

## VEDELOPTIKA KASUTAMINE UURIMUSLIKUS KOHTUFOTOGRAAFIAS

S. Selg

Kriminalistika ring. Juhendaja O. Püssa

Igapäevases elus, kõneldes optilistest vahenditest, on meil välja kujunenud üldine arvamus, et kõik sellekohased abinõud — objektiivläätsed, kondensorläätsed, prismad jm. — peavad olema valmistatud ainult klaasist või mingist muust sellesarnasest tahkest, ühtlaselt läbipaistvast aineist. See seisukoht on ka praktiliselt põhjendatud, sest tavaliselt, kasutades mitmesuguseid optilisi aparate — fotokaameraid, mikroskoobe jt., näeme seal alati klaasoptikat. Kuigi klaasoptikat kasutatakse laialdaselt uurimuslikuks otstarbeks, ei rahulda see siiski täiel määral uurimusliku kohtufotograafia nõudeid.

Nii ei ole võimalik klaasoptikat rakendada refleks-ultraviolettfotograafias (fotografeerimine reflekteerunud ultraviolettkiirtega) lähemalaineliste ultraviolettkiirte puhul. Tavalise klaasoptikaga on võimalik fotografeerida lainepikkusi kuni 366  $m\mu$ . Lühemal lainel on klaasoptika läbipaistmatu.

Fotografeerimiseks reflekteerunud ultraviolettkiirtes 366—200  $m\mu$ -ni kasutatakse spetsiaalseid kvartsklaasist objektiive. Teatavasti on aga kvartsklaasi töötlemine tehniliselt eriti raske, millest tingituna sellised valmisobjektiivid ning isegi lihtläätsed on väga hinnalised ja defitsiitsed.

On tuntud rida tahkeid aineid, mis samuti nagu kvartski on läbipaistvad ultraviolettkiirtele lähemalainelises spektri osas.

Ultraviolettkiirte spektri liinis kuni 300  $m\mu$  on läbipaistvad peamiselt vilgukivi, tselluloid, teemant ja õhuke klaas (preparaadi katteklaas).

Kuni 200  $m\mu$ -ni ultraviolettkiiri läbilaskvateks aineteks on aga kivisool, kaaliumkloriid, fluoriit, kristalne kips jt.

Olgugi et loetletud ained lasevad läbi ultraviolettkiiri ka lähemalainelises ultraviolettspektri osas, ei ole enamikku neist võimalik kasutada optilistele nõuetele vastavate läätsede valmistamiseks. Laialdasemat kasutamist on leidnud vaid kivisool ja fluoriit, mida rakendatakse kvartsläätsede akromatiseerimiseks. Teisi ülalnimet-

tatud aineid saab edukalt kasutada refleks-ultraviolettfotograafias vaid filtrimaterjaliks ja teisteks abivahenditeks, nagu preparaate alus- ja katteklaasid, küvetid jne.

Kuidas saame aga üle meie ees seisvatest raskustest? Kuidas saame fotografeerida reflekteerunud ultraviolettkiirtes, kui meil puudub hinnaline ja defitsiitne kvartsoptika?

Neile küsimustele saame anda päris rahuldava vastuse, kui uurime lähemalt vedelikke ja nende omadusi.

Me teame, et vedelik pisikeste tilkadena püüab võtta endale kera kuju. Eriti märgatav on see selliste vedelainete puhul, mis omavad suurt pindpinevustegurit. Seda vedelikkude omadust olemegi kasutanud vedelläätsede kujundamisel.

Meie vajadusteks ei sobi aga iga vedelik, vaid see peab vastama järgmistele tingimustele. Läätsedeks kasutatav vedelik:

- 1) ei tohi tunduvalt fluorestseeruda ega absorbeerida ultraviolettkiiri;
- 2) peab läbi laskma ultraviolettkiiri lainepikkusega vähemalt 400—250 m $\mu$ ;
- 3) ei tohi kiiresti aurustuda ega olla oma koostiselt liiga vedel;
- 4) peab omama normaalset dispersiooni ja suurt pindpinevustegurit.

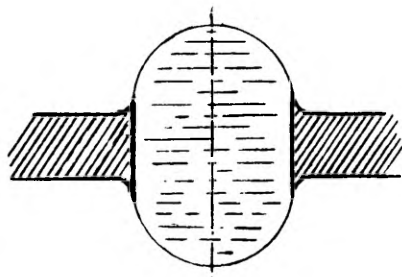
On teada rida vedelikke, mis lasevad ultraviolettkiiri läbi 300—200 m $\mu$ -ni, nagu Kanada palsam, eeter, atsetoon, tärpentin, destilleeritud vesi, etüül- ja metüülpiiritus, kloroform, äädikhape, glütserool (keemiliselt puhas glütseriin), riitsinusõli ja mitmesuguste orgaaniliste ja anorgaaniliste ainete lahused.

Nimetatud neljale tingimusele vastab esialgsete katsete tulemusena kõige paremini puhas glütseriin.

## I. Optilistele nõuetele vastava vedelläätse kujundamine

1. Algul näib väga raske valmistada vedelikust optilistele nõuetele vastavat läätsed, kuid tegelikult ei olegi see nii keeruline.

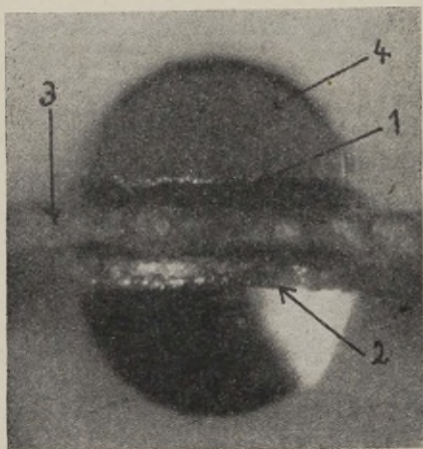
Võtame katteks ca 0,2—0,5 mm paksuse vaskplekist ketta, läbimõõdus 1,5—2 cm, ja puurime selle keskele täpselt ristloodis 1-mm-se läbimõõduga ava. Puurimise järel tuleb ava lihvida. Et vähendada märgumise võimalust, on soovitatav pärast ava puurimist, kuid enne selle lihvimist, venitada koonusekujulise teravikuga ava ääred kahelt poolt ketta tasapinnast kõrgemaks, nagu see on näha joonisel 1. Tavaline nõel, mis mahub vabalt läbi puuritud ava, on kohane lihtsa vedelläätse moo-



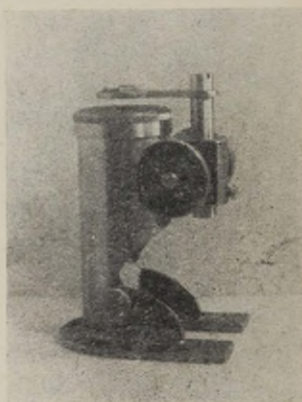
Joonis 1.

dustamiseks. Kastes nõela otsa mõne mm sügavuselt glütseriini, jääb nõela väljatõmbamisel sellele väike glütseriinkuulike. Asetame nõela otsa koos glütseriiniga ettevaatlikult avasse. Nõela eraldades jääb vedelikkuulike ava äärtele, kust see valgub avasse, mille täidab ühtlaselt. Peamiselt tänu pindpinevusele kujuneb avas olevast glütseriinist korrapärane kaksikkumer pisiläätis, mille fookuse kaugus, sõltudes ava diameetrist ja läätse kumerusest, kõigub 0,2—1 mm ümber.

Mida enam glütseriini jääb nõelale, seda suurema kumeruse omandab avas kujunev lääts. Seega lüheneb fookusekaugus, kasvab suurendus. Kuid siin on oma piir, mida hoiab sõltuvuses ava diameeter.



Joonis 2.



Joonis 3.

Avas kujunenud vedelläätse kontrollime tavalise käsiluubiga, et veenduda, kas lääts on kujunenud ühtlaselt, sest vedelikku võis valguda läätse hooletul sisseasetamisel üle ava äärte. Läätse ebaõnnestumisel, mida võib harjumatuses esineda, puhastame ja kuivatame ava glütseriinist ning katsetame uuesti. Puhastada on soovitatavalises vees loputamise teel. Läätse kohaleasetamise ebaõnnestumises võivad olla süüdi alljärgnevad asjaolud:

1) nõelale võetud glütseriinihulk on liiga suur, ava ei suuda seda vastu võtta ja glütseriin valgub laiali;

2) ava ümbruses võib leiduda glütseriini jälgi, mis muudab metalli märgumiseks väga soodsaks;

3) viga võib peituda glütseriinis endas: ta võib sisaldada kõrvalaineid, mis muudavad glütseriini kasutamiskõlbmatuks.

Glütseriinläätse üldine kuju on näidatud 36-kordse suurendusega juuresoleval fotol (joon. 2). Siin on näha, et glütseriinlääts, mis on võtnud endale kaksikkumera kuju (4), asetseb täpselt avas. Fotol on näha ka ava ülesvenitatud ääred (1 ja 2). Vedellääts, aset-

sedes selliselt avas, talub isegi suuremaid põrutusi ja teda võib kallutada igasugusesse asendisse, ilma et ta muudaks oma vormi ja optilist kvaliteeti.

Tegelikult moodustab selline pisiläätis endast vedelikluubi, mille läbi on võimalik teostada vaatlusi. Selleks otstarbeks ei saa teda kasutada enam käsiluubina, sest lääts omab ülilühikest fookusekaugust. Seepärast on vaja juba erilist statiivi, mis on vaadeldava objekti kohal üles-alla reguleeritav, on varustatud mikromeetrikruviga ja võimaldab altvalgustust.

Selline glütseriinluup on meie poolt konstrueeritud lihtsal kujul, nagu see on näha joonisel 3.

Oma suhteliselt lihtsast konstruktsioonist hoolimata võimaldab selline vedelikluup üllatava ulatusega suurendusi. Kui vaadelda sellise luubi inimese verd, siis võib preparaadil vabalt eristada ja loetleda verekehakesi. Võrdleva vaatluse abil tehti kindlaks suurendus ca 150—200 korda. Sellise luubi kvaliteeti suurendab veel asjaolu, et vaatlusel ei ole märgata optilisi vigu, nagu moonutusi, sfäärilist ja kromaatilist aberratsiooni jne.

Optilisi vigu võib esineda vaid siis, kui ava, milles asetseb glütseriinlääts, ei ole valmistatud küllaldase täpsusega. Joonisel 2 me nägime avas asetseva glütseriinlääts külgevaadet ja ava ülesvenitatud servi. Fotol esineva suurenduse puhul ilmnevad vead, mida muidu, väikese suurenduse korral ja palja silmaga üldse näha ei ole: ava servad on konarlikud ning ebaühtlased. Sellised avad aga ei ole vastuvõetavad kvaliteetsete vedelläätsede moodustamisel. Lääts saab muidugi luubina kasutada, ilma et end oluliselt tunda annaksid optilised vead, mis on tingitud peamiselt just ava halvast töötlemisest, kuid terav on see küsimus juhul, kui kasutame niisugust vedellääts mikrokoobi objektiiviks, fotograferimiseks peegeldunud ultraviolettkiirtes.

Huvitav on märkida, et sellisel vedelläätsel, nagu seda võib näha mainitud fotol, on ebatavaliselt piklik (ovaalne) kuju.

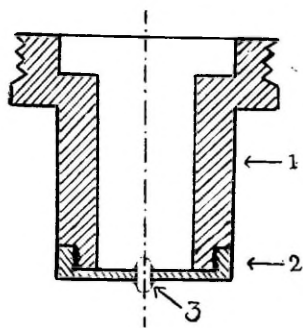
Glütseriinlääts kui sellist ei ole optika kui teadusharu poolt siiani lähemalt käsitletud. Uurimusliku kohtufotograafia liinis on aga käesolev töö vedelläätsede rakendamise alal esmakordne. Sellest tingituna puuduvad seni vajalikud teoreetilised arvestused, mis aitaksid kaasa taoliste läätsede rakendamiseks praktikas.

Meie võime oma kogemuste seisukohalt märkida niipalju, et siin kirjeldatud tingimuste kohaselt moodustatud glütseriinläätsed on ideaalsed pisiläätsed, mis, olles ise korrapäraseid, annavad ka korrapäraseid kujutisi, kusjuures me nimetamisväärselt segavat kromaatilist ja sfäärilist aberratsiooni, samuti muid optilisi vigu ei ole täheldanud.

Oluline on silmas pidada ka ava diameetri ja ava sügavuse (pakuse) omavahelist suhet, mis peab olema keskmiselt 1 : 0,6. Ava sügavust tuleb mõõta ülesvenitatud servadest.

Glütseriinlääts läbimõõduga kuni 1,5 mm on veel stabiilne, s. t. et läätsede dimensioonid ja optilised omadused ei muutu seoses läätsede

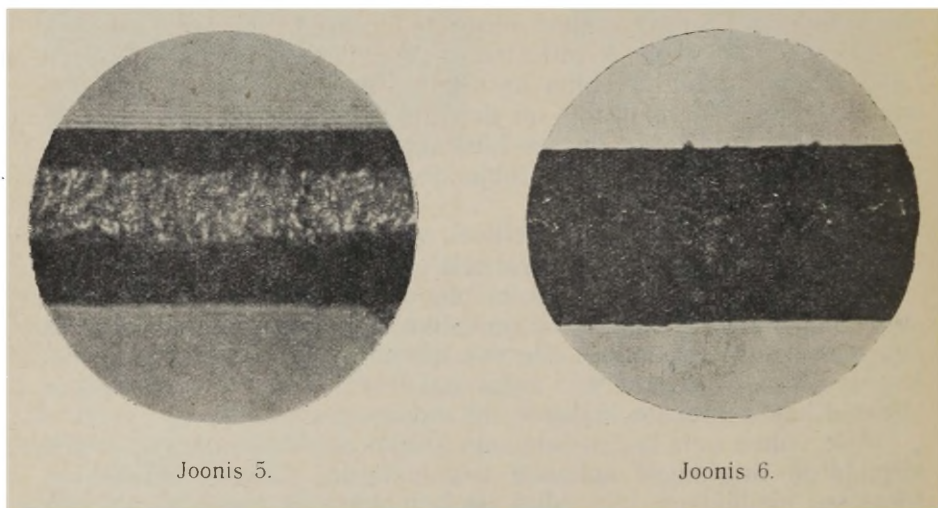
kallutamiseks. Üle 1,5-mm-ses avas asuvat lääts saab rakendada vaid vertikaalasendis toimuvateks vaatlusteks, sest sellise lääts kallutamine võib tuua kaasa kujutise moonutamise. Seega stabiilseks vaatluseks saab rakendada vedelläätse piirini, kus pindpinevus ja muud tungid ületavad veel vedelläts enda raskustungi.



Joonis 4.

2. Kõiki eespool nimetatud kogemusi arvestades ongi meie poolt konstrueeritud üheläätseline mikroskoobi vedelobjektiiv, mis oma ehituselt on küllaltki lihtne, kuid seevastu annab väga häid tulemusi refleks-ultraviolettfotograafias, asendades hinnalist kvartsobjektiivi.

Meie poolt valmistatud nimetatud glütseriinobjektiivi skeem on näha joonisel 4 suurendatud kujul. Objektiiv (1) on varustatud vahetatavate muhvidega (2), millel on erinevate läbimõõtudega avad (3) : 1,5; 1; 0,8 ja 0,6 mm. Seega võib saavutada peamiselt neli erinevat suurendust — 50-st kuni 200 korrani. Objektiivi tuubus tuleb värvida tuhmit mustaks, et vältida segavaid valgusreflekse. Vedellääts tuleb asetada avasse ees-



Joonis 5.

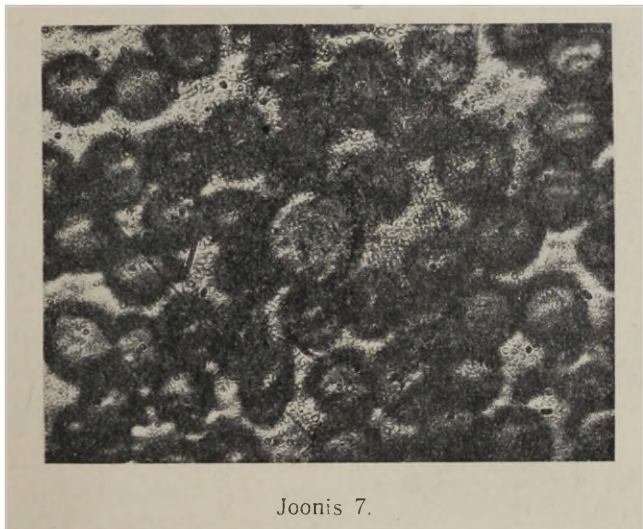
Joonis 6.

pool kirjeldatud viisil, nõela abil. Avasse asetatud glütseriin võib säilida töötamiskõlblikuna mitu nädalat, kui keskkond ei ole väga niiske. Mida väiksema läbimõõduga on glütseriinlääts, seda rohkem talub see ka põrutusi, sest vedeliku pindpinevus on suhteliselt seda tugevam, võrreldes lääts enda raskustungiga. Kunagi oli autoril endal konkreetne juhtum, kus, transporteerides glütseriinobjektiiviga varustatud mikroskoopi, kannatas vedellääts välja 80-kilomeetrise bussisõidu, ilma et lääts oleks saanud vigastada.

Näitena toome siinjuures kõrvuti kaks mikrofotot inimese juuksekarvast, mis on fotografeeritud glütseriinobjektiivi abil. Mõlemal juhul on kasutatud ca 350-kordset suurendust, kusjuures juuksekarv joonisel 5 on fotografeeritud tavalises valguses, joonisel 6 aga ultraviolettkiirtega. Fotografeeritud on neil juhtudel ilma okulaarita, projektsioonivahemaaga plaadini 50 cm.

Ilma okulaarita glütseriinobjektiiviga võib saavutada seega suurendusi, mis rahuldavad esialgu refleks-ultraviolettmikrofotograafia nõudeid.

Joonisel 7 on näha inimese veri, pildistatuna pikalaineliste ultraviolettkiirtega. Siinjuures on kasutatud glütseriinobjektiivi ja



7-kordse suurendusega klaasokulaari. Antud juhul saavutasime ca 1400-kordse suurenduse.

3. Kuigi glütseriinobjektiiv omab suurt tähtsust refleks-ultraviolettfotograafias, on sellisekujulisel lihtsal vedelobjektiivil ka rida olulisi puudusi. Seda ei saa öelda mitte kujutise kvaliteedi suhtes, küll aga selles osas, mis, esiteks, puudutab läätse moodustamist.

Nõela abil läätse avasse asetamine (käsitsi) on tülikas toiming ja nõuab harjumist. Teiseks on avas tekkinud läätse alati juhuslikku laadi, sest iga kord jääb nõelale erisugune kvantum vedelikku, mistõttu kujuneb iga kord ka erisugune läätse kumerus. Sellise objektiivi kasutamine uurimuslikuks otstarbeks on mõnikord raskendatud, näit. kui enne kasutamist tuleb määrata kindlaks suurendus. Kolmandaks puuduseks on asjaolu, et sellisekujulise glütseriinläätsiga ei ole võimalik saavutada väiksemaid suurendusi, rääkimata makrofotograafilistest töödest, mis omavad kohtulik-uurimuslikus refleks-ultraviolettfotograafias eriti suurt tähtsust.

Järgnevas osas kirjeldame lähemalt, kuidas saab täiesti radikaalsel viisil üle meie ette kerkinud takistustest, mida äsja loetlesime.

## II. Reguleeritavate fookusekaugustega vedelobjektiivid

Eespool käsitletud lihtsa vedelobjektiivi puudusi võimaldab kõrvaldada reguleeritavate fookusekaugustega vedelläätsede kasutuselevõtmine, mida aga siiani ei ole optikas veel rakendatud. Lääts, mis on alati reguleeritav, võimaldab saada soovikohaselt mitmesuguseid fookusi ja järelikul ka erineva suurusega kujutisi.

Selline n. ö. ideaalne lääts, sarnanedes mõningal määral inimsilmaga, omab väga suurt tähtsust uurimuslikul alal. On muidugi loomulik, et kõnesoleva läätsede materjaliks tuleb tarvitada läbipaistvat, kergesti deformeeruvat ainet (mingit vedelikku). Eespool me

käsitlesime glütseriini soodsaid omadusi. Ka reguleeritavate läätsede puhul on glütseriin täiesti nõuetekohane ja vastuvõetav reflektultraviolettkui ka tavalises fotograafias.

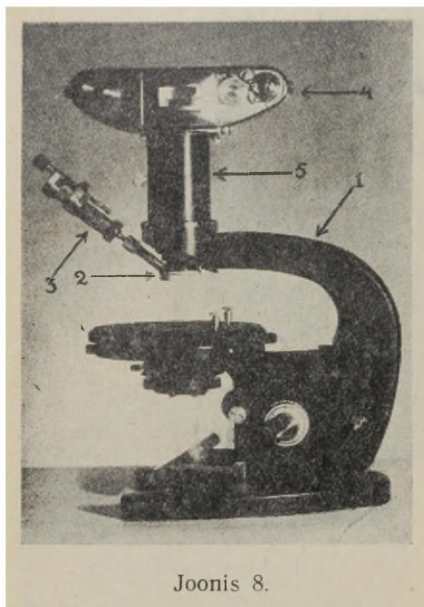
Hulgaliste katsete tulemusena võimaldus meil konstrueerida kaks reguleeritavate fookusekaugustega vedelobjektiivi, mis õnnestusid hästi tänu TRÜ rektorile prof. F. D. Klementile, kes meid lahkelt abistas tehnilistes probleemides.

1. Olulist tähtsust omab siin asjaolu, et üht pidevalt reguleeritavat vedelobjektiivi saab edukalt rakendada makroskoopilisteks ülevõteteks. Samuti on välditud läätsede kujunemisel juhuslikkus. Selline objektiiv on ehitatud hoopis teistsugusel põhimõttel kui eespool

käsitletud lihtne vedelobjektiiv. Mõlemad konstrueeritud objektiivid on kohandatud mikroskoobistatiivile МБИ-1. Sellise nn. makroskoopilise objektiiviga, mis on kohandatud nimetatud mikroskoobile, võib kinofilmile pildistada objekte alates loomulikust suurusest kuni ca kümnekordse suurenduseni.

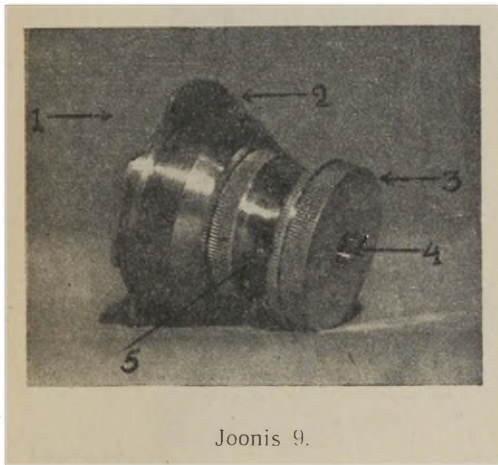
Et saada uuritavatest objektidest vähendatud kujutisi, milleks mõistagi ei sobi lühikese reguleerimisvahemaaga mikroskoop, tuleb kasutusele võtta erilised, pikemaid vahemaid reguleerida võimaldavad statiivid.

Joonisel 8 on näha uut tüüpi reguleeritav vedelobjektiiv, mis on kohandatud eespool nimetatud mikroskoobitüübile (1). Käesolev konstruktsioon on ette nähtud uurimusliku kohtufotograafia alal just peamiselt võltsitud dokumentide uurimiseks fotograafilisel teel ja me nimetame seks otstarbeks kohandatud vedelobjektiivi (2) RGO-1 (s. t. reguleeritav glütseriinobjektiiv üks). Objektiiv RGO-1

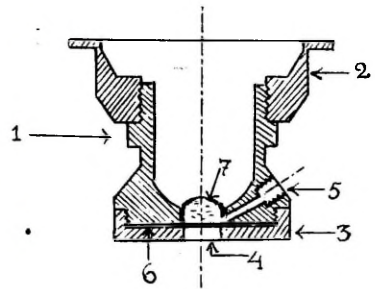


Joonis 8.

on varustatud mikropipetiga (3), mille abil ongi võimalik muuta vajaduse järgi objektiiviläätse kumerust kas vastavalt kumeramaks või tasasemaks, olenevalt sellest, kui kaugel asetseb fotografeeritav objekt. Seega langeb ära vajadus reguleerida objektiivi ja fotoplaadi vahelist kaugust teravustamise puhul. Mikroskoobi makro- ja mikromeetrikruvid on varustatud skaaladega. Kui vajame mingit kindlat kujutise suurust fotografeeritavast objektist, viime skaala järgi objektiivi koos kaameraga objektist kindlale kaugusele, mille järel teravustame kujutise mikropipeti abil. Seega on kindlate suurenduste saamine alati garanteeritud ja on välditud juhuslikkust. Selle meetodi abil suurenduste ja vähenduste puhul ei muutu, nagu juba märgitud, vahemaa objektiivi ja fotoplaadi vahel, sest teravust korrigeerib lääts ise.



Joonis 9.



Joonis 10.

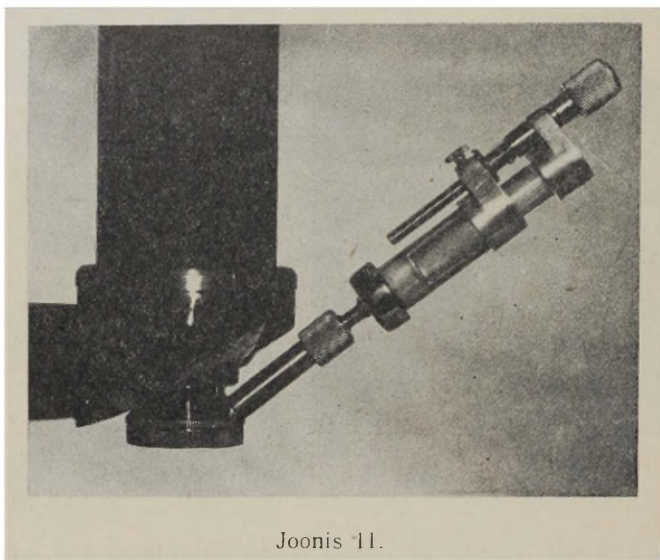
Joonisel 8 me näeme, et peegelrefleks-kaamera (4) on objektiiviga ühendatud vahetuubuse (5) abil. Selline vahetuubus on vajalik vaid suurenduste puhul. Loomulikus suuruses pildistamiseks eraldame vahetuubuse ja asetame kaamera tuubuse pikkuse võrra objektiivile lähemale.

Joonisel 9 näeme objektiivi RGO-1 (1) ja joonisel 10 sama objektiivi läbilõiget (1). Objektiiv on varustatud kinnitusmuhviga (2). Objektiivi ava (4) läbimõõt on seda tüüpi objektiivil 6 mm. Objektiivile kinnitub vindi abil muhv (3), mille alla paigutame õhukese kvartsklaasi (6). Selle kvartsklaasi peale kujunebki avas glütseriinlääts (7). Glütseriin surutakse avasse läbi sellekohase kanali (5) mikropipeti abil.

Nagu nähtub jooniselt 10, kujuneb RGO-1 tüüpi objektiivis tasakumer vedellääts, mille kumerust, seega fookusekaugust, on võimalik muuta mikropipeti abil. Et läätseläbimõõt on 6 mm (vedeliku kohta küllaltki ulatuslik), ei saa sellist suuremõõtmelist vedellääts kasutada kallutatud asendis, nagu seda võib teha pisi-vedelläätsel puhul. Nagu eespool nägime, seisab pisi-vedellääts oma avas küllalt

stabiilselt, taludes kallutusi ja isegi tunduvald pörotusi. 6-mm-se läbimõõduga avas aga ei seisa sellised vedelläätsed ilma alusklaasita; nagu nähtub joonisel 10, ongi kasutatud alusklaasi. Eelnenut arvestades peab seadeldisega töötades objektiivi hoidma täpses vertikaalasendis. Ava ise, mille põhjaks on kvartsist plaadike, on valmistatud valgevasest ja korralikult lihvitud. Ava servad on lihvitud teravaks, ulatudes tasapinnast kõrgemale.

2. Ava põhja kvartsklaasi lähedale suubub mikropipeti kanal (5), mille läbimõõt on 1 mm. Mikropipett ise on keermel abil objektiiviga tihedalt ühendatav. Mikropipett peab olema valmistatud suure täpsusega ja varustatud mikromeetrikruviga, mille pöörami-



Joonis 11.

sel kruviga ühendatud kolb avaldab survet pipetis olevale glütseriinile, mille tõttu see surutakse pikkamisi läbi kanali avasse, kus selle täitumisel kujuneb tasakumer vedelläät. Mikromeetrikruvi tagasikeeramisega tekib pipetis vaakuum ja glütseriin tõmbub tagasi. Selle tagajärjel muutub lääts avas lamedamaks ja pikeneb fookusekaugus. Soovitatav on, et pipett omaks nii makro- kui mikromeetrikruvi, mis tagab lääts kiirema ja täpsema käsitsemise. Joonisel 11 on näha töötamisvalmis mikropipett, mis on ühendatud objektiiviga. Pipett mahutab 1 ccm vedelikku. Tegelikult ei ole aga soovitatav pipetti rohkem glütseriini võtta kui ainult see hulk, mida ava suudab maksimaalselt vastu võtta. See on käesoleval juhul ca 0,1 ccm. Ainult sellise glütseriini hulga olemasolu pipetis likvideerib ohu, mis seisab läätsel nn. ülekeeramises, s. t. et avasse surutakse rohkem vedelikku, kui see suudab vastu võtta. Vajaliku maksimaalse glütseriini koguse kontrollimiseks on soovitatav pipeti klaasist seinale märkida vastavad jaotused.

3. RGO-1 tüüpi objektiiviga käsitlemine ei nõua erilisi praktilisi kogemusi, kui peetakse kinni mõningatest nõuetest. Kõigepealt tuleb pipett täita glütseriiniga. Selleks eraldame pipetist kolvikese ja täidame pipeti vedelikuga. Seejärel asetame kolvikese pipetti nii, et kolvi ja vedeliku vahele ei jääks õhumulle. Nüüd keerame pipeti mikromeetrikruvist, kuni kolb saavutab vedelläätse moodustamiseks vajaliku maksimaalpiiri. Seejärel ühendame pipeti keerme abil objektiiviga. Et kanal, mis suubub objektiivivavasse, täituks korralikult vedelikuga, peame mikromeetrikruvi algul käsitlema väga aeglaselt, sest vastasel korral võib kanalisse jääda õhuvahesid, mis hiljem võivad kanduda läätsesse. Kui ava on glütseriiniga korralikult täitunud, asetame objektiivi koos pipetiga oma kohale, nagu on näha joonisel 11. Seejärel asetame mikroskoobi preparaataluale fotografeeritava dokumendi, valime eespool kirjeldatud skaala abil vajaliku



Joonis 12.

Joonis 13.

suurenduse (või loomuliku suuruse) ja teravustame kujutise pipeti mikromeetrikruvi abil, jälgides ise teravustamise käiku kaamera tuhmklaasil (peegelrefleks-kaamera puhul). Kaameraks võib kasutada ükskõik millist peegelrefleks-kinofilmikaamerat. Kirjeldatud katsete juures kasutati fotoaparaati „Exacta”.

4. Et demonstreerida objektiivi RGO-1 töötamist, pildistasime tavalises valguses üht dokumenti loomulikus suuruses, mille puhul kinofilm hõlmab dokumendi pinnast vaid  $24 \times 36$  mm. Dokument, mida fotografeerisime, on kirjutatud sinise aniliintindiga ja omab valgel põhjal roosakat kaitsevõrku. Joonisel 12 on näha osa dokumendist loomulikus suuruses, mis on pildistatud objektiiviga RGO-1. Joonisel 13 on pildistatud sama dokumenti umbes 4,5-kordse suurendusega. Mõlemad positiivid on saadud kontaktkopeerimise teel negatiividest. Negatiivmaterjalina kasutasime pankromaatilist kinofilmil tundlikkusega 65 GOST-i ühikut. Fotografeerisime valgusjõuga 1 : 14. Fotografeerimisel kasutasime 75-vatilist pealtvalgustavat reflektorlampi. Nimetatud tingimustel oli säritusajaks 1 sekund.

Et saavutada vähendatud kujutisi pildistatavaist objektidest, siis, nagu eespool märgitud, ei sobi selleks enam mikroskoop. Tuleb võtta kasutusele eri statiiv, mille abil saab fotografeerida ka suu-

remaformaadilisi esemeid ja dokumente tervikuna. Radeeritud, ülekirjutatud ja keemiliste ainetega rikutud dokumente saab uurimuslikul otstarbel edukalt fotografeerida nimetatud vedelobjektiiviga. Muidugi seisab RGO-l tüüpi objektiivi peamine tähtsus selles, et ta võimaldab vabalt fotografeerida lühemalainelistes (366—220 m $\mu$ ) reflekteerunud ultraviolettkiirtes ja l a h e n d a b seega objektiivi küsimuse ka refleks-ultraviolet-makrofotograafias.

Joonisel 14 on näha suurendus fotost joon. 12. Väärrib märkimist selle küllaltki ulatusliku suurenduse teravus ja detailirohkus, mis osutab glütseriinobjektiivi RGO-l eeskujulikule ja moonutusvabale „nägemisvõimele” — selle headele optilistele eeldustele.



Joonisel 15 on toodud kaks fotot raudgallustindiga kirjutatud tekstist.

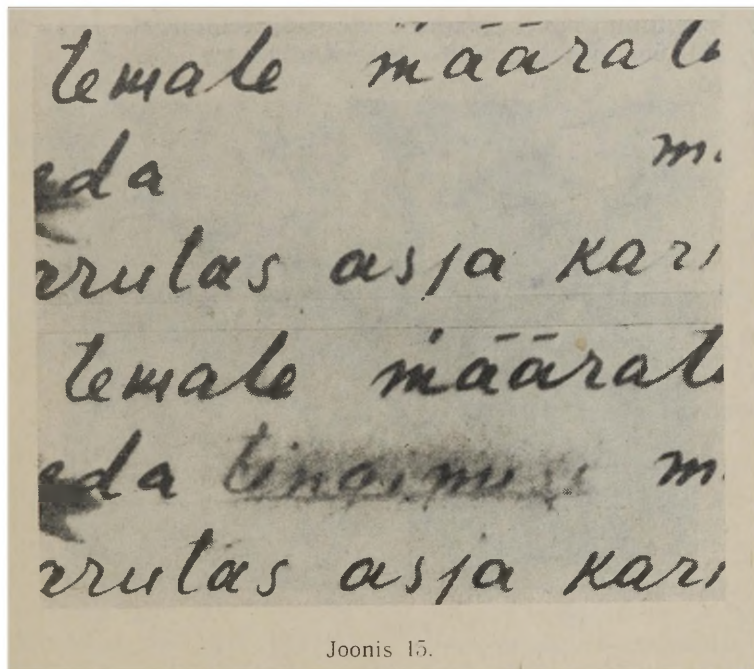
Tekstist on keemilisel teel kõrvaldatud sõna „tingimisi”, mis on palja silmaga vaatlemisel nähtamatu. Samuti jääb kustunud sõna nähtamatuks fotografeerimisel nähtavas valguses. Teisel fotol aga, kus on pildistamisel kasutatud reflekteerunud ultraviolettkiiri, tuleb kustunud sõna fotoplaadil täiesti rahuldavalt esile.

Mõlemad võtted on tehtud objektiiviga RGO-l.

Nagu neist esialgseist katsetest järeldub, omab RGO-l tüüpi objektiiv monoklina suurepäraseid omadusi. Me teame, et fotograafias on kasutusel ka klaasmonokleid ehk üksikobjektiive, mida rakendatakse eralisteks vajadusteks. Kuid klaasist monokkelobjektiividega kaasuvad parandamatud vead, mis ilmnevad isegi parimate monoklite puhul. Need on: kromaatilise ja sfäärilise aberratsioon, pildivälja kumerdumine, väärjoonistus jne. Meie esimesed katsed RGO-l tüüpi objektiiviga aga näitavad, et eespool loetletud vigu siin sel määral ei esine, et nad töötamisel häiriks.

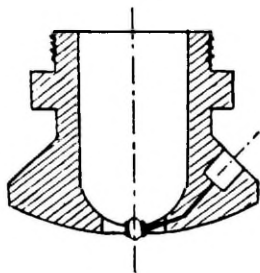
Viimasel ajal on meil katsetamisel olnud ka kaheläätselised vedelobjektiivid, millede abil võib saavutada veelgi kvaliteetsemaid kujutisi, kuid selliste objektiivide käsitlemine praeguste kogemuste alusel on küllalt keeruline, mistõttu nende rakendamine jääb veel tuleviku küsimuseks.

5. Spetsiaalselt mikrofotografeerimiseks reflekteerunud ultraviolettkiirtes on meie poolt konstrueeritud teine reguleeritav glütse-



riinobjektiiv RGO-2, mille skeem on toodud joonisel 16. Siin on rakendatud jällegi kaksikkumera pisi-vedelläätse põhimõtet, kuna käesoleval objektiivil on ava läbimõõt ainult 1 mm. Ava sügavus on 0,6 mm, kanali läbimõõt 0,3 mm. RGO-2 tüüpi objektiiviga võib saavutada samu suurendusi nagu eespool kirjeldatud lihtsa glütseerriinobjektiiviga. Okulaari kaasabil võib saavutada aga suurendusi 1000 ja enam korda (vt. joon. 7).

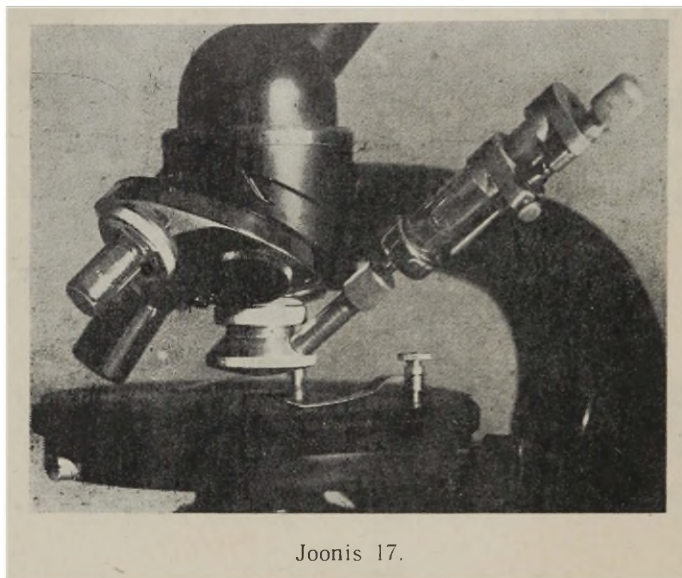
Ka objektiiv RGO-2 on kohandatud samale mikroskoobitüübile, nagu see on näha joonisel 17. Käesoleval juhul ei ole vaja eraldada objektiivide revolverüsteemi ja objektiiv on asetatud oma normaalsele kohale selles süsteemis. Mainitud seadeldist saab kasutada nii visuaalseks vaatluseks kui ka fotografeerimiseks.



Joonis 16.

Peale kõnesoleva mikroskoobitüübi saab objektiivi RGO-2 kohaldada ka kallutatavatele mikroskoopidele, sest 1-mm-se läbimõõduga glütseriinlääts kvaliteet ei sõltu mingil määral asendist.

Objektiivi RGO-2 rakendamise puhul tuleb silmas pidada enam-vähem samu nõudeid, mis on esitatud objektiivi RGO-1 puhul. Seni olemegi kasutanud reflekteerunud ultraviolettkiirtes objektiiviga RGO-2 mikrofoto grafeerimisel kallutatavat mikroskoopi, sest horisontaalasend aparatuuri suhtes on tehniliselt soodsam. Sealjuures oleme kasutanud vaid kvadraatset statiivkaamerat, mis vastava muhvi abil ühendatakse mikroskoobi tuubusega.



Joonis 17.

Lääts moodustamine objektiivi RGO-1 juures kasutatava mikropipeti abil on siin raske. Selleks otstarbeks on vaja konstrueerida eriti väikese ülekandega mikropipett, sest käesoleval juhul mahutab objektiivivava maksimaalselt 1,7 kuupmillimeetrit vedelikku ja kanal kõigest 0,9 kuupmillimeetrit. Seega peaks mikropipett sisaldama ainult 2,6 kuupmillimeetrit vedelikku, millega oleks välditud läätse nn. ülekeeramine.

Erinevalt objektiivi RGO-1 rakendamisest teostub teravustamine siin teisiti. RGO-2 juures tuleb teravustada nagu tavaliste mikroskoopide puhul mikroskoobi mikromeetrikruvi kaudu. Pipetti tuleb siin kasutada vaid läätse moodustamiseks ja sobiva fookusekauguse saavutamiseks.

Nagu eeltoodust nähtub, oleme ületanud rea olulisi takistusi vedeloptika edukamaks rakendamiseks uurimuslikul alal.

Et vedelobjektiivide kasutamise küsimus fotograafias üldiselt ja eriti refleks-ultraviolettfotograafias ei ole siiani veel käsitlemist ega rakendamist leidnud, siis on käesolev töö esimene sellealase uurimise tulemus.

### III. Reflekteerunud ultraviolettkiirtes fotografeerimise tehnikast vedeloptika kasutamisel

Eelnenust nähtus, et defitsiitse kvartsoptika asendamine vedeloptikaga on refleks-ultraviolettfotograafias praktiliselt täiesti võimalik. Seoses sellega on vaja lühidalt peatuda veel mõningatel küsimustel, millele tuleb panna rõhku edasises töös glütseriinobjektiividega.

1. Objekti valgustamiseks võib kasutada kodumaisi kvarts-elavhõbelampe, milledest eriti otstarbekohane on ПРК-2. Nimetatud kvarts-elavhõbelambi kõrval oleme kasutanud ka Hanau-tüüpi kvarts-elavhõbelampi. Raskusi tekitab veel ultraviolettkiirte kontsentreerimise küsimus uuritavale objektile, sest klaaskondensorid on lähemalaineliste ultraviolettkiirte suhtes teatavasti opaaksed. Võimaluse korral kasutatakse siingi kvartskondensoreid ja peegleid. Nende puudumisel tuleb aga võtta tarvitusele vahendeid, mis asendavad kvartsoptikat. Esialgsete katsete tulemusena on meil õnnestunud ehitada ka suuremate dimensioonidega (5—10 cm diam.) vedelaid kondensorläätsi, mis vajavad aga veel täiendamist.

Vedelate kondensorläätsede põhimõte seisab selles, et metallist ümarküveti taolise raamistiku vahele, selle mõlemasse külge klaas-seinte asemele paigutame elastsed, ultraviolettkiiri läbilaskvad kiled. Sellisteks kiledeks võib kasutada peamiselt tsellofaani või õhukest tselluloidi. Kiled tuleb pressida tugevasti raami vahele, et saavutada tihedust. Seejärel täidame kiledevahelise ruumi vastava ventiili kaudu ultraviolettkiiri läbilaskva vedelikuga. Kui kiledevaheline ruum on täidetud, jätkame vedeliku lisandamist surve all. Surve tagajärjel seestpoolt painutab vedelik kiled ühtlaselt mõlemale poole välja, moodustades nii küllaltki korrapärase kaksikkumera lätse. Selle menetluse abil võib saavutada vaid pikemafookuselisi kondensorläätsi.

Teine võimalus, mida ultraviolettkiirguse kontsentreerimiseks soovitab kasutada P. W. Danckwortt<sup>1</sup>, on nn. silinder-nõguspeegel. Kontsentreeriv lehter tuleb kinnitada kvarts-elavhõbepõleti ette, nõguspeegel aga selle taha, millise seadeldise liigutamisega võimaldub valgusjuga täpselt juhtida vajalikku kohta. Kontsentreeriv lehter asetatakse nii, et selle laiem ots katab täielikult lambi kiirgus-ava. Lehtri teine ots on koondatud. Danckwortt'i järgi on sellise seadeldisega saavutatud ligikaudu kümnekordne ultraviolettkiirguse tugevdamine.

Kondensorit on eriti vaja mikrofotografeerimisel objektiiviga RGO-2, sest vastasel korral muutuvad ekspositsiooniajad väga pikaks, kestes 10—15 minutit.

2. Et saavutada edukaid tulemusi uurimuslikul alal refleks-ultraviolettfotograafias, peame muretsema vajalikke monokromaatseid

---

<sup>1</sup> P. W. Danckwortt, Lumineszenz-Analyse im filtrierten ultravioletten Licht, Leipzig, 1929, lk. 11—12.

filtreid kindlate lainepikkuste väljaeraldamiseks ultravioletsest kiirgusest. Meie kasutuses olevad mustklaasfiltrid УФС-1, -2, -3 ja -4 ei ole rakendatavad, sest nad lasevad läbi väga laia spektrivööndi, mistõttu neid saab kasutada vaid teiste filtritega kombineerides nähtava valguse ja mõne ebasoovitava ultravioletse spektri kiirgustsooni absorbeerimiseks.

Monokromaatseid filtreid valmistatakse tavaliselt vedelikest, mis asetatakse kvartsküvettesse. Filtrite toimeaineteks kasutatakse nii orgaaniliste kui ka anorgaaniliste olluste lahuseid. Selliseid vedelikfiltreid rakendatakse tavaliselt kombineeritult vastavate mustklaasfiltritega.

Vedelikfiltrite eelis seisab selles, et nende kiirte läbimisastet saab muuta soovitud suunas, muutes vedelikfiltri kontsentratsiooni ja keemilist koostist. Vedelikfiltrite puuduseks on aga nende kasutamise seoses olevad praktilised raskused (omavad sageli suuri dimensioone, on suhteliselt õrnad ja nende valmistamiseks kasutatakse tavaliselt kvartsküvette). Kvartsküvette saaks teatud piirini asendada ka tselluloidist või tsellofaanist küvetiseinte kasutuselevõtuga. Tahked filtrid on tavaliselt valmistatud kvarts- või uviolklaasist, želatiinist või tselluloidist, mis on kaetud värvainetega. Edukalt on kasutatud ka metallfiltreid.

Eriti oluline on kasutada filtreid, millele abil saab fotograferida lainepikkuste puhul 275 ja 280—283 m $\mu$ , kusjuures 275 m $\mu$  kasutamisel saab häid tasapinnakujutisi. Suurema sügavusemõju saavutamiseks on soovitatav rakendada lainepikkusi 280—283 m $\mu$ .<sup>1</sup> Lähemaid juhendeid annavad ultraviolettkiirte filtreerimistehnika alt autorid N. V. Terzijev<sup>2</sup>, L. I. Tsukerman<sup>3</sup>, J. Strong<sup>4</sup> ja H. Langenbruch<sup>5</sup>. Nende poolt kirjeldatud filtreid saab edukalt rakendada refleks-ultraviolettfotograafias ka siin kirjeldatud vedelobjektiividele.

Fotografeerimisel objektiiviga RGO-1 asetame filtri vahetult objektiivi ette. Mikrofotografeerimisel objektiiviga RGO-2 ei võimaldu meil filtrit asetada objektiivi ja objekti vahele, küll aga objektiivi taha fotokaamerasse.

3. Refleks-ultraviolettfotograafias tekitab raskusi teravustamine. On leitud mitmesuguseid meetodeid kujutise teravustamiseks, kuid kõik nad on seotud teatud ebamugavustega. Kõige kindlam on muidugi eksperimentaalne meetod, mis aga on seotud fotomaterjali tunduva kuluga. Seepärast on soovitatav kasutada teravustamisel

---

<sup>1</sup> T. Péterfi, Wissenschaftliche Anwendungen der Photographie, Zweiter Teil, Wien, 1933, lk. 296.

<sup>2</sup> Н. В. Терзиев и др., Физические исследования в криминалистике, Москва, 1948, lk. 125—131.

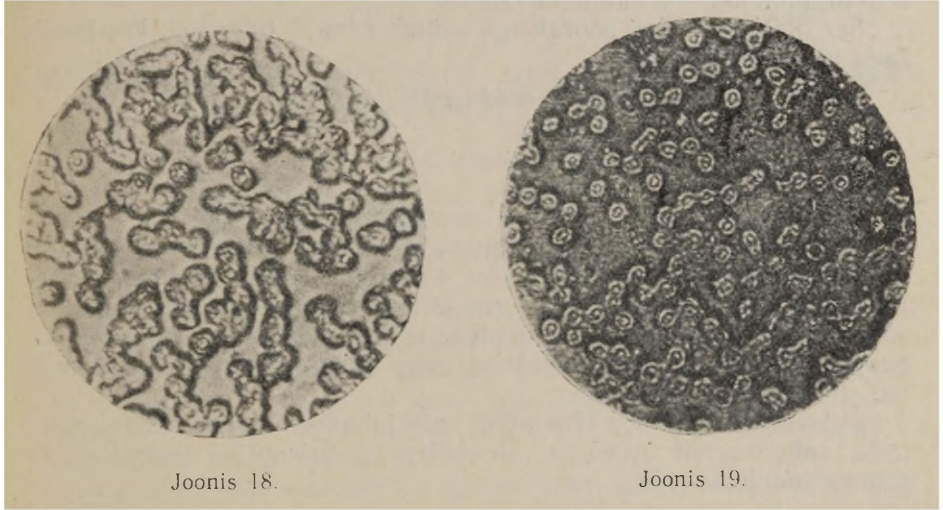
<sup>3</sup> Л. И. Цукерман, Практическое руководство по микрофотографии, Москва, 1950, lk. 145—146.

<sup>4</sup> Д. Стронг, Техника физического эксперимента, Лениздат — 1948, lk. 353—355.

<sup>5</sup> H. Langenbruch, Eine neue Filtertechnik für die UV-Mikroskopie, Arch. f. Kriminologie, 113, 1, 48 (1943).

nähtamatus ultraviolettkiirguses tuhmklaasi asemel fluorestseeruvat uraanklaasi.

Et ultraviolettkiired murduvad nähtava valgusega võrreldes rohkem, siis tuleks teravustamisel plaati objektivile lähendada. Tegelikult ilmneb aga vastupidine nähtus: plaati objektivile lähendades fotode teravus väheneb, kuna aga plaati eemaldades kujutise teravus suureneb.



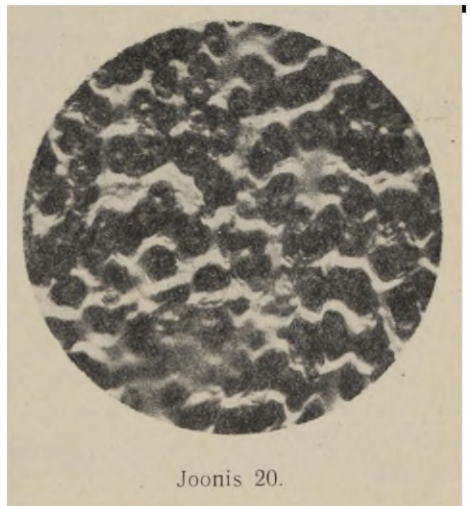
Joonis 18.

Joonis 19.

Joonistel 18, 19 ja 20 on näha inimese veri ca 300-kordses suuren-duses. Joonise 18 puhul on kasutatud võrdluseks tavalist valgust, joonistel 19 ja 20 näeme aga refleks-ultraviolet-mikrofotosid samast objektist sama suurendusega. Seejuures on joonise 19 puhul plaati objektivist eemaldatud, joonise 20 juures aga lähendatud. Fotografeerimisel kasutasime objektivi RGO-2 ilma okulaarita.

4. Pikkade ekspositsiooni-aegade vältimiseks mikro- ja makrofotografeerimisel peegeldunud ultraviolettkiirtes on soovitatav kasutada tundlikku negatiivmaterjali. Selle puudumisel tuleb olemasolev negatiivmaterjal sensibiliseerida.

Sensibiliseerimist on vaja rakendada igal juhul, kui on tegemist lühilaineliste ultraviolettkiirtega (alates  $280\text{ m}\mu\text{-st}$ ). Sensibiliseerimata želatiinikiht hakkab nimetatud lainepikkusest alates absorbeerima ultra-



Joonis 20.

violettkiiri. Negatiivmaterjali sensibiliseerimiseks kasutatakse mitmesuguseid menetlusi.

J. Strong<sup>1</sup> soovib negatiivmaterjali sensibiliseerimiseks (fotografeerimisel ultraviolettkiirtes lainepikkusega alla 280 m $\mu$ ) kasutada pähkliõli. Sensibiliseerimisel hõõrutakse vati abil mõni tilk mainitud õli ettevaatlikult emulsioonile. Pärast ekspositsiooni, kuid enne ilmutamist tuleb õli atsetooniga kõrvaldada. Sel teel võimaldub tundlikkust tõsta kuni 400 korda.

Sensibiliseerimine booraksiga annab samuti tulemusi, kui kasutada järgmist retsepti:

Naatriumkloriidi	0,5 g
Booraksit	2—3 g
Destill. vett	1 liiter

Antud lahust tuleb käsitseda temperatuuril  $+12^{\circ}\text{C}$ .

Sensibiliseeritavaid plaate on vaja lahuses hoida 2—6 minutit ja seejärel asetada plaadid üheks minutiks metüülpiiritusse. Vedeliku eemaldamise järel plaadi emulsioonilt plaat kuivatada. Sellise sensibiliseerimise abil võib plaadi tundlikkust tõsta kuni viis korda. Sensibiliseeritud plaadid võetagu kohe kasutusele, vastasel korral nad riknevad.

Rakendades vedeloptikas kõiki neid juhendeid, võimaldub saavutada rahuldavaid tulemusi defitsitse kvartsoptika asendamisel glütseriinobjektiividega.

#### KASUTATUD KIRJANDUS

1. Потапов, С. М., Судебная фотография, Москва, 1948.
2. Лазарев, Д. Н., Ультрафиолетовая радиация, Ленинград, 1950.
3. Терзиев, Н. В., Киричинский, Б. Р и др., Физические исследования в криминалистике, Москва, 1948.
4. Цукерман, Л. И., Практическое руководство по микрофотографии, Москва, 1950.
5. Стронг, Д., Техника физического эксперимента, Лениздат — 1948.
6. Мейер, А. и Зейц, Э., Ультрафиолетовое изучение, Москва, 1952.
7. Danckwortt, P. W., Lumineszenz-Analyse im filtrierten ultravioletten Licht, Leipzig, 1929.
8. Péterfi, T., Wissenschaftliche Anwendungen der Photographie, Zweiter Teil, Wien, 1933.
9. Langenbruch, H., Eine neue Filtertechnik für die UV-Mikroskopie, Arch. f. Kriminologie, 113, 1, 48, (1943).
10. Selg, S., Luup — vedelikutilk. „Stalinlik Noorus” nr. 5, 1952.

---

<sup>1</sup> Д. Стронг, Техника физического эксперимента, Лениздат — 1948, лк. 453.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОЙ ОПТИКИ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СУДЕБНОЙ ФОТОГРАФИИ

С. Сельг

Кружок криминалистики. Руководитель О. Пюсса

### Резюме

Для фотографирования в отражённых ультрафиолетовых лучах в зоне 360—250 мм употребляются специальные объективы фотографических камер и микроскопов, сделанные из кварцевого стекла. В связи с тем, что технически обработка кварцевого стекла весьма сложна, кварцевые объективы и даже самые простые линзы очень ценны и дефицитны.

Учитывая вышеназванные препятствия, автор настоящей статьи ввёл в употребление объективы нового типа, при помощи которых можно фотографировать в отражённых ультрафиолетовых лучах в зоне 360—250 мм.

При упомянутых объективах в качестве материала для линзы употребляется жидкость. В результате предварительных опытов самым подходящим материалом оказался химически чистый глицерин.

Глицериновый объектив даёт без окуляра увеличения в 50—200 раз, а с помощью окуляра в 1000 и больше раз (см. рис. 7).

Такие жидкие объективы, которые до сих пор в оптике не применялись, дают вполне удовлетворительные результаты при макро- и микрофотографировании в отражённых ультрафиолетовых лучах с экспериментальной целью.

Для стабильной и чёткой работы автором в результате множества опытов сконструированы 2 глицериновых объектива РГО-1 и РГО-2 (рис. 9, 10 и 16), которые снабжены микропипетками (рис. 11) и фокусные расстояния которых можно регулировать. Микропипетка даёт возможность постоянно изменять фокус линзы. Такая т. н. идеальная линза, в некоторой мере похожая на человеческий глаз, имеет огромное значение особенно в макрофотографии, так как здесь при наводке на резкость вместо удаления или приближения к объективу выпуклость линзы регулируется при помощи винта микрометра пипетки. Производить та-

ким путем наводку на резкость очень удобно, и образование линзы весьма несложно.

Объектив РГО-1 можно употреблять как в макро-, так и микрофотографии, так как его фокусное расстояние регулируется. Объектив РГО-2 предусмотрен только для микрофотографирования. При употреблении вышеупомянутых объективов наблюдается полное отсутствие явлений хроматической и сферической аберрации, а также других оптических ошибок. Такие жидкие объективы нового типа имеют огромное значение в исследовательской судебной фотографии, особенно при фотографировании в отражённых ультрафиолетовых лучах, так как они в полной мере заменяют кварцевую оптику.