

R-16359
POPULAARTEADUSLIK SARI



D. Z. Bunimovits

FOTOGRAAFIA

D. Z. BUNIMOVITŠ

FOTOGRAAFIA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950 TARTU

Originaali tiitel:

Д. З. Бунимович

Фотография

Научно-популярная библиотека
Государственное издательство
технико-теоретической литературы

Москва 1949 Ленинград
На эстонском языке

Tõlkinud P. Tammes
Kaas H. Roopeem

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

8449

SISSEJUHATUS.

XVIII sajandi lõpul ja XIX sajandi algul tehtud teaduslike avastuste ja leiutiste hulgas on fotograafial kui uuel kujutiste saamise viisil väljapaistev koht.

Fotograafial on meie elus suur tähtsus.

Tänu fotograafiale on meil õnnestunud säilitada suure Lenini ja kuulsate vene kirjanike N. V. Gogoli, T. G. Ševtšenko ja A. M. Gorki tõetruud pildid. Esimese vene fotograafi S. L. Levitski fotograafiliste tööde hulgas on säilinud I. S. Turgenevi, L. N. Tolstoi, I. A. Gontšarovi, N. A. Nekrassovi ja teiste suurepäraseid portreed.

Esimeste sõja-fotoreporterite ajalooliste ülesvõtetena on säilinud Sevastopoli 1855. aasta kangelasliku kaitse episoodid.

Fotopiltidena on jäädvustatud Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsiooni silmapaistvad sündmused.

Fotograafiat hindasid kõrgelt suured vene õpetlased D. I. Mendelejev, K. A. Timirjazev ja paljud teised. Nad kasutasid teda abilisena oma teaduslikus tegevuses.

V. I. Lenin rõhutas fotograafia suurt tähtsust massilise agitatsiooni ja propaganda vahendina; ta soovitas «näidata mitte ainult kino, vaid ka propaganda seisukohalt huvitavaid vastavate allkirjadega fotosid».

Oma lugejate hulgas me tõenäoliselt ei kohta selliseid, kes ei ole kunagi näinud fotoaparaati ega lasknud end pildistada. Fotograafia on niivõrd sügavalt tunginud meie igapäevasesse ellu, et on muutunud meile tavaliseks nähtuseks.

Fotopildi saamise protsess on meie päevil niivõrd lihtne, et seda võib teostada 12—14 aasta vanune õpilane.

Fotograafiaga tegelevad meil kõige mitmekesisema elukutsega inimesed: zooloogid, botaanikud, geoloogid, arheoloogid, ajaloolased, ajakirjanikud ja teised.

Ühel või teisel kujul kasutatakse praegu fotograafiat peaaegu kõigis teaduse ja tehnika harudes.

Mida siis kujutab endast fotograafia? Missugune on selle tähelepanuväärse leiutise ajalugu? Kuidas tegelikult saadakse fotopildid? Kuidas fotograafia teenindab inimest? Kõigest sellest me jutustamegi oma lugejaile.

I. MIS ON FOTOGRAAFIA.

1. Fotograafia tekkimine.

Fotograafia põhineb kahel nähtusel. Esimene nendest seisneb selles, et suurendusklaasi, luubi abil võib siledale pinnale, näiteks valgele paberilehele, saada valguskujutis meid ümbritsevaist esemest. Teine nähtus põhineb valguse omadusel avaldada mõningaile aineile niisugust mõju, mille tagajärjel aine koostis muutub (niisuguseid aineid nimetatakse valgustundlikeks).

Ei tule arvata, et fotograafia avastati ühekorraga. Fotograafia leiutamine on paljude teadusetegelaste mitme põlvkonna vältel tehtud töö tulemus.

Suurendusklaasi, luubi omadus anda esemete kujutisi sai inimestele teatavaks juba XVI sajandil. Nõnda leidub juba ühes 1570. aastal kirjutatud raamatus kirjeldus kujutise saamise viisi kohta niisuguse klaasi abil: «Tuleb sulgeda kõik aknad nõnda, et ei jääks ühtegi pilu, kust valgust sisse võiks tungida. Ühte luuki on aga tarvis teha väikese sõrme pikkuse läbimõõduga ümmargune ava

ning sellesse paigutada läätsetaoline klaas. Kui klaasi kohale üles seada paber või valge riie, siis kõik päikesest valgustatud asjad, mis asetsevad ja liiguvad tänaval, on riidel näha antipoodidena (jalad ülespidi), ja mis seal on paremal, on siin vasakul... Näed ka mööduvate inimeste nägusid, rõivaid, värvusi ja liikumist, justkui toimuks see kõik lähedal. Vaatepilt on nii meeldiv, et ei jõua küllalt imetleda.»

Seda katset võib teha iga meie lugeja, varustades ennast luubi ja paberilehega. Võib ka luuke mitte sulgeda. Aitab sellest, kui minna aknast eemale, toa sügavusse ja, võtnud ühte kätte luubi, teise aga paberilehe, asetada nad nõnda, et valgus langeks läbi luubi paberile. Paberi ja luubi teataval vahekaugusel ilmub paberile küllaltki hästi nähtav vähendatud ning ümberpööratud kujutis aknast ja esemetest, mis asetsevad aknalaual ning akna taga tänaval.

Kõige esmalt kasutasid suurendusklaasi seda omadust kunstnikud. Saades luubi abil paberile kujutise tõmbasid nad sellele pliiatsiga piirjooned ümber ning kasutasid seda joonist oma piltide tarvis. Ilmus isegi eriline aparaat, nõndanimetatud *camera obscura*, mis tähendab pimekambrit. See on kast, mille eesmise seina oli kinnitatud luup, tagaseina aga paigutatud raam pool-läbipaistvast paberist lehega.

Et aga ümberpööratud kujutist ei olnud hõlpus joonega piiritleda, siis edaspidi *camera obscura*'t täiustati. Kasti sisemusse paigutati längus asendis tasapinnaline peegel, mis luubist tulevad kiired kasti kaanele suunas ning kujutise «ümber pööras» (joonis 1).

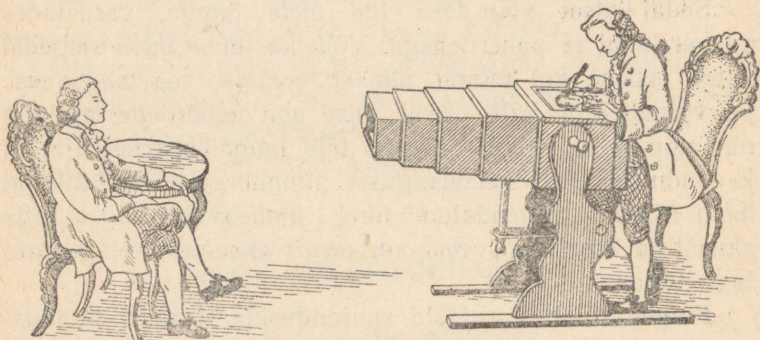
Nagu näeme allpool, on *camera obscura* ehituse põhimõtte meie päevini täielikult säilinud ja leiab kasutamist tänapäeva fotoaparaatide ehitamisel.

Nõnda leiutati esemetest valguskujutiste (kuid ainult valguskujutiste) saamise viis juba XVI sajandi keskel.

Juba tol ajal tekkis mõte «kinni püüda» see kujutis, teda jäädvustada, tarvitamata pliiatsit või värve.

Oli vaja läbi immutada või katta paber niisuguse ainega, mis valguse mõjul muutuks. Sel juhul jätavad valguskiired paberile eseme kujutise. Aga kaua ei õnnestunud leida niisugust ainet.

Kuid vahepeal veensid paljud loodusnähtused inimesi selles, et valguse suhtes tundlikke aineid on olemas. Nii



Joon. 1. Praeguse fotoaparaadi eelkäija — *camera obscura*.

näiteks pandi tähele, et valguse kauaaegsel toimel pleegivad toas tapetid ja luituvad kangad.

Jälgides niisuguseid nähtusi püüdsid õpetlased neid kasutada *camera obscura*'s saadud kujutise kinnipüüdmiseks. Prooviti hulgaliselt läbi väga mitmesuguseid aineid.

Juba XVI sajandil rakendati sel eesmärgil keemilist ühendit kloorhõbedat, mille omaduseks on valguse toimel võrdlemisi kiiresti tumeneda. Hiljem avastati samasugune omadus ka teistel hõbedähenditel, näiteks joodhõbedal ja hõbenitraadil (lämmastikhapul hõbedal). Nende ainetega hakati immutama paberit, et sellele *camera obscura*'s jäädvustada kujutist. Kuid niisugused katsed ei andnud soovitud tagajärgi. Paber tumenes võrdlemisi kiiresti ainult päikesekiirte otsesel mõjul, kuid selleks, et saada *camera obscura*'s kas või nõrka kujutist, kulus palju tunde.

Selline olukord püsis peaaegu kolme sajandi vältel. Alles XIX sajandi algul avastati, et lühiajalist valguse toimet mõningaile valgustundlikele aineile võib tugevdada nende ainete hilisema keemilise töötlemise teel. Teiste sõnadega, nõrka, vaevaltmärgatavat ja isegi mittemärgatavat kujutist, mis valguse mõjul tekib valgustundliku ainega kaetud paberil või plaadil, saab mitu korda tugevamaks muuta ning selgesti nähtavaks teha teiste ainete abil. See oligi fotograafia alguseks.

Nõnda muutus *camera obscura* fotoaparadiks, mille abil 110 aasta eest saadi esimesed fotopildid.

Valgustundliku ainena kasutati joodhõbedat. Selle aine saamiseks pandi peegelsiledaks poleeritud hõbeplaadid kasti, mille põhjas oli lahtine kausike joodiga. Joodi aurude mõjul tekkis pikkamisi plaadi pinnale õhuke kiht valgustundlikku joodhõbedat.

Ülesvõtte tegemine niisugustele plaatidele kestis 3—4 minutit. Seejärel paigutati plaat juba pimedas või üsna hämaralt valgustatud ruumis kinnisesse kasti, kausikese kohale, milles oli elavhõbe.

Siia jäeti fotoplaat mitmeks tunniks. Elavhõbeda aurude toimel tekkis neis kohtades plaadil, milledele oli mõjunud valgus, valge värvusega aine, nõndanimetatud amalgaam (hõbedat lahustab elavhõbedas). Ülejäänud pinnalt eemaldati joodhõbe, paljastades plaadi poleeritud pinna.

Sel kombel saadud ülesvõtte oli peegelpilt, see tähendab, et esemed, mis olid paremal, jäid ülesvõttel vasakule, ja vastupidiselt. Vaadata tuli teda valguse suhtes teatava nurga all: hõbedased kohad paistsid siis tumedatena, valge amalgaamiga kaetud kohad aga heledatena.

Nõnda saadi esmakordselt fotograafilisi pilte. Nende kvaliteet oli madal ja hind väga kõrge. Kuid sarnasus loodusega oli niivõrd suur ja ülesvõtete saamise viis nii lihtne, et fotograafia levis ebatavalise kiirusega kogu maailmas.

Kes tahtis saada oma portreed, pidi istuma mõne minuti aparaadi ees päikese käes. Et pildistatav ei nihkuks paigalt, pandi talle pea toeks seadeldis, mis meenutab toruklambrit. Et päikesekiirte peegeldust tugevdada, puuderdati nägu ja käed valgeks.

Esimene vene fotograaf S. L. Levitski tegi 1839. aastal Peterburis esimesed fotopildid. Tema valmistas esmakordselt kunstipärased ülesvõtted — Kaukaasia vaated, mille eest ta sai Pariisi näitusel 1851. aastal medali. See oli esimene fotograafiliste tööde eest määratud medal.

Möödunud sajandi viiekümnendail aastail tegelesid fotografeerimisega juba tuhanded inimesed. Paljud nendest töötasid fotografeerimisviisi täiustamise kallal, ja juba kümne aasta pärast ei tarvitatud enam joodhõbeplaate. Ilmusid klaasist, valgustundliku aine õhukese kihiga kaetud fotoplaadid. Niisuguste plaatide valmistamisel valati nad joodi sisaldava vedela kolloodiumiga* üle, lasti kolloodiumil hanguda ning kasteti seejärel plaat hõbenitraadi lahusesse, milles kolloodiumikiht muutub valgustundlikuks.

Ülesvõtete tegemiseks niisugustele plaatidele ei kulu enam minuteid, vaid sekundeid. Kuid ülesvõtte tuli teha niiskele, alles kuivamata plaadile, sest peale kuivamist kaotas kiht oma valgustundlikkuse. Sel põhjusel ei olnud võimalik plaate valmistada tagavaraks; neid tuli valmistada just enne pildistamist.

Niisugusele plaadile tekkinud kujutis ei olnud nähtav, oli varjatud, ja ilmus, s. o. sai nähtavaks alles peale plaadi leotamist spetsiaalses lahuses, mida nimetatakse ilmutiks. See lahus sisaldas gallushapet. Ilmutatud

* Kolloodium — läbipaistev siirupitaoline vedelik — kujutab endast hoolikalt puhastatud ja erilisel viisil töödeldud puuvilla, mis on lahustatud piirituse ja eetri segus. Peale klaasplaadi ülevalamist kolloodiumiga lenduvad piiritus ja eeter kiiresti ning plaadile jääb õhuke läbipaistev kile.

kujutist oli tarvis kinnistada. Selleks asetati plaadid broomkaaliumilahusesse (kinnistisse). Peatselt asendati broomkaalium teise keemilise aine — naatriumtiosulfaadiga, mida tarvitatakse kinnistamislahusena praegu. Selle, määrjaks joodhõbe-kolloodiumi menetluseks nimetatud töötluse iseärasus seisnes selles, et plaadil saadud kujutis oli vastupidine loomulikule: tumedad esemed ilmusid heledatena (täpsemalt —



Joon. 2. Negatiiv.



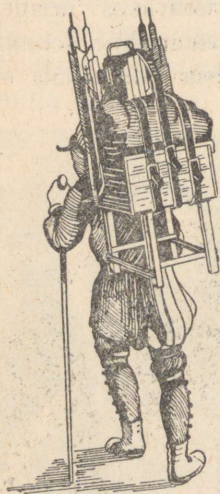
Joon. 3. Positiiv.

läbipaistvatena), heledad aga tumedatena. Niisugust kujutist nimetatakse negatiiviks (joonis 2).

Tegelikkusele vastava kujutise saamiseks asetati negatiivi alla paberileht, mis oli kaetud, nagu plaatki, valgustundliku kolloodiumikihiga. Valgus tungis negatiivi läbipaistvaid kohtadel paberini, valgustas seda, ja peale ilmutamist need kohad tumenesid. Negatiivi tumedate kohtade all olevad kohad paberil said valgust nõrgalt või ei saanud seda üldse ning tumenesid peale ilmutamist nõrgalt või jäid päris valgeks. Sel kombel negatiivi tume-

dad ja heledad kohad justkui vahetasid paberil oma kohad. Kujutis ilmus õigena ehk, nagu teda nimetatakse, positiivina (joonis 3).

Märg joodhõbe-kolloodiumimenetlus tekitas fotograafias tõelise revolutsiooni. Ülesvõtete kvaliteet paranes märgatavalt. Kujutise parem ja vasak külg olid juba õigesti paigutatud. Avanes võimalus ülesvõtteid lihtsalt ja piiramatult paljundada. Ülesvõtete hind alanes tunduvalt ning fotograafia muutus kättesaadavaks tegevusalaks. Tekkisid esimesed fotoamatöörid; nende arv kasvas kiiresti.



Joon. 4. Fotograaf-turist möödunud sajandi keskelt.

Heitke pilk joonisele 4. Seal on kujutatud fotograaf-turist möödunud sajandi keskelt. Esimeste fotograafide töö ei olnud kerge. Et teha mõningad võtted, tuli kaasas kanda mitte ainult fotoaparaati, klaasist fotoplaate, ilmutit, kinnistit ja teisi tarbeasju, vaid ka kokkupandavat tumedat telki — fotolaboratoriumi.

Tuli ju plaadid valmistada pimendatud ruumis ja just enne pildistamist.

Sellest ajast on möödunud sada aastat. Selle aja jooksul on fotograafia märgatavalt muutunud ja täiustunud, kuid printsiip, millel põhineb märg joodhõbe-kolloodiumimenetlus — fotograafia jaotumine kaheks — negatiiv- ja positiivprotsessiks, on säilinud meie päevini.

Ka märga joodhõbe-kolloodiumimenetlust ennast ei ole unustatud. Edukalt rakendatakse teda veel tänapäevani trükitööstuses (vt. lk. 55), kuigi ta kõigilt teistelt fotograafia rakendusalaadelt on juba välja tõrjutud.

Nüüdisaegsed fotoaparaadid ning valgustundlikud foto-

plaadid ja filmid võimaldavad pildistada mitte ainult päeval, vaid ka öötundidel väikeste elektrilampide valgusel. Praegu ei tee raskusi jäädvustada pildil suure kiirusega kihutavat autot või lennukit, sportlast hüppamise hetkel, lendavaid linde jms.

Valgustundlike fotoplaate, filmi ning paberit valmistatakse nüüd varuks ja nad võivad säilida aastaid. Fotoaparaadid on muutunud mugavaiks ja väikesteks. Fotoaparaadi ja valgustundlike filmide tagavara 100 või enama ülesvõtte tarvis võib panna taskusse.

Vaatame nüüd, kuidas on ehitatud nüüdisaegne fotoaparaat ja kuidas saadakse ülesvõtted.

2. Kuidas on ehitatud fotoaparaat.

Konstruksioonilt erisuguseid fotoaparaate on väga palju, kuid kõik nad on ehitatud ühe skeemi järgi (joonis 5). On kerge märgata, et tänapäeva fotoaparaadi konstruksioon põhimõttelt ei erine millegi poolest tema eelkäija — *camera obscura* — konstruksioonist.

Kõige lihtsamal kujul on iga fotoaparaat igast küljest suletud valguskindel kast. Kasti eesmise seina on kinnitatud suurendusklaas — objektiiiv, mis pildistamise ajal suunatakse fotografeeritavale esemele (tänapäeva fotoaparaadi objektiiiv koosneb mitmest optilisest klaasist — läätsest; ühisesse raami asetatult toimivad nad ühe suurendusklaasina).

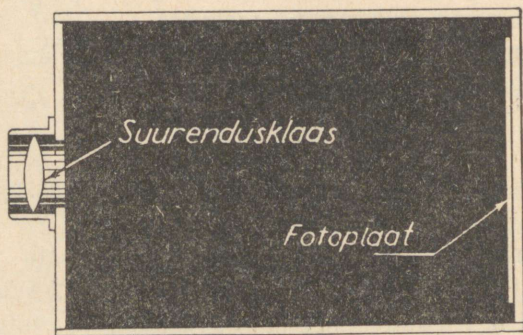
Objektiiiv heidab kasti tagaseinale esemete kujutise, samuti nagu see toimub *camera obscura*'s. Kui kasti tagaseina siseküljele kinnitada valgustundlik fotoplaat, siis võib mõningail tingimustel isegi niisuguse lihtsa aparaadiga pildistada ning saada rahuldav ülesvõte.

Sageli nimetatakse objektiivi fotoaparaadi silmaks. Kui tarvitada niisugust võrdlust, siis on õigem nimetada sil-

maks fotoaparaati ennast, objektiivi aga võrrelda silmaläätsega.

Tõepoolest, samuti nagu silmaläätis «joonistab» eseme kujutise silma võrkkestale, «joonistab» fotoaparaadi objektiiv kujutise plaadile või filmile.

Pildil esemete terava kujutise saamiseks on tarvis, et fotoplaat (või film) oleks objektiivist teataval kindlal kaugusel. See kaugus muutub sõltuvalt vahemaast pildis-



Joon. 5. Selle lihtsa skeemi järgi on ehitatud kõik olemasolevad fotoaparaadid.

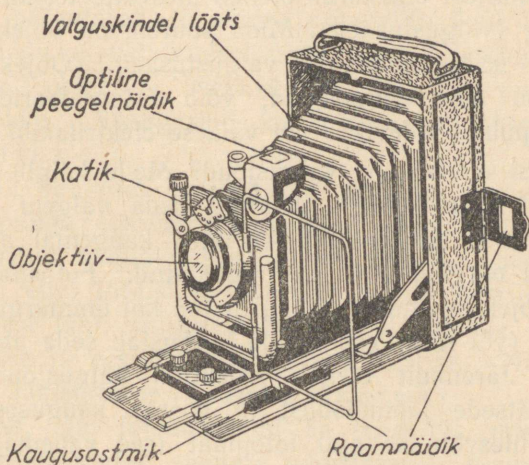
tatava eseme ja objektiivi vahel. Seepärast on igal fotoaparaadil seadeldis, mis võimaldab muuta objektiivi ja plaadi vahekaugust.

Sel eesmärgil tehakse ühtedel aparaatidel seinad harmoonika lõõtsa taolised, seejuures aga tavaliselt püramiidikujulised (joonis 6). Teistel aparaatidel on objektiiv edasi-tagasi nihutatav (vt. joonis 11).

Kuidas siis tegelikult seda vahemaad kindlaks määratakse? Joonisel 6 on kujutatud üks nüüdisaegseid amatööriaparaate. Sel aparaadil on objektiivi ja plaadi vahekauguse määramiseks mattklaasiga raam, mis liigub aparaadi kere tagaseinale monteeritud rööpmikus. Mattklaasil

võib näha pildistatavate esemete kujutist. Jälgides seda kujutist ja edasi nihutades objektiivi, võib kergesti leida objektiivi niisuguse asendi, mille puhul kujutis mattklaasil on maksimaalse selgusega ehk, nagu fotograafid ütlevad, terav. Seda nimetatakse teravustamiseks.

Mattklaasiga raam on ainult plaadikaamerail.



Joon. 6. Nõukogude amatööriaparaat «Fotokor».

Kuid enamik praegusaegseid fotoaparaate on ehitatud pildistamiseks rullfilmile. Niisugustel aparaatidel pole mattklaasi ja teravustamine toimub siin kaugusastmiku abil, millele on märgitud kaugused aparaadist kuni pildistatava esemeni (harilikult meetrites). Olenevalt sellest, kui kaugel on antud juhul pildistatav ese, seatakse objektiiv astmiku vastavale jaotusele. Kuid silma järgi kaugust täpselt määrata on raske. Seepärast varustatakse paljud tänapäeva filmiaparaadid eriliste, objektiiviga ühendatud kaugusmõõdikutega. Kaugusmõõdikute abil saavutatakse teravustamine automaatselt.

Et saada selget pilti ka neist esemeist, mis asetsevad

lähemal või kaugemal kui too ese, mille järgi teravus seati, vähendatakse objektiivil valgust läbilaskvat ava. Selleks on objektiivi sisemuses diafragma — seadeldis, mis võimaldab vähendada objektiiviva läbimõõtu.

Objektiivi tähtsaks iseloomustuseks on tema valgusjõud. Sellest oleneb plaadil või filmil saadava kujutise heledus, millest omakorda oleneb ülesvõtte tegemiseks tarvilik aeg (valgustusaeg). Mida suurem on objektiivi valgusjõud, seda lühem on valgustusaeg. Objektiividega, millel on suur valgusjõud, võib fotografeerida nõrga valguse puhul, videvikus või väikese elektrilambi valgusel.

Millest oleneb siis valgusjõud? Meile kõigile on hästi teada, et mida suurem on aken, seda valgum on tuba. Teiselt poolt, igaüks teab, et mida kaugemal aknast on ese, seda nõrgemini on ta valgustatud. Fotoaparaadis ei kujuta objektiiv endast midagi muud kui ümmargust akent, ja plaat (või film) eset, mida valgustab seda akent läbiv valgus. Järelikult oleneb objektiivi valgusjõud esiteks tema läätsede läbimõõdust ja teiseks kaugusest, millel asetseb ülesvõtmise ajal fotoplaat (see vahemaa võrdub ligikaudu fookusekaugusega).

Mida suurem on objektiivi läätsede läbimõõt ja mida väiksem on tema fookusekaugus, seda eredamini on plaat valgustatud, seda suurem on objektiivi valgusjõud.

Tänapäeva fotoplaatide ja filmide kõrge valgustundlikkus ja foto-objektiivide suur valgusjõud võimaldavad teha ülesvõtet sekundi väga väikese murdosa vältel, pildistada lühikese valgustusajaga (väga lühikese valgustusajaga ülesvõtet nimetatakse ka momentvõtteks).

Ülesvõtte valgustusajaga $\frac{1}{50}$ või $\frac{1}{100}$ sekundit on praegu täiesti tavaline nähtus. Aga sageli tuleb pildistada ka valgustusajaga $\frac{1}{300}$, $\frac{1}{500}$ ja isegi $\frac{1}{1000}$ sekundit! Fotoaparaadi objektiivi nii lühikesteks ajavahemikkudeks avada ei ole võimalik ilma erilise mehhanismita.

Seepärast on peaaegu kõik tänapäeva fotoaparaadid niisuguste lühikeste valgustusaegade saamiseks varustatud katikutega. Need kujutavad endast küllaltki keerukaid, täpselt töötavaid mehhanisme, mille abil saab valgustusaega reguleerida, alates terveist sekundeist kuni tuhandikkude sekunditeni. On mitmesuguseid katikuid. Ühtedel paneb mehhanism tööle objektiivi sisemusse läätse vahelaual paikutatud õhukesed metalltiivikud. Erilisele püstikule vajutamisel need tiivikud tõmbuvad laiali ja avavad objektiivi, seejärel aga tõmbuvad niisama kiiresti kokku. Niisuguseid katikuid nimetatakse keskkatikuks.

Teistel katikutel kasutatakse tiivikute asemel valguskindlat piluga varustatud eesriiet (tavaliselt mustast gummeeritud siidist). Eesriie paikutatakse otse plaadi või filmi ette. Pildistamise hetkel liigub eesriie kiiresti plaadi eest läbi; valgustusaega reguleeritakse seejuures pilu laiuse ja eesriide liikumise kiirusega. Niisuguseid katikuid nimetatakse pilukatikuteks.

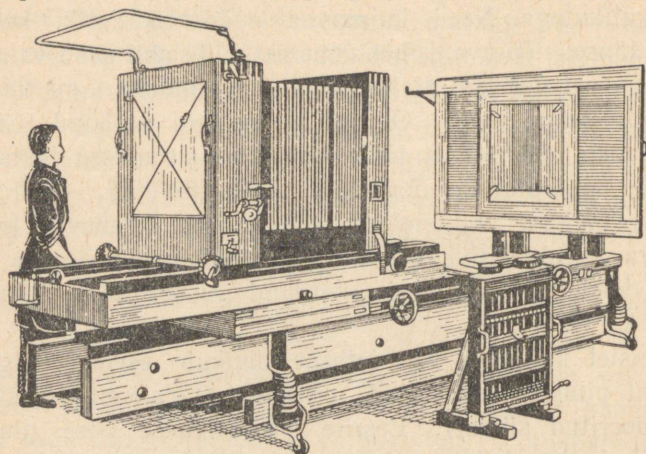
Lõpuks, igal fotoaparaadil on seadeldis, mis võimaldab aparaati täpselt suunata pildistatavale esemele. Seda seadeldist nimetatakse näidikuks. Kõige lihtsam näidik koosneb kahest raamist: suurest ja väikesest (vt. joonis 6). Suur raam on tavaliselt asetatud objektiivi kohale, väike aga eemale, peaaegu aparaadi tagaseina kaugusele. Nende raamide mõõtmed ja nende vahekaugus on arvestatud nii, et kui ühe silmaga läbi tagumise (väikese) raami vaadata nõnda, et mõlemate raamide servad langevad ühte, siis on läbi raamide näha esemed, mis jäävad pildile.

On ka optilisi näidikuid, kus pildistatavad esemed paistavad vähendatuina.

Need on peamised mehhanismid, mis praegu ei puudu ühelgi fotoaparaadil.

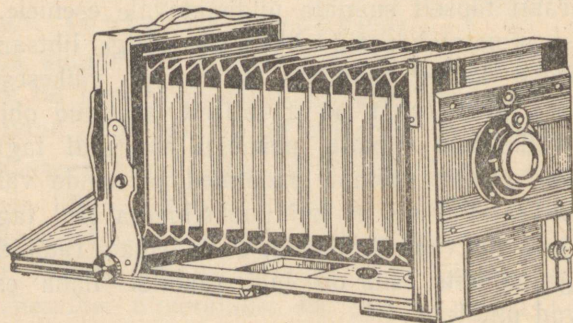
Meil ei jätkuks selles raamatus ruumi, et kirjeldada

kas või üsna lühidalt kõiki käesoleval ajal olemasolevaid fotoaparaate. Neid on liiga palju. Isegi siis, kui jätta



Joon. 7. Tsinkograafiates kasutatakse hiiglasuuri fotoaparaate.

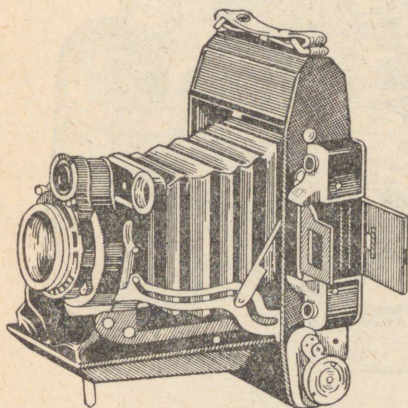
tänapäeva fotoaparaatide hulgast välja eriotstarbeks määratud aparaadid (mikrofoto, aerofoto jne. tarvis), siis võib



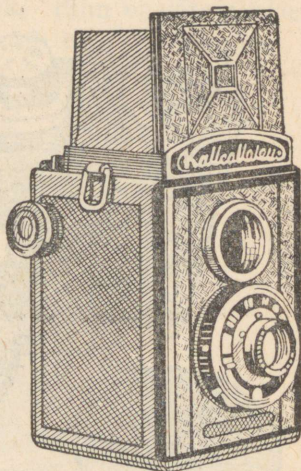
Joon. 8. Fotoaparaat portree-ülesvõtete tegemiseks.

ka harilikkude kõige rohkem levinud aparaatide hulgas loendada sadu mitmesuguseid välimuselt ja suuruselt erinevaid mudeleid.

Hiiglasuuri fotoaparaate kasutatakse tsinkograafiates trükitööde tarvis klišeede valmistamisel (klišeede valmistamisest jutustatakse üksikasjalisemalt tagapool, lk. 55). Mõned neist aparaatidest on nii suured, et täiskasvanud inimene võib nende sisemuses vabalt istuda. Üht niisugust aparaati kujutab joonis 7.



Joon. 9. Rullfilmiaparaat
«Moskva».



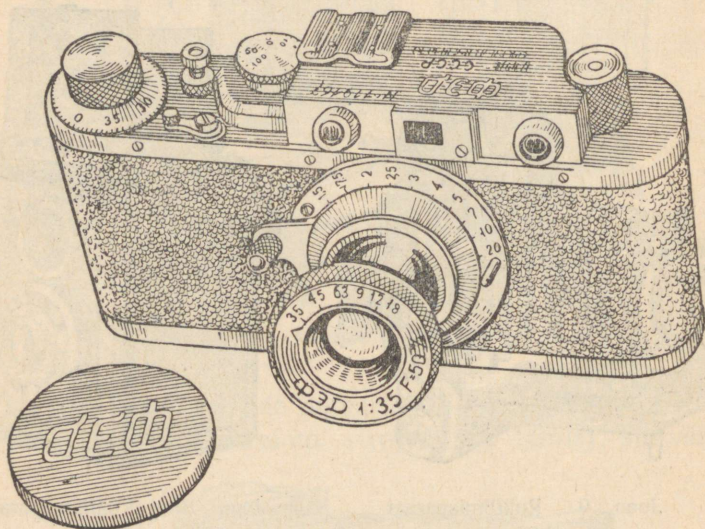
Joon. 10. Rullfilmiaparaat
«Komsomolets».

Võrdlemisi suuri ja oma ehituselt lihtsaid aparaate kasutatakse portree-ülesvõteteks (joonis 8.). Kuid enamik nõukogude tööstuse poolt praegu väljalastavaid fotoaparaate on määratud fotokorrespondentidele ja fotoamatööridele. Need aparaadid on väikesed, tavaliselt kokkukäivad ja varustatud kõigi võimalike aparaadi tööd mehhaniseerivate seadistega.

Joonisel 9 on näha fotoaparaat «Moskva». See aparaat on määratud filmile pildistamiseks ja võtab 6×9 sentimeetri suurused pildid. Selles aparaadis kasutatav film lastakse müügile rullile keritud lindi kujulisena. Igale

lindile mahub 8 ülesvõtet. Need filmid on valguse eest kaitstud mustast paberist ribaga ja neid võib aparati sisse panna valguse käes. Kui kogu film on ära kasutatud, võib teda aparadist välja võtta ning teisega asendada samuti valguse käes.

Algajate fotoamatöörade tarvis toodetakse aparati «Komsomolets» (joonis 10). Sel on kasti kuju ning ta



Joon. 11. Fotoaparaat ФЭД.

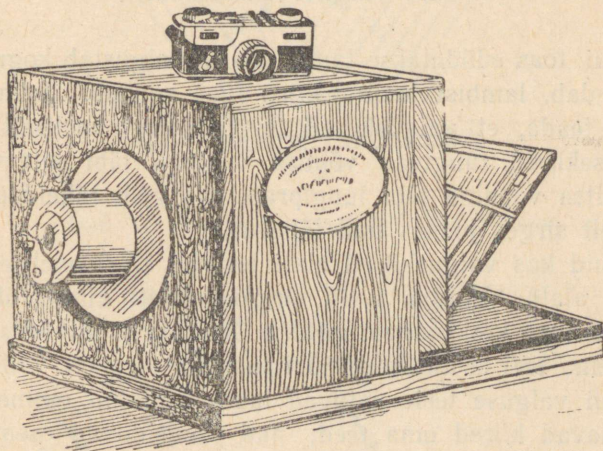
on samuti tehtud filmi jaoks, pildid aga saadakse temaga formaadis 6×6 sentimeetrit ning ühele filmile mahub neid mitte 8, vaid 12.

Joonisel 11 näeme üht kõige täiuslikumat nõukogude fotoaparaati ФЭД. Teda toodab F. E. Dzeržinski nimeline tehas. See aparaat mahub vabalt pihupesale ja on kergesti taskusse peidetav. Koos filmitagavaraga 36 ülesvõtteks kaalub ta kõigest 550 grammi.

Teine nõukogude aparaat «Kiiev», välja lastud 1948. aastal (joonis 12), on samuti väike ja kerge nagu ФЭД-gi.

Viimase kahe aparaadiga saadud ülesvõtete suurus on kõigest $2,4 \times 3,6$ sentimeetrit. Nad on aga niivõrd teravad, et neid võib suurendada kümneid kordi ilma teravuse tunduva vähenemiseta.

Nagu ФЭД, nõnda ka «Kiiev» on arvestatud pildistamiseks kinofilmile. Aparaat asetatakse rullfilmikassetti keritud 1,6 meetri pikkune filmilõik. Film ei võta rohkem ruumi kui niidirull, kuid temale võib teha 36 ülesvõtet.



Joon. 12. Vaarisa ja tema kauge järeltulija. Fotoaparaat 1839. aastast ja tänapäeva fotoaparaat «Kiiev».

Vaatamata väikestele mõõtmetele on aparaadid ФЭД ja «Kiiev» valmistatud suure täpsusega ning varustatud kõigi uuemate seadistega. Nii töötab näiteks aparaadi ФЭД katik kiirusega kuni $\frac{1}{500}$ sekundit, «Kiievil» aga kiirusega kuni $\frac{1}{1250}$ sekundit!

Et fotoaparaat on pildistamise põhivahend, siis oleneb tema kvaliteedist ja töötamise täpsusest suurel määral ka ülesvõtete kvaliteet ning võimalus pildistada väga mitmesugustes tingimustes.

Fotoaparaadi tähtsaimaks osaks on objektiiv. Nagu kunstnik, kasutades värve või pliiatsit, kujundab lõuendile või paberile pilte, nii «joonistab» objektiiv valguskiirte abil fotoaparaadi tagaseinale esemete kujutise.

Kuidas tekib siis fotoaparaadis valguskujutis? Et seda mõista, on esialgu tarvis tutvuda valguse mõningate omadustega.

3. Valguse omadused.

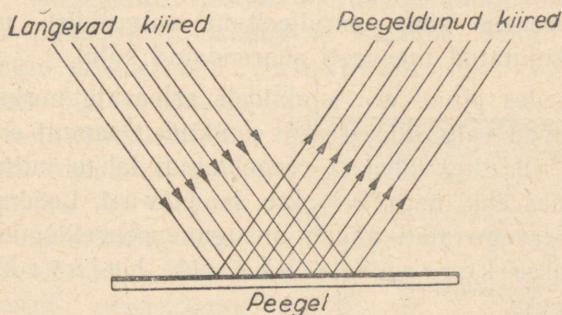
Kui toas süüdatakse lamp, siis ta valgustab kogu tuba. Tähendab, lambist levib valgus igas suunas. Samuti on hästi teada, et valguskiired levivad sirgjooneliselt. Kui päikesekiired tungivad võimsa vooluna läbi pilvevahede või kitsa vöödina läbi luugiprao, siis võib täheldada, kui rangelt sirges joones nad lähevad.

Kuid kas valguskiired alati levivad sirgjooneliselt? Ei, mitte alati. Valgus levib sirgjooneliselt ainult ühtlases läbipaistvas keskkonnas, näiteks õhus, ja ainult sel korral, kui tema teel ei ole mingeid takistusi.

Kui valguse teele satuvad läbipaistmatud esemed, siis muudavad kiired oma teed; nad peegelduvad eseme pinnalt ja lähevad sirgjooneliselt uues suunas. Valguskiirte igal kohtumisel mingi keha pinnaga neelatakse osa valgust selle keha aine poolt. Sellepärast on peegeldunud valguskiired alati nõrgemad langevatest valguskiirtest. Olenevalt neeldumise astmest ja valguse peegeldumisest meid ümbritsevailt esemeilt näivad viimased meile heledamatena ja tumedamatena. Kõige paremini peegeldavad valgust poleeritud, peeglitaolised pinnad. Hästi peegeldavad valgust valged pinnad. Kõige halvemini peegeldavad valgust mustad läiketa pinnad. Näiteks peegeldab äsjasadanud lumi 80 protsenti temale langevast valgusest, must samet aga ainult 0,4 protsenti.

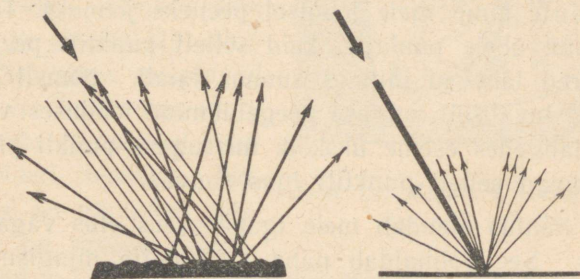
Kui paralleelsed valguskiired langevad hästi poleeri-

tud siledale pinnale (näiteks peeglile), siis peegelduvad nad kõik ühele ja samale poolele ning lähevad edasi ühes ja samas uues suunas (joonis 13). Niisugust peegeldust



Joon. 13. Valguse korrapärane peegeldumine.

nimetatakse korrapäraseks peegelduseks. Kuid peegelsiledaid pindu leidub looduses väga harva. Rõhuval enamikul meid ümbritsevaist esemest on krobeline pind.



Joon. 14. Valguse hajuv peegeldumine.

Isegi hästipoleeritud hiilgav metallplaat osutub üsna ebatasaseks, kui teda vaadata mikroskoobi all.

Langedes krobelsele pinnale peegelduvad valguskiired sealt igas suunas.

Vaadake joonist 14. Vasakul on kujutatud tükk hästi poleeritud pinda tugevasti suurendatud kujul. Tegelikult ei ole see pinnaosa suurem kui kõige väiksem punkt, mida meie silm on võimeline nägema. Sellele pinnale langeb kõige peenem kimp paralleelseid valguskiiri, mis on samuti kujutatud tugevasti suurendatud kujul.

Langedes pinna eri punktidele erinevate nurkade all, peegelduvad valguskiired neilt punktidelt samuti erinevate nurkade all ning lähevad peegeldunult lahku mitmesuunas suunas ehk, nagu öeldakse, h a j u v a d. Looduses toimubki peaaegu alati nimelt niisugune peegeldumine. Seda nimetatakse k o r r a p ä r a t u k s ehk h a j u v a k s peegeldumiseks.

Katsume nüüd vähendada oma joonist tema tõeliste mõõtmeteni, see tähendab, kujutada teda loomulikus suuruses. Seda on muidugi raske teha, sest niisugusel korral tuleb kõike kujutada niivõrd väikeselt, et me vaevalt suudame joonist mõista; seepärast kujutagem ta nii väikeselt kui võimalik (joonis 14, paremal). Nüüd muutus valguskiirte kimp meie joonisel peeneks jooneks. Ta langeb pinna ühele punktile, kuid sellelt punktilt peegeldunud kiired lähevad mitmes suunas laiali. Nimelt nõnda toimubki tavaliselt valguse peegeldumine looduses: valguskiired, langedes eseme ükskõik missuguse punkti pinnale, peegelduvad sellelt punktilt igas suunas.

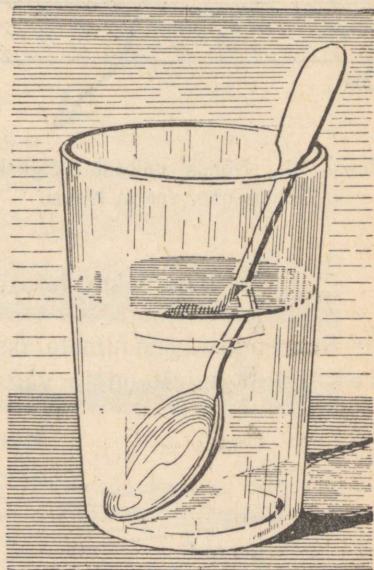
See nähtus etendab meie igapäevases elus väga tähtsat osa. See võimaldab näha asju mitte mingisugusest ühest küljest, vaid igast küljest, sest kus me ka asuksime, alati jõuab meie silmani mingi osa esemelt peegeldunud kiiri (kui neid ainult ei varja teised esemed). Esemete tajumiseks nägemismeelega on see tingimus tarvilik. Tänu sellele hajuva peegeldumise nähtusele võime eset pildistada igast küljest.

Aga mis toimub valguskiirtega, kui nad kohtavad oma

teel mingit läbipaistvat, see tähendab, valgust läbilaskvat keha, näiteks klaasi või vett? Ka sel juhul peegeldub osa valguskiiri keha pinnalt. Suurem osa kiiri tungib aga keha sisemusse. Kuid seejuures muutub kiirte sirgjoone-line tee. Valguskiired justkui murduvad katki puutepunktis keha pinnaga ja muudavad suunda. Seda nähtust nimetatakse valguse m u r d u m i s e k s.

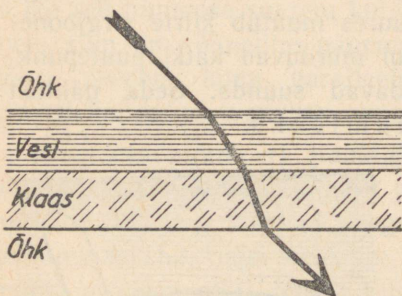
Heitke pilk veeklaasi lastud teelusikale: lusikas näib teile veepinnal murtuna (joonis 15). See on valguse murdumise tagajärg. Veest väljas olevalt lusika osalt peegelduvad kiired jõuavad meie silmani, läbides ainult õhukihti. Kuid teelusika vee all olevalt pinnalt tulevad kiired tungivad enne meie silmani jõudmist esiteks läbi veekihi, seejärel läbi klaasi ja lõpuks läbi õhukihi. Seejuures muudavad nad kolm korda oma suunda, mille tagajärjel lusikas näibki murtuna. Joonisel 16 on näidatud, mis-sugune on umbes valguskiire teekond, kui ta läbib kolm erinevat läbipaistvat keskkonda: õhu, vee ja klaasi.

On kindlaks tehtud, et erinevad läbipaistvad keskkonnad murravad valguskiiri erineval määral. Klaas näiteks murrab valgust tugevamini kui vesi, teemant tugevamini kui klaas. Erineva koostisega klaasid omakorda murravad valguskiiri samuti erinevalt.



Joon. 15. Veeklaasi lastud teelusikas näib murtuna.

Peale selle murduvad valguskiired seda tugevamini, mida suurem on nurk, mille all nad langevad murdvale pinnale. Ei murdu ega muuda oma sirgjoonelist suunda ainult need kiired, mis langevad murdvale pinnale täisnurga all.

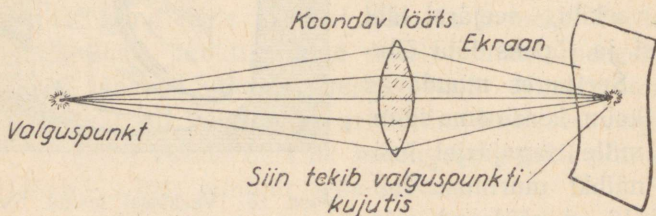


Joon. 16. Nõnda murdub valguskiir, läbides õhu, vee ja klaasi.

Niisugused on valguse põhiomadused. Tundes neid omadusi on meil kerge mõista, kuidas fotoaparaadis tekib esemete valguskujutis.

4. Kuidas tekib fotoaparaadis valguskujutis.

Suurendusklaasi nimetatakse ka koondavaks läätseseks, sest kujult on ta väga sarnane läätseteraga. Nii-

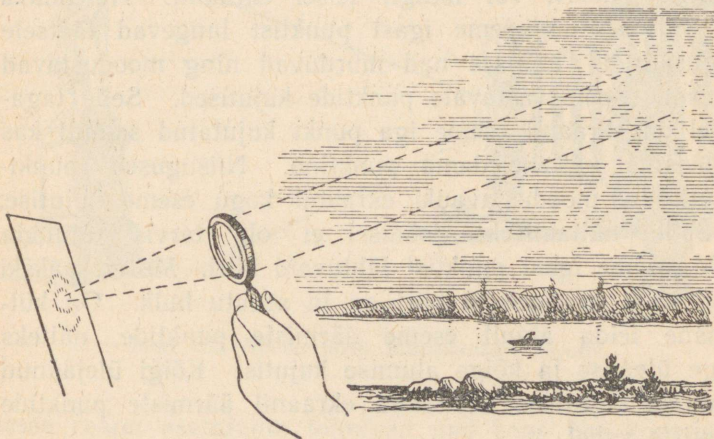


Joon. 17. Nõnda murduvad valguskiired koondavas läätses.

suguse läätses mõlemad pooled on sfäärilised, s. t. kerajad pinnad.

Kui niisugusele läätses mingist optilisel teljel asuvast punktist lasta kimp kiiri, siis üksikud läätses pinnale langevad kiired kohtuvad selle pinnaga erinevate nurkade all (joonis 17). Läätses keskpunkti läbiv kiir langeb täis-

nurga all ja seepärast ei murdu läätsest läbiminekul. Kõik teised kiired langevad läätse pinnale teistsuguste nurkade all ja, läbides klaasi, nad murduvad. Mida kaugemale läätse keskpunktist langeb kiir, seda tugevamini t. murdub. Selle tulemusena koonduvad läätse läbinud valguskiired ühte punkti (sellest tulebki koondava läätse nimetus), seejärel aga lähevad laiali, hajuvad. Kohal,



Joon. 18. Läätse läbivad päikesekiired moodustavad teisel pool läätse koonduva kiirtekimbu.

kus kiired lõikuvad, tekib selle punkti kujutis, millelt langevad läätsele kiired.

Kõike seda võib katsega kontrollida. Asetage vastu koondavat läätse valge paberileht. Seejärel pöörake lääts vastu päikesekiiri ning eemaldage paber aeglaselt läätsest. Algul näete paberilehel valgustatud ringi, mis suuruselt on läätsega umbes võrdne. Mida kaugemale jõuab paber läätsest, seda väiksemaks ja eredamaks muutub valgusring (joonis 18). Selle järgi ei ole raske otsustada, et läätse läbivad päikesekiired moodustavad teisel pool

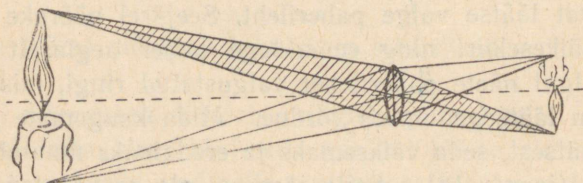
läätse koonuse kujul koonduva kiirtekimbu. Sel kohal, kus ringike muutub kõige väiksemaks, kiired lõikuvad, seejärel aga hakkavad nad uuesti laiali minema. Seda võib samuti kontrollida, jätkates paberi eemaldamist läätsest.

Läätse taga moodustunud väike hele ringike ei ole midagi muud kui Päikese kujutis.

Täpselt samuti annab koondav lääts mistahes eseme kujutise paberil või mingil teisel ekraanil. Helendava või valgustatud eseme igast punktist langevad läätsele valguskiired. Läätses nad murduvad ning moodustavad ekraanil eseme vastavate punktide kujutised. Selle tagajärjel on ekraanil eseme iga punkt kujutatud samuti kas tumedama või heledama punktina. Niisugused «punkt-kujutised» moodustavadki ekraanil kogu eseme kujutise.

Selle näitamiseks joonisel ei ole tarvis kujutada kõiki, eseme igast punktist lähtuvaid kiiri. Me ei saakski seda teha: niisuguseid kiiri on ju arvutu hulk. On küllaldane leida ainult eseme äärmiste punktide, näiteks kõige ülemise ja kõige alumise kujutis. Kõigi ülejäänud punktide kujutised asetsevad ekraanil äärmiste punktide kujutiste vahel.

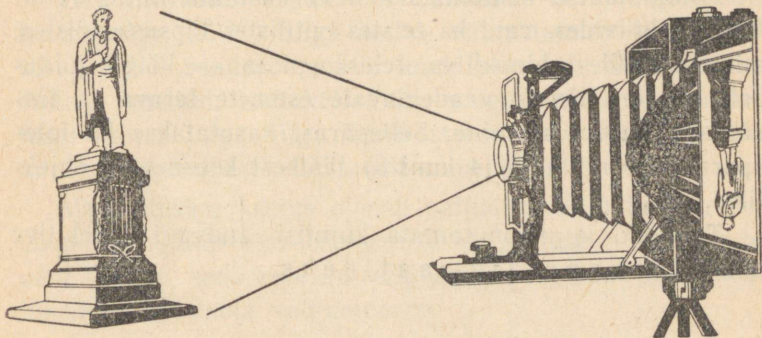
Joonisel 19 on skemaatiliselt näidatud, kuidas tekib eseme kujutis. On näidatud eseme kaks äärmist punkti — ülemine ja alumine, neist punktidest minevad kiired ja nende punktide kujutis ekraanil. Kõigi teiste punktide kujutised asetsevad kahe äärmise vahel ning annavad tervikuna kogu eseme kujutise.



Joon. 19. Nõnda tekib eseme kujutis.

Seejuures saadakse ekraanil esemete kujutised ümberpööratult. Nimelt sellisena tekibki fotoaparaadi tagaseinale kujutis (joonis 20).

Kui vaatlete tähelepanelikult tänapäeva fotoaparaadi objektiivi, siis näete, et ta koosneb mitmest läätsest. Ühi-



Joon. 20. Nõnda tekib fotoaparaadis kujutis.

sesse raami asetatuina toimivad nad koos ühe koondava läätsena. Missuguse eesmärgiga koostatakse objektiivid mitmest läätsest?

Hea fotoülesvõtte peab olema eelkõige terav ja täpselt sarnanema pildistatud esemega: eseme sirged jooned peavad olema ka ülesvõttel sirged, ring peab välja tulema ringina jne.

Kui veel kord läbi teha lk. 4 kirjeldatud katse luubiga, s. t. saada tema abil paberile akna kujutis ning seda tähelepanelikult vaadelda, siis märkame, et akna kujutis on enam-vähem terav ainult oma keskosas. Keskosast eemaldudes väheneb kujutise teravus kiiresti, äärtel aga muutub kujutis juba üsna laialivalguvaks. Samuti võib ka märgata, et akna kujutis ei ole päris õige: aknaraamide sirged jooned ei ole täpselt sirged, vaid kergelt

painutatud. Samasugune mitteterav ja ebatäpne tuleb ka ülesvõtte, kui teha ta ainult ühe koondava läätse abil.

Kogemused on näidanud, et neid kujutise puudusi võib kõrvaldada ainult sel teel, et ühendatakse mitu kujult erinevat ning mitmesugustest klaasisortidest valmistatud läätse.

Mitme läätse kombinatsiooni ei kasutata mitte ainult foto-objektiivides, vaid ka teistes optilistes täpsusseadistes: mikroskoopides, binoklites, teleskoopides — kõigil juhtudel, kus on nõutav vaadeldavate esemete terava ja tõepärase kujutise saamine. Sellepärast kasutatakse ka fotoaparaatides mitmest (4 kuni 8) läätsest koosnevat objektiive.

Teravaid ja moonutamata kujutisi andvaid objektiive nimetatakse a n a s t i g m a a t i d e k s.

5. Kuidas tehakse ülesvõtte.

Fotoülesvõtte tegemisel suunatakse aparaat näidiku abil objektiiviga pildistatavale esemele. Mida lähemal asetseb aparaat, seda suurem saadakse ülesvõttel eseme kujutis. Mida kaugemal on fotoaparaat esemest, seda väiksem saadakse tema kujutis, seda suurema ruumi aga hõlmab selle-eest objektiivi vaateväli*. Sellest teadlik olles on kerge fotoaparaati õigesti kohale seada.

Peale aparaadi kohalepaigutamist teravustatakse kujutis, paigaldatakse objektiiv ning suletakse katik. Seejärel tõmmatakse mattklaasiga raam aparaadist välja ning lükatakse selle asemele lapik valguskindel ümbrik — k a s s e t t, milles asetseb fotoplaat. Peale kasseti paigutamist aparaati tõmmatakse objektiivi poole pööratud kasseti seinake (kaas) aparaadist välja.

* Objektiivi vaateväli suureneb teatava piirini, nimelt pildinurga maksimumini. — *Toimet.*

Nõnda seadistatakse ülesvõtteks plaadiaparaate. Rull-filmiaparaatidel on film aparraadi sisemuses. Seepärast on niisugused aparraadid peale teravustamist juba pildistamisvalmis.

Jäeb üle kindlaks määrata valgustusaeg ning rakendada tegevusse fotoaparaadi katik.

Hea ülesvõtte saamise seisukohast on valgustusaja kestus väga tähtis. Liiga kestva valgustamise (ülevalgustuse) puhul saadakse pildid kontrastitud ja ühetooniliselt hallid, jumetud, mitteküllaldase valgustamise (alavalgustuse) korral aga liiga kontrastsed, ilma sujuvate üleminekuteta heledailt kohtadelt tumedaile.

Valgustusaja kestus oleneb paljudest tingimustest, eelkõige aga pildistatavate esemete valgustusest: mida heledam on ese, seda rohkem valgust ta peegeldab ning seda lühem peab olema valgustusaeg.

Valgustusaeg oleneb ka plaadi või filmi valgustundlikkuse astmest. Mitmesugused plaadid on ka erineval määral valgustundlikud. Mida suurem on valgustundlikkus, seda lühem peab olema valgustusaeg.

Lõpuks oleneb valgustusaeg ka objektiivi läbiva valguse hulgast, s. o. objektiivi valgusjõust või kasutatava diafragma ava läbimõõdust.

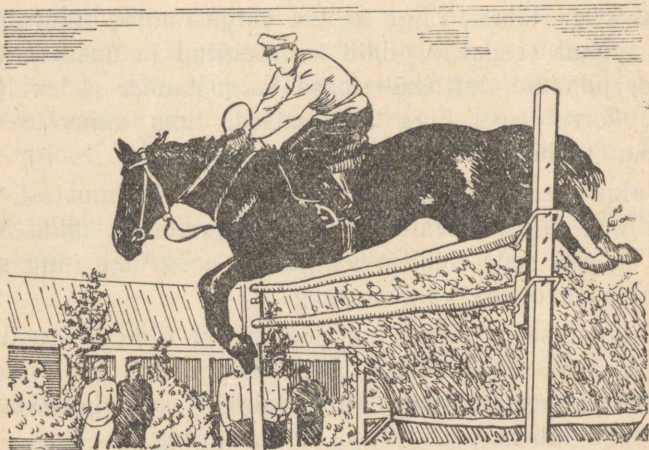
Kõikide pildistamisjuhtude tarvis ei ole võimalik valgustusaega ette öelda, kuid praktikas on võimalik õppida valgustusaega määrama küllalt kiiresti ja täpselt.

Kõige lühemad valgustusajad võetakse vabaõhu-ülesvõtete puhul hea ilmaga, kui päike valgustab pildistatavaid esemeid. Niisugustel juhtudel ei ületa valgustusaeg tavaliselt sekundi sajandikke. Varjus või pilvise ilmaga tõuseb valgustusaeg sekundi kümnendikkudeni, toas aga ulatub juba tervete sekunditeni.

Heade (teravate) ülesvõtete saamiseks on väga tähtis, et fotoaparaat püsiks pildistamise ajal liikumatuna.

Mõnikord (pikema valgustusaja puhul) kinnitatakse fotoaparaat sel eesmärgil jalandile ehk statiivile.

Sageli tuleb fotografeerida liikuvaid esemeid. Neil juhtudel tehakse momentvõtte niisuguse valgustusajaga, mille kestel pildistatava eseme kujutis plaadil ei jõua märgatavalt paigast nihkuda. Olenevalt eseme liikumise



Joon. 21. Niisugust ratsaniku hüpet on võimalik pildistada teravana valgustusajaga $\frac{1}{500}$ sekundit.

kiirusest ulatub see aeg sekundi sajandikkudeni, mõnikord aga ka tuhandikkudeni.

Joonisel 21 on kujutatud ratsaväelane hetkel, mil hobune hüppab üle tõkke. Niisuguses seisundis püsib ta ainult ühe hetke, ja kui fotoaparaadi objektiiv on avatud kõigest $\frac{1}{500}$ sekundiosa vältel, tuleb pilt terav.

6. Nähtamatu kujutis muutub nähtavaks.

Ülesvõtmine kujutab endast ainult fotografeerimise esimest järku. Valgustamise tagajärjel tekib fotoplaadi

valgustundlikus kihis nähtamatu, varjatud fotograafiline kujutis. Seda on tarvis ilmutada, s. t. nähtavaks teha. Tehes väikese ekskursiooni fotograafi laboratooriumisse vaatame, kuidas seda tööd tehakse.

Kui ülesvõtte tegemise ajal fotograaf püüab pildistatavat eset võimalikult paremini valgustada, siis, tulles fotolaboratooriumisse, läheb ta valguse eest peitu.

Fotograafi töölaud laboratooriumis on valgustatud ainult nõrga tumepunase valgusega, mis langeb väikesest punasest laternast. Mõnedele fotoplaatidele ei ole niisugune valgus ohtlik. Laual seisab kolm madalat vannikest ehk küvetti, nagu neid nimetatakse, mis sisaldavad lahuseid.

Fotograaf avab kasseti ja võtab sealt fotoplaadi välja. Plaadil ei ole mingeid nähtavaid kujutise jälgi. Plaati servipidi ettevaatlikult kinni hoides laseb fotograaf selle, valgustundlik kiht ülalpool, ilmutit sisaldavasse vannikesse. Vannikest kergelt kõigutades jälgib fotograaf plaati. Vaevalt minuti või poolteise möödudes hakkab plaadile ilmuma kujutis. See muutub järjest selgemaks ning kolme kuni viie minuti järel tulevad plaadil selgesti nähtavale ülesvõetud esemete piirjooned. Valgustundlikku kihti peitunud nähtamatu kujutis on saanud nähtavaks.

Kuid ilmutamisprotsess ei ole veel lõpul ning ärge lülitage veel põlema valget lampi. Selle valgus rikub plaadi, sest ülesvõtte tegemisel valgustamata jäänud kohad plaadil ei ole veel kaotanud oma valgustundlikkust.

Fotograaf asetab plaadi ettevaatlikult järgmisse vannikesse. Seal on puhas vesi. Loputanud plaadilt ilmuti, asetab fotograaf selle kolmandasse, kinnistit sisaldavasse vannikesse.

Mõne minuti möödumisel võib sisse lülitada valge tule. Nüüd ei ole see plaadile enam kahjulik. Kinnistav lahus on kujutise juba kinnistanud.

Nüüd võib saadud kujutist üksikasjaliselt silmitseda.

Kõige parem on seda teha plaati vastu valgustatud valget paberilehte hoides. Kuid saadud kujutis on ainult pool tööd. See kujutis on negatiiv, samuti kui märja joodhõbe-kolloodiumimenetluse puhulgi (vt. joonis 2). Kuid kogenud fotograaf võib juba negatiivi järgi öelda, kas ülesvõtte on õnnestunud ja kas sellest saab hea pilt.

Et negatiivilt kinnistit lõplikult kõrvaldada, uhetakse negatiivi voolavas vees 15—20 minutit, seejärel aga, asetatult kuivatusjalandile, lastakse tal kuivada.

Negatiiv on valmis. Nüüd jääb üle negatiivkujutiselt teha fotograafiline koopia. Aga enne, kui sellest räägime, tutvugem üksikasjalisemalt sellega, mis toimub ülesvõtte tegemisel ja fotoplaatide ilmutamisel.

7. Nähtamatu kujutise saladus.

Mis on nüüdisaegne fotoplaat ja film? Nad kujutavad endast kas klaasplaati või õhukest läbipaistvat tselluloidlinti, mille üks külg on kaetud õhukese valgustundliku aine kihiga, nõndanimetatud valgustundliku emulsiooniga. Tavaliselt on emulsioonil kahvatu kollakasroosa värvus. Kui fotoplaat või film asetada heleda päikesevalguse kätte, siis mõne aja möödudes ta tumeneb järk-järgult, muutudes halliks. Varjulises kohas tumeneb fotoplaat märksa aeglasemalt. Kui aga fotoplaati pimedas tikutulega valgustada, siis ei märka te mingit silmanähtavat tumenemist.

Aga kui niisugune tikutulega valgustatud fotoplaat asetada ilmutise, siis tumeneb ta ruttu ja väga tugevasti.

Nüüdisajal kasutatav valgustundlik emulsioon koosneb põhiliselt kahest aineist, nimelt želatiinist ja broomhõbedast. Broomhõbe, mis on suure valgustundlikkusega, valmistatakse hõbenitraadist ja broomkaaliumist. Hõbenitraat lahustatakse vees, broomkaalium aga želatiinilahuses. Mõlemad saadud läbipaistvad vedelikud kallatakse kokku.

Segu annab valkja, otsekui helvetest koosneva sadestise. See sadestis ongi broomhõbe, mis koosneb väga väikestest mitmesuguse kujuga kristallidest. Peale broomhõbeda segatakse emulsioonisse ka veidi joodhõbedat. Enne klaasplaadile või tselluloidlindile kandmist soojendatakse emulsiooni, kuni ta muutub vedelaks, ning selles olekus kantakse ta spetsiaalsete masinate abil ühtlase õhukese kihina klaasplaatidele, tselluloidlindile või paberile. Seejärel lastakse emulsioonikihil jahtuda, muutuda sülditaoliseks ning kuivada.

Fotoplaatide ja filmi kuiv emulsioonikiht on väga õhuke. Keskmiselt ei ületa selle paksus 0,015 millimeetrit. Selles väga õhukeses kihis asetsevad broomhõbeda kristallid 30—40-nes reas. Emulsioonikihi igal ruutsentimeetril ulatub kristallide arv kuni 500 miljonini. Selle järgi võib otsustada, kui väikesed on kristallid. Neid on võimalik näha ainult tugevasti suurendava mikroskoobi abil.

Mis toimub siis valgustundliku emulsiooniga ülesvõtte ja ilmutamise ajal?

Vaadeldes fotoülesvõtteid me peaaegu kunagi ei esita enesele küsimust: millest koosneb fotokujutis? Ta ei ole joonistatud pliiatsiga ega maalitud värvidega; teda ei ole võimalik kummiga maha hõõruda ega ka vee, bensiini või piiritusega ära pesta. Ta on väga vastupidav ja võib säilida aastakümneid.

Tuleb välja, et fotograafiline «joonis» koosneb metallist — hõbedast. Te võite küsida, et miks ei ole siis fotopildil meile tuttavat hõbeda värvust ja läiget. Tal ei ole seda sellepärast, et fotopildi kujutist moodustav hõbe sisaldub emulsioonikihis väga väikeste osakestena. Aga niisuguses peeneks pihustatud olekus kaotab hõbe oma iseloomuliku värvuse ja läike ning muutub süsimustaks.

Kuidas siis tekivad need väga väikesed hõbedaterakesed?

Nende tekkimine emulsioonikihis on seoses valguse

toimega sellesse kihti. Mikroskoobilised uurimised näitavad, et pärast broomhõbeda kristallide nõrka mõjustamist valgusega ei toimu neis kristallides mingeid nähtavaid muutusi. Kristallide kuju ja välimus jäävad endisteks.

Kogemus aga tõendab, et valgustatud kristallides toimuvad mingisugused muutused. Selle tõenduseks on niisuguste kristallide omadus «ilmuda», s. t. ilmuti toimel kiiresti tumeneda, kuna valgustamata kristallidel see omadus puudub.

Mis toimub broomhõbeda kristallides, kui neile langeb valgus?

Peaaegu 100 aasta vältel on see küsimus jäänud mõistatuseks. Alles kõige viimasel ajal suudeti lahendada nähtamatu fotograafilise kujutise saladus.

Nagu teada, on valgus — kiirgumisenergia — elektromagnetiline lainetus, mis levib tühjas ruumis kiirusega 300 000 kilomeetrit sekundis. Valguse kiirgumine valguseallikast ei toimu pidevalt, vaid üksikute väikeste energiahulkadena, mida nimetatakse kvantideks. Kvandi energia oleneb valguse lainepikkusest*. Mida pikem on valguse laine, seda väiksem on kvandi energia. Näiteks suure lainepikkusega punase valguse kvantides on vähem energiat kui väiksema lainepikkusega siniste või violetsete kiirte kvantides. Igasuguse valguskvandi energia hulk on üldse äärmiselt väike, kuid siiski täiesti küllaldane selleks, et broomhõbeda kristallides esile kutsuda keemilisi muutusi.

Just nende muutustega ongi seletatav nähtamatu fotograafilise kujutise tekkimine.

Milles need muutused seisnevad ja kuidas nad toimuvad?

* Üksikasjalisemalt on valguse loomust käsitletud äsja eesti keeles ilmunud V. A. Mezentsevi brošüüris «Elektriline silm», Tallinn—Tartu, 1950.

On teada, et kõik ained looduses koosnevad väga väikestest osakestest — aatomitest; iga aatom omakorda koosneb tuumast ja selle ümber liikuvaist üliväikestest elektrilistest osakestest — elektronidest.

Aatomi tuum kannab positiivset elektrilaengut, elektronid aga negatiivset. Seejuures on tuuma positiivne laeng ja elektronide negatiivsete laengute summa arvuliselt võrdsed ning sellepärast on aatom tervikuna elektriliselt neutraalne, s. t. tema elektrilised omadused ei avaldu.

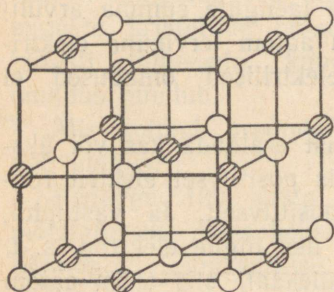
Kui aga mingil viisil aatomist eraldada kas või üksainus elektron, siis oleks aatomis positiivset elektrit rohkem ning aatom oleks laetud positiivselt. Ja vastupidi, kui lisandada mõnele aatomile üks liigne elektron, s. t. luua aatomis negatiivse elektri ülekaal, siis oleks aatom tervikuna laetud negatiivselt. Niisuguseid elektriliselt laetud aatomeid nimetatakse ioonideks.

Aatomite muundumine ioonideks toimub väga sageli mõningate ainete vastastikusel keemilisel reageerimisel ehk, nagu ütlevad keemikud, keemiliste reaktsioonide ajal. Sama toimub ka hõbenitraadi ja broomkaaliumi vastastikusel reageerimisel valgustundliku fotoemulsiooni valmistamise ajal.

Hõbenitraadi ja broomkaaliumi vastastikusel keemilisel reageerimisel moodustuvad broomi ja hõbeda aatomeist broomhõbeda molekulid. Sel reaktsioonil saab iga broomi aatom hõbeda aatomilt ühe elektroni, võttes selle oma koostisse, ning seetõttu muunduvad hõbeda aatomid positiivselt laetud hõbeda ioonideks, broomi aatomid aga muunduvad negatiivselt laetud broomi ioonideks.

On teada, et isenimelise elektriga laetud kehad tõmbuvad teineteise ligi, aga samanimelise elektriga laetud kehad tõukuvad teineteisest eemale. Sel põhjusel paigutuvad positiivselt laetud hõbeda ioonid ja negatiivselt laetud broomi ioonid peale nende ühinemist broom-

hõbeda molekulideks niisugusesse asendisse, et ioonide külgetõmbavad ja eemaletõukavad jõud vastastikku tasakaalustuvad. Moodustub küllaltki kindel nõndanimetatud broomhõbeda kristallvõre, milles iga hõbeda ioon on ümbritsetud kuuest broomi ionist ning iga broomi ioon kuuest hõbeda ionist (joonis 22).



Joon. 22. Broomhõbeda kristallvõre skemaatiline kujutis.

Valguskvantide toime broomhõbeda kristallidesse seisneb selles, et nad eemaldavad broomi ionidest ühe elektroni, mille broomi ioonid olid võtnud hõbeda aatomilt. Otsekohe tõmbub see elektron mingi hõbedaiooni külge ning viimane muutub elektriliselt neutraalseks hõbeda aatomiks. Mida tugevam on valguse toime, seda rohkem elektrone pöördub broomi

ioonidelt hõbeda ionidele tagasi. Külgetõmbetungid aatomite vahel kaovad, broomhõbeda kristallvõre tugevus nõrgeneb ning teda võib kergesti purustada. Selle võre purustamisel broom lendub gaasi näol ja hõbeda aatomid moodustavad puhta metallilise hõbeda imetillukesed terad.

Niisugune broomhõbeda kristallvõre purunemine toimub ainult siis, kui valguse toime valgustundlikusse emulsioonisse on kestev. Sellepärast tarvitataksegi fotograafias ilmutit, mis viib lõpule valguse poolt alustatud broomhõbeda kristallvõre purustamise.

8. Ilmuti viib valguse poolt alustatud töö lõpule.

Huvitav on ilmutamisprotsessi vaadata mikroskoobi all. Pärast nõrgalt valgustatud fotoplaadi paigutamist ilmutisse broomhõbeda kristallid nagu elustuksid, haka-

tes liikuma; siis, otsekui püüdes lõhkeda, hakkavad nad välja purskama musta metallilist hõbedat. Järk-järgult kattub kristall hõbedaga ning, muutudes viimaks hõbedaterakeseks, justkui tardub liikumatusse (joonis 23).

Oma mõõtmeilt kasvades rühmituvad paljud terad ja moodustavad suuremaid kägaraid, aga need kägaradki on väga väikesed.



Joon. 23. Broomhõbeda kristallid muunduvad metallilise hõbedaterakesteks.

Kuid mõningad broomhõbeda kristallid käituvad hoopis erinevalt. Nad püsivad täiesti liikumatuina, oma kuju põrmugi muutmata. Osutub, et kõik valgustatud emulsioonikihi kristallid ei omanda valguse toimel ilmumisvõimet. Ilmumisvõimeliste kristallide hulk oleneb valguse heledusest ja ajast, mille kestel ta toimib emulsioonis. Mida tugevam on valguse toime, seda suurem hulk kristalle muundub hõbedaterakesteks ning seda rohkem tumeneb peale ilmutamist fotoplaadi valgustatud osa.

Tänu emulsiooni sellele tähelepanuväärsele omadusele saadakse ülesvõttel peale mustade ja valgete kohtade ka kõik vahetoonid ehk, nagu öeldakse, pooltoonid.

Milles seisneb siis ilmuti toime olemus?

Alles hiljuti selgitas nõukogude õpetlane, NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige A. I. Rabinovitš ilmuti toime skeemi.

Lihtsustatud kujul seisneb see järgnevas.

Kokku puutel broomhõbeda kristallidega muundab

ilmutav aine metalliliseks hõbedaks kõik kristallid, vaatamata sellele, kas neid on valgustatud või mitte. Kuid eri kristallidel toimub see protsess erineva kiirusega. Kõigepealt muunduvad metallilise hõbeda teradeks broomhõbeda kristallid, milledele sattus valgus ja millede kristallvõre on valguse toimel juba nõrgenenud. Valgustamata kristallide muundumine metalliliseks hõbedaks võtab aga palju rohkem aega. Samal ajal kui valgustatud kristallide muundumine metalliliseks hõbedaks nõuab minuteid, mõnikord ainult sekundeid, kestab see valgustamata kristallides mitmeid tunde.

Seega jõuavad kõik broomhõbeda valgustatud kristallid ilmuda märksa varem, kui algab valgustamata kristallide ilmumine.

Mis toimub siis broomhõbeda ilmumata jäänud kristallidega? Need kristallid säilitavad oma valgustundlikkuse ning kui nad jäävad emulsioonikihis alles, siis varem või hiljem nad tumenevad valguse toimel ja rikuvad ülesvõtte. Et teha fotograafilist kujutist valguskindlaks, s. o. valgust mittekartvaks, on vaja niisugused kristallid eemaldada. Selle töö teebki kinnisti.

Ei ole ka raske mõista, miks kujutis tekib negatiivina.

Fotografeerimise hetkel koosneb plaadi või filmi pinnale langev valguskujutis rohkem ja vähem valgustatud osadest. Mida tugevamini on ese valgustatud või mida heledam on ta värvus, seda rohkem valgust langeb plaadiosale, kus tekib selle eseme kujutis, ja vastupidi.

Vastavalt öeldule ilmub fotoplaadi või filmi ilmutamise ajal valgustundliku emulsiooni eri osades erinev hulk broomhõbeda kristalle. Niisiis, mida heledam on fotografeeritav ese, seda tumedama saame ta kujutise negatiivil, ja vastupidi, mida tumedam on ese, seda heledama saame ta kujutise.

9. Millest koosnevad ilmuti ja kinnisti.

Praegusaegses fotograafias kasutatakse väga palju kõige mitmesugusemaid keemilisi aineid ja lahuseid. Ühtede abil on võimalik kõvendada negatiivi kujutist, kui see on millegipärast liiga kahvatu, ning vastupidi, teda nõrgendada, kui ta on liiga tume. On lahuseid, mille abil võib musta hõbekujutist muuta teisevärviliseks. Kuid tähtsaid lahuseid on kaks, need on ilmuti ja kinnisti, sest just nende abil ilmub ja kinnistub varjatud fotograafiline kujutis. Mida siis kujutavad endast need lahused? Mis-sugust osa etendavad neis sisalduvad keemilised ained?

On olemas väga palju ilmuteid. Oma koostiselt erinevail ilmutamislahuseil on ka erinevad fotograafilised omadused. Ühed neist toimivad aeglaselt, teised kiiresti; ühed annavad väga maheda kujutise sujuvate ülemine-
kutega tumedailt kohtadelt heledaile, mis on tähtis näi-
teks kunstilises fotograafias, maastike, portreede jms.
pildistamisel; teised annavad jälle, vastupidi, väga kont-
rastse kujutise, teravate üleminekutega heledailt kohta-
delt tumedaile, mis on tarvilik tehnilises fotograafias,
näiteks jooniste pildistamisel. Kõik need ilmutamislahuste
omadused olenevad ilmuti keemilisest koostisest ning
ilmutis sisalduvate ainete hulgast.

Enamik ilmuteid sisaldab harilikult järgmisi aineid: ilmutavat ainet (kõige sagedamini tarvitatakse metooli ja hüdrokiinoni); ilmumisprotsessi kiirendavat ainet [nii-suguseks aineks on mingi leelis, näiteks potas (kaaliumkarbonaat) või sooda (naatriumkarbonaat)]; ilmutit säili-tavat ainet, mis hoiab teda kiiresti hapendumast (nii-suguse ainenäiteks kasutatakse kõige sagedamini naatrium-sulfitit) ning ainet, mis takistab valgustamata broom-hõbedakristallide ilmumist, vältides seega ebameeldiva, kogu pildi pinda katva halli kirme tekkimist. Sellise

ainena kasutatakse broomkaaliumi. Kõik need ained lahustatakse vees.

Vee toimel paisub emulsiooni želatiin. Ilmutis sisalduv leelis muudab selle paisunud kihi kohedaks, moodustades seal suure hulga väga väikesi, kanalitega omavahel ühendatud rakukesi. Tugevasti suurendatult sarnaneb niisugune želatiin käsnaaga. Ilmutav aine tungib mööda neid kanaleid broomhõbeda kristallide juurde, katab neid ja ilmutab nad, s. o. muudab nad metallilise hõbeda teradeks.

Kinnisti kujutab endast tavaliselt naatriumhüposulfiti vesilahust. Tema toime seisneb selles, et ta keemiliselt ühinedes ilmumata broomhõbedakristallidega muudab nad vees lahustuvaiks. Pärast nende kristallide lahustumist muutub fotograafiline kujutis valguskindlaks, s. o. valgust mittekartvaks.

Fototarvete vabrikud ja keemiatehased toodavad fotoamatööride tarvis ilmuteid ja kinnisteid kuivade keemiliste ainete valmissegude kujul pakkides või klaastuubides. Lahuste valmistamiseks on ainult vaja need ained vees lahustada. Vee hulk on etikettidel näidatud.

Lahuseid võib valmistada ka ise. Hästitoimiva ilmuti retsept on järgmine:

Vett	1 liiter
Metooli	2 grammi
Kristallilist naatriumsulfitit	45 „
Hüdrokinooni	6 „
Kristallilist naatriumkarbonaati	90 „
Broomkaaliumi	2 „

Ained tuleb lahustada soojas vees selles järjekorras, nagu nad esinevad retseptis. Lahuseid kasutatagu peale nende jahutamist kuni toatemperatuurini.

Eespool on öeldud, et ilmutamise ajal ühinevad väga väikesed hõbedaterad suuremateks teradeks. Niisuguseid teri võib tugeva luubi all näha. Kui negatiividest tehakse

suurendatud koopiaid, muutuvad need terad koopiail ka palja silmaga nähtavaks. Teralisus muudab koopiaid väga ebameeldivaks. Et teralisust vältida või vähemalt vähendada, kasutatakse nõndanimetatud peentera-ilmuteid, millel on võime takistada hõbedaterakeste ühinemist kägarateks.

Niisuguseid ilmuteid kasutatakse peamiselt väikeste negatiivide ilmutamiseks, sest harilikult sääraseid negatiive suurendatakse tugevasti. Esitagem ka ühe peentera-ilmuti retsepti:

Vett	1 liiter
Metooli	8 grammi
Kristallilist naatriumsulfitit	250 „
Veevaba naatriumkarbonaati	5 „
Broomkaaliumi	2,5 „

Nagu kõik peentera-ilmutid, toimib ka see ilmuti aeglaselt. Ilmutamine temas vältab umbes 12—15 minutit, kuna esimese siinesitatud ilmutiga võib fotoplaadi või filmi ilmutada 4—5 minuti vältel.

Ka kinnisti jaoks on olemas mitmesuguseid retsepte. Kõige lihtsam nendest on järgmine:

Vett	1 liiter
Kristallilist naatriumhüposulfitit	250 grammi

Kinnistamine vältab harilikult 8—10 minutit.

10. Mispärast punane valgus ei mõju fotoplaadile.

Lõpuks vastame veel ühele küsimusele: miks punane valgus ei mõju fotoplaadile?

Täpselt võttes kutsub ka punane valgus kestva toime korral plaadi emulsioonis esile keemilisi muutusi, kuid fotoplaadi ilmutamiseks tarvismineva aja vältel ei jõua punane valgus avaldada temasse tugevat toimet, olles seepärast tegelikult ohutu.

Harilik broomhõbeda emulsioon on kõige tundlikum siniste ja violettkiirte suhtes, vähetundlik aga kollaste ja peaaegu mittetundlik punaste kiirte suhtes. Sellepärast ei anna niisugune emulsioon päris õigesti edasi eri värvuste heledust. Kollased ja punased esemed näivad meile looduses kõige heledamatena, ülesvõttel aga tulevad nad välja tumedatena; sinised esemed, paistes meile suhteliselt tumedamad, tulevad pildil välja liiga heledatena. Selle puuduse kõrvaldamiseks kasutatakse keerukama koostisega emulsioone. Need sisaldavad spetsiaalseid aineid, mis tõstavad emulsiooni tundlikkust kollaste, oranžide ja punaste valguskiirte suhtes. Neid aineid nimetatakse sensibilisatoriteks*, emulsioone aga, mis neid sisaldavad, sensibiliseeritud emulsioonideks.

Enamikku praegu väljalastavaid fotoplaate ja filme katab sensibiliseeritud emulsioon, mis on tundlik kõikide valguskiirte suhtes. Niisugused fotoplaadid ja filmid tuleb ilmutada täiesti pimedas. Et niisugusel juhul ei ole ilmumise käiku võimalik jälgida, siis toimub ilmutamine aja järgi, mis oleneb ilmuti koostisest ja temperatuurist.

Fotoplaatide ja filmide tarvis määratud retseptides ja kuivilmutite etikettidel leidub peaaegu alati õpetus, kui kaua peab ilmutamine ühe või teise temperatuuri puhul kestma.

Nüüdisajal valmistatakse ka emulsioone, mis on tundlikud mitte ainult nähtava valguse, vaid ka nähtamatu infrapunase kiirguse suhtes.

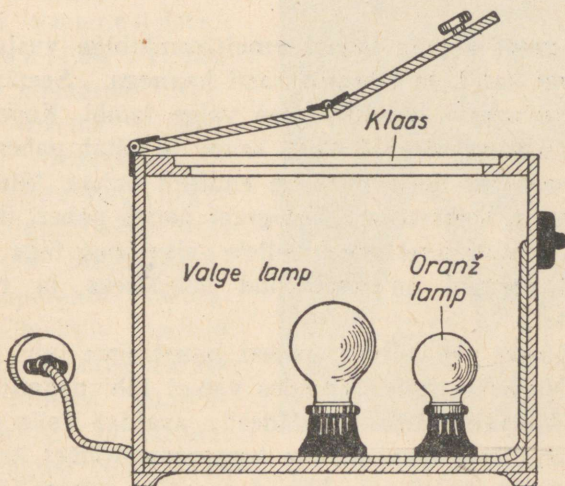
Edasi jutustame, millisel juhul niisuguseid emulsioone kasutatakse ja mida nende abil on võimalik saavutada.

* Sensibilisatsioon — tundlikuks muutmine.

11. Kuidas valmistatakse fotopilte.

Fotoülesvõtte valmistamise viimaseks protsessiks on fotograafilise koopia saamine.

Pöördugem uuesti fotograafi laboratooriumisse tagasi. Seekord on laboratoorium tunduvalt heledamini valgustatud, ja mitte enam punase, vaid kollakas-oranži valgusega.



Joon. 24. Kopeerimiskasti ehitus.

Fotoülesvõttest tehakse koopia fotopaberile, mille valgustundlikkus on märksa väiksem kui fotoplaadil või filmil, ning sellepärast on laboratooriumis ka heledam valgus.

Fotograaf võtab negatiivi ja läheb sellega aparadi juurde, mille ehitus on näha joonisel 24. See on kast, mille põhjale on kinnitatud kaks lampi. Üks nendest, oranživärviline, on sisse lülitatud ning valgustab kasti sisemust, teine, valge mattlamp, asetseb kasti põhja keskpunktis ja on seni sisse lülitamata. Kasti lagi on raami-

kujuline. Raamis on hea peegliklaas. Klaasi peale paigutatud kaas on hingedel ülestõstetav ja ta alumisele pinnale on kleebitud pehme riie. See on kopeerimiskast. Tema abil toimub fotopiltide kopeerimine.

Fotograaf asetab negatiivi kopeerimiskasti klaasile emulsioonikihi ülespidi ja, avades fotopaberi paki, võtab sealt ühe lehe välja. See on harilik tihe paber, mis nagu fotoplaatki on ühelt poolt kaetud õhukese emulsioonikihi.

Fotograaf asetab paberi emulsioonikihi vastu negatiivi ning katab ta tihedalt kasti kaanega. Seejärel lülitab ta mõneks sekundiks sisse valge lambi. Kopeerimine on läbi. Fotograaf avab kasti kaane ja võtab paberi välja.

Fotopaberit, mille pind on endiselt puhas, tuleb nüüd ilmutada ja kinnistada. Fotograaf paneb paberi ilmutisse ja 2—3 minuti järel ilmub sellele selge ning õige kujutis, heledad esemed on muutunud heledateks ja tumedad tumedateks.

Mispärast see toimub, sellest jutustasime juba 9. leheküljel. Nimelt valgus, tungides vabalt läbi negatiivi heledatest, läbipaistvatest kohtadest, avaldab siin paberi valgustundlikule emulsioonile tugevamat toimet kui paberi nendes kohtades, mis asetsevad negatiivi vähem läbipaistvate osade kohal. Ilmutis tumenevad fotopaberi valgustatud kohad, valgustamata kohad aga jäävad heledaks.

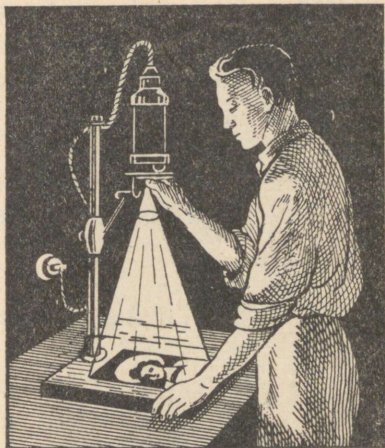
Meil on käes õige fotograafiline kujutis — positiiv. Sellepärast nimetataksegi kopeerimisprotsessi positiivprotsessiks.

Ilmutatud koopiat tuleb vees loputada, kinnistada, pesta ja kuivatada, s. o. korrata neidsamu operatsioone, mis tehakse läbi fotoplaadiga. Kuivatatud koopia on valmis fotopilt.

Kui negatiiv on liiga väike, siis võib teda erilise vaevata suurendada ehk, täpsemini öeldult, võib saada temast suurendatud koopia.

Ülesvõtete suurendamine rajaneb väga lihtsale põhimõttele. Kui negatiivi valgustada tagant lambiga, negatiivi ette aga asetada objektiiv ning teatavale kaugusele objektiivist ekraan, siis langeb ekraanile negatiivi suurendatud kujutis. Kui nüüd kinnitada ekraanile leht fotopaberit ning pärast mõningat valgustamist see ilmutada, siis saame suurendatud koopia.

Sellel printsiibil põhjenebki suurendusaparaaide ehitus. Ühte niisugust aparraati näeme joonisel 25. Suurendusaparraati paigutatud negatiivi valgustatakse lambiga, mis asetseb suurendusaparraadi sisemuses. Objektiiv heidab negatiivi kujutise ekraanile. Muutes suurendusaparraadi ja ekraani vahekaugust võib saada millise tahes suurenduse, mida võimaldavad meil teha ekraan ja suurendusaparraadi mõõtmed.



Joon. 25. Kuidas töötab suurendusaparraat.

Enamik nüüdisaegseid fotoaparraate on oma mõõtmeilt väheldased. Nende aparraatidega tehtud ülesvõtted on väikesed ning neid suurendatakse peaaegu alati. Sellepärast võib praegu peaaegu igal fotoamatööril leida suurendusaparraadi.

II. KUIDAS FOTOGRAAFIA TEENINDAB INIMEST.

Erinevalt kunstnike joonistest kujutavad fotoülesvõtted tegelikkust ületamatu üksikasjalisuse ja dokumentaalse

täpsusega. Fotograafia võimaldab meile kujutiste saamist säärase kiiruse ja kergusega, nagu seda pole võimalik saavutada mingil teisel viisil. Lõpuks võimaldab fotograafia jäädvustada mitte ainult nähtavaid nähtusi, vaid ka niisuguseid, mis silmale on kas täiesti nähtamatud või ei saa olla märgatavad tingitult liiga kiirest või liiga aeglasest liikumisest.

Kõik need omadused teevad fotograafia mitmesuguste nähtuste täpseima registreerimise asendamatuks vahendiks. Tänu neile omadustele on fotograafia leidnud laialdast kasutamist teaduse ja tehnika väga mitmesugustel aladel.

Järgnevalt räägime mõningaist kõige huvitavamaist fotograafia rakendamise aladest.

1. Fotograafia astronoomias.

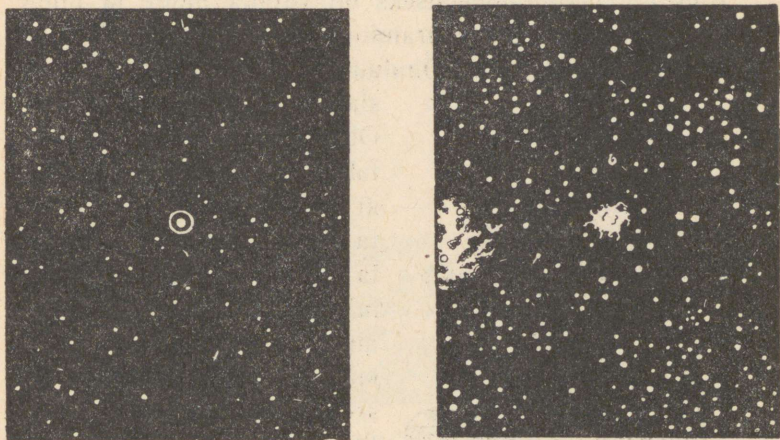
Meie silmade nägemisulatus on piiratud. Samuti nagu meie ei näe asju siis, kui nad on väga väikesed, ei näe me neid ka sel juhul, kui nad on liiga nõrgalt valgustatud. Üस्कõik kui kaua me neid ka silmitseksime, sääraseid asju me ikkagi ei näe.

Ses suhtes on fotoplaadil silmaga võrreldes tohutu suur eelis. Kestva valgustuse puhul võib ta «näha» nõrgalt valgustatud esemeid. Fotoplaat otsekui kogub endasse valgusenergiat, mis võimaldab fotografeerida silmale vaevaltmärgatavaid ja isegi nähtamatuid esemeid.

Tänu sellele omadusele on fotograafia leidnud laialdast rakendamist astronoomias, nimelt väga väikeste või väga kaugete tähtede pildistamiseks, mis annavad niivõrd nõrka valgust, et nad jäävad märkamatuks isegi kõige tugevamais teleskoopides.

Fotograafia kasutuselevõtmine astronoomias rikastas täheatlast korraga tuhandete uute tähtedega.

Joonisel 26 on esitatud ühe ja sama taevalõigu kaks ülesvõtet. Vasakpoolne on pildistatud valgustusajaga 4 tundi ning vastab ligikaudu pildile, mida võib näha keskmises teleskoobis. Parempoolne ülesvõtte on tehtud valgustusajaga 13 tundi. Tähtede arv on siin mitmekordselt suurem. Nende hulgas on ka niisuguseid tähti, mis pole nähtavad mitte mingisuguse teleskoobiga.



Joon. 26. Need kaks ülesvõtet on tehtud ühest ja samast taevalõigust: vasakpoolne on pildistatud valgustusajaga 4 tundi, parempoolne aga valgustusajaga 13 tundi.

Maailmaruumi pildistamine ei katke päevakski.

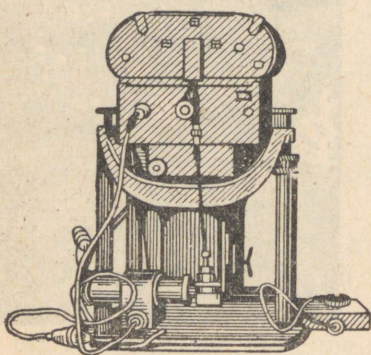
Et taeva tunde vältava pildistamise ajal tähtede kujutised fotoplaadil nihkuvad paigalt, siis ei tule üksik täht ülesvõttel välja ringikujulisena, vaid heleda kaarja joonena, mis kujutab endast otsekui tähe liikumise jälge. Selle nähtuse kõrvaldamiseks pannakse fotoaparaadiga ühendatud teleskoop spetsiaalse kellamehhanismi abil liikuma nii, et ta just nagu jälgib pildistatavaid tähti.

Igapähe ei ole võimalust vaadelda tähistaevast tuge-

vas teleskoobis. See on võimalik ainult vähestel astronoomilise observatooriumi töötajatel. Fotograafia võimaldab aga miljonitele inimestele näha taevakehade kujutisi fotopildil nõnda, nagu näeb neid astronoom oma teleskoobis.

2. Fotoaparaat sõjalises luures.

Edukaks lahingutegevuseks on vajalik pidev ja täpne vaenlase positsioonide luuramine. Sel eesmärgil kasutatakse sageli õhuluuret. Õhuluure tarvis on loodud spetsiaalsed luurelennuki tüübid.



Olgu luurajast lenduril kui tahes suurepärane mälu, kõiki selle koha üksikasju, kus ta luuret teostas, ei suuda ta meeles pidada; seepärast märgib ta oma ettekandes ainult peamise ja põhimise, kuid igakord ei õnnestu ka seda teha küllaldase täielikkusega.

Joon. 27. Aerofotoaparaat AΦA-33.

Abiks tuleb fotoaparaat. Praegu on luurelennukid varustatud spetsiaalsete aerofotoaparaatidega (lühendatult AΦA), millede tarvis lennukitel on erilised aknad — fotoluugid.

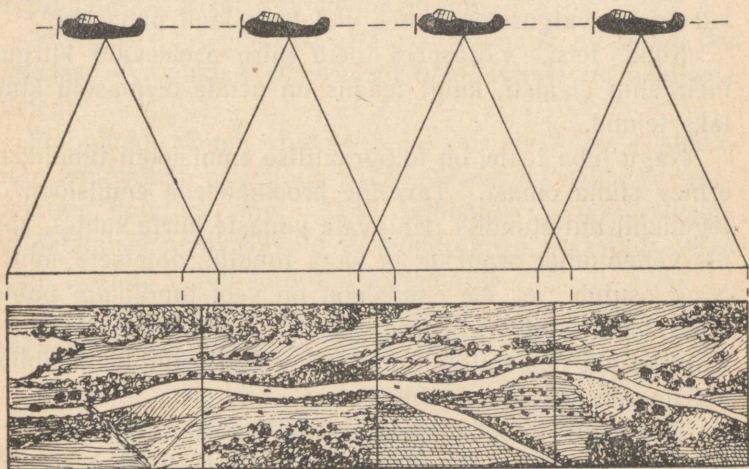
Joonisel 27 on näha aerofotoaparaat AΦA-33.

Harilikult arvestatakse üksikute õhust tehtavate ülesvõtete vahed nõnda, et kõrvuti asetsevad ülesvõtted teineteist natuke kataksid (joonis 28). Kokkuseadmisel annavad niisugused ülesvõtted maa-ala katkematu pildi ning on seega otsekui fotograafilised ettekanded.

Valmis aerofotode sisu selgitatakse spetsialistide poolt ja nad muudetakse täpseteks ning üksikasjalisteks luure-

kaartideks, millede järgi on kerge kindlaks määrata kõigi sõjaliste objektide asukohta.

Aerofotot võib teha ka öösel. Selleks kasutatakse eriliisi valgustuspomme, mis heidetakse lennukilt pisut aega enne fotografeerimist. Need pommid lõhkevad igasugusel varem kindlaks määratud kõrgusel. Pommi lõhkemisel



Joon. 28. Aerofoto tehakse nõnda, et kõrvuti asetsevad fotod teineteist mõnevõrra kataksid.

tekib hele välgatus, mis valgustab laialdast ala. Sellest välgatusest piisab ülesvõtteks.

Samuti võimaldab aerofoto saada väga lühikese ajaga maakoha täpseid plaane ja kaarte. Selleks otstarbeks kasutatakse samatüübilisi aerofotoaparaate nagu sõjaliseks aerofotoluurekski, ainult lihtsama ehitusega.

25-ruutkilomeetrilist maa-ala on võimalik õhust pildistada üheleainsale ülesvõttele. Säärase ülesvõtte järgi võib kahe päeva jooksul koostada kogu maa-ala täpse kaardi.

3. Mittenähtava pildistamine.

Meie silm on tundlik ainult teatava osa elektromagnetiliste lainetuste suhtes, nimelt selliste, millede lainepikkus püsib umbes 380 kuni 760 millimikroni * piirides. Need on nähtava valguse lained. Neis piirides aistivad meie silmad erineva pikkusega elektromagnetilisi laineid mitmesuguse värvusega valgusena, alates violetsest kuni punaseni.

Kõiki teisi, väljaspool neid piire asetsevaid kiirgusi meie silm ei aisti, kuigi teadus on nende olemasolu kindlaks teinud.

Nagu juba teate, on fotograafilise emulsiooni tundlikkus erinev silma omast. Tavaline broomhõbeda emulsioon on tegelikult mittetundlik nähtavate punaste kiirte suhtes, kurnis vähetundlik oranžide ja väga tundlik violetsete suhtes. Ning osutub, et see emulsioon on veel tundlikum nähtamatu ultravioletse kiirguse suhtes, mille lainepikkus on väiksem kui 380 millimikronit, ja veelgi tundlikum lühilaineliste röntgenikiirte suhtes.

Tegelikult fotoplaatide suurt tundlikkust ultraviolettkiirte suhtes peaaegu ei kasutata, sest need kiired neelduvad objektiivi klaasis. Fotoplaatide tundlikkus röntgenikiirte suhtes, mis tungivad läbi elusorganismide lihaskudede, on aga võimaldanud väga laialdaselt kasutada fotograafiat igasuguste meie organismis toimuvate nähtuste uurimiseks ning siseelundite paljude haigestumiste avastamiseks.

Röntgenülesvõtete abil võib kehas kergesti üles leida kuule ja mürsukilde.

Nagu eespool öeldud, on viimastel aastatel õnnestunud valmistada niisugust fotoemulsiooni, mis on tundlik mitte ainult punaste, vaid ka nähtamatute infrapunaste kiirte suhtes, millede lainepikkus ületab 780 millimikronit. Et need kiired tungivad läbi õhu palju paremini kui nähtavad kiired, siis võib nende tõttu teha ülesvõtet väga pikkadelt

* Millimikron võrdub ühe miljondiku millimeetriga.

vahemaadelt läbi õhuvina, mis kaugeid esemeid sageli niivõrd varjab, et nad silmale täiesti nähtamatuks muutuvad.

Pildistamine infrapunaste kiirte suhtes tundlikele fotoplaatidele on väga tähtis sõjalise luure vajadusteks aerofotode tegemise seisukohalt; sel viisil on võimalik pildistada suurest kõrgusest ning ebasoodsais atmosfäärilistes tingimustes, s. o. läbi suitsuvina ja udu.

Niisuguste fotoplaatide abil on võimalik pildistada ka pimedas, «valgustades» esemeid nähtamatute infrapunaste kiirtega.

Fotoplaadi võime «näha» seda, mis on silmale nähtamatu, võimaldab pildistada kõige nõrgemaid, silmaga seletamatuid kujutiste jälgi. Võib pildistada näiteks esemete puudutamisel neile jäävaid sõrmejälgi; võib taastada väga vanu, aegade vältel luitunud kirjamärke.

Tänu sellele on fotograafia leidnud laialdast kasutamist kohtuasjanduses, arheoloogias ja ajalooteaduses.

4. Mikrofotoraamat.

Meie kodumaa paljudes raamatukogudes on üksikuid haruldaste raamatute eksemplare. Neid raamatuid ei ole võimalik igale lugejale välja anda. Fotograafia aga võimaldab kõigile asjast huvitatuile saada niisuguste raamatute fotokoopiaid. Et need koopiad oleksid odavad ja kättesaadavad, tehakse nad üksikute lehekülgede viisi postmargisuuruste ülesvõtete näol kinolindile. Trükikiri on sellistel ülesvõtetel niivõrd väike, et seda ei ole võimalik lugeda isegi luubi abil; sellepärast anti raamatute niisugustele koopiatele **m i k r o r a a m a t u** nimetus.

Nende lugemiseks on konstrueeritud erilised aparaadid, milles mikroraamatu väikesed leheküljed projekteeritakse loomulikus suuruses poolläbipaistvale mattklaasist ekraanile.

Sajaleheküljeline raamat mahub kergesti 2,5 meetri



pikkusele kinolindile. Rulli keritult ei võta säärane lint rohkem ruumi kui niidirull. Kümnest tuhandest mikroraamatust koosnev raamatukogu mahub kergesti väiksesse raamatukappi, kuna niisuguse hulga raamatute hoidmiseks oleks tarvis suurt saali.

5. Aeglaste liikumiste pildistamine.

Meie silm tajub ühtviisi halvasti nii liiga kiireid kui ka liiga aeglasi liikumisi. Kellale vaadates näeme sekundi- osuti liikumist hästi, suuri vaevu võime näha minutiosuti liikumist ning tunniosuti liikumist ei näe me üldse. Kui pildistada kella iga 5—10 minuti järel, siis võib ülesvõtetel näha, kuidas tunniosuti edasi nihkub.

Niisugust menetlust kasutatakse selleks, et säilitada ülesvõtteil väga huvitavaid nähtusi.

Näiteks kui seada fotoaparaat taime juurde ja 1—2 kuu kestel iga päev taime pildistada, seejärel aga, pannes saadud ülesvõtted ritta, kanda pilk ühelt pildilt teisele, võib peaaegu näha taime kasvamist.

Niisuguse järjestikuse pildistamise abil on võimalik vaadelda ja uurida kõige aeglasemaid looduses toimuvaid liikumisi, nagu taimede kasvamist, kivimite porsumist, kristallide moodustumist ja palju muud. Sama menetlust kasutatakse mitmesuguste ehitiste ehitamiskäigu registreerimiseks.

Fotograafia abil kõik need aeglaselt toimuvad nähtused otsekui lühenevad ajaliselt ning muutuvad hõlpsasti vaadeldavaiks.

6. «Aja mikroskoop».

Nagu mikroskoop suurendab esemeid tuhandeid kordi, tehes meile nähtavaks selle, mida me pole võimelised nägema palja silmaga, võimaldab fotograafia jäädvustada ning näha väga lühikeste ajavahemikkude vältel toimuvaid nähtusi ja osutub just nagu «aja mikroskoobiks».

Praegusaegse fotoemulsiooni valgustundlikkus on nii-võrd suur, et see võimaldab pildistada ainult miljondikke sekundeid kestva valgustusajaga. Nii lühikeste valgustus-aegadega on võimalik jäädvustada nähtusi, mida meie silm ei suuda tabada. On näiteks võimalik pildistada kuuli lendu, välku ja teisi hetkelisi nähtusi.

Ülikiire pildistamise meetodiga on võimalik uurida suur-tükimürskude lennu ajal toimuvaid nähtusi, lennukipropel-leri pöörlemise puhul moodustuvaid õhupööriseid, putukate tiibade liikumist lendamisel, mitmesuguste vedelikkude tilga kaju nende langemisel õhus ja takistuse kohtamisel, mõrade tekkimist löögi hetkel klaasis ja teistes materjali-des jne.

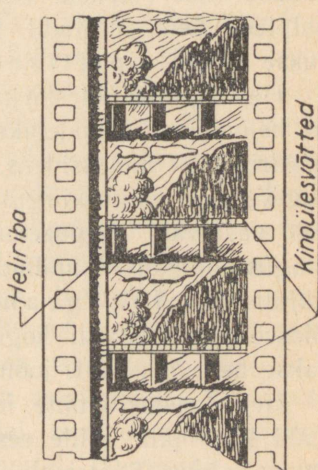
7. Kino on fotograafia erikuju.

Esimestel aastatel pärast kino tekkimist nimetati teda elavaks fotograafiaks.

See ei olnud juhuslik. Kine-matograafia põhineb liikuvate esemete kiirel järjestikusel pil-distamisel lühikeste ajavahemik-kude tagant ja saadud kujutiste niisama kiirel projitseerimisel ekraanile.

Kui silmitseda kinolinti, siis võib näha, et see koosneb suu-rest hulgast üksikuist ülesvõt-teist, mis on kopeeritud läbi-paistvale lindile üksteise alla (joonis 29). Iga niisugune üles-võtte ei kujuta endast midagi muud kui väikest fotopilti.

Normaalse kinoülesvõtte korral pildistatakse ühe sekundi vältel 24 niisugust eri ülesvõtet.



Joon. 29. Kinoülesvõtted kujutavad endast väikesi fotopilte.

Kino-ülesvõtteaparaat kujutab endast ikka sedasama fotoaparaati, olles ainult varustatud mehhanismiga, mis võimaldab katkelis-järjestikulist pildistamist.

Ülesvõtmise, kinolindi ilmutamise ning negatiivi ja positiivi saamise protsess on kinematograafias ja fotograafias olemuselt täiesti samad.

8. Fotografeeritud helid.

Juba ammu kasutatakse praktikas laialdaselt helide üleskirjutamist. Tuntakse palju viise heli üleskirjutamiseks ja taastekitamiseks. Nii on kõigile hästi tuntud grammofooniplaat, millele helid on kirjutatud lookleva vaokese kujul. Niisugust üleskirjutamist nimetatakse mehhaaniliseks üleskirjutamiseks. On olemas ka teisi heli üleskirjutamise viise. Helisid võib üles kirjutada ka fotograafilisel teel. Seda meetodit kasutatakse helikinos ja nimetatakse heli optiliseks üleskirjutamiseks.

Heli optilise üleskirjutamise protsess seisneb selles, et helivõnked muudetakse spetsiaalsete aparaatide abil elektrivoolu impulssideks, mida kasutatakse mitmesuguse tugevusega valguskiirguste saamiseks. Neid helimuutustele vastavaid valgusemuutusi on võimalik kinnistada valgustundlikule kinolindile. Saadud fotograafiline helikujutis ehk fonogramm on kitsas riba, mis jookseb ülesvõtetega kõrvuti kogu filmi pikkuses. Seda nimetatakse heliribaks (vt. joonis 29).

Heli taastekitamine fonogrammilt toimub järgnevalt. Läbi kitsa pilu, mille eest jookseb läbi fonogramm, lastakse valgus. Spetsiaalse seadeldise abil muudetakse valgus elektrilisteks impulssideks, mis peale tugevdamist juhitakse reproduktorisse ning muudetakse heliks*.

* Helide üleskirjutamise ja taastekitamise protsessi üksikasjalist kirjeldust võib lugeda järgmistest hiljuti eesti keeles ilmunud populaarteaduslikest raamatutest: V. D. Ohhotnikov, «Tardunud helide maailmas» ja V. A. Mezentsev, «Elektriline silm».

9. Fotograafia trükitööstuses.

Raamatutes esinesid illustratsioonid juba ammu enne fotograafia leiutamist. Neil aegadel rakendati joonise trükivormi saamiseks, mis praegu kannab nimetust klišee, graveerijate-kunstnike kõrgesti tasutavat ning vaevarikast tööd. Teravate peitlite — uuritsate — abil lõikasid nad joonised puusse või metalli.

Fotograafia mitte ainult ei asendanud graveerijate tööd, vaid muutis ka klišeevalmistamise lihtsamaks ja märksa odavamaks. Trükiväljaannete tarvis fotograafilisel teel illustratsioonide tootmiseks on praegu kümneid viise. Nendest kõige levinum on tsinkograafiline menetlus. Üldjoontes seisneb see järgnevas. Joonisest, mida tahetakse paigutada raamatusse, ajalehte või ajakirja, tehakse ülesvõte (siin kasutataksegi märga joodhõbe-kolloodiumimenetlust, millest rääkisime oma raamatu alguses). Saadud negatiivist tehakse fotograafiline koopia tsinkplaadile, mis eelnevalt on üle valatud munavalge või liimi ja kroomisoola õhukese kihiga. Niisugusel kroomitud kihil on võime valguse toimel parkuda. Pärast tsinkplaadile kopeerimist kaetakse plaat rasvase värvi kihiga ning lastakse plaat leigesse vette, kus valgustamata ja seetõttu parkumata kohtadelt kiht maha tuleb ning tsink paljandub. Parkunud (valgustatud) kohtadele jääb aga kiht alles. See riputatakse üle väga peenikese pulbriga — kampoli ja asfaldi seguga — ning seejärel soojendatakse plaati tulel. Soojendamisel paatub asfalt värviga kokku ning muutub tugevaks hapetes lahustumatuks kihiks. Siis pannakse tsinkplaat lahjendatud lämmastikhappesse, mis söövitab ja süvendab happekindla kihiga katmata kohti.

Tulemusena saadakse reljeefne trükiplaat-klišee, millelt, kattes ta trükivärviga, võib saada suure arvu jäljendeid, nn. äratõmbeid.

Tuhanded joonised, joonestused ja fotod, mida me iga päev näeme oma raamatutes, ajakirjades ja ajalehtedes, on saadud tsinkograafilisel teel. Sel viisil võib reprodutseerida kõige peenemaid jooniseid, joonestusi ja gravüüre ka kõige väiksemate detailidega.

Kõik käesoleva raamatu joonised on samuti reprodutseeritud tsinkograafilisel teel.

LÖPPSÕNA.

Oleme loetlenud ainult väheseid fotograafia rakendamise juhtumeid teaduses ja tehnikas. Tegelikult on neid märksa rohkem. Abistades teadust on fotograafia ka ise teadus.

Fotograafia täiustamisega tegelevad meie maal spetsiaalsed teadusliku uurimise asutised, nagu Riiklik Optika-instituut, Kinofoto Teadusliku Uurimise Instituut ja teised.

Nõukogude õpetlastest on fotograafiateadusele andnud väärtusliku panuse NSV Liidu Teaduste Akadeemia president S. I. Vavilov, NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeerivad liikmed A. I. Rabinovitš ja K. V. Tšibisov, professor P. V. Kozlov ja teised.

Nõukogude õpetlaste tööde näol on nõukogude noor fotograafiateadus andnud vastused niisugustele küsimustele, mida kodanlik teadus ei olnud lahendanud (varjatud fotograafilise kujutise loomus, ilmumisprotsessi olemus).

Nõukogude matemaatikud, optikud ja konstruktorid on välja arvutanud esmaklassilisi foto-objektiive ja on loonud täiuslikke fotoaparaatide konstruktsioone.

Täites seadust NSV Liidu rahvamajanduse taastamise ja arendamise viie aasta (1946—1950) plaani kohta on nõukogude fototööstus üksnes kolme-nelja viimase aasta

jooksul andnud meie maale sadu tuhandeid kõige uuema konstruktsiooniga fotoaparaate. Väljalastud fotoaparaa-
tide üldarv aga ulatub meil miljoneisse.

Püsesid 100 aasta vältel ühevärvilisena, on fotograafia meie päevil muutunud mitmevärviliseks. Selle tulemusena on loodud värvilisi kinofilme, mis ilmuvad meie ekraanidele üha sagedamini. Pole kaugel aeg, kus ühevärviline fotograafia ja kino mitmevärviliste poolt täielikult välja surutakse.

Meil on tehtud huvitavaid ja paljutõotavaid katseid stereoskoopilise (ruumilise) fotograafia alal. On õnnestunud juba saada ülesvõtteid, millel vaataja näeb esemeid ilma mingi aparaaadi abita ruumilistena, s. o. niisugustena, nagu nad esinevad tegelikkuses.

Fotograafias peitub veel palju võimalusi. Mida rohkem inimesi meil omandab oskuse fotografeerida, seda kiiremini need võimalused avastatakse ning võetakse tarvitusele. Ja kui see väike raamat äratav meie lugejates huvi fotograafia vastu, siis on autori eesmärk saavutatud.

Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus	3
I. Mis on fotograafia	4
1. Fotograafia tekkimine	4
2. Kuidas on ehitatud fotoaparaat	11
3. Valguse omadused	20
4. Kuidas tekib fotoaparaadis valguskujutis	24
5. Kuidas tehakse ülesvõte	28
6. Nähtamatu kujutis muutub nähtavaks	30
7. Nähtamatu kujutise saladus	32
8. Ilmuti viib valguse poolt alustatud töö lõpule	36
9. Millest koosnevad ilmuti ja kinnisti	39
10. Mispärast punane valgus ei mõju fotoplaadile	41
11. Kuidas valmistatakse fotopilte	43
II. Kuidas fotograafia teenindab inimest	45
1. Fotograafia astronoomias	46
2. Fotoaparaat sõjalises luures	48
3. Mittenähtava pildistamine	50
4. Mikrofotoraamat	51
5. Aeglaste liikumiste pildistamine	52
6. «Aja mikroskoop»	52
7. Kino on fotograafia erikuju	53
8. Fotografeeritud helid	54
9. Fotograafia trükitööstuses	55
Lõppsõna	56

Toimetaja A. Pärn
Vanemkorrektor E. Uuspõld
Tehniline toimetaja I. Rammi

Ladumisele antud 15. VIII 1950. Trükkimisele antud 5. IX 1950. Trükiarv 4000. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 3,625. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 2,97. Arvutuspoognaid 2,84. MB-06409. Trükkikoda „Pioneer“, Tartu, Kastani 38. Tell. nr. 1216.

Hind rbl. 1.90

Rbl. 1.90

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00282831 9