm³)
5	1,1	16	52,5
10	2,2	16	51,0
20	4,5	16	49,0
30	6,7	16	47,0
40	9,0	16	45,0
50	11,2	16	42,0
60	13,4	16	40,0
70	15,7	16	38,0
80	18,0	16	36,0
90	20,0	16	33,0
100	22,0	16	31,0

Tabel 117

Lahuste koostamine purpursete valgusfiltrite valamiseks

Filtrite tihedus (%)	Värvaine lahus (cm³)	30%-line želatiinilahus (cm³)	Destilleeritud või keedetud vesi (cm³)
5	2,5	16	51,0
10	4,9	16	48,0
20	9,8	16	44,0
30	14,7	16	39,0
40	19,6	16	34,0
50	24,5	16	29,0
60	29,4	16	24,0
70	34,2	16	19,0
80	39,2	16	15,0
90	44,0	16	9,0
100	49,0	16	4,0

Tabel 118

Lahuste koostamine taevassiniste valgusfiltrite valamiseks

Filtrite tihedus (%)	Värvaine lahus (cm³)	30%-line želatiinilahus (cm³)	Destilleeritud või keedetud vesi (cm³)
5	2,5	16	51,0
10	4,5	16	49,0
20	9,0	16	44,5
30	13,5	16	40,0
40	18,0	16	35,5
50	22,5	16	31,0
60	27,0	16	26,5
70	31,5	16	22,0
80	36,0	16	18,0
90	40,0	16	13,0
100	45,0	16	9,0

Igale lahusele lisatakse 0,5 cm³ glütseriini.

Kopeerides värvi-positiivfilmile korraga kolme filtriga (üks igast värvist, ühesuguse tihedusnäitajaga) ja korrates operatsiooni teistsuguste tihedusnäitajatega filtrikolmikuga, ei muutu kujutise värvus, kui tehakse säriajas filtrite tihedusele vastav parandus.

Sellele reeglile toetudes on võimalik kontrollida valgusfiltrite kvaliteeti.

Kaitse-valgusfiltrid

Negatiiv- ja ümberpööratava filmi töötlemiseks määratud kaitse-valgusfiltri nr. 170 valmistamiseks koostatakse lahus:

Želatiin	7	g
Vesi	70	cm³
Naftoolroheline	0,66	g
Filtersinine II	0,008	g
Glütseriin	0,5	cm³

9×12 cm klaasile valatakse 8 cm³ lahust. Filter peab koosnema kahest valatud klaasist.

Positiivfilmi ja fotopaberi töötlemiseks määratud valgusfiltri nr. 166 valmistamiseks koostatakse järgmise koosseisuga lahus:

Želatiin	7	g
Vesi	70	cm³
Naftoolroheline	0,23	g
Plaatina-šarlak	0,14	g
Glütseriin	0,5	cm³

Positiivmaterjalide töötlemiseks soovitatava kaitse-valgusfiltri nr. 169 valmistamiseks koostatakse järgmine lahus:

Želatiin	7	g
Vesi	70	cm^3
Naftool (valge)	0,37	g
Plaatina-šarlak	0,125	g
Glütseriin	0,5	cm^3

Kõikidel juhtudel pannakse kaks klaasi kokku kiht kihi vastu ja kanditakse musta paberiga.

Pärast filtrite valmistamist tuleb kontrollida, kas filtrite valgus ei mõju hariliku töötlemisaja jooksul fotomaterjalile.

LISAMEETODEID VÄRVILISE KOPEERIMISPROTSESSI LIHTSUSTAMISEKS JA PAREMUSTAMISEKS

Kopeerimine kolme valgusfiltriga

Amatöörpraktika tingimustes võib saada häid tagajärgi, kui kasutada värvilisel kopeerimisel 33 valgusfiltri asemel ainult kolme valgusfiltrit: punast, rohelist ja sinilillat.

Kolme filtriga saab kopeerida ainult siis, kui ühe sellise filtri läbi kopeerimisel on kindlustatud valguse toime ainult vastavale kihile. Näiteks tohib valgus läbi punase valgusfiltri kopeerimisel mõjutada ainult fotopaberi alumist kihti, pärast ilmutamist tekib taevassinine värvus jne.

Säärasel viisil kontrollitud valgusfiltrid, mis kindlustavad iga kihi eraldamise, on värviliseks kopeerimiseks kõlblikud.

Kopeerimine toimub järgmiselt.

Algul määratakse õige, üldine säriaeg, valgustades fotopaberit negatiivi all kolm korda järjekorras läbi punase, rohelise ja sinisilla filtri. Seejuures peab säriaeg iga kihi jaoks olema ühesugune.

Kui üldine õige säriaeg on määratud, asutakse koopia värvuste tasakaalu korrigeerimisele, tehes parandusi säriajas fotopaberi vastavate kihtide jaoks. Näiteks kui koopial domineerib purpurne varjund, siis tuleb vähendada säriaega läbi rohelise valgusfiltri, jättes muutmata säriajad sinise ja punase valgusfiltriga jne.

Säriaega iga valgusfiltri jaoks muudetakse seni, kui saadakse õige värvuste süntees.

On võimalik valmistada ka suurendusaparaat kolme valgusallikaga, millede valgus on värvitud filtrite abil punaseks, roheliseks ja sinilillaks ning millega on võimalik värvilise fotopaberi elementaarkihte üheaegselt säritada.

Neutraalse hallskaala rakendamine

Mõnedel juhtudel, kui on vaja tingimata reprodutseerida pildistatava objekti õiget värvust, nagu näiteks maalide, kangaste, metallide jne. pildistamisel, soovitatakse vahetult pildistatava objekti juures

(samades valgustingimustes) üheaegselt pildistada neutraalset hallskaalat.

Kopeerimisel kindlustab hallskaala toonide õige ülekanne ka pildistatava objekti värvuste õige reprodutseerimise.

Hallskaala kujutab endast neutraalse halltooniga pindasid, mis on paigutatud tõusva tiheduse järjekorras valgest kuni mustani. Tavaliselt valmistatakse hallskaala must-valgest fotopaberist, säritades seda vastavalt ning ilmutades neutraalset musta tooni andvas ilmutis.

VIII osa

FOTOGRAAFIA METALLIL, PORTSELANIL, KLAASIL JA TEISTEL MATERJALIDEL

Fotograafilist kujutist ei saa kanda mitte ainult paberile, vaid ka metallile, portselanile, klaasile ja teistele materjalidele.

Säärased fotod omavad paberalusel valmistatud fotodega võrreldes rea eeliseid, olles kindlamad atmosfääriliste mõjude vastu.

Metallidel, portselanil, klaasil jne. fotograafilise kujutise saamine on ainult veidi keerukam kui paberkoopia valmistamine.

Seadmed ja materjalid, mis on vajalikud fotokujutiste valmistamiseks metallil, portselanil jne., on veidi erinevad neist, mida tarvitatakse fotopaberitega töötamisel; need seadmed ja materjalid on aga täiesti kättesaadavad.

Fotograafiat metallil, klaasil, portselanil jne. ei ole võimalik rakendada mitte ainult kunstilise foto saamise sihiga, vaid ka tehnilistel eesmärkidel. Näiteks saab fotograafilisel teel valmistada klaasist täpsusinstrumentide skaalasid, metallist skeeme, viitesilte jne. Saadud kujutised on küllaldase mehaanilise tugevusega ja kindlad kõrge temperatuuri ning niiskuse vastu.

FOTOGRAAFIA METALLIDEL

Kunstiliste fotogravüüride valmistamiseks kasutatakse vask-, messing- või roostevabast terasest plaate. Tehnilise iseloomuga fotograafiliste kujutiste jaoks tarvitatakse alumiiniumi, messingit või plekki.

Metallidel kujutise saamiseks on kõik ettevalmistavad operatsioonid ühesugused; söövitamismeetodid on mitmesuguste metallide jaoks erinevad.

Metallplaadi ettevalmistamine

Fotokujutise valmistamiseks määratud metallplaadi esikülg peab olema täiesti sile. Seda külge töödeldakse smirgelpaberiga seni, kuni on tasandatud kõik mõlgid, sügavad kriimustused ja teised vigastused. Pärast seda eemaldatakse lihvimise teel peened kriimustused ja poleeritakse pind täiesti puhtaks. Esimene puhastamine toimub smirgelpaberiga, edasiselt lihvitakse peene smirglitolmuga mineraalõlis. Lõplik lihv antakse kroomioksüüdiga või peenima krookusega.

Sääraselt ettevalmistatud metallplaadi pinnalt eemaldatakse rasvained puhastatud kriidi ja nuuskpiirituse segu abil. Pärast seda ei tohi plaadi esikülge enam kätega puudutada, muidu tekivad rasvajäljed.

Enne valgustundliku kihi kandmist plaadile on soovitatav plaati kergelt söövitada.

Söövituslahuse retsept terase, vase, messingi jaoks

Vesi	800 cm³
Kaaliumbikromaat	150 g
Väävelhape (kontsentreeritud)	200 cm³

Sellesse lahusesse pannakse plaat 3—5 minutiks, mille järel see hoolikalt loputatakse.

Valgustundliku emulsiooni valmistamine

Emulsioon säilib 3—5 päeva, seepärast tuleb seda valmistada väikestes kogustes.

Mõned värsked munakollased eraldatakse valgest. Kasutatakse ainult munavalget, mis algul klopitakse vahuks, lastakse siis seista ja kurnatakse läbi kahekordse marli. Eraldi valmistatakse 10%-line ammooniumbikromaadilahus. Sellele lahusele lisatakse tilgaviisi nuuskpiiritust, kuni lahuse värvus muutub oranžist õlgkollaseks.

Valgustundliku emulsiooni retsept

Vesi	1000 cm³
Munavalge (vahustatud ja seisnud)	100 cm³
Ammooniumbikromaat ammoniaagiga (10%-line lahus)	120 cm³

Emulsiooni valamine plaadile

Poleeritud, söövitatud ja pestud plaadile valatakse niiskelt valgustundlik emulsioon. Emulsioon peab märgama kogu plaadi pinna. Pärast esimest valu valatakse liigne emulsioon plaadilt ära (ülejooksnud emulsioon valatakse ära). Siis toimub teistkordne valu (ülejäänud liigne vedelik valatakse plaadilt emulsiooninõusse tagasi).

Parimaks kuivatamismeetodiks on kuivatamine pöörleval kettal. Peale spetsiaalsete kuivatusseadmete võib hea eduga kasutada ka elektrajamiga grammofoni. Grammofoni kettale pannakse sel juhul mõned keskelt augustatud pappkettad (et tekiks tasane pind).

Emulsiooniga valatud plaat pannakse sellele seadmele ning lülitatakse sisse grammofoni elektrimootor. Seejuures paigutub vedel emulsioonikiht ühtlaselt üle kogu plaadi, moodustades tavaliselt selle nur-

kades väikesed emulsiooniloigud. Kuna aga loikude tekkimisest amatööri töötingimustes on raske hoiduda, siis valmistatakse plaat veidi suuremate mõõtmetega. Kujutise jaoks kasutatakse ainult plaadi keskkohta, ääred lõigatakse pärast maha. Plaadi valamine ja selle kuivatamine toimub pimendatud ruumis või väikese võimsusega lambi valgusel (10—15 W). Kuivanud plaat ühes diapositiiviga pannakse vajutisega varustatud (kruvi- või vedruvajutis) kopeerimisraami ning säritatakse.

Säritamine

Valgusallikana kasutatakse üht või mitut poolvatt-lampi, võimsusega 500—1000 W. Kopeerimisraam paigutatakse valgusallikast umbes poole meetri kaugusele. Emulsiooni ülekuumenemise vältimiseks on soovitatav jahutada kopeerimisraami klaasi lauaventilaatori abil või säritada väikeste vaheaegadega.

Säriaeg määratakse katseliselt, sest see oleneb diapositiivi tihedusest ning raami ja lambi jääva kauguse puhul valgusvoo tugevusest. Keskmiselt kõigub säriaeg 2—5 minuti vahel.

Värviga katmine

Säritatud plaat kaetakse (rullitakse) litograafilise värviga. Selleks kasutatakse nõndanimetatud litograafilist ülekandevärvi.

Paksule klaasile või marmorplaadile pannakse veidi värvi ja tilgutatakse juurde mõni tilk tärpentini. Liim- või kummirulli abil rullitakse värvi klaasil (marmoril) seni, kuni värv katab rulli ühtlase kihina, seejärel kantakse värv säritatud plaadile. Värvi rullitakse plaadil, kuni kogu plaat on kaetud ühtlase, kuid mitte paksu kihiga. Tavaliselt tuleb selleks rulliga klaasilt (marmorilt) võtta värvi mitu korda. Pärast plaadi katmist värviga asutakse seda ilmutama.

Plaadi ilmutamine

Plaadi ilmutamine toimub toatemperatuuriga vees. Plaat pannakse vanni selliselt, et ta oleks täielikult veega kaetud. Märja vatitampooniga hõõrutakse ettevaatlikult mööda värviga kaetud emulsioonikihti. Selle juures lahustub emulsioon vees valguse toimest mõjustamata jäänud kujutise detailides ja tuleb ühes värvikihiga plaadi pinnalt maha. Valguse toimel parkunud kujutise kohtades kinnitub emulsioon kõvasti metalli pinnale ja jääb sinna ühes rasvase litograafilise värviga. Värviga kaetud emulsioonikihi tugevdamiseks (selleks, et see oleks püsivam järgneval söövitamisel) puuderdatakse plaati kampolipulbriga.

Puuderdamine

Puuderdamiseks kasutatakse puudriks peenendatud kampolit, millele lisatakse 10—15% talki. See on vajalik selleks, et kampoliosakesed omavahel ei kleepuks. Kui kogu plaadi pind on puudriga kaetud, eemaldatakse üleliigne puuder pehme mägrakarvast pintsliga. Pintslit on soovitatav enne liigse puudri mahapühkimist kasta talgisse. Üleliigne kampolipuuder tuleb kujutise heledatelt kohtadelt täielikult eemaldada. Selleks tuleb kogu plaat hoolikalt üle vaadata. Kaitsekihi tugevdamiseks kuumendatakse plaati enne söövitamist; seejuures sulab kaitsepuuder rasvasesse värvikihti.

Puudri sissesulatamine

Plaati kuumendatakse laboratooriumitangide vahel hoides gaasipõleti või elektripliidi kohal. Seejuures tuleb jälgida, et plaat üle ei kuumeneks, sest siis põleks ära pargitud munavalgekiht ning kujutis oleks rikutud.

Kuumenduse piiriks tuleb lugeda momenti, kui kaitsepuudri hallikas matt kiht sulab, omandab läike ja tumeneb. Sellega lõpeb puudri sulatamise operatsioon ja plaati võib söövitada.

Tuleb arvesse võtta, et sellisel viisil saab reprodutseerida ainult joonkujutisi (koopiaid gravüüridest, plaanidest, sulejoonistest jms.) või läbi rastri pildistatud kujutisi.

Söövitamine

Söövitamiseks ettevalmistatud plaati kontrollitakse luubi abil. Väikesed defektid, nagu valged täpid, kriimustused mustal foonil jne., parandatakse asfaltlakis niisutatud pintslikesega. Mustad punktid ja teised defektid heledal foonil puhastatakse terava skalpelliga. Retušeeritud plaat söövitatakse. Erinevaid metalle söövitatakse erisugustes lahustes.

Lahus messingi söövitamiseks

Kroomhappeanhüdriid	300 g
Ammooniumsulfaat	100 g
Vesi	kuni 1000 cm³

Pärast söövitamist tekib plaadi pinnal tumepruun kirme, mis eemaldatakse töötlemisega järgmise koosseisuga lahuses:

Vesi	1000 cm³
Väävelhape	200 cm³
Kaaliumbikromaat	200 g

Kui söövitamisprotsess aeglustub, siis tuleb plaat söövituslahusest välja tõsta ja ülaltoodud lahusega üle pühkida, loputada ja panna uuesti söövituslahusesse.

Terase söövitamine toimub 12—15%-lises lämmastikhappe lahuses. Terast võib söövitada ka segus, mis koosneb 10 kaaluosast soolhappest ja 2 kaaluosast Berthollet' soolast.

Alumiiniumi söövitatakse 10%-lises sööbenaatriumi lahuses, mis on küllastatud keedusoolaga. Kui alumiinium sisaldab rauda, siis pannakse plaat pärast sööbenaatriumiga töötlemist 10%-lisse lämmastikhappe lahusesse, milles lahustuvad alumiiniumis sisalduvad rauaosakesed.

Ferrikloriidi 40%-line lahus on väga hea vahend pleki, messingi, alumiiniumi ja terase söövitamiseks.

Metallplaadid (välja arvatud plekk) jäävad söövitusvedelikku seniks, kuni metall söövitub vajaliku sügavuseni; seejuures tekib küllaltki sügav reljeef, mis on nähtav palja silmaga. Plekki söövitatakse selle vähese paksuse tõttu 10%-lises ferrikloriidi või lämmastikhappe lahuses 3—5 minutit.

Messingi, vase või alumiiniumi söövitamisel ferrikloriidiga tekib metalli pinnal kirme, mis takistab edasist söövitamisprotsessi. Sel juhul eemaldatakse kirme vatitampooniga, mis on kastetud puhastatud kriidist ja nuuskpiiritusest valmistatud pudrusse.

Söövitatud plaat pestakse vees ja seejärel kuivatatakse.

Kõikide operatsioonide juures tuleb jälgida, et ei rikneks plaadil kujutist moodustav kaitsekiht.

Söövitatud plaatide värvimine lakkidega

Söövitatud plaatide värvimiseks tarvitatakse piiritus- või nitrolakke (nitroemaile). Pleki värvimiseks toimitakse järgnevalt. Vana grammofoniplaat peenendatakse kruubitaolisteks teradeks ja valatakse üle denaturaadiga, mida võetakse kahekordses kaalulises koguses. Segu pannakse veevannile ja soojendatakse segades temperatuuril 40—50°. Selle juures läheb plaadis sisalduv šellak üle piirituse lahusesse. Pärast seda, kui sade muutub peeneks pudruks, mis toimub umbes tunnilise soojendamise järel, võetakse segu veevannist ja kurnatakse läbi riide. Soe sade segatakse pesemiseks väikese koguse denaturaadiga ja kurnatakse teistkordselt.

Mõlemad lahused valatakse ühte. Segamisel saadud lahust lastakse seista. Siis valatakse lahus sademelt ära ja tarvitatakse lakina metallplaadil kujutise värvimiseks; sügava musta tooni saamiseks värvitakse lakk, lisades sellele 3—5% piirituses lahustatud nigrosiini.

Positiivkujutise mustaks värvimiseks kaetakse kogu plaat lakiga ja lastakse ära kuivada.

Järgmine operatsioon on lakikihi all oleva kaitsekihi eemaldamine. Seejuures tuleb arvestada, et šellak ei lahustu petrooleumis, lakikihi all asetsev kiht, mis on kaetud litograafilise värvi ja kampoliga, lahustub kergesti petrooleumis.

Kui panna plaat mõneks tunniks petrooleumisse, siis lahustub litograafiline värv ja paljastab söövitamata metalli; seejuures jääb lakikiht terveks. Et paremini eemaldada kaitsekihti, mida nüüd enam pole vaja, hõõrutakse plaati petrooleumisse kastetud kotiriidetükiga.

Plaadil (näit. messingil, alumiiniumil jt.) kujutise moodustamiseks sügav-söövitamise teel toimub värvimine nitroemaili või nitrolaki õhukese kihiga. Edasised operatsioonid toimuvad samuti nagu plekkplaatide värvimisel. Plaate värvitakse ka metallide keemilise mõjustamisega.

Messingi mustamine

Vesi	1000 cm³
Naatriumhüdroksüüd	50 g
Kaaliumpersulfaat	75 g

Töötlemine toimub 60° temperatuuri juures. Protsess kestab umbes 15 minutit. Gaaside eraldumise algus näitab protsessi lõppemist.

Alumiiniumi mustamine

Vesi	1000 cm³
Lämmastikhape (erik. 1,35)	4 cm³
Vasknitraat	20—25 g

Raua mustamine *

I	Vesi	1000 cm³
	Ferrikloriid	15 g
	Rauavitriol	30 g
	Vasevitriol	12 g
II	Vesi	1000 cm³
	Lämmastikhape	14 cm³
	Soolhape	4 cm³
	Vasevitriol	4 g
	Ferrikloriid	170 g

Ükskõik milline metall kaetakse galvaanilises vannis õhukese tsingikorraga; selleks puhastatakse lakikihiga katmata negatiivse kujutisega plaat ettevaatlikult puhta (avio-) bensiiniga rasvaineist. Plaat kuivatatakse ja kinnitatakse kontakttraadile, riputatakse galvaanilise tsinkimisvanni katoodile ning anoodile riputatakse tükike lehttsinki. Vann koostatakse järgmise retsepti järgi:

Vesi	4 l
Tsinksulfaat	1 kg
Tsinkkloriid	0,08 kg
Naatriumsulfaat	0,2 kg
Väävelhape	0,04 kg

* Toimub ükskõik kummas kahest lahusest.

Töötlemisrežiim: pinge 1,6 V, voolutihedus 1 A/dm² või pinge 3 V, voolutihedus 2 A/dm². Tsinkimise kestus 15 minutit.

Seejuures kattub metalli vaba pind õhukese tsingikihiga. Teiseks operatsiooniks on tsingikihi mustamine. Selleks kasutatakse lahust, mis on koostatud ühe alltoodud retsepti järgi.

I Vesi	1000 cm³
Vasevitriol	125 g
Berthollet' sool	60 g
II Vesi	1000 cm³
Vasevitriol	50 g
Kaaliumpermanganaat	5 g
III Vesi	1000 cm³
Kaaliumkloriid	100 g
Vasevitriol	200 g

Kujutise saamine alumiiniumil

Kujutise saamiseks alumiiniumil kasutatakse ära alumiiniumi omadust värvuda pärast elektrilist töötlemist teatavates tingimustes aniliinvärvide või soolade lahustega. Seda värvimismeetodit nimetatakse anodeerimiseks (oksüdeerimiseks).

Esialgne ettevalmistus ja kaitsekujutise pealekandmine toimub eelkirjeldatud viisil kromeeritud kolloidi abil ühes täiendava tugevdamisega kampolpuudriga.

Keemilise söövitamise asemel kasutatakse galvaanilist meetodit. Alumiiniumplaat pannakse järgmise koostisega vanni:

Fosforhape (erik. 1,7)	1450 cm³
Keedusool	100 g
Vesi	1000 cm³

Katoodiks kasutatakse punase vase lehte. Vanni temperatuur 25°. Voolutihedus 6—7,5 A/dm² (alalisvool).

Töötlemise kestus 15—20 minutit.

Selle aja jooksul moodustub alumiiniumis 0.1 mm kõrgune reljeef.

Järgmiseks operatsiooniks on metalli anodeerimine. Selleks loputatakse söövitatud plaat korralikult vees ja riputatakse vanni, mis on valmistatud järgmise retsepti järgi:

Väävelhape	1000 cm³
Fosforhape	300 cm³
Lämmastikhape	40 cm³

Vanni temperatuur 35—50°.
Voolu tihedus 3—14 A/dm².
Pinge 10—15 V (alalisvool).

Kodustes tingimustes rakendatakse vooluallikana akumulaatorit. Toome mõned retseptid alumiiniumi anodeerimiseks.

I Kroomhappeanhüdriid . . . . . 30 g/l
Alalisvool 40—50 V, 0,3—0,5 A/dm².
Töötlemise kestus 60 minutit.

II Väävelhape . . . . . 20—30 cm³/l
Pinge 10—15 V, voolutihedus 1—2 A/dm².
Töötlemise kestus 30 minutit.

III Oblikhape . . . . . 5 g/l
Kroomhappeanhüdriid . . . . . 1 g/l
Vahelduvvool 60—100 V, 10 A/dm².
Töötlemise kestus 30 minutit.

Ühe ülaltoodud meetodi järgi anodeeritud plaat loputatakse puhtas vees ja pannakse ilma kuivatamata varvainelahusesse. Anodeeritud alumiiniumplaatide värvimiseks kasutatakse baasilisi või otseseid värvaineid ükskõik millises värvitoonis.

Kõikide operatsioonide ajaks plaadile jäänud kaitsekiht kõrvaldatakse, nagu eespool kirjeldatud, petrooleumis.

Kasutades ära alumiiniumi omadust absorbeerida pärast anoodset töötlemist mitmesuguseid lahuseid, on võimalik alumiiniumil kujutisi tekitada hõbe- või rauasoolade abil.

Valgustundlike alumiiniumplaatide ettevalmistamine

Alumiiniumplaadid anodeeritakse ühe ülalkirjeldatud meetodi järgi. Plaadi valgustundlikuks muutmiseks pannakse see nõrga valguse juures 20 minutiks järgmisse lahusesse:

Ferrikloriid . . . . . 100 g
Viinhape . . . . . 30 g
Vesi . . . . . 1000 cm³

Üleliigne lahus eemaldatakse plaadilt ja plaat kuivatatakse.

Kopeeritakse läbi diapositiivi.

Plaadi tundlikkus on umbkaudselt võrdne päevavalgus-fotopaberiga. Täpne säriaeg määratakse katseliselt.

Küllaldase säriaja puhul tekib plaadil kollast värvi positiivne kujutis.

Ilmutatakse järgmises lahuses:

Vesi . . . . . 1000 cm³
Gallushape (tanniin) . . . . . 40 cm³
Oblikhape . . . . . 50 cm³

Kujutis värvub seejuures mustaks.

Plaat pestakse vees ja kuivatatakse.

Anodeeritud alumiiniumi töötlemine hõbedasooladega

Anodeeritud alumiiniumplaat pannakse 20 minutiks 10%-lisse kaaliumbromiidi lahusesse, kuivatatakse ja töödeldakse 15 minutit punase valguse juures 10%-lises hõbenitraadi lahuses ning kuivatatakse uuesti pimedas.

Edasine töötlus toimub samasuguselt kui broomhõbepaberile kopeerimisel.

Pestud ja kuivatatud fotod metallil kaetakse värvusetu nitrolakiga.

FOTOD PORTSELANIL (FOTOKERAAMIKA)

Fotokujutiste saamiseks portselanile ja fajansile kasutatakse ära mõnede kleepuvate ainete omadus kaotada valguse toimel oma kleepuvus. Kui katta plaat seguga, mis sisaldab selliseid kleepuvaid aineid, ja pärast kuivatamist säritada seda läbi diapositiivi, siis kaotab valgustundlik kiht valguse toimel diapositiivi «valguste» all temale omase kleepuvuse; kohtades, mis valguse toimele ei allunud, jääb valgustundlik kiht kleepuvaks.

Säärasele plaadile kantud keraamilise värvi pulber kinnitub ainult kujutise nendes kohtades, mis jäid kleepuvateks, s. t. «varjudele», ning plaadil tekib positiivne kujutis.

Kiht sellise kujutisega kantakse portselanesemele ja põletatakse elektrimuhvelahjus. Seejuures sulab keraamiline värv portselani pinnakihti ja moodustab kujutise.

Seda fotograafilise kujutise valmistamise meetodit nimetatakse tolmutamismeetodiks.

Tolmutamismeetod

Selle meetodi kohaselt toimub töö järgmises järjekorras:

1) valgustundliku kroomilahuse valmistamine;
2) plaatide katmine kroomilahusega;
3) kopeerimine kroomitud plaatidele;
4) kroomkoopiate ilmutamine;
5) kujutise ülekandmine portselanesemele;
6) kujutise retušš.

Valgustundlik kroomilahus valmistatakse kaalium- või ammooniumbikromaadist ühes kihti moodustavate kolloidsete ja teiste ainetega (vere-albumiin, dekstriin, munavalge, kalaliim, kummiaraabikum, mesi, glükoos ja suhkur). Koostamise õige meetod ja retsept omavad täisväärtusliku pooltoon-kujutise saamisel suurt tähtsust.

Peab teadma, et kaaliumbikromaat annab pehmed koopiad; ammooniumbikromaat — kontrastsed kujutised.

Kaaliumbikromaati tarvitatakse tihedate ja kontrastsete diapositiivide puhul. Ammooniumbikromaati kasutatakse pehmete ja lamedate diapositiivide juures.

Kõrge kroomisoola sisaldusega lahused töötavad pehmelt. Üleliigne kroomisool kristalliseerub valgustundliku kihi pinnal.

Nõrgemad lahused tõstavad tunduvalt kontrastsust. Mida enam on lahuses kihtimoodustavaid aineid, seda suurem kogus peab olema kroomsoola. Valgustundlikus segus kasutatavatest kleepuvatest ainetest on parimad kummiaraabikum (või kirsiliim) ja dekstriin.

Mee-, suhkru- ja glütseriinilisandid takistavad valgustundliku kihi pinnal kooriku tekkimist ja soodustavad keraamilise värvipulbri kleepumist.

Normaalseid valgustundlikke lahuseid:

I Vesi, destilleeritud	100 cm³
Nuuskpiiritus	5 cm³
Munavalge (vahustatud ja seisnud)	20 cm³
Kalaliim (10%-line lahus*)	20 cm³
Glükoos	40 g
Ammooniumbikromaat	2 g
II Vesi, destilleeritud	100 cm³
Dekstriin	4 g
Suhkur	5 g
Ammooniumbikromaat	2 g
Glütseriin	2—8 tilka
III Vesi, destilleeritud	100 cm³
Munavalge	20 cm³
Mesi	15 cm³
Ammooniumbikromaat	2 g

Lahuseid I ja II mitte kuumendada.

Klaasplaadi ettevalmistamine

Klaasplaat on ajutiseks aluseks valgustundlikule kihile, mida säritatakse, puuderdatakse ja kantakse portselanesemele.

Enne valgustundliku kihi valamist pannakse klaas pooleks tunniks järgmisse lahusesse:

Vesi	1000 cm³
Soolhape	100 cm³
Kaaliumbikromaat	10 g

Klaas võetakse lahusest, loputatakse vees ja kuivatatakse puhta lapiga. Puhtale klaasile valatakse mõni tilk glütseriini ja määritakse sellega kogu plaadi pind.

Valgustundliku kihi valamine toimub selliselt, et algul valatakse osa valgustundlikust segust. Pärast teist valamist ja üleliigse vedeliku plaadilt äravalamist kuivatatakse plaat tsentrifuugi asendaval keerleval grammofonikettal. Kuivamise kiirendamiseks võib kasutada soojendamist reflektorisse paigutatud spiraalse soojenduselemendi abil.

* Kalaliimi võib asendada kvaliteetse tisleriliimiga.

Tuleb silmas pidada, et niiske kroomiemulsioon on valguse suhtes väikese tundlikkusega, kuivalt aga selle tundlikkus tõuseb, võrdudes päevavalgus-fotopaberi tundlikkusega. Soe plaat on tundlikum kui külm. Temperatuur ei tohi ühegi kuivatamismeetodi juures ületada 45°.

Ülekuumendatud plaat kaotab täielikult valgustundlikkuse.

Soe ja kuiv plaat pannakse ühes diapositiiviga tugevasse kopeerimisraami. See toimub oranži valgustuse juures või nõrgas valguses.

Kopeeritakse võimsate hõõg- või kaarlampide valgusel. Koopeerimisel tuleb jälgida, et valgustundlikku kihti ei kuumendataks üle. Aiasäritus annab parandamatu praagi, ülesäritust saab aga ilmutamisel parandada. Õige säriaeg määratakse katseliselt.

Valgustundlik kiht on hügroskoopiline, seepärast tuleb niiske ilmaga seda enne ilmutamist veidi soojendada. Soe plaat ei higista külmas ruumis; külm plaat sooja ruumi toodult aga higistab.

Plaadi tolmutamine ehk «ilmutamine»

«Ilmutamine» toimub oranži valguse juures. Jahutamiseks pannakse säritatud plaat paksule klaasile, kivile või metallitükile, sest ilmutada saab ainult hangunud plaati. Plaadi alla pannakse ilmutamise ajaks leht valget paberit, et kergem oleks jälgida ilmumise käiku. Ilmutamiseks kasutatakse pehmet pintslit või äärmisel juhul vatitampooni. Pintsli või tampooniga võetakse peenimat keraamilise värvi pulbrit ja kantakse see ringikujuliste liigutustega plaadile. Väga kuivades ruumides tuleb kas põrand valada veega üle või üles riputada märg lina, et muuta õhku niiskemaks. Aitab ka plaadi korduvast asetamisest külmale kivile või metallile. Kujutise varjukohad ilmuvad plaadil esmajärjekorras, siis järgnevad pooltoonid; valgusi saab näha alles ilmutamise lõpul.

Kujutis tuleb veidi üle ilmutada, sest põletamisel värvid veidi nõrgenevad. Ilmutamise täielikkust kontrollitakse kujutist vastu valgust vaadeldes ja selle alla mattklaasi paigutades. Üleliigne keraamiline värv eemaldatakse puhta pehme pintsliga.

Täielikult ilmutatud plaat valatakse üle meditsiinilise kolloodiumi 2%-lise lahusega Pärast kuivatamist lõigatakse kolloodium kolmest küljest lahti ja plaat pannakse järgmise koosseisuga lahusesse.

Vesi	1000 cm³
Booraks	25 g
Naatriumhüdroksüüd	10 g

Selles lahuses hoitakse plaati seni, kui kiht klaasilt eraldub. Seejuures läheb kroomisoola ülejääk lahusesse. Kiht loputatakse keedetud ja jahutatud vees kroomi ja naatriumhüdroksüüdi jälgede lõplikuks eemaldamiseks.

Kujutise ülekandmine portselanesemele

Portselanese, millele kujutis kantakse, pannakse jahutatud keedetud vette, mis on äädikhappe abil hapustatud. (Happe lisandamine takistab kihi portselanile kandmisel mullide moodustumist.)

Neljas lahtilõikamata kihi serv lõigatakse läbi ja kiht pannakse paberilehele. Vee all paigaldatakse kiht ettevaatlikult pehme pintsli abil portselanesemele, kolloodiumiküljega vastu portselani. Kuivatatud kujutis retušeeritakse tärpentinis segatud keraamilise värviga.

Kujutise äärte tasandamiseks ümbritsetakse see tavaliselt raamiga värvi ja tärpentini abil. Kihti ei ole võimalik portselanile paigutada mitte ainult kolloodiumküljega, vaid ka emulsiooniküljega.

Veidi erinev tööprintsiip, mis samuti põhineb tolmutamismeetodil, seisab järgnevas.

Valgustundlik segu koostatakse retsepti järgi:

Vesi	100 cm³
Munavalge	10 g
Kummiaraabikum	15 g
Suhkur	5 g
Ammooniumbikromaat	2 g
Ammoniaak	5 cm³ (kuni lahuse värvuse muutumiseni oranžist õlgkollaseks)

Emulsiooniga kaetud plaat säritatakse nagu tavaliselt diapositiivi all. Saadud positiiv kaetakse järgmise koosseisuga laki kihiga:

Kloroform	75 g
Bensool	25 g
Kuusevaik	2 g
Linaõlivärnits (naturaalne)	2 g

Üleliigne lakk valatakse plaadilt ära ja plaat kaetakse keraamilise värviga; värv tasandatakse, üleliigne eemaldatakse. Edasi kaetakse plaat 2%-lise meditsiinilise kolloodiumiga ja kuivatatakse. Ilmutamine toimub vees, topsutades plaati märja vatiga. Seejuures eemaldub kihist kroomisoola ülejääk; parkimata kolloid eraldub plaadist ühes osa keraamilise värviga, moodustades kujutise.

Peale kroomsoolade kasutatakse portselanil kujutise valmistamiseks samuti kloorraua (ferrikloriidi) valgustundlikkust; viimane muutub valguse toimel hügroskoopiliseks.

Töö toimub järgmisel viisil.

Puhas klaasplaat valatakse üle meditsiinilise kolloodiumi 2%-lise lahusega. Kuni kiht pole veel täiesti kuiv, pannakse plaat 2—3 minutiks sensibiliseerimislahusesse:

Vesi	100 cm³
Ferrikloriid	10 g
Viinhape	4—5 g
Glütseriin	1 g (kuiva ilmaga)

Pärast kuivatamist säritatakse plaati negatiivi all. Säriaeg on umbes sama, mis kroomiemulsioonide puhul. Tuleb arvesse võtta, et ülesäritus annab käesoleval juhul väheste pooltoonidega kujutise.

Pärast kopeerimist «ilmutatakse» plaat keraamilise värviga, nagu kirjeldatud juba eelmisel juhul, ja kaetakse kummiliimikihiga; siis lõigatakse kiht žiletiteraga kolmest küljest lahti ja pannakse ühes portselanesemega äädikhappega hapustatud vette, kus lõigatakse lahti ka kihi neljas serv ja kantakse kiht üle portselanile.

Peale eelkirjeldatud levinud meetodite toome fotokujutise kandmiseks portselanile veel ühe lihtsa fotokeraamika-menetluse.

Tugev liimita paber kaetakse valgustundliku kihiga:

Vesi	100 cm³
Ammoonium-raudtsitraat	20 g
Ferrikloriid	5 g
Suhkur	5 g
Nisutärklis	7—10 g

Lahust kuumendatakse, kuni kujuneb ühtlane, ilma klimpideta valgustundlik kliister; kliister kurnatakse läbi kahekordse marli, kaetakse sellega paber ja kuivatatakse pimedas. Valgustundlikuks muudetud paber säritatakse negatiivi all, siis niisutatakse paberit kergelt auru või hingeõhuga ja seejärel «ilmutatakse» keraamilise värviga. Portselanese kaetakse kuusevaigu 3%-lise lahusega eetris.

«Ilmutatud» koopia paigutatakse emulsioonikülgega vastu lakiga kaetud portselaneset ja silutakse paber selliselt, et see oleks portselanil ilma mullide ja kortsudeta; edasi niisutatakse paberit sooja veega, kusjuures paber tuleb ära, kujutis jääb aga portselanile. Seejärel toimub põletamine.

Keraamilised värvid ja flussid

Keraamilised värvid on peamiselt metallide oksüüdid.

Need oksüüdid on keraamiliste värvide aluseks. Peale metallide oksüüdide kuuluvad keraamiliste värvide koosseisu veel nõndanimetatud flussid ehk sulandusvahendid, mis soodustavad pigmendi tsementeerumist ja selle kinnitumist portselaneseme glasuurile.

Flusside ja keraamiliste värvide retseptid

Fluss nr. 1

Kvartsliiv	30 g
Silu	30 g
Salpeeter	10 g
Potas	15 g

Fluss nr. 2

Silu	60 g
Kvartsliiv	20 g
Booraks	10 g

Keraamilised värvid

Must värv nr. 1

Koobaltoksüüd	10 g
Tsinksulfaat	5 g
Rauavitriol	10 g
Mangaansulfaat	10 g
Salpeeter	6 g

Koostisosad segatakse uhmris ja kuumendatakse tiiglis kuni salpeetri lagunemiseni. Saadud sulam peenendatakse, pestakse vees ja segatakse flussiga vahekorras 1 osa värvi+3 osa flussi.

Must värv nr. 2

Vaskoksüüd	20 g
Koobaltoksüüd	10 g
Mangaanoksüüd	20 g
Fluss nr. 1 või 2	120 g

Pärast koostisosade sulatamist lisatakse sulamile 15 g vaskoksüüdi ja 10 g mangaanoksüüdi.

Punane värv

Raudoksüüd	10 g
Fluss nr. 1	30 g

Roheline värv (hele)

Kroomoksüüd	10 g
Fluss nr. 1 või 2	35 g

Sinine värv (tume)

Koobaltoksüüd	10 g
Fluss nr. 1 või 2	35 g

Sinine värv (hele)

Koobaltoksüüd	10 g
Tsinkoksüüd	20 g
Fluss nr. 1 või 2	90 g

Violett värv

Boorklaas	30 g
Mangaandioksüüd	30 g
Koobaltoksüüd	10 g
Fluss nr. 1 või 2	250 g

Boorklaas valmistatakse sulatades booraksit tiiglis kuni punase hõõgumiseni. Kuum mass valatakse marmorile ja pärast hangumist peenendatakse.

Hall värv

Helesinine värv (vt. ülalpool)	20 g
Booraks	30 g
Fluss nr. 1 või 2	280 g

Pruun värv

Rauavitriol	10 g
Tsinkoksüüd	80 g
Koobaltoksüüd	10 g
Fluss nr. 1 või 2	320 g

Hõbevärv

1 g hõbenitraati lahustatakse 1 l destilleeritud vees. Saadud lahusesse pannakse mõned tükid punast vaske (puhastatud juhtmetükid). Segu loksutatakse ja mõne aja pärast eraldub metalliline hõbe sadestuse kujul; pärast hõbeda täielikku eraldumist valatakse vedelik ära, vask eemaldatakse ja hõbedapulbrit pestakse destilleeritud vees mitu korda. Pestud pulber kuivatatakse ja 10 osa sellest segatakse 1 osa vismutinitraadiga. Saadud segu tarvitatakse keraamilise hõbevärvina ning pärast põletamist võib sellega värvitud pindu poleerida.

Keraamiliste värvide ja flusside koostamisel tuleb pühendada erilist tähelepanu värvi koostisesse kuuluva flussi koostisosade hoolikale peenendamisele ja segamisele.

Väikeses mastaabis töötamisel hõõrutakse peenendatud värvi paksul mateeritud klaasil väikese lameda alusega petkliga (uhmrinuiaga), nõndanimetatud kurandiga. Hõõrumiseks segatakse pulber veega, nii et see moodustab kõrdi: see takistab pulbri tolmamist ja kergendab peenekshõõrumist.

Dekoratiivsete portselanesemete põletamine

Amatöörpraktikas kasutatakse põletamiseks laboratooriumi muhvelahjusid. Professionaalseks tööks tuleb põletusahjud konstrueerida endal, kasutades selleks elektrilisi soojenduselemente ja -spiraale.

Tavaliselt toimub keraamiliste fotokujutiste põletamine temperatuu-

ril mitte üle 900° C. Selle temperatuurini kuumendamiseks on kohandatud müügilolevad muhvelahjud. Need ahjud on varustatud reostaatidega, mis võimaldavad temperatuuri reguleerida. Põletamisele pandud esemete ahju panemisel hoitakse temperatuur algul madalal ja seda tõstetakse järk-järgult, viies selle seda liiki ahjude maksimaalväärtuseni (800—900° C).

Vajaliku temperatuuri saavutamisel jäävad esemed ahju 30 minutiks, mille järel ahi lülitatakse välja ja esemed lastakse aeglaselt jahtuda.

Mõnedel juhtudel retušeeritakse põletatud eset teistkordselt ja põletamist korratakse.

Professionaalses töös kasutatakse peale alustasside, taldrikute ja kausikeste veel portselanmedaljone, mida portselanivabrikud valmistavad fotokeraamika jaoks. Asjaarmastajatel tuleb fotokeraamikaks kasutada tasse, kausikesi, väikesi taldrikuid ja teisi selleladsed väikesi esemeid. Medaljone saab asjaarmastaja valmistada tasasest taldrikust, lõigates smirgelkettal selle põhjast ovaalikujulise tüki ja lihvides ära selle servad. Augu saab puurida portselani metallipuuriga, seda tärpentiniga kastes.

FOTOD KLAASIL

Pildi saamine klaasil põletamismeetodil

Klaasil kujutise saamiseks rakendatakse samu võtteid mis fotokeraamika juures.

Hästi puhastatud ja pestud klaasile valatakse kroomiemulsioon.

Kroomiemulsioonilahus

Lahus *A*

Vesi	350 cm³
Suhkur	30 g
Dekstriin	35 g

Lahus *B*

Vesi	300 cm³
Kaaliumbikromaat	30 g

Mõlemad lahused tuleb filtreerida.

Enne töö algust segatakse lahused *A* ja *B* võrdsetes kogustes, lisatakse mõned tilgad ammoniaaki ja lastakse veidi seista, kuni õhumullid kaovad.

Märjale klaasile, millelt üleliigne vesi on eemaldatud, valatakse emulsioon. Selle üleliigne osa valatakse klaasilt ära, mille järel toimub klaasi teistkordne valamine sama emulsiooniga, mille üleliigne osa samuti klaasilt eemaldatakse.

Kuivamine toimub oranži valguse juures või nõrgas kunstlikus valgustuses. Kuivatamiseks rakendatakse grammofoni pöörlevat ketast või pannakse plaat vesiloodi abil nivelleeritud klaasile. Kuivatamine toimub pimedas.

Pärast emulsiooni kuivamist säritatakse plaat diapositiivi all. Säriaeg määratakse katseliselt. Kopeerimisel lähtutakse juhendeist, mis on antud fotokeraamika kohta (vt. lk. 454).

Säritatud plaati niisutatakse kergelt hingeõhuga ja puuderdatakse mõne eeltoodud keraamilise värviga. Üleliigne värv eemaldatakse pehme pintsliga. Enne põletamist vaadeldakse plaati luubi abil. «Valgustesse» jäänud üksikud keraamilise värvi punktid eemaldatakse pehme kuiva pintsliga või skalpelliga. Heledad punktid «varjudes» parandatakse dekstriinilahusega segatud keraamilise värviga. Valmis plaat valatakse üle võrdsete koguste etüüleetri ja piiritusega või nitrolakkide lahustajaga veidi vedeldatud meditsiinilise kolloodiumi õhukese kihiga (tavaliselt on eelnimetatud lahustaja müügil «Glavhimsbõti» esinduskauplustes).

Pärast kuivatamist pestakse plaati kroomisoolade eemaldamiseks külmas vees. Klaasil olev kiht lõigatakse enne pesemist kolmest küljest läbi; seejuures tuleb kiht klaasilt lahti, mis soodustab pesemist.

Pärast pesemist lõigatakse kihi neljas serv lahti ja kiht võetakse klaasi küljest ära.

Selliselt ettevalmistatud kiht sobitatakse vee all klaasile, millele soovitakse moodustada kujutis. Klaasplaat läheb pärast kuivamist põletamisele muhvelahjus (vt. lk. 460).

Kujutisega kihi eelkirjeldatud ülekandmise meetodit kasutades on võimalik fotokujutist valmistada mitte ainult tasastel klaasesemetel, vaid ka teistsuguse konfiguratsiooniga toodetel. Kujutise saamiseks tasastel klaasplaatidel ei ole ülekandmine vajalik. Sel juhul valatakse plaat kolloodiumiga, pestakse vees ja pärast kuivamist põletatakse.

Pildi valmistamine klaasile söövitamismeetodil

Klaasile võib fotokujutise valmistada ka söövitamismeetodi abil. Sel juhul töötatakse tasasel klaasil, sest siis langeb ära kujutise ülekandmise vajadus.

Hästi puhastatud ja pestud klaasile valatakse järgmise koostisega emulsioon:

Vesi	150 cm³
Dekstriin	6 g
Siirup	4 g
Kaaliumbikromaat	1,8 g

Lahusele lisatakse ammoniaaki, kuni lahuse värvus muutub oranžist õlgkollaseks.

Koostisosad lahustatakse vees ja filtreeritakse. Klaasplaat valatakse valmistatud valgustundliku seguga, kuivatatakse ja säritatakse, nagu ülal kirjeldatud. «Ilmutatakse» sulapagu peenima pulbriga. «Ilmutamis»-meetod tolmutamisega ei erine ülalkirjeldatud fotokeraamika

menetlusest (vt. lk. 456). Tolmutatakse vatitampooni või pehme pintsliga. «Ilmutatud» kujutist vaadeldakse vastu valgust ja parandatakse, eemaldades paguosakesi kohtadelt, kus neid ei tohi olla, ja täites heledaid punkte pagupulbriga.

Ettevalmistatud klaas pannakse plastmassist vanni, kuhu valatakse väävelhappe 20%-line lahus. Happe toimel sulapagu laguneb, eraldades seejuures vaba fluorisvesinikhapet. Viimane söövitab klaasi, moodustades mati läbipaistmatu joonistuse läbipaistval foonil. See meetod võimaldab kasutada ainult joonkujutisi. (Seda menetlust tuleb teostada hästi tuulutatavas ruumis, sest eralduvad aurud on väga mürgised).

FOTOD TSELLULOIDIL JA ORGAANILISEL KLAASIL

Tselluloidil ja orgaanilisel klaasil kujutiste valmistamise meetod põhineb nende materjalide võimel paisuda või lahustuda mõnedes vedelikkudes ning värvuda aniliinvärvidega.

Kujutise saamine

Tselluloid- (või akrülaat-) plaat valatakse üle kroomitud kolloidlahusega, mis valmistatakse järgmise retsepti järgi:

Vesi	100 cm³
Munavalge (vahustatud ja seisnud)	10 cm³
Ammooniumbikromaat	1 g

Lahusele lisatakse ammoniaaki, kuni lahuse värvus muutub oranžist õlgkollaseks. Plaat valatakse tsentrifuugil (või grammofonikeeltal).

Selleks et õhuke tselluloid ei kõverduks, kleebitakse see enne kihi valamist klaasile. Selleks valmistatakse kleepiv segu:

Vesi	1000 cm³
Želatiin	58 g
Paks suhkrusiirup	58 g
Glütseriin	86 g
Kroommaarjas	0,8 g

Želatiin leotatakse vees, sulatatakse 50° temperatuuri juures ning lisatakse siirup ja glütseriin. Kroommaarjas lahustatakse väheses kuumas vees ja lisatakse teistele koostisosadele.

Valmis lahus valatakse klaasplaadile, arvestusega 8 cm³ lahust 100 cm² plaadipinna kohta. Sültjaks muutumine toimub nivelleeritud klaasil. Kuivamine kestab 2 päeva, pärast seda moodustab kiht kleepuva massi, mille külge rullitakse õhuke tselluloidleht enne sellele valgustundliku kihi valamist.

Tselluloidlehe rullimisel tuleb jälgida, et ei tekiks laineid, mulle ega muid ebatasasusi.

Pärast valgustundliku emulsiooni valamist plaat (tselluloid) kuivatatakse. Kopeerimine toimub läbi negatiivi. Säriaeg määratakse katseliselt, nagu teistegi eelkirjeldatud meetodite juures. Kroomitud emulsioonide tundlikkus on peaaegu kõikide seda tüüpi koosseisude juures ühesugune. Säritatud kihi ilmutamine toimub leiges vees. Varjude puhastamiseks aidatakse kaasa veega küllastunud vatitampooniga. Ilmutatud ja kuivatatud plaati vaadeldakse luubi abil ja retušeeritakse 10%-lise sooja želatiinilahuse või mõne teise liimiva ainega.

Kujutise värvimine

Pärast kopeerimist on kujutis pruunikana vaevalt nähtav.

Kujutise nähtavaks muutmiseks värvitakse plaat 4%-lises värvaine piirituslahuses, millele lisatakse 10% atsetooni. Musta värvuse saamiseks kasutatakse piirituses lahustuvat nigrosiini, punase värvuse jaoks — värvainet «Sudaan IV».

Värvimine toimub värvaine lahusesse kastetud vatitampooni abil. Värvimise juures tuleb hoolitseda, et värvainet ei satuks plaadi tagaküljele. Selleks võib plaadi tagakülje üle valada vahaga. Kui tselluloid on kleepiva massi abil ajutiselt klaasile kinnitatud, siis pole tagakülje vahaga katmine vajalik. Pärast värvaine lahuse kuivamist pestakse kolloidkiht kiiresti 10%-lises sööbeleelise lahuses maha, loputatakse vees ja kuivatatakse.

Orgaanilisel klaasil (akrülaadil) töötamisel toimitakse samuti kui tselluloidiga. (Kleepivale massile rullimiseks vajadust ei ole, sest akrülaatplaat on küllalt paks ja normaalses temperatuuris ei kõverdu.)

FOTOD RIIDEL

Õhukest riiet niisutatakse raudammooniumtsitraadi ja punase veresoola lahustest koosnevas valgustundlikus segus.

Valgustundlikuks muutev lahus koostatakse järgmise retsepti järgi:

Lahus *A*

Raudammooniumtsitraat	375 g
Vesi	1000 cm³

Lahus *B*

Punane veresool	275 g
Vesi	1000 cm³

Lahused *A* ja *B* segatakse võrdsetes kogustes ja saadud seguga niisutatakse riie läbi. Kuivatatakse pimedas. Kuivatatud riie triigitakse oranžis valguses.

Selleks et riidele anda tugevust, niisutatakse see vedela tärkliseskliistriga ja triigitakse triikrauaga oranžis valguses. Triigitud valgustundlik riie säritatakse negatiivi all. Säriaeg määratakse katseliselt.

Koopia ilmutatakse toatemperatuuriga vees. Kujutise teistsugused värvused saavutatakse mitmesuguste töötlemisvõtete kaudu.

Kujutis muudetakse ammoniaagi 5%-lises lahuses värvusetuks ja siis tanniini küllastatud vesilahuses mustaks.

Kui ammoniaagis töödeldud koopiat immutada tanniini asemel rauavitrioli 10%-lise lahusega, siis ilmub kujutis sinakasmustas toonis.

Teine riidele kujutise saamise meetod seisab kroomisoolade kasutamises.

Riie immutatakse järgmise koostisega lahuses:

Vesi (destilleeritud)	100 cm³
Glükoos	15 g
Ammooniumbikromaat	2 g

Valgustundlikuks muudetud riie kuivatatakse pimedas ja triigitakse, mille järel säritatakse diapositiivi all ning ilmutatakse lahuses:

Vesi	100 cm³
Hõbenitraat	1 g
Äädikhape (80%-line)	10 cm³

Kujutis saadakse algul punasena, mis aeglasel kuivamisel valguse käes värvub tumepruuniks.

FOTOD PLASTMASSIDEL

Fotograafilist meetodit on võimalik rakendada mitmesuguste heledavärvilisest plastmassist elutarbeliste esemete dekoreerimiseks. Tavaliselt võiksid kõne alla tulla taldrikud, tassid ja teised nõud, samuti ka ovaalsed medaljonid, mis on välja lõigatud plastmasstooteist.

Seda laadi esemetel fotokujutiste saamiseks rakendatakse järgmist meetodit.

Poleeritud pinnaga plastmasstooted mateeritakse kergelt. See toimub peenima, veega kõrdiks segatud pimsipulbri abil. Pärast lihvimist ese loputatakse ja püütakse lihvitud pinda sõrmedega mitte enam puudutada.

Siis valmistatakse ette puhas klaasplaat ja valatakse see üle tsentrifuugil (grammofoni ketas) järgmise koostisega valgustundliku lahusega:

Vesi	100 cm³
Dekstriin	4 g
Suhkur	5 g
Ammooniumbikromaat	2 g
Glütseriin	2—8 tilka

Pärast pimedas kuivatamist säritatakse plaat positiivi all ja «ilmutatakse» puudritaoliseks peenendatud mineraalvärvainega. Selleks otstarbeks võib kasutada tahma või segu muumiast ja vähesest tahmast, et värvil tekiks pruunikas toon. Pärast «ilmutamist» vaadeldakse kujutist vastu valgust ja retušeeritakse värvaine ja dekstriini-

lahuseseguga. Edasi valatakse plaat meditsiinilise kolloodiumi 2%-lise lahusega. Kuivanud kolloodiumikiht lõigatakse žiletiteraga kolmest küljest lahti ja pannakse vette kroomisoola väljapesemiseks ja selleks, et kiht klaasilt kergemini eralduks. Kihi neljandat külge lahti lõigates eraldatakse kiht klaasilt ja kantakse üle plastmassist esemele. Plastmassist ese kaetakse pärast pimsiga lihvimist müügil oleva liimi BF-2 kihiga ja pärast vähest kuivamist kantakse peale teistkordne liimikiht. Pärast seda, kui teine liimikiht on kuivanud kuni «läikimiseni», paigutatakse sellele veest võetud ja üleliigsest niiskusest vabastatud kiht kujutisega. Kiht paigutatakse plastmassi kleepuvale pinnale selliselt, et ei tekiks mulle ega volte.

Kiht surutakse plastmassi kleepuva pinna vastu vatitampooniga. Pärast kuivamist kuumendatakse dekoreeritud eset kaks tundi kuumendamiskapis temperatuuris kuni 100° C. Pärast kirjeldatud töötlemist pestakse kolloodiumikiht atsetooniga maha.

SISUKORD

Eessõna 3

I osa

FOTOGRAAFILINE OPTIKA

Valgus ja selle omadused. Fotomeetrilised suurused . . 7
Valguse iseloom 7
Valguse omadused 8
Valguse peegeldumine . . 8
Valguse murdumine ja täielik sisepeegeldus . . 10
Valguse dispersioon . . . 12
Fotomeetrilised suurused . . 12
Valgustugevus 13
Valgusvoog 13
Heledus 14
Valgustihedus 14
Geomeetrilise optika põhimõisteid 16
Tasapeeglid 16
Läätsed 18
Läätsede karakteristika . . 18
Kujutise ehitamine koondava läätsega 20
Läätse valem 22
Kujutise mastaap 22
Lihtläätse vead 23
Sfääriline aberratsioon . . 23
Koma 24
Astigmatism 24
Kromaatiline aberratsioon . 26
Kujutise pinna kõverus . . 26
Distorsioon 27

II osa

FOTOAPARAAT

Fotoobjektiiv 28
Fotoobjektiivi karakteristika . 28
Fookuskaugus 28
Valgusjõud 30
Nägemisnurk ja pildiväli . 34
Sügavusteravus 36
Fotoobjektiivi eraldusvõime 38
Fotoobjektiivide tüübid . . . 39
Lihtobjektiivid 40
Liitobjektiivid 40
Eriotstarbelised objektiivid 41
Lisaläätsed 43
Fotoobjektiivi elemendid . . 46
Optiline klaas 46
Raamistused 47
Lihtraamistused 48
Liitraamistused 48
Diafragmad 50
Valguse kaod objektiivis, refleksid ja nende vastu võitlemise vahendid . . . 51
Valguse kaod objektiivis . 51
Refleksid 52
Optika valgusläbivuse suurendamine 54
Objektiivide hooldamine . . 55
Objektiivide vead ja nende kõrvaldamine 56
Fotoobjektiivid 57
Fotoobjektiiv «Industar-23» 57
Fotoobjektiiv «Industar-10» 58
Valgusjõuline fotoobjektiiv «FED» 58

Lainurk-objektiiv «FED» . 59
Teleobjektiiv «FED» . . . 59
Fotoobjektiiv «Industar-22» 60
Fotoobjektiiv «Industar-26» 61
Fotoobjektiiv «Industar-50» 61
Fotoobjektiiv «Orion-15» . 62
Fotoobjektiiv «Mir-1» . . 62
Fotoobjektiiv «Jupiter-3» . 63
Fotoobjektiiv «Jupiter-8» . 63
Fotoobjektiiv «Jupiter-9» . 64
Fotoobjektiiv «Jupiter-11» . 65
Fotoobjektiiv «Jupiter-12» . 66
Fotoobjektiiv «Jupiter-17» . 67
Fotoobjektiiv «Helios-44» . 67
Fotoobjektiiv «Helios-40» . 68
Teleobjektiiv «Tair-3» . . 68
Teleobjektiiv «MTO-500» . 69
Teleobjektiiv «MTO-1000» . 69
Fotoaparaadi mehhanismid ja sõlmed 70
Katikud 70
Ketas-sektorkatik 70
Keskkatikud 70
Pilukatikud 77
Kaugusmõõdikud 80
Fotoaparaadi «Zorki» kaugusmõõdik 80
Fotoaparaadi «Moskva-2» kaugusmõõdik 82
Fotoaparaadi «Kiiev» kaugusmõõdik 82
Kiilseadis 83
Pildiotsijad 84
Raam-pildiotsija 84
Peegel-pildiotsija 85
Teleskoop-pildiotsija . . . 85
Universaalsed peegel-teleskoop-pildiotsijad . . . 85
Universaalne pildiotsija «BУ» 86
Valgusväärtuste skaala . . 86
Fotoaparaatide klassifikatsioon 88
Fotoaparaadid 90
Plaat-fotoaparaadid 90
Fotoaparaat «Fotokor № 1» 90
Fotoaparaat «Turist» . . . 91
Fotoaparaat «Reporter» . . 91
Fotoaparaat «Moskva-3» . 92
Fotoaparaat «FK» 93
Laifilmiaparaadid 94
Fotoaparaat «Komsomolets» 94
Fotoaparaat «Ljubitel» . . 94
Fotoaparaat «Ljubitel-2» . 95
Fotoaparaat «Moskva-1» . 95
Fotoaparaat «Moskva-2» . 96
Fotoaparaat «Moskva-4» . 96
Fotoaparaat «Moskva-5» . 97
Kinofilmi- (väikeformaadilised) fotoaparaadid . . . 97
Fotoaparaat «Smena» . . 97
Fotoaparaat «Junost» . . 98
Fotoaparaat «Sport» . . . 98
Fotoaparaat «Zenit» . . . 99
Fotoaparaat «Zenit-S» . . 100
Fotoaparaat «FED» . . . 100
Fotoaparaat «FED-2» . . . 101
Fotoaparaat «Zorki» . . . 102
Fotoaparaat «Zorki-3» . . 103
Fotoaparaat «Zorki-4» . . 104
Fotoaparaat «Zorki-5» . . 104
Fotoaparaat «Kiiev» . . . 104
Fotoaparaat «Kiiev-III» . . 105
Kaamera «Kiiev-III» valgusmõõdik 106
Fotoaparaat «Kiiev-4» . . 107
Fotoaparaat «Leningrad» . 108
Fotoaparaat «Start» . . . 109
Fotoaparaat «Saluut» . . 109
Fotoaparaatide tarvikud . . 110
Päikesevari 110
Iseavaja 110
Traatavaja 111
Statiivid 111
Optiline valgusmõõdik «OPTEK» 112
Fotoelektriline valgusmõõdik «Kiiev» 113
Valgusmõõdiku kasutamine 114
Fotoelektriline valgusmõõdik «Leningrad», tüüp Ju 11 . 114
Fotoaparaatide kasutamise reeglid 115
Klappkaamerate avamine . 116
Objektiivide tuubuste väljatõmbamine 116
Aparaadi objektiivide vahetamine 116
Valgusfiltrite vahetamine . 117
Pildistamine statiivi pea külge kinnitatud fotoaparaatidega 118

Võitlus aparaadi enneaegse kulumise vastu 118
Fotoaparaatide justeerimise meetodid 119
Fotoaparaadi «Moskva-3» justeerimine 120
Fotoaparaadi «Moskva-2» justeerimine 122
Fotoaparaadi «Zorki» justeerimine 124
Pildiotsija ja kaamera optiliste telgede paralleelsuse kontrollimine 125
Fotoaparaatide justeerimise kontrollimise üldised meetodid 125
Fotoaparaatide mõningate rikete kõrvaldamise võtteid 127
Fotoaparaatide «FED» ja «Zorki» katikukiiruse reguleerimise mehhanismi remont 127
Valguse läbilaske kõrvaldamine 128

III osa

VALGUSTUNDLIKUD MATERJALID

Fotokihi valgustundlikkus . . 129
Fotograafiline emulsioon . . 129
Emulsiooni valmistamine . . 130
Valgustundliku kihi ehitus . 132
Valgustundlikkus 133
Varjatud (latentne) kujutis 134
Ilmutus- ja kinnitusprotsessid 134
Fotomaterjalide omadused . 135
Valgustundlikkus 136
Maksimaalne optiline tihedus 136
Fotograafiline looritus . . . 136
Kontrastsus 137
Fotograafiline ulatus 138
Eraldusvõime ja teralisus . . 140
Spektraalne valgustundlikkus 141
Fotomaterjalide sensitomeetrilised mõõtmised 143
Sensitomeetria 143
Sensitomeetriline meetod ja tunnusköver 144
Sensitomeetriliste suuruste määramine 148
Sensitomeetriline aparatuur . 152
Sensitomeeter 152
Optiline kiil 153
Ilmutusaparaat 154
Densitomeeter 154
H & D sensitomeetriline süsteem 155
Sensitomeetriline süsteem GOST 158
DIN-i sensitomeetriline süsteem 160
Valgustundlikkuse suuruste võrdlemine 160
Fotopaberite mõõtmine . . . 162
Fotomaterjalide klassifikatsioon, sortiment ja otstarve 165
Fotoplaatide klassifikatsioon ja sortiment 165
Fotoplaatide füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad 171
Fotoplaatide markeerimine 171
Fotoplaatide säilitamise tähtajad ja tingimused . . . 171
Fotofilmide klassifikatsioon ja sortiment 172
Fotofilmide füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad 176
Fotofilmide markeerimine . . 176
Fotofilmide säilitamise tähtajad ja tingimused . . . 176
Negatiivmaterjali kasutamise otstarve 176
Reproduktsioonimaterjalide kasutamise otstarve . . . 180
Fotopaberite klassifikatsioon ja sortiment 181
Fotopaberite füüsikaliste omaduste kvalitatiivsed näitajad 183
Fotopaberite markeerimine . 183

Fotopaberite säilitamise tähtajad ja tingimused . . . 184
Positiivmaterjalide kasutamise otstarve 185
Must-valgete fotopaberite eriomadused 187
Fotomaterjalide tootmispraagi liigid 188

IV osa

PILDISTAMINE

Fotokompositsioonist . . . 192
Mitmesuguste motiivide pildistamise iseärasused . . 202
Portree 202
Maastikupildistamine . . . 212
Loomade, lindude, putukate pildistamine 217
Arhitektuuri pildistamine . . 219
Esemete pildistamine 223
Reportaaž 224
Pildistamise tehnika 227
Kassettide ja kaamerate laadimine 227
Plaatkaamerate kassettide laadimine 228
Väikekaamerate ja nende kassettide laadimine . . 229
Väikekaamerate ja nende kassettide tühjendamine . 235
Rullfilmikaamerate laadimine 236
Teravustamine 237
Visuaalne teravustamine . 237
Silmamõõduline teravustamine 237
Mehaaniline teravustamine 238
Diafragma kasutamine . . . 240
Sügavusteravuse skaala kasutamine 241
Viseerimise reeglid 251
Eksponeerimise (säritamise) reeglid 252
Säriaeg ja selle määramine 252
Õige säriaja mõiste 252
Säriaega mõjutavad tegurid 254
Säriaeg päevavalgusel . . . 255
Säriaeg mägedes pildistamisel 258
Säriajad kunstliku valgustuse puhul 261
Ekspositsioon pildistamisel magneesiumvalgusega . . 265
Säriaegade kõrvalekaldumiste lubatavad piirid 267
Liikuvate objektide säriaeg . 268
Valgusfiltrid 270
Kompenseerivad valgusfiltrid 271
Valgusfiltrite tegur 272
Polarisatsioonifiltrid 276
Valgusfiltrite hoidmine . . . 276

Vahetatavad objektiivid . . 277
Vahetatavate objektiivide klassifikatsioon 277
Vahetatavate objektiivide kontrollimine 278
Vahetatavate objektiivide kasutamise praktika 279
Fotoreproduktsioon 280
Originaalide klassifitseerimine 280
Reprodutseerimise tehnika . . 280
Reprodutseerimine kaameratega «FED» ja «Zorki» . . 283
Vead pildistamisel ja nende parandamine 286

V osa

NEGATIIVPROTSESS

Fotolahused 289
Fotolahuste koostisosad . . 290
Vesi 290
Keemilised ained 290
Fotograafias sagedamini kasutatavate ainete kindlaksmääramine 291
Fotolahuste valmistamine . 292

Lahuste säilivus ja töövõime 300
Lahuste filtreerimine 301
Varulahuste kasutamine . . 301
Fotomaterjalide ilmutamine . 302
Laboratooriumi-valgusfiltrid . 302
Ilmutamise üldine tehnoloogia 303
Ilmutilahuste valmistamine . 303
Ilmutilahuste klassifikatsioon ja omadused 306
Ilmutilahuste töövõime kaotus 307
Negatiivilmutite retseptid . . 308
Peenterailmutid 310
Kahelahuseline peenterailmuti 315
Kinnitilahuste klassifikatsioon 316
Kinnitilahuste valmistamine 317
Kinnitilahuste säilivus ja töövõime kaotus 317
Kinnitilahuste retsepte . . . 318
Negatiivmaterjalide ilmutamise reeglid 319
Negatiivmaterjalide ilmutamise meetodid 320
Negatiivide kinnitamise reeglid 321
Negatiivide pesemise reeglid 321
Pesemise kvaliteedi kontrollimine 322
Negatiivide kuivatamise reeglid 322
Plaatide ja tasafilmide ilmutamise tehnika 323
Rullfilmide ilmutamise tehnika 323
Kinofilmide ilmutamise tehnika 325
Ilmutamine desensibiliseerimisega 326
Kihi parkimine 326
Stopplahused 327
Kaltsiumvõrgu eemaldamine 327
Negatiivide täiendav töötlemine ja nende hoidmine . . . 329
Negatiivide kõvendamine . . 330
Kroomkõvendaja 330
Kinoontiosulfaatkõvendaja . 330
Negatiivide nõrgendamine . . 331
Negatiivide tehniline retušš . 333
Retušeerimisraam ja selle kasutamine 334
Märja negatiivi retušš . . 335
Negatiivi katmine värviga . 336
Täppide ja muude pisidefektide katmine 337
Kuiv nõrgendamine . . . 338
Mahakaapimine noaga . . 339
Pliiatsiretušš 340
Retušš negatiivi pöördel . 342
Negatiivide hoidmise tehnika 343

VI osa

POSITIIVPROTSESS

Kontaktkopeerimine 344
Kopeerimisseadmed 344
Päevavalguspaberitele kopeerimise tehnika 348
Ilmutamist vajavatele paberitele kopeerimise tehnika . 349
Fotokoopiate ilmutamine . . 349
Kloorbroomhõbepaberite kasutamine 350
Joodhõbepaberi kasutamine . 351
Projektsioonkopeerimine . . 351
Suurendusaparaatide konstruktsioon 352
Suurendusaparaadid 358
Projektsioonkopeerimise tehnika 360
Fotopaberi valik 362
Diapositiivid 364
Fotokoopiate viimistlemine . 364
Hõbebromiidkoopiate toonimine 364
Toonimine aniliinvärvidega . 365
Fotode lakkimine 366
Kõrgläige 367
Koopiate (piltide) retušš . . 368
Kollaseks muutunud piltide taastamine 368
Hallide piltide parandamine . 369
Fotode kleepimine 369

VII osa

VÄRVILINE FOTOGRAAFIA

Värvilise fotograafia alused . 371
Värvuse iseloomustus . . . 371
Kehade iseloomustus 371
Kehade värvus 372
Kehade värvuse muutumine 373
Nägemise kolmevärvilisuse teooria 373
Põhi- ja täiendvärvused . 374
Aditiivne värvuste tekitamise meetod 375
Subtraktiivne värvuste tekitamise meetod 376
Värvilise fotograafia printsiibid 377

Värvilise fotograafia meetodid 378
Aditiivne meetod 378
Rastermenetlus 380
Subtraktiivne meetod . . . 380
Pigmentmenetlus 381
Hüdrotüüp-menetlus . . . 383
Toonimismenetlus 385

Värviline fotograafia mitmekihiliste materjalide kasutamisega 386
Värvifotomaterjalide ehitus . 386
Värvifotomaterjalide iseloomustus 387
Valgustundlikkus 387
Kontrastsus 387
Fotograafiline ulatus . . 388
Värvuste tasakaal 388
Looritus 388
Värvifotomaterjalide liigid . 388
Negatiivfilm 388
Positiivfilm 389
Ümberpööratav film . . . 389
Värvifotopaber 392
Pildistamine värvifotomaterjalidele 392
Objektiivid 393
Värvifotograafia negatiivmaterjalid 393
Pildistamis-valgusfiltrid . . 393
Kasutatavate valgusallikate valguse iseloomustus 395
Valgustustingimused ja värvilise pildistamise iseärasused 397
Säriaja määramine pildistamisel 399
Värvifotomaterjalide kontakt- ja projektsioonkopeerimine . 399
Aparatuur värviliseks kopeerimiseks 400
Korrigeerimis-valgusfiltrid 401
Korrigeerimisfiltrite kasutamine ja kopeerimine . . 402
Korrigeerimisfiltrite valik . . 403
Säriaja määramine ja arvestamine kopeerimisel . 405

Värvifotomaterjalide töötlemine 409
Ettevaatusabinõud töötamisel värviliste ilmutitega . . . 409
Lahuste koostamine ja säilitamine 410
Pimikuvalgustus värvifotomaterjalide töötlemisel . . . 410
Värvifotomaterjalide töötlemise iseärasused 411
Värviline ilmutamine . . . 412
Ilmumise katkestamine (positiivmaterjalidel) . . . 413
Pleegitamine 414
Kinnitamine 414
Pesemine 414
Kuivatamine 415
Värvi-negatiivfilmide töötlemine 415
Negatiivfilmide töötlemise tehnika 418
Negatiivfilmide kuivatamine 419
Värviliste negatiivide hoidmine 419
Ümberpööratavate filmide töötlemine 419
Ümberpööratavate filmide töötluslahuste retseptuur . 420

Ümberpööratavate filmide töötlemise tehnika . . . 421
Värviliste diapositiivide värvuseülekande korrigeerimise meetodeid 422
Värviliste diapositiivide nõrgendamise tehnika . . 423
Värviliste diapositiivide viimistlemine ja hoidmine . 424
Fotopaberi töötlemine . . . 424
Fotopaberi töötlemise retseptuur 425
Värviliste paberkoopiate värvuste küllastusastme tõstmine ilmutamisel . . 427
Fotopaberite töötlemise kiiremad ja lihtsustatud menetlused 427
Fotopaberi töötlemise tehnika 432
Piltide viimistlemine 435
Piltide säilitamine 436
Positiivfilmide töötlemine . . 436
Positiivfilmide töötlemise tehnika 437
Kuivatamine 438
Värviliste piltide defekte ja nende tekkimise põhjusi . . 438
Negatiivide defektid 438
Piltide defektid 439
Valgusfiltrite valmistamine . 440
Korrigeerimisfiltrid värviliseks kopeerimiseks 440
Valgusfiltrite valmistamise tehnika 440
Valgusfiltrite kontrollimine . 441
Kaitse-valgusfiltrid 443
Lisameetodeid värvilise kopeerimisprotsessi lihtsustamiseks ja paremustamiseks . 444
Kopeerimine kolme valgusfiltriga 444
Neutraalse hallskaala rakendamine 444

VIII osa

FOTOGRAAFIA METALLIL, PORTSELANIL, KLAASIL JA TEISTEL MATERJALIDEL

Fotograafia metallidel . . 445
Metallplaadi ettevalmistamine 445
Valgustundliku emulsiooni valmistamine 446
Emulsiooni valamine plaadile 446
Säritamine 448
Värviga katmine 448
Plaadi ilmutamine 448
Puuderdamine 449
Puudri sissesulatamine . . . 449
Söövitamine 449
Söövitatud plaatide värvimine lakkidega 450
Kujutise saamine alumiiniumil 452
Valgustundlike alumiiniumplaatide ettevalmistamine . 453
Anodeeritud alumiiniumi töötlemine hõbedasooladega . . 454
Fotod portselanil (fotokeraamika) 454
Tolmutamismeetod 454
Klaasplaadi ettevalmistamine 455
Plaadi tolmutamine ehk «ilmutamine» 456
Kujutise ülekandmine portselanesemele 457
Keraamilised värvid ja flussid 458
Dekoratiivsete portselanesemete põletamine 460
Fotod klaasil 461
Pildi saamine klaasil põletamismeetodil 461
Pildi valmistamine klaasile söövitamismeetodil . . . 462
Fotod tselluloidil ja orgaanilisel klaasil (akrülaadil) . . 463
Kujutise saamine 463
Kujutise värvimine 464
Fotod riidel 464
Fotod plastmassidel 465

КРАТКИЙ ФОТОГРАФИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маантеэ 10

Toimetaja H. Märtson

Tehniline toimetaja I. Vahtre

Korrektorid: M. Hansen ja T. Kokla

Ladumisele antud 4. V 1959. Trükkimisele antud 31. X 1959. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 29,75. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 24,39. Arvutuspoognaid 30,07. Trükiarv 15 000. MB-08172. Tellimise nr. 1601. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind rbl. 12.--

7—7

Rbl. 12.—

Rbl. 12.—

Fotograafia KÄSIRAAMAT

V-25763

Fotograafia KÄSIRAAMAT