

FLAV TEADUS 29
V. KOERN
KAUGENÄGEMINE



A-7963

E L A V T E A D U S
EESTI KIRJANDUSE SELTSI
POPULAARTEADUSLIK SEERIA
TARTUS 1934 (№ 5) № 29

KAUGENÄGEMINE

ELAV TEADUS
KIRJANDUS
KIRJANDUS
KIRJANDUS
KIRJANDUS

Varem ilmunud:

Tehnika võidukäik I. Keemia kui moodsa tehnika alus. Kirj. dr. J. Kranig. Elav Teadus nr. 14.

Tehnika võidukäik III-na ilmub ins. A. Põdruse „Elekter ja tema rakendus“.

MAG. V. KOERN

KAUGENÄGEMINE,

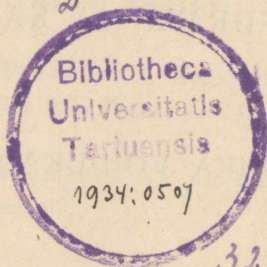
PILDITELEGRAAF JA KAUGEKINO

(TEHNIKA VÕIDUKÄIK II)

~~18663~~

EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS
TARTU, 1934

TOIMETUS: A. ANNI — TEGEV TOIMETAJA, ✓
D. PALGI — VASTUTAV TOIMETAJA, K. KONIK, J. KÖPP,
J. LANG, J. ROOS, P. TREIBERG, F. TUGLAS, J. ULUOTS



32560

A-7963

E e s s õ n a.

Peatumatult areneva elu nõue ikka järjest suuremate ja suuremate kiiruste järele kõigil elualadel, nende seas iseäranis kauguste ületamisel igasugu teadete edasiandmisel, olgu nad kujutuslikud (kiri, pilt) või häälelised (kõne, muusika), sunnib viibimata r a k e n d a m a tegeliku elu teenistusse ka t e a d u s e vastavaid saavutisi. Seda sageli isegi enne, kui teadus nende üle küllaldaselt selgusele suudab jõuda. Üheks sääraseks alaks on õpetlaste laboratooriumidest viimaseil aastail laiemaisse rahvakihtidesse levida püüdev k a u g e n ä g e m i n e. Sihid ja üldised põhijooned selle teostamiseks on üles seatud juba 50 aasta eest. Nende teostamiseks polnud siis aga füüsika ja tehnika veel suutnud luua kõlblikke vahendeid. Puudus valguse elektrivooluks muutja — fotoastik. Ei suudetud voole inertsivabalt taas valguseks muuta. Jah, olid tundmata isegi signaalide edasikandjad — raadiolained. Alles kõige viimaseil aastail on enamiku üksikosade praktiline teostumine õnnestunud paljude teaduslikul alal töötajate ühise jõupingutusena. Seejuures lahendust nõudvate füüsikaliste probleemide suur arv on mõjustanud ka käesoleva raamatu kava — suurem osa ruumist on kulutatud just kaugenägemist võimaldavate füüsikaliste nähete selgitamiseks, nagu seda on elektromagnetilised lained, fotoefekt, Kerri

efekt, huumvalgus jne. Neil küsimusil pikem peatumine on seda enam õigustatud, et nad ei esine üksi kaugenägemises, vaid väga paljudes rakendusfüüsika ja tehnika alades.

Mõnelgi võib tekkida kahtlus kaugenägemise rahuldavasse teostatavusse. Tuletagu aga kahtlejad meelde kas-või naaberalal — raadiot. On ju kõigest täpselt kümme aastat möödunud, kui Eestisse ilmusid esimesed ringhäälingu vastuvõtte-aparaadid. Ja nende tollaegsed võimed? Oldi õnnelik, kui kuuldi mõni lause või sõnagi arusaadavalt. Muusikat tuli igasugu vilede ja ragina seast suuremalt osalt ise ette kujutada. Tänapäevane raadio täiuslikkus on igapäevale tuntud. Umbes samas arenemisjärgus nagu raadio tol ajal on kaugenägemine praegu. Et ta ka vast samuti edasi areneb, kuigi ehk veidi aeglasemalt, pole kahtlust.

Võimaldagu käesolev raamat selle, oma tagajärgedelt ääretu suure praktilise kui ka kultuurilise tähtsusega alaga esialgsetki tutvumist laiematele hulka-

I. Kaugenägemise alused.

Ruumiliselt ulatuslikemaid meeli on meil nägemine. Kompimisega võime tajuda ainult meie otseses ümbruses olevaid esemeid. Kuulmine ulatub juba kaugemale — müristamine, kahuripauk jne. kostavad ka kümnete kilomeetrite tagant. Silm ei lepi nii piiratud alaga. Isegi väikeselt mäekünkalt näeme kaugemale. Tõustes õhku lennukiga ulatub vaade kümnete ja sadade kilomeetriteni, kuni udu varjab silmapiiri. Vähe sellest — Päike paistab meile ja ometi on ta 150 miljonit kilomeetrit meist eemal. Ja selgel ööl meie vaade tungib maailmaruumi säravate tähtede keskele, mis nii muinasjutulises kauguses asuvad, et me seda küll arvuliselt võime väljendada, aga ette kujutada ja mõista ei suuda. Sääraseks meelte erinevuse põhjuseks on välisnähteid meie tundeorganitele edasiandva n.-ö. keskkonna iseloom. Kompimine otsese puutumise teel, hääl jõuab meieni õhu või mõne muu materiaalse keha võnkumiste kaudu, nägemine (meie silma) aga valguse kaasabil.

Valgus — nägemise võimaldaja.

Et mõista nägemist üldse, peame teadma, mis on valgus. Mainitud küsimusele on mitmesuguste seletustega püütud vastust leida juba vana Kreeka mõtte-

tarkade aegadest. Alles mõnikümmend aastat tagasi on jõutud enamvähem ühisele ettekujutusele selle kohta, mis on valgus. Aluse nüüdsele valgusõpetusele rajas 18. sajandil Huygens (l.: juugens), kes valgust vaatles kui mingit energia liiki ja mitte enam kui erilist ainet-mateeriat. Huygens'i järgi valgus on mingi korrapärane liikumine — lainetamine, mis levib ruumis igale poole, samuti nagu näit. vaiksesse vette visatud kivist tekitatud veelained või kuulmist võimaldavad õhulained. Kuigi lainetusteooria võimaldas seletada kõiki valgusnähteid, puudus selgus valguse tõelise olemuse kohta. Kui lähtuda võrdlusest veelainetega, siis oleks ju tarvis, et oleks mingi keskkond, mingi aine, mis neid laineid edasi kannab, lihtsamini — mis lainetaks.

Valgusnähte seletamise lihtsustamiseks loodi vägagi kunstlikult oletus imepäraste omadustega n. n. valguse või maailmaruumi eetrist, mis täidaks kogu maailmaruumi ja mille lainetamine olekski tajutav valgusena. See eeter peaks olema mitmete üksteisele vastu käivate omadustega. Näit. peaks ta olema kaugelt elastsem (vetruvam) kui kõvim teras ja sealjuures hõredam kui õhk, s. o. pea ilma kaaluta.

Et ka mingisuguste katsetega pole võimalik maailmaruumi eetri olemasolu näidata, siis on sellest üldse loobutud. See oli seda kergem, et tänu kuulsate füüsikute Faraday ja Maxwell'i töödele võimalik on kõiki valgusnähteid seletada n. n. elektromagnetilise välja nähete abil.

Elektromagnetiline laine.

Iga elektrilaeng avaldab mõju oma ümbruses olevaile teistele laenguile. Ta püüab neid näit. kas enese

poole tõmmata või eemale tõugata. Kogu mõju ulatuse piirkond kannab elektrivälja nimetust. Samuti magnetipooluse mõjupiirkond on magnetiväli. Elektrilaengu või magnetipooluse muutusele järgneb loomulikult ka seda ümbritseva elektri- resp. ¹⁾ magnetivälja muutumine. Möödunud sajandi keskpaigani arvati, et see välja muutus toimub üheaegselt kogu ruumis ja ei vaja aega ruumi ületamiseks. Faraday aga tõendas, et tungid, mis lähtuvad elektrilaengust või magnetipoolusest, tarvitavad aega kaugele jõudmiseks, s. o. elektri- ja magnetiväli levivad teatud lõpliku kiirusega ruumis igale poole.

Elektri- ja magnetivälja muudatused ei esine aga millalgi üksikult. Elektrilaengu muudatus tekitab elektrivälja muudatuse. Laengu muudatus sünnib aga ainult siis, kui elekter voolab ja voolu tagajärg on magnetiväli. Magnetivälja muudatused omakord mõjuvad kõigile välja piirkonnas asuvaile elektrilaenguile. Nii oli Maxwell'il täielik õigus sääraseid muutlikke välje kokku võtta ühise nime all — **e l e k t r o m a g n e t i l i n e v ä l i**. Maxwell koostas ka elektromagnetilise välja tekkimise ja levimise seadused (aastal 1865). Aluseks oli tal oletus, et elektromagnetilise välja muudatused levivad ruumis valguse kiirusega. Valguse kiirus oli sel ajal juba määratud niivõrd hästi astronoomilistest vaatlustest (Olaf Römer 1675. a.), kui ka katseliselt (Fizeau 1849. a.). See kiirus on väga suur — 300 000 km ühes sekundis. Kui elektrilaeng muutub perioodiliselt, korduvalt, siis peab välja muudatuste lõpliku levimise kiiruse tõttu

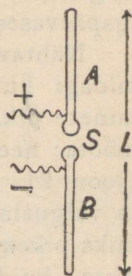
¹⁾ resp. — lühend sõnast respective, s. o. vastavalt esitatud teisele juhule, s. o. siin magnetipooluse muutumisele.

laengu ümber tekkima elektromagnetiline lainetus. Tõepoolest, kui laeng muutub olekust 1, siis välja muudatus jõuab levida teatud kauguseni ajaks, mil laeng jõuab olekusse 2 ja muudatus seisma jääb. Edasi laeng muutub tagasi olekusse 1, ning välja muudatus, juba vastupidises kujud eelmisele, levib jällegi teatud kauguseni. Esimene välja muudatus, nii-öelda esimene laine hari, aga liigub ka sellel ajal endise kiirusega edasi. Sama mäng kordub nüüd uuesti otsast — uued välja muudatused tekivad laengust ja jälgivad eelmisi ruumis edasitõttavaid laineid. Teades lainete levimise kiirust c ($= 300\,000$ km/sek.) ja ühes sekundis tekkinud lainete arvu ehk n . n. välja muutumise sagedust ν , võime määrata lainepikkuse λ . See on ju kaugus, milleni esimene välja muudatus jõudis levida, kui uus samakujuline muudatus parajasti algab. Matemaatilisel kujul oleks see: $\lambda = c/\nu$.

1886. aastal õnnestuski Heinrich Hertz'il sääraste elektromagnetiliste lainete olemasolu katseliselt tõestada ja neid umbes $\frac{1}{2}$ -meetrilise lainepikkusega tekitadagi ning lähemalt nende omadustega tutvuda. Juba Maxwell oletas, et meile silmaga nähtav valgus pole muud kui elektromagnetiline lainetus. Hertz'i katsed kinnitasid seda suurel määral, sest kunstlikult tekitatud pikad elektromagnetilised lained olid täpselt samade omadustega nagu valgus. Nad peegeldusid, murdusid ühest ainest teise üleminekul jne. täpselt samade seaduste järgi nagu valguski.

Elektromagnetilise laine tekitamiseks oli tarvis perioodiliselt muutlikku elektrilaengut. Selle tehniline saavutamine on võimalik lihtsal kujul, nagu seda ka Hertz tegi n. n. sirge ostsillaatori ehk dipoli abil. See on lühike metallkepike, keskelt pooleks

lõigatud (joon. 1). Laeme ostsillaatori nii elektriga, et näit. ülemine pool on positiivne ja alumine negatiivne. Küllalt suurte laengute korral ei suuda vahe S enam pingele vastu panna ja elektronid (elektri väikesed osakesed) hüppavad sädemena osalt B üle osale A. Ostsillaatori eneseinduktsiooni tõttu voolab aga rohkem elektrone osale A, kui vaja selleks, et seal positiivset elektrit tasakaalustada, ja tagajärjena on meie ostsillaator ümberpööratult laetud. Nüüd algab mäng otsast — elektronid hüppavad osalt A üle B-le ja laevad ostsillaatori endisel kujul. Nii kestab laengute muutumine — vahetus seni, kuni kogu laengu energia on ära kulutatud. Vastavalt lähtuvad ostsillaatorist ka elektromagnetilised lained ja levivad valguse kiirusega ruumis. Säärase elektrivõnkumise sagedus on ostsillaatori suurusel. Mida suurem ostsillaator, seda aeglasem võnkumine ja seega pikem laine. Ligikaudse ettekujutuse saame lainepikkusest, teades, et lineaarse ostsillaatori puhul laine pikkus on umbes kaks korda suurem ostsillaatori pikkusest ($\lambda = 2 l$). Muidugi võib ostsillaatori kuju olla ka väga mitmesugune ja keerukas. Elektrilaengu võnkumistega ostsillaatoris ehk n. n. võnkeahelas on katseliselt saavutatud lainepikkusi praktiliselt lõpmata pikkadest (tuhanded ja miljonid km) mõne sajandiku millimeetrini. Öeldakse: elektrilainete spekter ulatub lõpmatusest kuni mõne sajandiku millimeetrini. See vastab võnkesagedustele alla ühe kuni 1.10^{13} (s. o. 1 kolmeteistkümnenda nulliga) võnkeni sekundis. Ühest cm lühemate lainete tekitamine valmistab kaua suuri raskusi,



Joon. 1.
Lineaarne
ostsillaator.

sest see nõuab väga väikest ostsillaatorit. Õnnestus see alles mõne aasta eest.

Kasustatakse sääraselt tekitatud n. n. pikki elektromagnetilisi laineid pikkusega $\lambda = 30\text{--}30\,000$ meetrit igapäevases raadiotehnikas.

Nähtav valgus ei olnud Maxwelli järgi muud midagi kui ka elektromagnetiline lainetus. Valguslainete pikkust on aga võimalik optilisel teel täpselt mõõta: need lained on $0,0004\text{--}0,0008$ mm pikkused (joon. 2). Puudub otsene side pikkade elektrilainete ja valguslainete vahel. Nähtava valguse spektri jätkuks pikemate lainete poole on aga silmale küll nägemata, kuid muidu täiesti jälgitavad ja mõõdetavad n. n. soojuslained, mida on jälgitud $0,0008\text{--}0,3$ mm pikkusteni. Siin osa $0,02\text{--}0,3$ mm lainepikkuse poolest langeb ühte elektriliste lainetega. Kuna ka nende omadused on täiesti ühed ja samad, siis on ka siin katseline tõendus selle kohta, et valgus pole muud midagi kui elektromagnetiline lainetus.

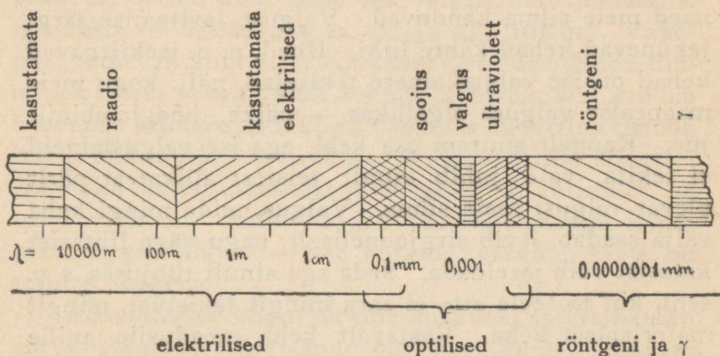
Milline on aga ostsillaator valguse puhul?

Kui $\lambda = 0,0006$ mm (kollane valgus), siis võngete arv sekundis peab olema $\nu = \frac{c}{\lambda} = 5 \cdot 10^{14}$ (s. o. arv 14 nulliga). Nii kiirelt võib võnkuda ainult väga väike osake.

Nagu teame, koosneb kogu meile tuntud aine, materia, väga väikestest osakestest — aatomitest ning nende kogudest — molekulidest. Need omakorda on moodustatud elektrilaenguist ja säärased väikesed laetud osakesed suudavadki küllalt kiiresti võnkuda ning tekitavad soojuslaineid. Aatomi ehitusosad — elektronid aga võivad võnkuda ka aatomi sees ja tekitavad nii valguslaineid.

Edasi minnes nähtava valguse spektrist veel lühe-

mate lainete poole, on n. n. ultravioletses osas optiliste abinõudega võimalik jälgida kiirgust kuni 0,0000136 mm lainepikkusega. Neile järgnevad röntgenikiired, milliseid on tekitatud 0,00005—0,00000001 mm pik-



Joon. 2. Elektromagnetiliste lainete spekter.

kuste lainetega. Siin jällegi suur osa — 0,0000136—0,00005 mm kattub ultravioletse valgusega ja ka need kaks isesugustel viisidel saadud kiirgust on sisuliselt üks ja sama. Veel lähemaid laineid esineb n. n. radioaktiivsete kehade γ (gamma)-kiirguses. Joon. 2 on kujutatud kogu elektromagnetiliste lainete spekter. Siit nähtub ka teravalt, kui väga väike osa sellest on meil kasustatav nägemiseks — kõigest üks triljondik kogu nüüdisajal kasustatavast spektri osast.

Ehkki elektromagnetiline lainetus kogu spektri ulatuses oma põhiloomult on üks ja sama nähe, erinevad üksikud spektri osad siiski suuresti omaduste poolest.

Nähtavuse tingimused.

Nägemise võimaldajaks on valgus. Ainult siis võime mingit eset näha, kui see kuidagiviisi saadab välja vastava pikkusega elektromagnetilisi laineid ja need meie silma kanduvad. Valguse levitamise järgi jagunevad kehad kahte liiki. Ühed, n. n. isekiirgavad kehad on ise valguslainete tekitajad, näit. kogu meie maapealse valguse algallikas — päike, hõõglambiniit jne. Kaugelt suurem osa kehi aga ise valguslaineid ei tekita, vaid juhib ainult teistest allikatest pärit olevat valgust meie silma. Valgus, mida mingi keha välja saadab, levib sirgjooneliselt, nagu väga lihtsaist katseist võib järeldada. Seda aga ainult tühjuses, s. o. seni, kui ta teele ette ei satu mingit takistust, mingit materiaalist keha. Vastavalt keha omadusile, mille vastu valgus pörkab, võib ta tagasi heituda — p e e g e l d u d a, keha läbi da või kehas kinnipüütuna n e e l d u d a. Enamail juhtudel esinevad kõik kolm nähet korraga — üks suuremal, teine vähemal määral.

Peegeldumisest rääkides tekib kohe kujutelm peeglist, mis täiesti sile ja mida ennast me tihti ei märkagi, vaid näeme ainult seal peegelduvaid esemete kujutisi. Kaugelt enam jagu esemeid pole aga nii siledad (optiliselt), et peegeldumine sünniks nii korrapäraselt kogu peegelduva keha pinnast, vaid peegeldumine toimub ebahühtlaselt, igas suunas valgust hajutades. See hajunud ehk difuusne valgus, sattudes meie silma, võimaldabki näha esemete kuju, olgu see siis kuu või tükk paberit.

Silm ei piirdu ainult keha kuju tajumisega, vaid eraldab kehi veel enam — me näeme asju värvilistena. Millest on see tingitud?

Nähtava valguse spekter ulatus 0,0004—0,0008 mm

lainepikkuseni. Tähendab — terve rida mitmesuguse pikkusega elektromagnetilisi laineid mõjub silmale ja siin ongi peidus värvide saladus. Erinevate pikkustega lained mõjuvad silmale ka eriliselt. Nii näit. pikkade, 0,0008 mm, lainetega valgus näib punasena, lühikeste — 0,0004 mm lainetega aga lillana. Vahepeal esinevad kõik n. n. vikerkaare värvid. Kuna üleminek ühest värvist teise toimub pidevalt, siis suudab keskmise inimese silm kogu nähtavas spektris eristada üldse umbes 120 värvitooni. See arv sõltub suuresti iga isiku individuaalseist omadusist ja võib olla ka palju väiksem. Päike saadab meieni igasugu lainepikkustega valgust — see kõikide värvide segu on tajutav valgena.

Kõrvaldades kogu värvide spektrist mõne üksiku värvi ja juhtides ülejäänud osa koos silma, näib see jälle värvilisena. Näit. kõrvaldades spektrist punase osa, näib ülejäänud osa meil n. n. täiendusvärvis, praegusel juhul rohelisena jne.

Päikese või lambi valge (kõiki värve sisaldav) valgus, langedes mingile esemele, võib sellelt peegelduda või seal neelduda. Peegelduvad kõik kiired ühetugevuselt tagasi, siis ese näib meile valgena. Neeldub aga kogu spekter, siis ese näib mustana, s. o. valgust polegi. Et aga peegeldumine ja neeldumine (absorbeerumine) enamasti toimuvad korruga ja seejuures ainult osaliselt, siis ongi siin esemete värvide põhjus. Neelab keha rohelise osa spektrist ja peegeldab ülejäänud, siis näib ta meile punasena, neelab kollase, siis sinine jne.

Kuigi valgus on olemas, kas on siiski alati nägemine võimalik? Sugugi mitte. Ka silm, nagu kõik inimese meeleanalüüsi organid, on piiratud võimetega. Esimeseks tingimuseks on, et mõjuv valgus oleks küllalt tugev, s. o.

et keha oleks küllaldaselt, kuid mitte liiga heledalt valgustatud. Siin on silma kohanemisvõime üsna suur. Puhanud silm näeb esemeid, millel valgustus kõigest sajatuhandik Lux'i ¹⁾ näit. hämaral sügisööl, kuna täiel päikesepaistel, kus valgustus ulatub 50 000 Lux'ini, ja ka veel palju heledamas valguses nägemine on hästi võimalik.

Ei jätku aga üksi küllaldasest valguse tugevusest, vaid valgus peab vähimalt ka teatava aja mõjuma silmale, et nägemine toimuks. See aeg on üldiselt väga lühike, kuid oleneb täielikult valguse tugevusest.

Mida heledamini mingi ese on valgustatud, seda lühemat aega on vaja, et ta nähtavaks saaks. Näiteks võib väga hästi näha maastikku öösel välgu valgusel, ehkki siin valguse sähvatus kestab vähem kui tuhandik sekundit. Võib aga päise päeva ajal jääda nägematuks isegi kiiresti visatud kivi, mis silma nägemispiiris viibib ehk tervelt $\frac{1}{10}$ sek. Siin on mõõduandev õieti valguse hulk, mis silma sattudes nägemisnärvidele mõjub. Valguse hulk on aga võrdeline valguse tugevuse ja mõjumise aja korrutisega.

Päevapildistusega tegelejaile on see asjaolu tuttav — mida nõrgem on valgus, seda kauem peab plaati pildistamisel valgustama. Füsioloogide poolt toimetatud otsestest katsetest võib järeldada, et küllalt suure heleduse korral (näit. elektrikaarlamp) piisab koguni $\frac{1}{100\,000}$ sekundist, et silm näeks õieti kuju kui ka heleduse vahesid.

Iseenesest mõistetavana seltsib neile tingimustele veel kolmas — kujutis, mis esemest tekib silmas, peab olema küllalt suur. Kujutise suurus oleneb omakorda

¹⁾ Lux on valgustuse mõõtühik. Ta on valgustuse tugevus, mille annab 1 normaalküünal 1 meetri kaugusel.

esiteks eseme enese suurusest — mida suurem see on, seda suurem ka kujutis, ja teiseks eseme kaugusest — kaugel olevad esemed näivad meile väikestena. Lihtsuse mõttes tarvitatakse siin n. n. vaatenurga mõistet, s. o. nurk, mida moodustavad eseme äärtest silma tõmmatud jooned omavahel. Väikesim vaatenurk on umbes 1' (1 nurgaminut). See tähendab, et 1-meetriline ese on veel umbes $3\frac{1}{2}$ kilomeetri kaugusel märgatav. Ka see vähima vaatenurga suurus oleneb väga suurel määral valgustuse tugevusest ja võib olla seda väiksem, mida tugevam on valgustus. Näiteks taevatähed on nähtavad, ehkki nende vaatenurk on äärmiselt väike, vast kõigest 1 miljondik minutit, kuid nende heledus võimaldab seda.

Kaugenägemise probleem üldiselt.

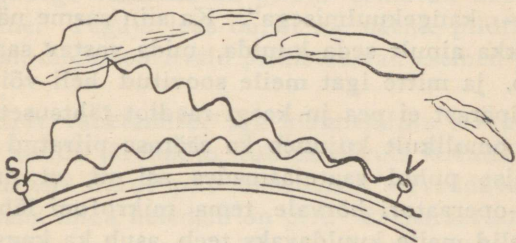
Olles käsitanud seni otsesest nägemist, katsume selgusele jõuda küsimuses: mis on kaugenägemine? Milline on probleem, millele lahendust otsime? Sõna „kaugenägemine“ manab meis esile kujutelma olukor-
rast, kus, istudes näit. oma kodus mugavasti, võime näha oma soovi kohaselt sündmusi ja kohti, mis asuvad meist hoopis kaugel. Olgu see kas või tänava-
liikumine New-Yorgis, laulupidu Tallinnas, metsloomade elu Aafrika džunglis, päikese loojangu värvidemäng mäestiku ligipäästamatuil tippudel või koguni perekondlik idüll Londoni kodaniku korteris. Säärane probleemi seade, mis muide on küll kõige arusaadavam, täiuslikem ja ka unistuslikem, on, lühidalt öeldult, praeguse teaduste arengu juures nüüd ja ka vist kaugemas tulevikus võimatu. Peame tahes või tahtmata probleemi ulatust piirama.

Loomulikult kerkib küsimus, kas ei saa kauge-

nägemiseks kasustada sama valgust, seda kindlate lainepikkustega elektromagnetilist kiirgust, mis hari-likkugi nägemist võimaldab. Teame, et suurte pikksilmadega — teleskoopidega — võib näha väga kaugeid esemeid, näit. taevatähti. Kas ei lase pikksilm end rakendada ka maapealsete asjade vaatluseks? Väga piiratud ulatuses küll. Esiteks on pikksilma suurendusvõimel piirid kasustada oleva materjali (klaasi) n.-ö. teralise (molekulaarse) struktuuri ning valguslainete küllaltki suure pikkuse tõttu, ja teiseks ning peamiseks põhjuseks on valguskiirte põhiomadus, et nad levivad ainult sirgjooneliselt. Maapind pole aga mitte tasane. Jättes kõrvale mäed, orud, metsad, ehitised, mis juba väga lähedasel ulatusel optilist nägemist võivad takistada, peab arvestama seda, et Maa on ju kerakujuline. Suuremal kaugusel takistab vaadet maapinna kumerus. Seega kaugenägemine optilisel teel lahendab meie probleemi piiratud ulatuses ja ainult väikestel, mõnekilomeetrilistel kaugustel. On tarvis leida kujutise, pildi edasikandjaks säärane vahend, millele ei oleks levimisel takistuseks maapinna kaju. Pöördume otsinguil valguse lähemate sugulaste — elektromagnetilise lainetuse spektri teiste osade juurde. Kiirgused, mille lained lühemad kui valgusel, s. o. ultraviolet-, röntgeni- ja γ -kiirgused, levivad samuti sirgjooneliselt, ja teiseks neelab, absorbeerib neid juba õhk nii tugevalt, et need spektri osad meile lahendust ei anna. Samuti sirgjoonse levimise tõttu langevad välja soojuskiired. Jäävad üle ainult n. n. pikad elektromagnetilised lained. Ka neist eraldame lühema, kuni mõnemeetrilise lainepikkusega, osa. Lained aga, mille pikkus mõõdetav meetritega, levivad juba teisiti. Põhiolemuselt levivad ka need sirgjooneliselt, kuid esineb ka teine kaju

— nimelt osa laineid jälgib maakera pinda kõigi tema kumeruse ja konarustega. Teiseks, see osa laineid, mis levis sirgjooneliselt, peegeldub mitmesugusel kõrgusel (näit. mõnikümmend km) asuvaist juhtivaist õhukihtidest ja satub nii uuesti tagasi maapinnale (joon. 3).

Kuna 10—30 000-meetriliste elektromagnetiliste lainete tekitamine, üle kogu maakera levitamine ja uuesti kinnipüüdmise tänu raadiotehnika viimase aastakümne arengule on tänapäeval täiesti võimalik,



Joon. 3. Elektromagnetiliste lainete levimine.

siis asume kaugenägemise probleemi lahendamaks, võttes aluseks pildi edasikandjana sääraseid elektromagnetilisi laineid, ja nimetame neid edaspidi, nende tänapäevase tarvitamise otstarvet silmas pidades, lühiduse mõttes, lihtsalt raadiolaineteks. Seda enam on õigus loota raadiolainetele, et need lained tungivad läbi paljudest kehist, mis nähtavale valgusele on täiesti läbipaistmatud. Nii on kõik n. n. isolaatorid, s. o. elektrit mittejuhtivad ained, nagu puu, riie, paber, õhk, neile kiirtele täiesti läbipaistvad, nagu valgusele klaas. Ainult elektrit juhtivad ained (metallid, merevesi) on neile kiirtele läbipaistmatud, s. o. neelavad pikki elektromagnetilisi laineid, ja säärase

juhtivate ainetega saame end kaitsta nende kiirte eest. Ka elektrivool on säärane energia liik, mida võimalik on juhtida näit. traatide abil sinna, kuhu tarvilik. Seepärast on mõeldav ka kaugenägemise võimaldamiseks rakendada elektrivoolu, millist võimalust esimeste kaugenägemise katsete juures tarvitatigi.

Ka juhul, kui jääme elektrilise kaugenägemise juurde, peame kohe loobuma võimalusest näha seda, mida ise soovime, ja piirduma sellega, mida võimaldab meile näha mingi vastav „saatejaam“. Täiesti analoogiliselt sellega, mis toimub praegu helide ülekandmisega — „kaugekuulmisega“. Ka siin saame näit. raadios ikka ainult seda kuulda, mida vastav saatejaam saadab, ja mitte igat meile soovitud heli või kõnet. Sellegipärast ei pea ju keegi raadiot tähtsusetuks.

Loomulikult kujuneb ka säärase piiratud kaugenägemise puhul saatejaamades asi nii, et praeguse raadio-operaatori kõrvale tema mikrofoni lähedusse, mis helid meile kuuldavaks teeb, asub ka kaugenägemise operaator ja oma aparadi objektiiviga püüab kinni kõik nägemisväärilised sündmused ja levitab need siis üle maakera ühes praegugi juba levitatavate helidega.

Oluline vahe pildi ja otsese nägemise vahel on see, et pilt kujutab meile ainult üht momenti, kuna otsesel vaatlusel näeme ka tegevust ja liikumist.

See pildi puudulikkus on aga kõrvaldatav, kui kasustada ühe pildi asemel neid terve rida, nagu see igäihele tuntud on kinost. Võimaldub see silma, võiks öelda, puudulikkuse osava ärakasustamisega. Nägime ju varemalt, et silm tabab ka väga lühikese kestusega sündmusi. Jätkub isegi $1/100\,000$ -sekundilisest valguslainete mõjust silma närvidele, et esile kutsuda nägemistajumist. Teame aga ka, et see nägemis-

tajumus kestab silmas veel pärast valguse kustumist $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{7}$ sekundit. Säärane silma järelmõju võimaldabki n. n. elavate piltide tekitamise. Pildistame vaadeldava sündmuse iga kümnendiku sekundi tagant. Vaatleme esimest pilti ja kõrvaldame ta kiiresti. Pildi kujutis jääb silma püsima $\frac{1}{10}$ sekundiks. Enne kui see järelmõju kaob, asendame esimese pildi teisega — selle kujutis püsib järelmõjuna jällegi $\frac{1}{10}$ sek., millise aja vältel asendame pildi kolmandaga jne. Kujutis silmas ei saa üldse kaduda ja üleminek ühelt pildilt teisele toimub pidevalt, seda enam et nii väikeste vaheaegadega valmistatud pildid erinevad üksteisest väga vähe. Tagajärjeks on, et me näeme pildil samu liikumisi, mida sooritasid pildistatavad esemed pildistamisel.

Piltide vahetamisel iga kümnendiku sekundi tagant ei suuda järelmõju küll täielikult kaduda, kuid kogumuljena liikuv pilt näib siiski virvendavana, ja seda enam, mida heledam on pilt. Seepärast toimetatakse piltide vahetamist näit. kinodes 25 korda sekundis, et võimalikult ka kiiremini toimuvate liigutuste korral sarnasus originaaliga jääks alale. Muide ka otsesel vaatlusel silm ei suuda eraldada liikumisi, mis korduvad sagedamini kui 10 korda sekundis ja seda jällegi järelmõju tõttu. Nii et ka kiirete liigutuste edasiandmise loomulikkuse saavutamiseks pole tarvilik piltide vahetuste arvu suurendamine. Nii saame elava pildi ehk kino põhimõttel jällegi sammukese lihtsustada kaugenägemise probleemi: kaugenägemine on teostatav, kui läheb korda üle anda nähasoovitavat pilti vähemalt $\frac{1}{10}$ sek. jooksul. Ka pildi saamine välismaailmast ei tee mingit raskust. Igaüks on ju näinud, kuidas läätsede abil saadakse ekraanile või tuhmklaasile esemeist pilt,

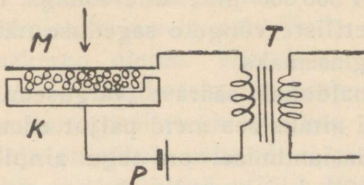
mis on täiesti loomutruu nii kuju kui värvide poolest. Pilti võib saada igas soovitavas suuruses ja seda taas nähtavaks teha teiste läätsete abil jällegi igas soovitavas suuruses.

Elektriline kaugenägemine.

Pealiskaudsel vaatlemisel näib kaugenägemiseks tarviliku piltide elektrilise edasiandmise ning helide, s. o. kõne ja muusika, elektrilise ülekande — telefoni ja raadio vahel, väga suur sarnasus valitsevat. On ju esimesel juhul tegemist valguslainete elektrilise ülekandega, teisel aga heli, s. o. õhulainete ülekandega. Ühesugune probleemi lahendamine mõlemal juhul osutub aga võimatuks ülekantavate lainete põhiolemusliku erinevuse tõttu. Saatejaamas tuleb ühel juhul valguslained muuta elektri- ehk raadiolaineteks, teisel juhul aga tuleb muuta helilained. Et aga nii elektri- kui ka raadiolaineid võimalik pole kõrvaga kuulda ega silmaga näha, siis on tarvis vastuvõtjas need uuesti muundada valguse- või helilaineteks.

Helide alal on säärane muundamine väga lihtsal kujul lahendatud tänu Bell'i ja Edison'i leiutistele. Heli ise ei ole muud kui teatav õhulainetamine. Seda, nagu igat teistki lainetust iseloomustavad laine pikkus ja laine amplituud ehk tugevus. Laine pikkuse asemel on mõnusam tarvitada võnkesagedust, s. o. arvu, mis näitab, mitu lainet tekib ühes sekundis. Helilainete elektrilaineteks muundamine toimub n. n. m i k r o f o n i abil, mis põhimõtteliselt koosneb (joon. 4) kahest söe- või metallplaadist K ja M, mille vahel asuvad lahtiselt söeterakesed. Plaadid on ühendatud transformaatore T primaarmähise ja patareiga P. Säärases lülituses läbib mikrofoni ja transformaatorit püsiv elektrivool, mille tugevuse määrab peamiselt söeterakeste takistus. Satuvad aga õhemale söeplaadile M helilained, siis panevad need selle n. n. membraani samuti võnkuma ning avaldavad seega söeterakestele perioodiliselt survet. Surve muutumisega muutub aga söepuru takistus ja seega ka mikrofoni läbiva voolu

tugevus. Kui mikrofonile langeb näit. helilaine, mille sagedus on 300, siis voolutugevuse kasvamine ja kahanemine mikrofonis toimub samuti 300 korda sekundis, mis transformaatori sekundaarmähises tekitab aga puhtakujulise vahelduva voolu 300 perioodiga, mida võime traati mööda edasi saata. See vahelduv-vool ei vasta mitte ainult sagedu-



Joon. 4. Mikrofon.

selt helilainetele, vaid ka laine kujult, s. o. tugevale helile — tugev vool, nõrgale — nõrk. Nii muudab mikrofon õhuvõnked otseselt samase sagedusega elektrivõngeteks. Kõrv kuuleb praktiliselt õhuvõnkeid, mille sagedus 50—10 000 (kuuldavuse piir 16—20 000). Kui mitme sagedusega helid korraga esinevad (näit. koorilaul), siis üksikud õhuvõnked liituvad ning helilaine omandab õige keerulise kuju. Mikrofon muudab aga ka selle täpselt samakujuliseks vahelduvaks vooluks.

Valguse jaoks säärase mikrofoni valmistamine pole võimalik. Võtame näit. punakaskollase valguse lainepikkusega $6/10\,000$ mm. Selle võnkesagedus on: $\nu = \frac{c}{\lambda} = 5 \cdot 10^{14}$, s. o. 500 biljonit ühes sekundis. Kui õnnestukski säärast valgusevõnkumist muuta elektrivõnkumiseks, siis saaksime vahelduva voolu, mille sagedus oleks samuti 500 biljonit, ning see avaldub meile mitte tõelise elektrivooluna, vaid jällegi endise valgusena. Ka tehniliselt on säärane muundamine läbiviimatu.

Raadiolained, millele tahame rajada kaugenägemist, on ümmarguselt 10—1000 meetri pikkused, s. o. nende sagedus on 30 000 000—300 000. Nähtava valguse sagedus aga on 750—375 biljonit.

Kasustatav oleks vaid säärane valguse „mikrofon“, mis muudaks näit. valgusevõnked sagedusega 375 biljonit elektrivõngeteks sagedusega 3 750 000; valguse, sagedusega 750 biljonit, elektrivõngeteks sagedusega 7 500 000 jne., ühe sõnaga, mis muudaks elektromagnetiliste võngete sageduse näit. 100 miljonit korda aeglasemaks.

Kui võimaldukski säärase „valgusemikrofoni“ valmistamine, ei aitaks see meid paljut edasi.

Hääle edasiandmisel on tegu ainult ühe helilainega, ükskõik kui keerulise kujuga see ongi. Igal momendil on seega ainult ühe teatava heli ehk muundatult ühe kindla voolutugevusega tegemist, millised ainult ajaliselt üksteisele järgnevad. Pildi korral on lugu hoopis teine. — Pildil on oma teatav ruumiline ulatus — me näeme korraga kõiki pildi osi, mis erinevad üksteisest värvuselt ja heleduselt. Muidugi on igal osal oma kindel asukoht teiste osakeste suhtes.

Vaadeldes ühtainust pildi osakest, näeme, et selle edasiandmine võiks toimuda samaselt, nagu toimitakse heliga. Sedagi ainult juhul, kui oleks leiutatud viimatikirjeldatud „valgusemikrofon“.

Peab leidma mingid täiesti uued põhimõtted. Värvide edasiandmisest loobume vastava „valgusemikrofoni“ puudumisel esialgu täiesti. Piirdume seega ainult piltidega, mille üksikosakesed erinevad üksteisest ainult heleduselt, näit. päevapildid.

Kuna pilti tervikuna pole võimalik muuta elektrivõngeteks, siis nagu iseenesest kerkib mõte, seda toimetada üksikute pildiosakeste kaupa. Kui säärased pildiosakesed on küllalt väikesed, siis nad erinevad ju ainult heleduselt üksteisest ja nende elektrivooluks muundamine peaks toimuma nii, et igale heledusele

vastab teatud kindel voolutugevus. Näit. päris mustale — voolutugevus null, pisut heledamale — nõrk vool jne., kuni ikka heledamale osakesele vastaks ikka tugevam vool.

Enne kui vaadelda, kuidas läbi viia säärast osade kaupa muundamist, vaja selgusele jõuda, millised peavad need osakesed olema. Nimelt — kui suured? Pildi osakesteks — üksikuteks täppideks — jagamine on juba kaua tarvilusel trükitehnikas. Natukenegi terasem vaatleja on tähele pannud, et pea kõigis raamatuis, ajalehis jne. trükitud pildid koosnevad enamikus pisikestest täpiketest — see on n. n. autotüüpia. Osakesteks jagamist on lihtsam nii toimetada, et jagame pildi rõht- ja püstjoonekeste abil ruudukesteks. Pildi headus ja teravus olenevad muidugi ruudukeste suurusest: mida vähemad ruudukesed, seda parem ja selgem pilt. Liiga kaugele pole aga mõtet jagamisega minna, sest silma nägemisteravusel on ka piir. Vähim silmaga märgatav vaatenurk oli umbes 1'. See tähendab, et 25 cm kaugusel (s. o. kaugus, mil hoitakse harilikult raamatut lugemisel) silm ei näe vähemaid täppe kui 0,07 mm läbimõõdus. Järelikult pole ka pildi teravuse tõstmiseks mingit mõtet teha ruudukesed väiksemad. Isegi 0,1 mm külgedega ruut on nii väike, et enam jagu inimesi seda üksikult ei näe, vaid täpid hulgana koos näivad juba pideva kujutisena. 25 cm kaugusel suudab silm korraga teravalt näha ainult umbes 10×15 cm suuruse kujutise — see on natuke enam kui postkaardi suurus. Kui pildiosakese suurus igapidi on 0,1 mm, siis iga ruutsentimeeter sisaldab 10 000 osakest ja kogu pilt 1 500 000 osakest. Kui pilt asub kaugemal, siis näeme küll korraga suuremat pinda, kuid siis võivad ka üksikud osakesed olla vastavalt suuremad, ilma et silm neid üksteisest eral-

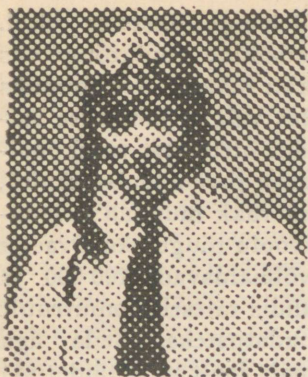
daks. Silm ei suuda üle $1\frac{1}{2}$ miljoni täpikese eraldada, ja see oleks ülim tarvilik osakeste arv teravuse poolest ideaalseima pildi korral. Arv on kohutavalt suur, kuid teda võib palju vähendada, sest silm pole nii väga nõudlik. Paremini jõuab selle üle selgusele katseliselt. Joonistel 5—8 on pildid mitmesuguste suurustega täppidest. Näeme, et isegi pilt, mis koosneb 1 mm^2 suurustest täppidest, on küllalt arusaadav. Siin maksimaalne täppide arv oleks $100 \times 150 = 15\,000$, kuid jätkub ka palju vähemaformaadilisest pildist, nagu see on joonisel 5, kus on ainult 2000 täppi.

Jooniseilt näeme ka, et päris rahuldav on juba pilt $\frac{1}{2}$ mm täppidega ja päris hea 0,3 mm täppidega.

Pildi üksikute täppide ülekanne võib toimuda mitmeti — kas kõik täpid korraga või üksteise järel või ka mõlemad juhud koos — jagades terve pildi osadeks võib üle kanda korraga igast osast ühe täpi.

Kõigi täppide ülekanne korraga nõuab sama palju saate-, ülekande- ja vastuvõtte-mehhanisme kui on pildil täppe. Näit. 20 000-täpilise pildi puhul peab olema 20 000 valgustundlikku rakku, mille abil valgust saaks muuta vastavateks elektrivoolutõugeteks, üleandmine traadi teel nõuab 20 000 traadiühendust ehk üleandmisel raadio kaudu peab kasustada olema 20 000 mitmesugust lainepikkust. Vastuvõtjas — 20 000 abinõu, kas või lambikest, mis voolutõuked muudaks jälle valguseks. Igas süsteemis oleks ühe signaali ülekandmiseks aega $\frac{1}{10}$ sek. või ideaalsel juhul $\frac{1}{25}$ sek., mis on küllaldane nii traadi kui ka raadio teel edasiandmiseks.

Kaugenägemine säärasel kujul o l e k s läbiviidav, kuid määratu traatide ja valgustundlikkude rakkude hulk nõuab nii suurt materjalset kulu, et teeb lahenduse majanduslikult võimatuks. Sellegi pärast on



Joon. 5. 2000 täppi 1 mm läbimõõduga.



Joon 6. 13 000 täppi 0,4 mm läbimõõduga.



Joon. 7. 20 000 täppi 0,3 mm läbimõõduga.



Joon. 8. 70 000 täppi 0,17 mm läbimõõduga.

Ameerikas, kus rahaline külg vähemat osa etendab kui meil, seliesuunalisi katseid tehtud.

Odavama, kuid teoreetiliselt ja tehniliselt raskema

lahenduse lubab täppide ülekanne üksteise järel. Pildi täppide heleduste muundamine voolutõugeteks nõuab vaid ühte valgustundlikku rakku. See toimuks nii, et pildi üksikult täpilt tulev valgus juhatakse valgustundlikule rakule, alates näit. ülemisest vasakpoolsest täpist rida-realt kuni alumise parempoolse täpini, täpp täpi järel. Valgustundlik rakk muudab heledused vastava tugevusega elektrivoolu tõugeteks. Praegu tarvitada olevad vahendid võimaldavad 100 000 ja enam heledusemuudatust sekundis täiesti loomutruult muuta vastavateks voolumuudatusteks. Seda aga ainult ühel eeldusel (mis enamalt jaolt pole täidetud) — et edasiantav pilt oleks küllalt tugevasti valgustatud. See kiirus rahuldab juba teataval määral kaugenägemise nõudeid. 100 000 täppi ühes sekundis võimaldab kaugenägemiseks, s. o. terve pildi ülekandmiseks kasutada oleva $\frac{1}{10}$ sek. jooksul pilti jagada 10 000 täpiks, mis väiksema pildiformaadi puhul annab rahuldavaid tagajärgi (vt. joon. 6). Et siin kiiruse suurendamine ka miljoni täpini sekundis on läbiviidav, pole kahtlust. Ideaalini, kus $1\frac{1}{2}$ miljonit täppi $\frac{1}{25}$ sekundiga, s. o. umbes 35 miljonit täppi sekundis tarvis voolutõugeteks muuta, ei jõua me ka praegu tuntud parimate fotoastikute kaasabil kunagi.

Kolmas juhtum — pildi osadeks jagamine ja kõigi osade samaaegne ülekanne täpphaaval — võiks toimuda nii: koosnegu pilt näit. 200 täpireast, mis annab rahuldava teravuse (0,5 mm täpi läbimõõt), siis võib kõik read üle kanda korraka, alates näit. vasemast reaotsast. Sekundis ülekantavate signaalide arv oleks eelmisest juhust 200 korda väiksem, praegusel juhul 3000—7500 sekundis, mis on teostatav. Võimatuks teeb lahenduse aga iga täpirea jaoks tarvilik iseseisev ülekandesüsteem ühes 200 traadi ehk 200 mitmesuguse

lainepikkusega. Praktiselt kasustamist võiks leida pildi jagamine 3—10 ossa, millega ka saavutatakse 3—10 korda väiksem signaalide arv sekundis ehk sama signaalide arvu korral 3—10 korda suurem pildi täpide arv, s. o. parem pildi teravus.

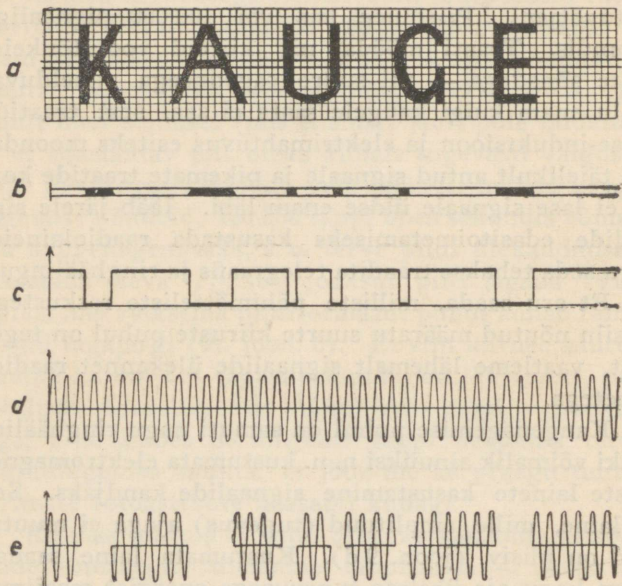
Hoopis raskem kui valguse muutmine elektrivooluks on saadud voolutõugete — signaalide ülekanne vastuvõtjani. Piirdume kas või 100 000 signaaliga sekundis. Traati mööda nii kiireid voolutõukeid, teiste sõnadega — nii suure sagedusega vahelduvat voolu enam kuigi kaugemale saata ei saa, sest traatide enese-induktsioon ja elektrimahtuvus esiteks moondavad täielikult antud signaale ja pikemate traatide korral ei lase signaale üldse enam läbi. Jääb järele signaalide edasitoimetamiseks kasustada raadiolaineid, nagu seda tehakse traadita telegraafis ja ringhäälingus.

Et aru saada, milliste põhimõtteliste raskustega ka siin nõutud määratu suurte kiiruste puhul on tegemist, vaatleme lähemalt signaalide ülekannet raadiolainetega.

Kaugenägemise puhul on samuti nagu ringhäälinguski võimalik ainuüksi n. n. kustumata elektromagnetiliste lainete kasustamine signaalide kandjaks. See on laine, mille amplituud (tugevus) ajaga ei muutu, vaid on püsiv (joon. 9 d). Kustumata laine saadab seega kogu aja ühtlase tugevusega energiat maailma-ruumi. Signaalide andmine on mõeldav kõige lihtsamalt sel teel, et kuidagi mõjustatakse väljakiiratavat energiat hulka, s. o. lainete amplituudi, vastavalt signaalide kujule. Milline on siis signaalide kuju kaugenägemise puhul?

Samuti nagu teadete edasiandmisel telegraafiga ja telefoniga, esinevad ka siin kaks juhtu. Edasiantav kujutis võib olla n. n. must-valge pilt, s. o. säärane

pilt, kus esinevad kas täiesti heledad või täiesti tumedad kohad. Sellised oleksid kiri, trükitud tekst, plaanid jne. Olgu selleks näit. trükitud sõna „kauge“. Jagagem ta täppideks (joon.9a) ja võtkem üks täppide rida (joon. 9 b). Näeme ainult täiesti valgeid ja täiesti musti täppe. Muutes selle riba heledustele vastavaks

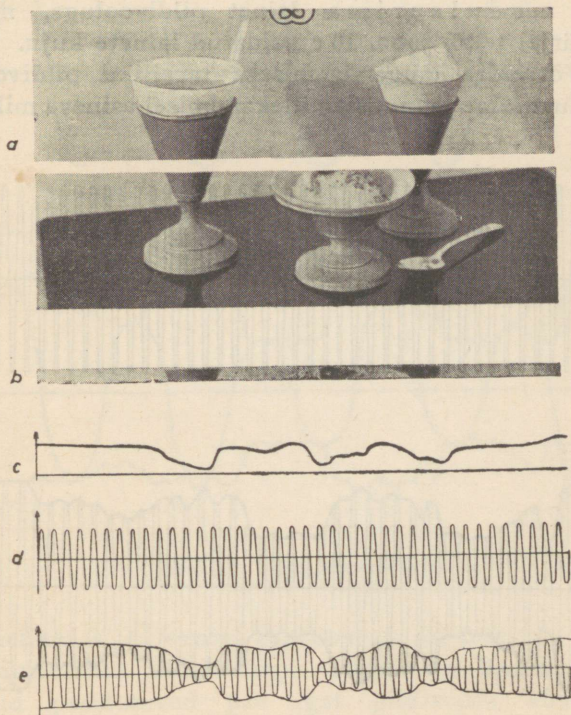


Joon. 9. Must-valge joonise ülekannete kustumata lainega.

elektrivooluks, saame valgete täppide kohal ühtlase tugevusega voolu, kuna mustade kohal vool täiesti puudub (joon. 9 c). Pildivool kujutab nii endast ühtlase tugevusega, kuid mitmesuguse kestusega (vastavalt üksteisele järgnevate valgete täppide arvule) voolutõukeid. See on just sama mis telegrammide

edasiandmisel morse kirjaga. Vastavalt katkelisele pildivoolule peab ka kustumata elektromagnetilist lainet (joon. 9 d) pikemate või lühemate vaheaegade järel katkestama ja taas tekitama, nii et väljakiiratud energia omaks joon. 9 e näidatud kuju.

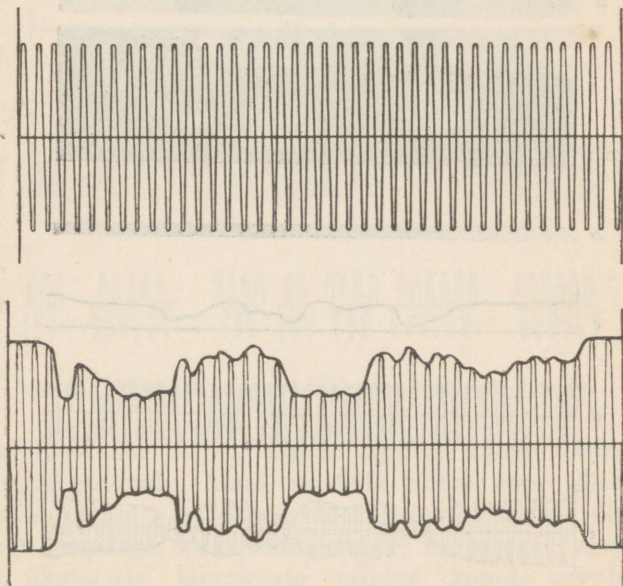
Keerukam on lugu n. n. pooltoon-piltidega (näit. päevapildid), millega kaugenägemises on kõige enam tegemist. Need on pildid, mil esinevad igasugu heledused. Joon. 10 a kujutab sellist pilti ja 10 b sellest



Joon. 10. Pooltoon-pildi ülekanne.

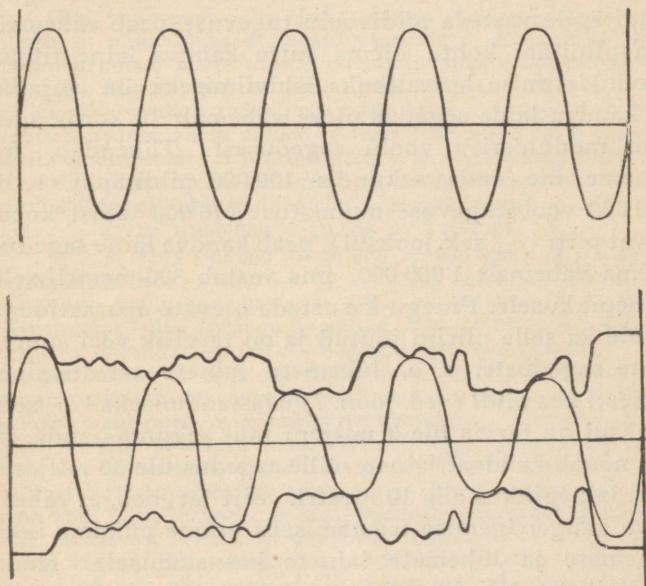
üht täppide rida, milleni ülekandmisega parajasti oleme jõudnud. Vastavalt riba täppide heledustele on ka pildivool iga täpi kohal isetugevune, nii et lõpuks saame joon. 10 c kujulise muutliku tugevusega voolu, mis väga sarnaneb telefoni juures esineva mikrofonivooluga. Voolutugevuse muudatuste maksimaalne arv on siin võrdne täppide arvuga, tegelikult aga vähem, sest sageli esineb mitu üheheledust täppi kõrvuti. Vastavalt pildivoolu tugevuse muudatustele peab piirama väljakiiratavate lainete amplituudi — peab moduleerima lainet pildivooluga, mille tagajärjel tekib joon. 10 e näidatud lainete kuju.

Võrreldes kaugenägemiseks tarviliku pildivoolu sagedust kõne ja muusika ülekandmisel esineva mikro-



Joon. 11. Lühike kandev laine.

fonivoolu sagedusega, näeme, et esimene on kuni 1000 korda suurem. Mikrofonivoolu sagedused praktiliselt piirduvad 30—5000, kuna kaugenägemisel see on mõnikümmend tuhat kuni miljonit. Seega esitab kaugenägemine kasustatava lainepikkuse suhtes hoopis suuremaid nõudeid. Parimini selgub side moduleeriva voolu sageduse ja kasustuskõlbliku lainepikkuse vahel vaadeldes jooniseid 11 ja 12. Esimesel on lühikese-



Joon. 12. Pikk kandev laine.

laineline, s. o. suure sagedusega kustumata laine moduleeritud pildivooluga. Näeme, et kandva laine tipud puudutavad pea igat pildivoolu kõverust, s. o. väljakiiratud energia tugevuse muutus jäljen-

dab täpselt pildivoolu tugevuse muutusi. Kasustades aga pikki laineid (joon. 12) näeme, et selle tipud ainult mõnes üksikus kohas puutuvad moduleeriva voolu kõverat. Väljakiiratud energia tugevus ei kajasta enam pildivoolu õiget kuju. Loomulikult pole siin enam juttugi signaalide õigest tugevusest ja selle tagajärjel pildi asemel lõpuks ilmub mingi udune hall ebamäärane kogu. Et kandva laine tipud saaksid jälgida igat moduleeriva voolu kõverust, s. o. igale pilditäpile vastava pildivoolu tugevust, peab vähemalt iga pilditäpi kohta olema mitu kandva laine tippu. Moduleerimise korralikuks läbiviimiseks on vajalik, et kandva laine sagedus oleks vähemalt 10 korda suurem moduleeriva voolu sagedusest. Tähendab, kui tahame üle anda sekundis 100 000 pilditäppi, s. o. 100 000 voolutugevuse muudatust (10 000 täpist koosnevat pilti $\frac{1}{10}$ sek. jooksul), peab kandva laine sagedus olema vähemalt 1 000 000, mis vastab 300-meetrilisele lainepikkusele. Praegu kasustada olevate aparaatidega ei ole ka selle piirini jõutud ja on tarvilik veel suuremate sageduste, s. o. lühemate lainete tarvitamine. Täiesti hea pildi (vrd. joon. 7) edasiandmiseks $\frac{1}{25}$ sek. jooksul on tarvis üle 3 miljoni täpi sekundis anda, ja see nõuab kandvat lainet, mille sagedus üle 30 miljoni, s. o. lainepikkus alla 10 meetri. Siit järgneb, et rahuldava kaugenägemise teostamiseks peame püüdma ikka lühemate ja lühemate lainete kasustamisele. Kuna lühilainete alal viimastel aastatel väga intensiivselt ja suure eduga on uurimusi toimetatud ja häid tagajärgi saavutatud, siis moduleerimise võimaluste poolest takistusi ei ole kaugenägemise lahendamiseks.

Raskused tekivad aga teisest küljest. Kui kaugenägemine täieliselt teostub, ei lepita ju loomulikult sellega, et tegutseb üksainus või ka ainult mõni üksik

saatejaam. Saatjaid püütakse ehitada võimalikult palju ning igale poole, mis võimaldaks sündmusi igast kohast laiematele hulkadele nähtavaks teha. Tagajärg on see, et jaamad, mille lainepikkused mitte küllalt üksteisest ei erine, vastastikku üksteist segama hakkavad ja enam rahuldavat vastuvõtmist ei võimalda, nagu see ilmneb väga sageli tänapäeva ringhäälinguis muusika ja kõnede levitamisel.

Kui suur peab siis kahe saatja lainesageduste vahe olema, et võimalduks segamatu vastuvõtt? Kustumata laine moduleerimisel mitte ainult ei muutu selle amplituud, vaid kandvale lainele tekivad veel lisaks kaks n. n. kõrvallainet, millest ühe võnkesagedus on kandva laine omast moduleeriva voolu sageduse võrra vähem ja teise oma sama palju suurem. Näit. moduleerides 300-meetrist, s. o. sagedusega 1 000 000 Hertz'i lainet 10 000-perioodilise vooluga (mikrofoni vool ringhäälingus) tekivad kõrvallained sagedusega

$$\lambda_1 = 1\,000\,000 + 10\,000 = 1\,010\,000 \text{ ja}$$

$\lambda_2 = 1\,000\,000 - 10\,000 = 990\,000$, mis vastaks lainepikkusele $\lambda_1 = 297$ — ja $\lambda_2 = 303$ meetrit. Kuna moduleeriva voolu sagedus pole jääv, vaid muutub nulli ja maksimumi vahel (praeguses näites = 0—10 000), siis tekivad igasugu kõrvallained 297- — 303-meetriliste pikkustega. Selles piirkonnas ei tohi olla ühtki teist jaama, et võimalduks segamatu vastuvõtt, sest vastuvõtuks ei piisa ainult kandvast lainest, vaid peab ka kõrvallaineid püüdma. Natuke kergendust on siin võimalik tuua. Nimelt saab saatejaamas kaotada ühe kõrvallainete (näit. kandvast lainest lähemate) riba ja vastuvõtt on võimalik põhilaine ja ülejäänud kõrvallainete riba abil. Siit järgneb, et saatejaamade võnkesagedused peavad üksteisest erinema vähemalt moduleeriva voolu sageduste võrra. Kaugenägemise puhul moduleeriva voolu sagedused on aga väga suured ja seega jaamade lainepikkused peaksid väga palju üksteisest erinema. Näit. sama 300-meetrilise laine puhul 100 000 täpi sekundis edasiandmisel oleks kõrvalriba laius $1\,100\,000 - 1\,000\,000 = 100\,000$ Hertz'i s. o. $300 - 272 = 28$ meetrit. Kogu praegu ringhäälingus kasustatavate lainete piirkonda ($\lambda = 200$ — 2000 meetrit), millele sagedused on $1\,500\,000$ — $150\,000$, mahuks seega sääraseid saatjaid ainult 13, millest ei jätku. Hädast üle aitab ka siin lähemate lainete kasustamine. Lainete piirkonda 10 — 100 meetrini ($\nu = 3\,000\,000$ — $30\,000\,000$) mahuks juba 270

saatjat. Ideaalsel juhul, s. o. üle miljoni täpi sekundis andes, tuleks ka siin ruumipuudus, kuid piirkonda $\lambda = 1-10$ meetrit mahuks ka sääraseid ideaalseid saatjaid paarsada.

Pildivooluga moduleeritud elektromagnetilised lained, kui nad on küllalt tugevad, levivad üle kogu maakera pinna. Kuna, nagu nägime, meil nende otseks tajumiseks meel puudub, peame need lained mingi aparaadiga kinni püüdma ja taas elektrivooluks muutma, mille kuju oleks täpselt sarnane pildivoolu kujuga saatejaamas. See vastuvõtt toimub samade aparaatidega, mis tarvitusel ringhäälingus muusika ja kõnede ülekande korral. Muidugi moodustab äärmisi raskusi säärase vastuvõtja ehitamine, mis ühtlase tugevusega vastu võtaks nii suure lainepiirkonna, kui seda moodustab üks kõrvallainete riba hea kaugenägemise puhul, ja naabersaatjaid sealjuures eraldaks. Arvestades aga viimasel ajal samas suunas tehtud edusamme ringhäälingu alal ja leppides esialgu vähema arvu saatjatega, mis on lainepikkuste poolest nõutud miinimumist enam üksteisest eemale asetatud, võib loota rahuldavat lahendust seda enam, et, kasustades mitut lainepikkust korraga ühe pildi edasiandmisel, langevad vastavalt moduleeriva voolu sagedus ning vastuvõtja ehitamise raskused. Seda küll aparatuuri kulukuse arvel, sest siis on tarvis iga lainepikkuse jaoks oma vastuvõtja osa.

Vastuvõetud pildivoolu, peale tarvilist kõvendamist, on vaja muuta tagasi valguseks heledusega, mis vastaks pildivoolu tugevusele ehk õigem — saadetava pilditäpi heledusele. Siin tekivad jällegi määratu suured raskused nõutava suure kiiruse tõttu. Näit. 100 000 voolutõuget sekundis suudame küll muuta vastava heledusega valguseks, kuid iga täpp saab silmale mõjuda ainult $\frac{1}{100\,000}$ sek. Seepärast peab ta,

et silmale näida küllalt hele, äärmiselt tugevasti valgustatud olema. Olenes ju lühikese kestusega (alla $\frac{1}{15}$ sek.) valguse korral nähtav heledus silma sattunud valguse hulgest, nii et peame küllaldase heleduse saavutamiseks suurte kiiruste korral mõjumis-aja lühiduse tasa tegema suure heledusega. Sellel alal on veel palju teha, ehk küll juba nüüd elektri-kaarlamp ühenduses Kerri astikuga võimaldab kaunis rahuldavaid tagajärgi kuni 1 m² suuruste piltide puhul.

Üksteisele järgnevate õigete heledustega pilditäppidega pole otseselt veel midagi peale hakata. Silm tajub neid ikka ainult seal kohal, kust nad lähtuvad, täpina, ja ei koosta neist ise pilti. Kõrv on seepoolast silmast ees — ta suudab ise ühest keerulise kujuga helist eraldada kõik algtoonid, millest see koosneb. Näit. eraldab kõrv orkestri tekitatud helilaineist kõik pillid üksikult.

Pildi saamiseks peab saavutatud valgustäpid asetama täpselt samas järjekorras täpp-täpilt, rida-realt jällegi üksteise kõrvale, nagu nad asetsesid saatmisel. Tähendab: pildi täppideks jagamine saatejaamas ja uuesti täppidest koostamine vastuvõtjas peab toimuma sünkrooniliselt. See nõuab omajagu keerukaid mehhanisme, kuid on siiski võrdlemisi kergesti teostatav. Pildi taas kokkuseadmisel täppidest, näit. sel teel, et projekttime täpid mingile ekraanile või tuhmklaasile, ei ole vajalik, et need oleksid sama suured, kui olid saatejaamas. Ainult nende asupaik teineteise suhtes pildis peab jääma muutmata. Nii võib vastuvõetavat pilti soovikorral suurendada või vähendada.

Kokkuvõttes on elektrilise kaugenägemise teostamiseks vajalikud järgmised toimingud:

1. Saadetavast sündmusest läätsede abil heita ekraanile või tuhmklaasile pilt.

2. See pilt jagada kindlas järjekorras täppideks, mille arv 2500—1 500 000, ning need täpid „muundada“ nende heledusele vastava tugevusega elektrivooluks. Seda toimetada $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{25}$ sek. jooksul.

3. Saadud n. n. pildivooluga, mille sagedus 25 000—3 750 000 Hertz'i, moduleerida küllalt väikese pikkusega raadiolaine ja see lasta välja kiirata.

4. Moduleeritud laine kinni püüda ja muuta taas „pildivooluks“.

5. Pildivool muuta selle tugevusele vastavalt muutuvaks valguseks.

6. Saadud õige heledusega täppidest uuesti koostada pilt.

Kuidas see kõik läbiviidav on, sellest käesoleva raamatu II ja III osas.

II. Pilditelegraaf.

Kaugenägemise teostamisel tekitab ääretut raskust suure kiiruse nõue. Loobudes sellest ja leppides ainult pildi elektrilise ülekandmisega pikema aja jooksul, näit. 5 minutiga, võib öelda, et probleem on küllaldase täiuslikkusega tänapäeva kohta lahendatud. Juba enne kaugenägemisküsimuse üksikasjalisemat üleskerkimist oli piltide aeglane ülekanne — n. n. pilditelegraaf teataval määral teostatav. Üheksakümend aastat tagasi, 1843. a., on sel alal välja antud esimene patent šotlasele A. Bain'ile. Esimese tõeliselt töötava n. n. kopeertelegraafi ehitas inglane F. C. Bakewell (patent 1848. a.). Alates sest ajast on väga paljud pilditelegraafi küsimusega tegelnud ja väga

mitmesugustele lahendustele jõudnud. Erilist märkimist väärrib Berliini tehnika-ülikooli professor A. Korn, kes palju aastaid pilditelegraafi arendamisel esirinnas on seisnud.

Pilditelegraafi all mõistetakse üldiselt seadeldist, mis võimaldab paberil olevat kirja, joonist või pilti elektriliselt edasi anda, kusjuures vastuvõtjas saadakse sama pilt jällegi paberil. Selleks tänapäeval kasustada olevad aparaadid on väga mitmekesised ja neid kõiki kirjeldada pole mõtet. On seepärast neist välja valitud vaid oma põhimõttelt huvipakkuvad. Pildi üleandmine toimub nende kõikide juures täpptäpi järel, mille võimaldamiseks pilt kinnitatakse silindrile, mida saab pöörlema panna ja mis seejuures ka aeglaselt oma telje suunas edasi nihkub, nii et kõik täpid paigalseisvast kombitsast, mis pildi muudab elektrivoolutõugeteks, mööduvad peent vindijoont mööda.

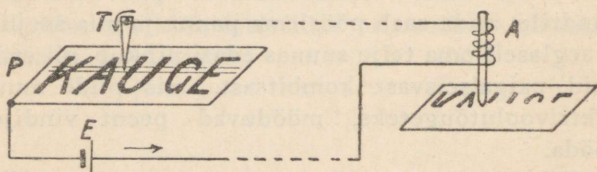
Pilditelegraafe võib jagada kahte rühma. Ühed, mis võimaldavad ainult must-valge piltide edasiandmist, ja teised, mis võimaldavad ka pooltoon-piltide ülekannet. Muidugi kõlbab iga pooltoon-piltide aparaat ka must-valge piltide edasiandmiseks.

Telautograaf.

Must-valge pildi korral üksteisele järgnevad pilditäpid — pildirida — moodustavad lühemate või pikemate vahedega järgnevaid mitmesuguse pikkusega kriipsukesti, nagu nägime joonisel 9 b lk. 30. Sääraste pilditäppide vastavateks elektrivooludeks muundamiseks kasustati pilditelegraafi algpäevist saadik väikest kunstlikku võtet: üleantav kiri või joonis ei tehtud tookord mitte paberile, vaid mingile elektrit juhtivale

alusele, näit. õhukesele tina- või alumiiniumplekile isoleeriva „tindiga“, näit. šellakilahusega.

Ühendame mingi vooluallika E ühe pooluse (joon. 13) kirjakandva plekiga ja teise pooluse läbi aparraadi A metallist teravikuga T . Kui tõmmata selle teravikuga üle pleki, mööda pilditäppide rida, pääseb elekter voolama ainult siis, kui teravik puudutab puhast plekki. Satub ta aga kirjale, ei lase see voolu läbi. Toimub teraviku vedamine mööda pilti ühtlase kiirusega, siis tekivadki, vastavalt valgetele ja mustadele kohtadele, mitmesuguse kestvusega voolutõuked (joon. 9-c), n. n. pildivool.



Joon. 13. Telautograafi põhimõte.

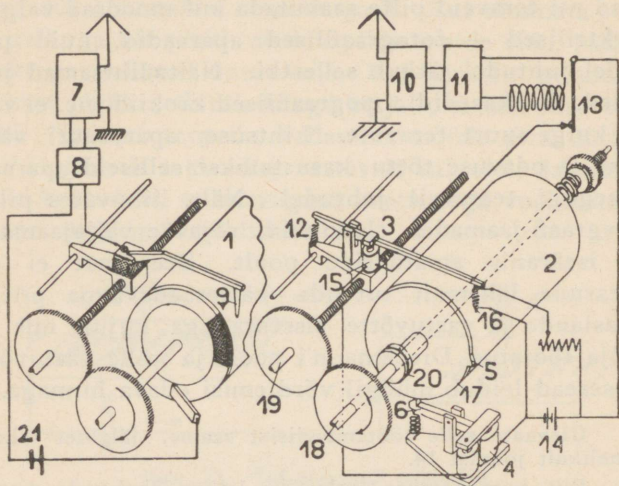
Juhime saadud voolutõuked kas või traate mööda vastuvõtu-aparaati (joon. 13 A). Tõmbame seal näit. pliiatsiga üle paberi rida-realt samas tempos nagu saatjas metallteravikugagi ja mõjume pildivooluga väikese elektromagneti abil pliiatsile nii, et see ainult siis paberit puudutab ja sinna jälgi jätab, kui pildivool puudub, s. o. saadetavas pildis must koht esineb. Nii lõpuks saamegi uue, eelmisega sarnaneva pildi. Pildi muutmisel vooluks ja voolu taasmuutmisel pildiks on ükskõik, kas tõmmata teravikuga (pliiatsiga) üle pildi (paberi) või nihutada sama palju pilti (paberit) paigalseisva teraviku (pliiatsi) all. Säärane vastupidine toimimine lihtsustab suuresti täppideksjaga-

mist seega, et võimaldab pilti (paberit) kinnitada pöörlevale silindrile. See ongi Bain'i ja Bakewell'i n. n. kopeertelegraafi ehk telautograafi põhimõte. Loomulikult ei võimalda seesugune primitiivne sissead nii teravaid pilte saavutada kui moodsad valgus-elektrilised — fotograafilised aparaadid, kuid paljudel juhtudel jätkub sellestki. Näit. lihtsamad joonised, ilmakaardid, topograafilised krokiid jne. ei vaja ju kuigi suurt teravust. Lihtsuse, aparatuuri väiksuse ja odavuse tõttu kasustatakse selliseid aparate praegugi teatavil juhtudel. Näit. liikuvates pilditelegraafi-jaamades (lennukid, sõjaväe väljajaamad), ja iseäranis amatööride poolt. Seepärast ei ole ülearune lähemalt tutvuda kättesaadavaima piltide edasiande ja vastuvõtte sisseseaduga kujul, mis on välja töötatud Dieckmann'i poolt ja mille vastuvõtusissesead leidub müügil võrdlemisi odava hinnaga.

Ülevaate selle töötamisviisist saame, jälgides tähelepanelikult joonist 14.

Pilt joonistatakse isoleeriva lakiga õhukesele metalllehekesele ja kinnitatakse ümmargusele metallsilindrile — rullile (1), mis väikese elektrimootori või kellamehhanismi abil pöörlema pannakse. Rulli teljega on hammasrataste abil ühendatud kruvi, mis pöörlemisel nihutab piki rulli edasi pilti puutuvat metallteravikku — kombitsat (9). Nii viisi teravik libiseb mööda vindijoont käies üle kogu pildi pinna. Kui teravik asub pildi lakiga kaetud kohal („mustal“ kohal), siis patarei (21) vool on katkestatud. Satub teravik aga vabale pildilehekese pinnale („valge“ koht), pääseb patarei vool läbi metallsilindri, pildilehe ja teraviku ringi voolama, lülib seega saatejaama (7—8) pikemaks või lühemaks ajaks tööle ja laseb seda ainult oma kestvuse vältel raadiolaineid välja kiirata. Satub kombits uuesti lakiga kaetud „mustale“ kohale, katkeb patareivool ja ühes sellega ka raadiolainete väljakiirgamine. Nii võib säärane pildisaate-aparaat „juhtida“ igat harilikku ringhäälingu saatejaama. Väljakiiratud raadiolained, mis pildivoolu taktis katkestatud ja tekitatud, püütakse kinni — „võetakse vastu“ — hariliku ringhäälingu kuulamiseks määratud raadioaparadiga (10) ning muude-

takse sealsamas pildivoolutõugeteks. Väikese lisakõvenda-
jaga (11) tarviliku määrani kõvendatud pildivoolutõuke-
panevad tööle rele (13) sel viisil, et see iga voolutõuke kor-
ral katkestab patarei (14) voolu ning pildivoolu lõppemisel
selle tagasi ühendab.



Joon. 14. Dieckmann'i telautograaf.

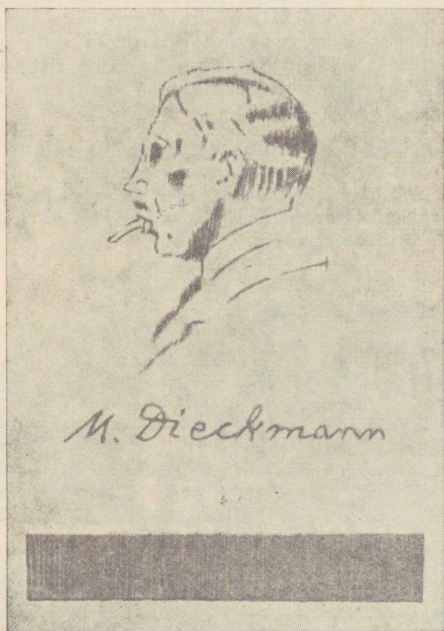
Vastuvõtu-aparaadi peamine osa on täpselt samasugune
kellamehhanismi abil pöörlev rull (2) ja sellega ühendatud
kruvi, nagu saatjaski. Rullile tõmmatakse valge paber ja
sellele eriline söe- või kopeerpaber. Niikaua kui rele (13)
on ühendatud, pääseb patarei (14) vool läbi elektromagneti
(15) ja see surub kangikese (3) abil teraviku (16) vastu
kopeerpaberit nii, et see kirjutuspaberile lühema või pikema
kriipsu jätab, vastavalt sellele, kui kaua rele (13) on ühen-
datud. Läbib aga releepooli vool, siis see katkestab patarei-
voolu. Elektromagnet (15) laseb kangikese (3) vabaks,
vedru (12) tõstab teraviku paberilt ja paber jääb sellelt
kohalt puhtaks.

Saate- ja vastuvõtte-rullid peavad pöörlema täpselt
sünkrooniliselt, s. o. ühesuguse kiirusega, — muidu ei satu
pilditäpid vastuvõtjas paberil õigesse kohta.

Ühe pildi edasiandmisel rullid peavad tegema maksi-

maalselt 400 tiiru, sest iga tiiruga nihkub kombits ja kirjutaja teravik enamasti $\frac{1}{3}$ mm võrra edasi, ja pildi suuruse ülemmääraks on harilikult 13×18 cm. Selle 400 tiiru jooksul ei tohi vastuvõtte-rull saatja-rullist ühteainustki millimeetrit taha jääda ega ette minna. Nii täpselt ühtlase käiguga mehhanisme on väga raske valmistada ja need on seetõttu kallid.

Nõutava täpsuse saavutame aga ka siis, kui saatja eriliste signaalidega mõjustada vastuvõtte-rulli nii, et see iga tiiru a l u s t a b täpselt samal ajal kui saatja-rullgi. Selleks peab vastuvõtte-rull pisut kiiremalt pöörlema kui saatja-rull. Vastuvõtte-rull on aga ühendatud teda pöörlema paneva kellamehhanismiga n. n. libiseva siduri (20) kaudu. Rulli otsas on ketas (17) nokaga (5), mille taha haak (6) kinni jääb ja seega rulli takistab pöörlemast. Haak toetub

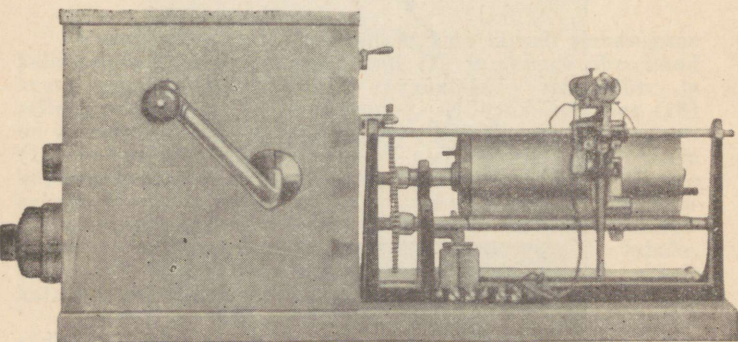


Joon. 15. Telautograafia üleantud pilt.

aga noka taha ainult niikaua, kui relee (13) on ühendatud ja vool pääseb läbi magneti (4).

Niipea kui tuleb saatjast esimene voolutõuge, katkestab see relee (13) ühenduse, magnet (4) laseb haagi vabaks ja rull (2) hakkab pöörlema. See toimub esimese pildirea puhul. Saatjas ei kata aga pilt mitte-tervet rulli, vaid umbes $\frac{1}{5}$ rulli übermöödust jääb tühjaks ja see on isoleerivast ainest, n. n. sünkroniseerimisriba. Kui esimene pildirida on üle kantud, satub saatjas kombits isoleerivale sünkroniseerimisribale. Selle tagajärjel relee (13) ühendab patarei (14) voolu ning magnet (4) tõmbab haagi (6) vastu rulli, kus see noka (5) taha kinni jääb ja seega rulli takistab pöörlemast seni, kui saatja kombits on libisenud üle sünkroniseerimisriba ja järgmise pildirea esimene voolutõuge katkestab relee (13) abil magneti (4) voolu ning vabastab seega rulli noka haagi tagant. Nii algab iga rida täpselt õigel ajal. Kui vastuvõtte-rull ei tiirle üsna ühtlaselt, siis lõpeb rida küll kord veidi varem, kord hiljem, kuid see väga palju enam ei sega, sest ühe tiiru kiirus võib teisest erineda ainult väga vähe. Vastuvõtja ebaühtlane käik on kohe nähtav ühes pildiga ülekantava sünkroniseerimisriba esimese serva kõve-rustena (joon. 15).

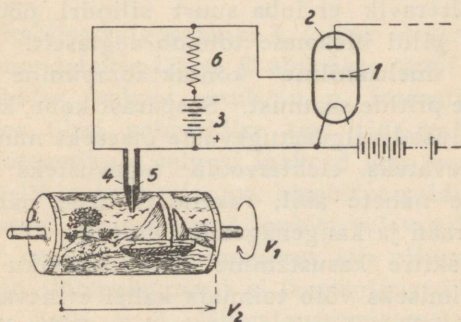
Säärane lihtne sünkroniseerimisseadis töötab väga hästi juhul, kui rulli pöörlemise kiirus pole suur, ainult umbes 20—60 tiiru minutis, ja kasustatakse seda väga mitmesugustes pilditelegraafi-aparaatides. Joonisel 16 on näha säärane Dieckmann'i pildivastuvõtja.



Joon. 16. Dieckmann'i pildivastuvõtja.

Vasakpoolses kastis on lisakõvendaja [joon. 14 (11)] ja rulli pöörlema panev kellamehhanism, mille üleskeeramise vânt esiküljel nähtav. Paremal on näha rull paberi kinnitamiseks ja selle kohal kirjutaja teravik oma elektromagnetiga. Rulli vasakpoolse otsa all on sünkroniseerimiseks rulli kinni pidav magnetike. Säärase pildivastuvõtja võib lülida otsekohe iga korraliku raadiovastuvõtja järele ja ei nõua see töötamisel pea mingit kulu. On seetõttu väga kohane amatööridele. Paar aastat tagasi saatsid ka peaaegu kõik suuremad ringhäälingujaamad järjekindlalt pilte välja telautograafiga vastuvõtmiseks. Et aga laiemates hulkades huvi säärase piltide vastu peagi kadus, on suurem osa saatejaamu piltide üleandmise lõpetanud.

Saatejaamas plekile isoleeriva pildi valmistamist pole vaja alati käsitsi toimetada, vaid võib seks kasustada fotograafilisi meetodeid, näit. kromaatželatiini (pigment-trükk). Samuti vastuvõtjas pildi üleskirjutamine võib toimuda fotograafilisel teel, kusjuures valguse tugevuse juhtimiseks kasustatakse näit. keel-galvanomeetrit. Säärased meetodid annavad juba hoopis paremaid resultate. Nende lähem kirjeldamine viiks aga liiga kaugele tehnilistesse üksikasjadesse.



Joon. 17. Grafiitjoonise kompimine.

Eelmisega sarnanev n. n. kontaktkompimismeetod on läbiviidav ka natuke teisiti. Pilt joonistatakse paberile hariliku grafiitpliatsiga. Paber on isolator, grafiit aga juhib elektrit. Ent siin ei saa üht vooluallika otsa ühendada pildirulliga, sest paber ei lase voolu läbi. Seepärast toimub kompimine kahe üksteisele väga lähestikku asuva (umbes 0,3—0,5 mm) metallnõelaga (joon. 17).

Kui nõelad asuvad puhtal paberil — pildi valgel kohal —, ei pääse patarei (3) vool neist läbi. Niipea aga kui satub nõelte alla grafiidiga kaetud koht — pildi must koht —, pääseb vool liikuma läbi nõelte ja neid ühendava grafiidi. Kuna siin saavutatavad voolutõuked on nõrgad, siis enne nende edasisaatmist kõvendatakse neid hariliku elektrontoru kõvendajaga. Telautograafiliste piltide ülekanne võib toimuda mitte ainult raadio kaudu, vaid ka traate mööda, sest siin ülekantav täppide arv, seega ka pildivoolu tõugete sagedus on väike. Kui rulli pöörlemise kiirus on koguni 60 tiiru minutis ja rea laiuseks (seega ka täpi läbimõõduks) $\frac{1}{3}$ mm, ei ületa see 600 tõuget sekundis. Säärane kiirus ei ole muidugi võimalik mehaanilise üleskirjutamise korral kopeer-paberi abil.

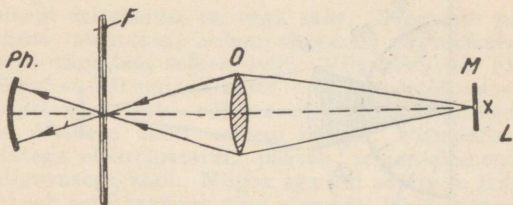
Valguselektriline pildikompimine.

Mehaaniline pildikompimine metallteravikuga nõuab erilist pildi joonistamist metallile, mis aegaviitev ja küllaltki tülikas toiming. Pildi vastu hõõrduv metallteravik ei luba suurt silindri pöörlemise kiirust — pildi ülekanne toimub aeglaselt. Lõpuks võimaldab mehaaniline kontaktkompimine ainult must-valge piltide saatmist. Seepärast kohe, kui avastati võimalused valgusetugevuste otseseks muundamiseks vastavateks elektrivoolu tugevusteks valguselektriliste nähete abil, rakendati need nähted ka pilditelegraafi ja kaugenägemise juures.

Valguskiire kasustamine metallteraviku asemel pildikompimiseks võib toimuda kahel erineval kujul. Arengu järjekorras esimesena inglase Bidwell'i poolt 1881. aastal alustatud, E. ja O. Buss'i poolt 1902. a. patenteeritud ja iseäranis Korn'i poolt täiuslikkuseni arendatud menetlus vajab siiski veel eriliselt valmistatud pilte. Nimelt peab pildi alus olema läbi-paiste v — kas eriline paber või film. Suure osa ülekantavaist piltidest moodustavad aga päevapildid ja nende valmistamisel kasustatakse tihti filmi. See

filmnegatiiv on täiesti kõlblik pilditelegraafi-aparaati paigutamiseks ja nii pole paljudel juhtudel erilisel alusel oleva pildi nõue tülikas täita.

See läbipaistev pilt kinnitatakse, samuti kui telautograafi juures, pöörlevale silindrile, mis siin on aga läbipaistev — klaasist. Kompimine toimub joon. 18 järgi.

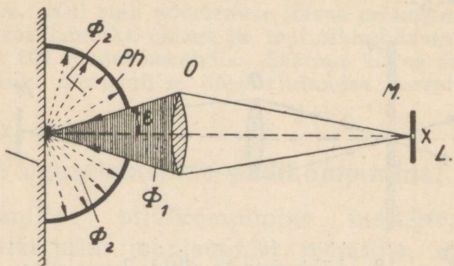


Joon. 18. Läbipaistvate piltide kompimine.

Täpitaolise valguseallika L (väike elektrilambike) valgus koondatakse läätse O abil ühte täppi filmile F, mida läbides valgus satub n. n. fotoastikule Ph. Nihutades filmi valguskiire teel rida-realt mööda, pääseb fotoastikule valgust igakord just vastavalt iga pilditäpi läbipaistvusele: on kombitav pilditäpp hele (läbipaistev), pääseb kogu lambist tulev valgus fotoastikule; on täpp pisut tumedam, siis vähem, ja päris must täpp (läbipaistmatu) ei lase valgust üldse fotoastikule. Selle n. n. läbivalgustamise meetodi heaks küljeks on võimalus fotoastikule tugevat valgust lasta mõjuda ja seega võrdlemisi tugevat pildivoolu saavutada.

Teine, E. ja O. Buss'i poolt samuti 1902. a. mainitud töötamisviis peegeldunud valgusega võis arenema hakata alles peale elektrontoru kõvendajate ja alkaalimetall-fotoastikute leiutamist. Lambi L (joon. 19)

valgus koondatakse läitse O abil läbi rõngakujulises fotoastikus oleva avause pildile P ühte täppi. Sealt peegeldub valgus vastavalt pilditäpi heledusele tagasi ja satub fotoastikule Ph. On pilditäpp valge, peegeldub pea kogu valgus, hallilt täpilt osaliselt, kuna mustalt täpilt aga peaaegu sugugi ei peegeldu.



Joon. 19. Pildikompimine peegeldunud valgusega.

Siin kõlbab iga paberil olev pilt tarvitamiseks, olgu see siis kas päevapilt, joonis, väljalõige ajalehest või kiri, mis end aga lubab kinnitada pöörlevale rullile.

Iseenesestmõistetavalt peab lambi kujutis pildi pinnal, s. o. korruga valgustatud pildiosa nii ühe kui teise meetodi puhul olema väga väike, et saada küllaldast üleantud pildi teravust. Täpi läbimõõt peab olema igatahes alla 0,5 mm. Tegelikult tarvitatakse täppe 0,33 ja 0,20 mm läbimõõduga.

Valguselektrilisel pildikompimisel tähtsamaks abinõuks on fotoastik, mis muundab sellele langenud valguse tugevuse muudatused elektrivoolu tugevuse muudatusiks. Kuni möödunud aastakümneni võidi seks kasustada ainult üht abinõu, nimelt — seleen-elementi.

Keemiline aine sellel esineb neljal erineval kujul. Kaks neist on amorfne ja ei juhi elektrit. Kaks — kristalliinsed ja juhivad. Punane kristalliline kuju ei huvita meid praegu. Tähtis on aga hall kristalliline seleen. Täiesti juhuslikult avastasid halli seleeni elektrijuhtivuse omapärase muutumise valguse mõjul aastal 1873 inglased W. Smith ja May.

Seleeni eritakistus on väga suur. Seepärast peab küllalt väikese takistusega seleen-elementi ehitamiseks võtma lühikese ja väga laia seleeni-kihi. Vilgukivi- või klaasplaadile mähitakse kõrvuti väikeste vahedega kaks peent (0,1—0,5 mm) plaatina-, kuld- või kroomteras-traati, millele vahed kaetakse õhukese halli seleeni kihiga. Ühendades traadipaari otstega elektripatarei, pääseb seleen-elementist läbi teatud tugevusega vool. Niipea aga kui seleenile langeb valgus, kahaneb selle takistus ning elementi läbib tugevam vool.

Kiire ja loomutruu valguse heleduste muundamine vastavateks voolutugevusteks on vaid siis võimalik, kui vastav „relee“ — olgu see seleen-element või mingi muu fotoastik — vastab järgmisele neljale tingimusele:

1. Saadavad voolutugevuse muudatused peavad olema võrdelised mõjuva valgusetugevuse muudatustega.
2. Voolumuudatused peavad toimuma samaaegselt valgustuse muudatustega ja ei tohi mitte hilistuda, s. o. astik peab olema „inertsivaba“.
3. Saadav voolutugevus ei tohi oleneda valgustuse kestusest — astik ei tohi „väside“.
4. Saadavad voolutugevuse muudatused peavad olema küllalt suured.

Seleen-element ei täida neid nõudeid täieliselt. Voolutugevuse muudatusi esilekutsuva takistuse muutumine on võrdeline valgusetugevuse muudatustega ainult väikestes piirides.

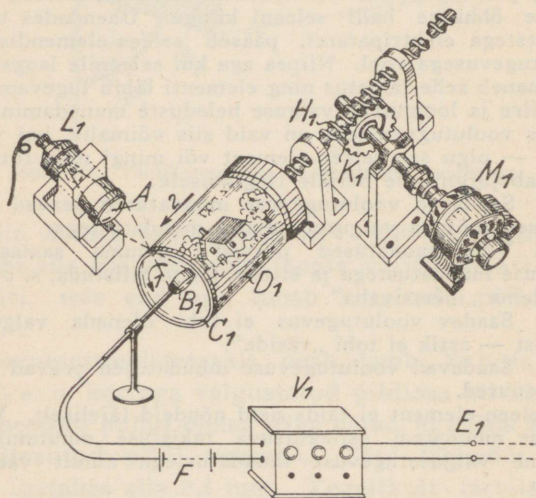
Voolutugevuse muudatused ei toimu ka silmapilkselt ühes valgustuse muutumisega, vaid tarvitavad vähe aega nähtavale tulemiseks. Juhtivus tekib veidi hiljem valguse mõju algusest ja jätkub natuke aega peale valgustuse lõppu. Voolumuudatuste hilistumine, elemendi n. n. inertsus on väike ja kestab vahest ühe tuhandiku sekundi, kuid on siiski väga segav juhul, kui vaja edasi anda 1000 ja enam pilditäppi sekundis. Inertsuse suurus oleneb rohkem määralt elemendi ehitusest.

Pilditelegraafis üksikud valguse-„tõuked“ on õige lühi-

kesed — ainult sekundi murdosad. Seepärast ka kolmas nõue, et seleen-element ei „väsiks“, ei ole väga oluline. „Väsimus“-nähe — juhtivuse aeglane kahanemine, ühtlase tugevusega valguse mõju all seistes — tuleb seleeni juures tunduvalt ilmsiks alles pikema aja jooksul.

Neljas nõue, tugeva voolu saamine valguse mõjul, pole tänapäeval väga oluline — elektronitoru kõvendajad lubavad ka väga nõrku voole täiesti loomutruult kõvendada iga soovitava määraneni. Küll aga lihtsustab ja teeb odavamaks aparatuuri otsene tugeva voolu saamise võimalus. Tehniliste seleen-elementidega on kergesti võimalik saada voole tugevusega mõne milliamprini.

Seleen-elementidega varustatud korralikult töötava pilditelegraafi saateaparaadi valmistas 1904. a. Korn (joon. 20).



Joon. 20. Korn'i pildisaatja.

See on kõlblik eriti pooltoon-piltide saatmiseks. Ülekantavast pildist tehakse äratõmme harilikule päevapildistuseks tarvitatavale läbipaistvale filmile, mis kinnitatakse läbipaistvale klaassilindrile C. Silindri paneb pöörlema mootor M. Sealjuures vint H nihutab silindrit ühtlasi telje suunas edasi. Tugevajõulise elektrilambi (näit. volfram-kaarlamp) L val-

gus koondatakse läitse A abil filmile ühte täppi. Läbides filmi, satub valgus seleen-elemendile B ja mõjustab seda läbiva voolu tugevust. Rulli pöörlemise ja edasinihkumise tagajärjel satuvad valgusele teele ette üksteise järel vindi-joonena kõik pilditäpid. Filmi läbinud valguse tugevus muutub seega vastavalt iga täpi heledusele ja laseb nii seleen-elemendis tekkida heledustele vastavad voolutugevused. Need pildivoolu võnkumised kõvendatakse elektron-toru kõvendajaga ja saadetakse kas juhtmete kaudu vastuvõtuaparaati või moduleeritakse nendega raadiosaatjat, mis siis pildivoolu „taktis“ muutuva tugevusega laineid maailma-ruumi kiirgab, kust neid jälle võib raadioaparaadiga kinni püüda. Seleen-elemendi inertsuse — „aegluse“ tõttu pole ka siin võimalik kiiruse suurendamine üle 1 või 2 silindritiiru sekundis. Seega võib näit. postkaardisuuruse pildi üle kanda 3—5 minutiga.

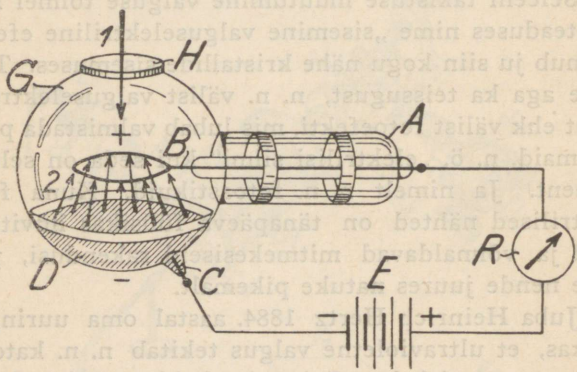
Seleeni takistuse muutumine valguse toimel kannab teaduses nime „sisemine valguselektriline efekt“. Toimub ju siin kogu nähe kristallide sisemuses. Tuntakse aga ka teissugust, n. n. välist valguselektrilist nähet ehk välist fotoefekti, mis lubab valmistada palju paremaid, n. ö. „elektrilisi silmi“ kui seda on seleen-element. Ja nimelt n. n. fotoastikuid. Kuna fotoelektrilised nähted on tänapäeva füüsikas huvitava-maid ja võimaldavad mitmekesiseid rakendusi, peatume nende juures natuke pikemalt.

Juba Heinrich Hertz 1884. aastal oma uuringuil märkas, et ultravioletne valgus tekitab n. n. katood-kiiri, s. o. paiskab mõningaist kehast välja elektri vähimaid osakesi — elektrone. Hertz nähet lähemalt ei uurinud. Seda tegi põhjalikult W. Hallwachs ja seepärast nimetataksegi välise fotoefekti põhinähet Hallwachs'i efektiks.

Hilisemad katsed näitasid (P. Lenard 1899. a.), et kõigi tahkete kehade ja iseäranis metallide pinnast valguse mõjul väljuvad elektronid. Seejuures peab aga mõjuva valguse lainepikkus olema küllalt lühike. Enamikul aineil on seks vajalik lühilaineline ultra-

violetne valgus. Ainult n. n. leelismetallid: naatrium, kaalium, rubiidium ja tseesium vabastavad oma elektronid ka kogu nähtava valgusespektri mõjustusel ja rubiidium ning tseesium koguni infrapunaste ehk soojuslainete mõjul (kuni $\lambda = 0,001$ mm).

Kuna leelismetallid vabas õhus hapnikuga väga kiiresti ühinevad, isegi otsekohe ära põlevad, asetatakse nad harilikult klaasnõusse, kust õhk täielikult välja pumbatakse. Praktiliselt kõlbliku kuju, mis põhijoontes on püsinud tänini, andsid fotoastikule Elster ja Geitel. Aktiivne osa on peidetud sabaga A klaaskuuli G (joon. 21), millest õhk välja



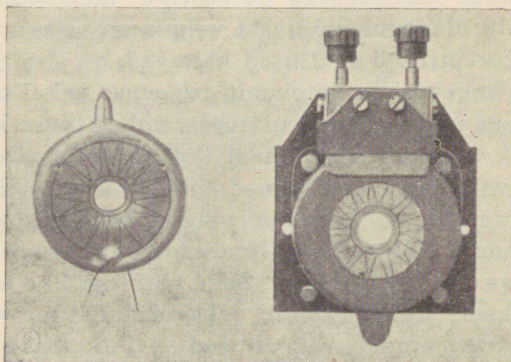
Joon. 21. Fotoastik.

pumbatud. Aktiivne leelismetalli õhuke kiht D katab kuuli üht külge. Sellega on ühenduses klaasi sisse joodetud elektrood C. Kuuli keskele on toodud väljast läbi klaasi veel teine rõngakujuline elektrood B. Niipea kui valgus langeb metallikihile D, väljuvad sellest elektronid. Ühendades elektroodi C kaudu metallikihi patarei E negatiivse poolusega ja

elektroodi B sama patarei positiivse poolusega, tõmbab, n. ö. imeb nüüd positiivselt laetud elektrood B vabakssaanud elektronid enda külge ja nad voolavad näit. läbi galvanomeetri R tagasi patareisse E. Valguse mõjul vabanevad aga ikka uued ja uued elektronid metallikihist ja voolavad üle elektroodi B patarei +-pooluse tõmbel ringi. Patarei on siin ainult selleks, et kõik valguse mõjul vabanenud elektronid kuulikesest välja tuua ja küllaldase pingega juhtida läbi meile soovitud riistade. Niiviisi valguse kaastoomel saadud voolu nimetatakse fotovooluks. Katsed ja ka teooria näitavad, et mitte alati pole kasulik fotoastikust kõiki gaasijäänuseid välja pumbata.

Olulise tähendusega fotoastiku tarvitamisel on fotovoolu olenevus mõjuvast valgusest. Nagu katsed ja ka teoreetilised arutlused näitavad, on siin mõjuva valguse tugevuse ja fotovoolu tugevuse vahel täieline võrdelisus maksev kogu ulatuses, milles üldse katseid võimalik toimetada. Tähendab, kui valgus, mille tugevus 1, vabastab metallikihist teatava arvu elektrone, siis kümme korda tugevam valgus vabastab kümme korda enam elektrone, miljon korda tugevam valgus — miljon korda enam jne. Seda muidugi ühe ja sama aja jooksul. Iga elektroni vabastamiseks on vajalik õieti teatav kindel valguse hulk. Fotoastiku tundlikkus mitut värvust valguse vastu pole mitte ühesugune. Näit. kaaliumikihiga fotoastik on iseäranis tundlik, s. o. annab kõige tugevama fotovoolu sinise valguse mõjul, tseesium-fotoastik aga punase valguse toimel. Kuna kaugenägemise ja pilditelegraafi puhul valgustuseks tarvitataivate lampide valgus on enamalt jaolt kollakas, kasustatakse siin peasjalikult rubiidiumi ja tseesiumi segust astikuid, mille tundlikkuse maksimum on spektri kollases osas.

Üldse on õhutühjadest fotoastikuist saadav foto-
 vool väga nõrk. Ta oleneb muidugi suurel määral
 astiku ehitusest ja suurusest, on aga pilditelegraafis
 tarvitatavais tüüpides umbes ühe miljondiku ampri
 piirides. Gaasiga täidetud astikud annavad kuni sada
 ja enam korda tugevamat voolu. Põhjuseks on siin,
 et metallikihist suure kiirusega väljalendavad elekt-
 ronid põrkavad vastu gaasiaatomeid ja löövad neist
 välja elektrone (tõuke-ionisatsioon), mis rändavadki
 positiivse laengu tõmbel anoodile. Ka see voolutuge-
 vus on nii väike, et enne kuhugi edasisaatmist peab
 seda kõvendama, mis on tänapäeval kergesti igal soo-
 vitaval määral teostatav.



Joon. 22. Ringikujuline fotoastik.

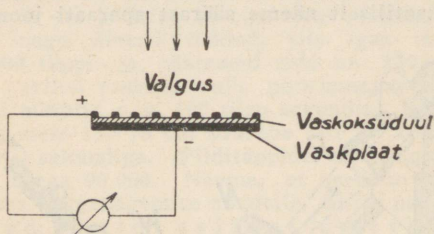
Teine tähtis omadus on fotoastiku täieline n. n.
 inertsivabadus. S. o. elektronid vabanevad (vool
 tekib) täpselt samal momendil, kui valgus langeb
 aktiivsele kihile.

Katseist nähtub, et isegi mitmesaja tuhande val-
 gusetõuke korral ühes sekundis mingit voolu hilistu-

mist veel märgata ei ole. Üldiselt vastab fotoastik täiel määral lk. 49 ülesseatud kahele esimesele nõudele: voolutugevus on täpselt võrdeline valgusetugevusega ja voolu muudatused toimuvad täpselt samaaegselt valgusemuudatustega.

Pilditelegraafiks eriti sobivakujuline fotoastik on Schriever'i poolt konstrueeritud telefoneni fotoastik (joon. 22), mille keskel avaus pildikompiimiskiire läbilaskmiseks.

On veel kolmas liik valguselektrilisi nähteid, mida saab kasutada valguseheleduste muutmiseks voolutugevusteks. See on n. n. tõkkekiht-fotoefekt. Kui mingi metall, näit. vask, katta väga õhukese pooljuhtiva kihiga, praegusel juhul vaskoksüduuliga (Cu_2O) (joon. 23) ja oksüduulikihile asetada kas või



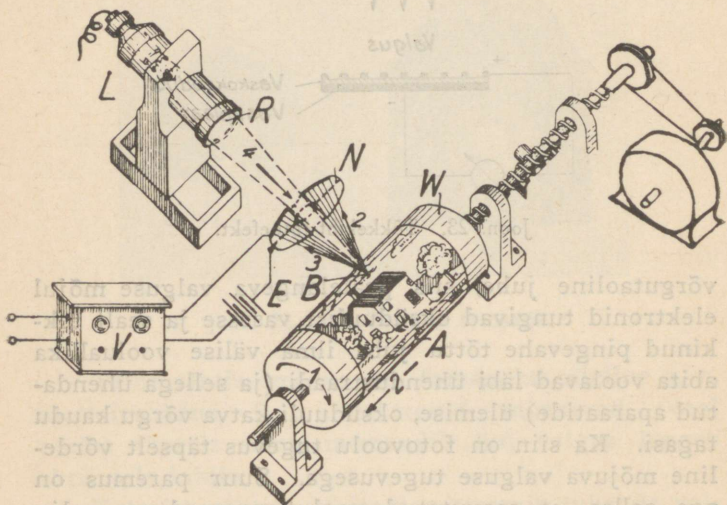
Joon. 23. Tõkkekiht-fotoefekt.

võrgutaoline juhe, siis pealelangeva valguse mõjul elektronid tungivad oksüduulist vasesse ja sealt tekkinud pingevahe tõttu juba ilma välise vooluallika abita voolavad läbi ühendustraadi (ja sellega ühendatud aparaatide) ülemise, oksüduuli katva võrgu kaudu tagasi. Ka siin on fotovoolu tugevus täpselt võrdeline mõjuva valguse tugevusega. Suur paremus on aga selles, et saavutatud voolutugevused on palju suuremad.

Tõkkekiht-fotoastik on tehnilisel kujul tarvitu-
 sele võetud alles paari aasta eest. Pilditelegraafis
 seda veel ei kasustata, kuid kaugenägemise juures
 küll. Põhimõtteliselt ei erine selle tarvitamine mille-
 gagi eelmise tüübi omast.

Fotoastiku kasustamine on võimalik kas või hari-
 likus Korn'i aparadis, millest varem juttu oli, seleen-
 elemendi asemel. Siin lubab see saatekiirust suurenda-
 da määrani, kus piirajaks jääb pea ainult pöörlevate
 osade mehaaniline vastupidavus. Korn'i süsteem, mis
 nõuab eriliselt valmistatud läbipaistvaid pilte, on liiga
 puudulik, sest ta ei suuda ära kasustada kogu foto-
 astiku võimeid. Uuemais süsteemides on loobutud
 läbipaistvast pildist ja kasustatakse pildikompimiseks
 peegeldunud valgust.

Skemaatilisel näeme säärast aparati joon. 24.



Joon. 24. Fotoelektriline pildisaatja.

Ülekantav pilt ilma mingi ettevalmistuseta kinnitatakse pildirullile, mis noole (1) suunas pöörleb ja samaaegselt noole (2) suunas iga tiiruga $\frac{1}{5}$ mm edasi nihkub. Fotoastik N kinnitatakse päris pildirulli lähedale, valgustundliku küljega pildi poole. Väikese elektrilambikese L valgus koondatakse läätseadesüsteemi R abil ja juhitakse läbi fotoastikus oleva avause pildile. Valguse koondamine peab nii suurel määral toimuma, et korruga oleks valgustatud ainult umbes $\frac{1}{5}$ mm läbimõõduga täpp pildist. Vastavalt oma heledusele heidab pilditäpp rohkem või vähem valgust tagasi ja see tagasiheidetud hajunud valgus satub fotoastikule ning päästab seal lahti vastava arvu elektrone, mida patarei E vastava tugevama või nõrgema vooluna saadab läbi elektronitoru kõvendaja V. Nii käib pildirulli pööreldes valgustatud täpi ja fotoastiku eest läbi peene vindijoonena täpp täpi järele kogu pilt ja muutub pildivooluks, mida juba soovitud kohta kaugele võib saata. Saaterulli pöörlemapanemiseks kasutatakse eranditult väikest elektrimootorit. Kuna fotoastik ka vähimaile valguse muudatusile reageerib, siis on säärase saatjaga võimalik saavutada väga suuri kiirusi. Olgu näit. pildirulli läbimõõt 6,5 cm ja pikkus 13 cm, s. o. kasustatava pildi kõrgus 18 cm ja laius 13 cm. Kui pilditäpi läbimõõt on $\frac{1}{5}$ mm, nagu ülemal öeldud, siis igas täpireas on $180 : \frac{1}{5} = 900$ täppi ja sääraseid ridu on $130 : \frac{1}{5} = 650$. Ei valmista erilisi raskusi rulli pöörlemapanek kiirusega 5—6000 tiiru minutis, s. o. 100 tiiru sekundis. See tähendab aga, et kogu meie 13×18 cm suurune pilt on kombitsa eest möödunud $6\frac{1}{2}$ sekundiga. Pilditäppide, s. o. signaalide arv sekundis on seega 90 000. Näeme, et need on arvud, mis lähenevad juba kaugenägemise nõudeile. Siiski nad a i n u l t l ä h e n e v a d, k u i d s e l l e n i o m e t i k u n a g i e i j õ u a. Kiiruse suurendamine sellel teel pole enam võimalik — on juba saavutatud piir. Sääraseid suurekiiruselisi katseid on toimetatud ainult laboratooriumides. Tegelikult ei saa seda aga kasustada, sest nagu selle raamatu esimeses osas nägime, pole praegustes oludes võimalik nõutavat arvu signaale sekundis edasi saata. Ka pole vastuvõtjad veel jõudnud säärase täiuslikkuseni. Tegelikult piirdutakse kiirustega umbes 1 rullitiir sekundis, s. o. 900—1000 signaali sekundis, nii et säärase peenetäpilise, originaalist vaevalt veel eraldatava pildi edasisaatmine võtab aega kuni 10 minutit.

Elektrokeemiline pildikiri.

Mehaaniline pildivoolude üleskirjutamine, nagu see toimub telautograafis, kus elektromagnet surub pliiatsi pildivoolutaktis vastu paberit, on väga kohmakas ja aeglane, võimaldab seejuures ka ainult mustvalge pilte saada. Pilditelegraafi algpäevist peale püüti kasustada pildivoolude üleskirjutamiseks just elektrivoolu keemilist toimet. Bakewell, Bain ja tema järgi itaallane Caselli kasustasid esimesil katseil elektrokeemilist menetelu. Sobivate keemiliste ühendite kui ka üldse elektrivoolu keemilise mõju puuduliku teadmise tagajärjel ei saavutatud loodetud tulemusi ja see menetelu, mis sisuliselt on väga sümpaatne, jäi nagu unustusse. Alates 1927.—29. aastast on seda aga uuesti arendama hakatud ja nüüd juba hoopis paremate tagajärgedega, nii et elektrokeemiline vastuvõtja koguni telautograafi näib välja tõrjuvat. Elektrokeemiline pildikiri põhjeneb elektrolüüsinähtel. Paljud keemilised ühendid, näit. mitmesuguste soolade lahused elektrivoolu läbiminekul neist muutuvad — lagunevad ja sealjuures võivad lagunemissaadused teiste juuresolevate ainetega tekitada uusi ühendeid. Need n. n. elektrolüüsisaadused eralduvad alati elektroodidel, s. o. voolujuhtmete otstel, mis voolu toovad lahustatavasse ainesse. Eraldunud ainehulgad on siinjuures täpselt võrdelised läbinud elektri hulgaga, s. o. ühtlase mõjumis-aja korral võrdelised voolu tugevusega. Mida tugevam vool, seda enam eraldub elektroodil ainet. Valime säärase ühendi, mis on harilikus olekus värvita (või valge), kuid mille elektrolüüsisaadused on teravalt värvilised, näit. sinised või, veel parem, mustad, siis ongi elektrokeemilise vastuvõtja saladus lahendatud.

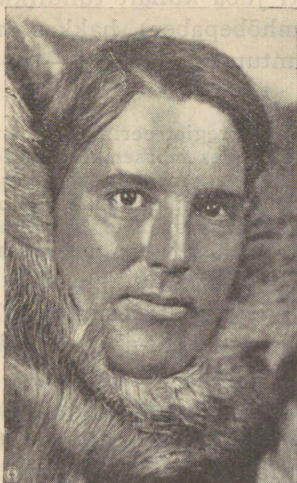
Olgu meil just samasugune vastuvõtu-aparaat, nagu tarvitatakse telautograafiski (joon. 14), selle väikese lihtsustusega, et puudub elektromagnet (15), mis kirjutaja teraviku paberilt üles tõstaks, nii et teravik siin kogu aja puudutab paberit. Kõlblikkude keemiliste ühenditega läbiimmutatud paber kinnitatakse rullile, mis siin peab tingimata metallist olema. Pildivoolu juhtmed ühendatakse kirjutaja teravikuga (16) ja rulliga (2) nii, et vool on sunnitud läbima teraviku kohal paberit. Kui pildivoolu ei ole, ei teki paberis elektrolüüsi ja see jääb valgeks. Niipea aga kui tuleb voolutõuge, tekib ka elektrolüüs ja eraldab teraviku otsa all värvainet ning paber värvub. Mida tugevam on vool, seda rohkem eraldub värvainet ja seda tumedam pilditäpp tekib. Rulli pöörlemisel ja edasinihkumisel teravik käib läbi kogu paberi pinna ja pildivool sadestab igal kohal just paraja hulga värvainet. Nii saame juba pooltoon-pildi — õigete heleduste ja tumeduste vahega. Kes terasemalt siin arendatud mõttekäiku jälgis, märkab kohe, et nii saadud pilt on ju negatiiv — tumedused ja heledused on vahetatud. Saatjas andis näit. fotoastik voolutõuke pildi heledas täpis — siin aga voolu mõjul tekkis elektrolüüs, s. o. tume täpp. On aga väga lihtne voolutugevuste „ümberpööramine“, kus tugevale voolule vastab nõrk vool ja ümberpööratult. Ja seda nimelt elektrontoru kõvendaja abil. Nii võib siis saada otseselt positiivse pildi.

Kaua aega kasustati pildipaberi immutamiseks kaaliumferrotsüaniidi- ($K_4Fe(CN)_6^-$) lahust. Nüüd kasustatakse peamiselt mitmesuguseid joodi-ühendeid. Näit. paber immutatakse joodkaaliumi ja tärklise vesilahusega. Elektrolüüsi puhul eraldub teraviku all (mis on anoodiks) puhas jood ja see värvib tärklise

siniseks. Paberi kuivades muutub sinine värvus ka-
toodil (rullil) eraldunud sööbekaali mõjul pruuniks.
Saadud pilt pole aga kuigi püsiv, vaid pleekub kaunis
kiiresti ja on seega alalhoidmiseks kõlbmatu. Püsi-
vaid pilte saab, tarvitades mitmete ainete segusid,
näit. tsink-, kadmium- ja kaaliumjodiidide segu. Üldse
on katsetatud, ja heade tagajärgedega, väga paljusid
ühendeid. Otsingud on suunatud tänapäeval sinna-
poole, et leida aineid, mis lubaksid võimalikult suurt
kiirust ka väga nõrkade voolude puhul, s. o. mille
elektrolüüs toimuks võimalikult kergesti ja annaks
tugeva värvuse. Muidugi peab tekkinud värvaine
ühtlasi olema püsiv ja ei tohi paberis laiali imbuda.
Kui seda juhtuks, tuleks pilt udune. Saavutatud
keskmised tagajärjed on: ülekande kiirus kuni 100
cm/sek., s. o. hariliku rullaparaadi puhul kuni 5 tiiruni
sekundis, umbes 5—10 mA voolu tarvitusel. Kuna
elektrolüüs toimub ainult vee kaastoimel, siis peab
paberit alati enne aparati asetamist niisutama. Saa-
vutatud piltide teravus on väga hea ja ei jää kuigi
palju taha parimate fotograafiliste menetlustega saa-
dud piltidest. Pilditäpi suurusena (õigem ühe täp-
piderea laiusena) võetakse kuni $\frac{1}{5}$ mm, s. o. kirjutaja
teraviku ots peab olema peenem kui $\frac{1}{5}$ mm läbimõõ-
dus. Värvaine osaline laiialiimbumine paberis annab
pildile teatava „pehmuse“. Joon. 25 on vasemal näha
originaal ja paremal fotoastikuga varustatud aparaa-
diga saadetud ning elektrokeemilise kirjutajaga vastu-
võetud pilt. Ülekande teravus ja loomutruudus on
üllatavad.

Elektrokeemiliseks pildikirjaks tarviliku aparadi
äärmine lihtsus (võrdle telautografiga) ja saavutatud
head tagajärjed teevad selle tüübi kättesaadavaks ka
amatööridele ja arvatavasti tõrjuvad välja täiesti me-

haanilise üleskirjutusega seadud ja paljudel juhtudel küll täiuslikumad, kuid palju kallimad fotograafi-



a



b

Joon. 25. a) Originaal. b) Elektrokeemiliselt vastuvõetud pilt.

liselt töötavad aparaadid. Ärid valmistavad elektro-
keemilisi vastuvõtjaid mitmete nimede all. Näit.
fultograaf, kemograaf jne.

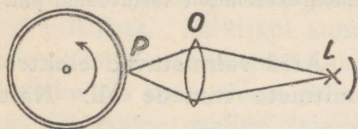
Fotograafiline pildikiri.

Igasugu muutlikkude nähete registreerimiseks on väga otstarbekohased fotograafilised meetodid. Iseäranis juhtudel, kus nõutakse suurt kiirust, on need pea täieliselt kõrvale tõrjunud kõik teised meetodid, sest on ju hoopis kergem juhtida „kaaluta“ valguskiirt soovitavasse asendisse kui küllaltki raskeid

mehaanilisi kangikesi kirjutavate sulgede ehk teravikkudega. Seepärast on arusaadav, miks kohe, kui fotopabereid ja filme suudeti juba küllalt tundlikkudena valmistada (näit. broomhõbepaber), hakkas arenema fotograafiline ehk enamtuntud nimega — optiline nähete registreerimine.

Telegraafi-asjanduses optilise registreerimise alustas inglane G. Little aastal 1867, kasustades morsemärkide üleskirjutamiseks fotopaberile peegelgalvanomeetri peeglikeselt peegeldunud valguskiirt. Pilditelegraafi alal leiame esimesena fotograafilise registreerimise kasutamise märkimist inglase Dillon'i poolt 1879. a. Täiuslikkuseni on see aga arenenud alles viimase aastakümne kestel.

Fotograafilisel pildivoolude registreerimisel ehk pildikirjal jääb pilditelegraafi vastuvõtu-aparaat põhi-joontes samasuguseks, nagu see on mehaanilise ja elektrokeemilise pildikirja puhul. Pöörlev ja edasi-
nihkuv rull kaetakse siin aga valgustundliku fotopaberiga ja kirjutaja teravik asendatakse valguskiirtest moodustatud „teravikuga“, mis saadakse nii, et valguseallikast L (joon. 26) lähtuvad valguskiired



Joon. 26. Fotograafiline pildikiri.

koondatakse objektiiviga o abil teravalt ühte täppi P rulli katvale fotopaberile. Selle valguse toimel aga paber tumeneb kohalt, kuhu valgus sattus. Tumenemise määr omakorda oleneb mõjuva valguse tugevusest, õigem hulgast.

Seega on pildivoolude registreerimiseks vajalik veel ainult igal momendil paberile täpina langeva valguse hulka muuta pildivoolu tugevusele vastavalt, nii et näit. tugevale voolule vastab tugev valgus ja seega paberil tekib täiesti tume täpp, nõrgale voolule aga

vastab nõrk valgus, seega paber sellelt kohalt jääb peaaegu valgeks, jne.

Siit järgneb, et fotograafilise pilditelegraafi vastuvõtja olulisemaks osaks on seadeldis, mis laseb fotopaberile igal momendil sattuda pildivoolu tugevusega võrdelisel hulgal valgust. Säärane valgusehulga n. ö. „juhtimine“ võib toimuda kahel põhimõtteliselt erineval viisil. Kõige loomulikum oleks siin kasustada üldises elektrivalgustehnikas omandatud kogemusi ja tarvitada lihtsalt mõnd vastavakujulist elektrilampi, mille paneme helendama otseselt pildivooluga. Arusaadav, et niisugusel korral lambi valgusetugevus oleneb vastavalt voolutugevusest. See oleks otsene pildivoolu muutmine valguseks.

Teiseks on mõeldav ja ka teostatav, tarvitada mingit püsivat, kindla heledusega valguseallikat, mille valgusest ära kasustame, s. o. nõutavale kohale paberile juhime igakord ainult seesuguse hulga, mis vastab pildivoolu tugevusele antud hetkel, ja ülejäänud osa kas või lihtsalt ära varjame. See oleks n. ö. valguserelee kasustamine. Põhjusel, et kaugenägemise teostamisel kasustatakse neidsamu menetlusi pildivooludega valgusetugevuste „juhtimiseks“, peatume sellel küsimusel pikemalt.

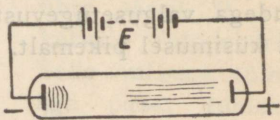
Otsene pildivoolu muutmine valguseks.

Pildivoolu poolt otseselt mõjustatud valguseallikaist osutuvad kasustuskõlblikeks vaid elektrilambid ja neistki ainult üks eriliik. Harilikuks valgustuseks tarvitatavad elektrihõõglambid on meie otstarbeks kõlbmatud. Nende valgusetugevus oleneb küll suurel määral neid läbiva voolu tugevusest, kuid ei suuda

jälgida küllalt kiiresti voolutugevuse muudatusi, sest hõõgniit tarvitab nii kuumenemiseks kui ka jahtumiseks küllaltki tunduvalt aega. Hõõgniit, mille esimene voolutõuge helendama kuumendas, ei suuda veel jahtudagi, kui juba teine ja kolmas jne. voolutõuge tuleb ning seega lambi heledus vastab mingile keskmisele voolutugevusele. Nii näit. meie harilikud valgustuslambid „põlevad“ enamasti kõik vahelduva vooluga, s. o. vooluga, mis 100 korda sekundis oma tugevust ja suunda muudab — lambi heleduse muutumine pole aga siiski märgatav. Samal põhjusel langevad välja enamikus ka elektrihaarilambid. Hoopis soodsamaiks osutuvad aga võhikule väga salapärase ja keerukaina näivad hoopis eriliiki kuuluvad lambid, mis laiemale hulkadele tuntud vaid reklaamlampidena ja n. n. öölampidena. Need on h u u m l a m b i d, mis oma ehituselt tõepoolest on äärmiselt lihtsad, kuid milles valguse tekkimise tõeline olemus füüsikaga mittetegutsenuile arusaamatuks kipub jääma.

Võtame klaastoru, mille otstesse joodetud metallektroodid (joon. 27) ühendame mingi voolu-

Joon. 27. Huumvalguse tekkimine.



allika E poolustega, mis annab mõnesaja- või -tuhande-voldilise pinge (vastavalt toru pikkusele). Niikaua kui toru on täidetud hariliku õhuga, ei pääse vool torust läbi ja midagi erilist pole märgata. Kõrvaldame aga suurema osa õhku torust, siis pääseb elekter allesjäänud hõrendatud õhust läbi voolama. Sealjuures torus peituv õhk hakkab kohati omapära-

selt helenduma. Iseäranis huvitavaks muutub helendus, kui torusse on jäänud veel kõigest umbes $1/100$ esialgsest õhust. Negatiivset elektroodi ehk katoodi ümbritseb siis õhuke (kuni mõne mm) tugevasti helendav kiht, katoodivalgus, sellele järgneb pikem või lühem pime n. n. Faraday vaheruum ja ülejäänud toruosa peaaegu kuni positiivse elektroodi — anoodi — täidab nõrgem helendus, n. n. positiivne huumvalgus ehk anoodivalgus. Elektroodid ise kui ka helendav gaas jäävad seejuures pea täiesti külmaks.

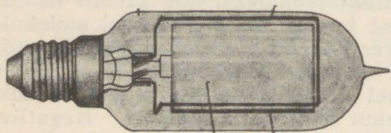
Kuidas pääseb elekter siis hõrendatud gaasist läbi ja miks tekitab see gaasis helendust? Igas gaasis, iseäranis veel hõrendatus, leidub, ehkki väga vähesel määral, alati n. n. ioone, s. o. positiivset ja negatiivset laengut kandvate molekulide osi. Toru otsades olevad pinge all seisvad elektroodid tõmbavad aga neid ioone külge ja nii tormavad positiivsed ioonid (elektroni kaotanud molekulid) katoodi ning negatiivsed ioonid (ka vabanenud elektronid) anoodile. Ioonide liikumine siinjuures on seda kiirem, mida suurem on pinge anoodi ja katoodi vahel. Kui kiirus kasvab küllalt suureks, siis ioonid, põrgates oma teel kokku tervete gaasi molekulidega, lõhuvad neidki ionideks, mis samuti hakkavad elektroodidele ruttama ja teel sinna jälle uusi molekule lõhuvad. Nii kasvab kiiresti elektrit edasikandvate ionide arv teatud hulgan, mille määrab elektroodide pinge. Need kokkupõrke või tõuke teel tekkinud ioonid võimaldavadki küllaldast voolu läbimineku hõrendatud gaasist. Negatiivsed ioonid (elektronid), jõudes anoodile, tungivad sellesse. Hoopis raskemad positiivsed ioonid, põrgates vastu katoodi, löövad küllaldase kiiruse puhul sellest välja elektrone, mis osalt hakkavad anoodile rändama, osalt aga katoodi läheduses seal leiduvate positiivsete ionidega ühinevad neutraalseteks molekulideks. Ühinemise tagajärjel elektron kaotab oma liikumisenergia, mis muundub kiirgavaks energiaks — molekul ühinemismomendil saadab välja valgust. Ioonide ühinemised toimuvad ka mujal toru sees, kuid palju harvemini ja seega ka tekkiv valgus on iseäranis tugev ainult katoodi läheduses. Veel tekib valgus neis kohtades, kus ionide ja molekulide kokkupõrge ei ole küllalt tugev, et elektroni molekuli piirkonnast täiesti välja lüüa; ta suudab seda ainult veidi oma asukohast kaugemale viia, kust see siis silmapilkselt valgust tekitades tagasi langeb oma

endisele asukohale. Ka see valguse tekkimine toimub valitud gaasirõhu ja pinge korral peamiselt katoodi läheduses. Tekkiva valguse värvus oleneb tarvitatud gaasist. Enamalt jaolt võetakse seks neoni, heeliumi ja argooni või nende segu lämmastikulisandiga.

Tekkiv valguse hulk on võrdeline ionide põrgete ja uuestitekkivate molekulide arvuga, s. o. toru või lampi läbiva elektrivoolu tugevusega. Heledus järgib seejuures voolutugevuse muudatusi praktiliselt silmapilkselt (hilistumine vähem kui kümnemiljondik sekundit).

Vastavalt kasutamise otstarbele antakse säärase huumlambi elektroodidele ja klaasümbrikule väga erinev kuju.

Meie otstarbeks pilditelegraafis kui ka kaugenägemises on vaja võimalikult täpitaolist (väikest) ja heledat valguseallikat. Kaugenägemises on peale selle mõnel juhul veel vaja võrdlemisi suure helendava pinnaga lampi. Lihtsaim neist on primitiivsetes kaugenägemisaparaatides tarvitatav suurepinnaline huumlamp (joon. 28), mis rohkesti sarnaneb harilikuks valgustuseks kasustatava huumlambiga. Katoodiks on neil lampidel



Joon. 28. Suurepinnaline huumlamp.

umbes 4×5 cm suurune harilikult raud- või molübdeenplekist plaadike, anoodiks aga traatraamike mõne millimeetri kaugusel katoodi servadest.

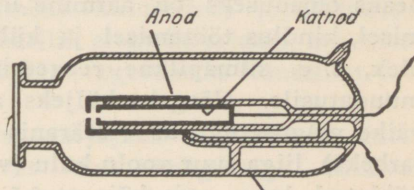
Säärasest lambist pääseb elekter läbi voolama siis, kui pinge elektroodide vahel on tõusnud umbes üle 150 voldi (n. n. süütepinge). Katood kattub siis (alates teatud minimaalsest voolutugevusest) õhukese ühtlase helendava kihiga, mille heledus kasvab sedamööda, mida kõrgemale tõstame elektroodide pinget, s. o. mida tugevam on lampi läbiv vool. Lubatud voolutugevuse ülemmäär on 30—80 mA ja selle

saavutamiseks vajaline pinge 180—200 volti. Saadav valgusetugevus on aga väike — üks kuni mõni küünal. Viimasel ajal on siiski suudetud valmistada suure helendava pinnaga lampe, mis annavad enam kui 100 küünla valguse umbes 100 mA voolutarvituse puhul. Neis kasustatakse positiivse samba helendust ja lampi täitvaks gaasiks on naatriumiaur.

Pilditelegraafis ja suuremates kaugenägemis-aparaatides peab saadav valgus olema koondatud võimalikult ühte täppi. Selleks kasustatakse enamasti jälle katoodivalgust ja surutakse see elektroodide vastava kuju abil võimalikult väikesse ruumi kokku, mistõttu muidugi selle helendava täpi heledus kasvab. Joon. 29 on näha läbilõikes säärane pilditelegraafi

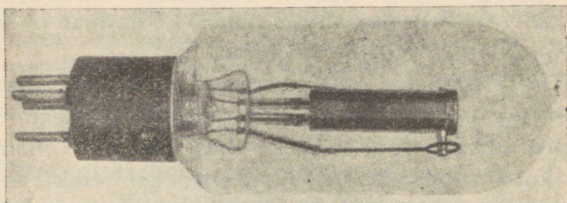
Joon. 29.

„Kirjutaja“ huumlamp.



lamp. Katood on torukujuline ja väljastpoolt isoleerainega kaetud, nii et valgus saab tekkida ainult katooditoru sees, täites selle tema väiksuse tõttu üleni. Valgus pääseb välja läbi anoodi sees oleva väikese (umbes 1 mm) avause. 0,5—6 mA voolu tarvituse juures annab see lamp niipalju valgust, et on võimalik pilditelegraafis kirjutamise kiirus kuni 100 cm sekundis, s. o. rullaparaatidel umbes 5 tiiru sekundis. Veel suuremat heledust võimaldab positiivset huumvalgust kasustav n. n. „valguseprits“ (joon. 30). Katood on siin peidetud keskel asuvasse nikkelplekist silindrisse, mille külje peal peenike umbes 1 cm pikkune toruke, mille avause ees rõngataoline anood.

Huumlahendus pääseb katoodilt anoodile ainult läbi torukese, mis positiivse valgusesamba väga kitsasse ruumi kokku surub ja seega torukese avauses gaas väga tugevasti helendama hakkab. Huumlampide



Joon. 30. „Valgnseprits“.

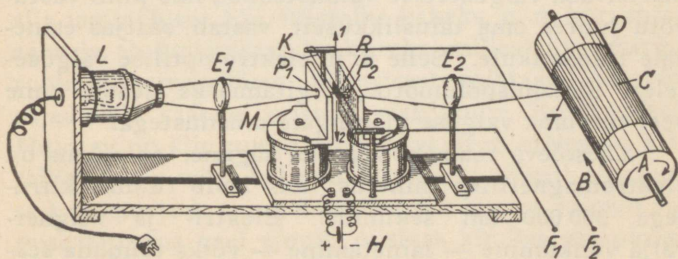
heaks omaduseks on äärmine lihtsus nende käsitsemisel, kindlus töötamisel ja küllaldaselt inertsivaba olek, s. o. silmapilkne reageerimine voolutugevuse muudatusile. Nõrgaks küljeks aga on nende liiga väike valgusetugevus (iseäranis kaugenägemise otsarabeks), liiga suur voolu kulu (välja arvatud joon. 29 näidatud lamp, mis kõigest 0,1 vatti tarvitab), mis nõuab vastuvõtu-aparaadis suurevõimelisi lõppkövendajaid, ja viimaks suuremate heleduste puhul küllaltki lühike eluiga. Neist puudusist hoolimata on ja jäävad huumlampid arvatavasti kauemaks ajaks amatööridele ainsaiks hinnalt kättesaadavaiks pildivoolude valguseks muutmise abinõudeks.

Valgusereleed.

Tugeva, pildivoolu taktis muutuva valguse saamine on tänapäevalgi veel võimalik ainult kindlat, muutumatut valguseallikat kasustades ja selle valgust mingisuguse pildivoolu abil töötava seadeldisega

enam või vähem kinni kattes — varjates. Sääraseid valguse läbilasku reguleerivaid seadeid, n. n. valguse-releesid on tarvitusel kaks põhimõtteliselt erinevat liiki: mehaanilised ja elektro-optilised. Kõik need võimaldavad ainult ühe valgusetäpi (ühe pildielemendi) saamist korraga. Mehaanilised releed on kasustatavad ainult pilditelegraafis, elektro-optilised aga nii pilditelegraafis kui ka kaugenägemises. Püsiva valguseallikana on tarvitusel pilditelegraafis eranditult väikesed elektri-hõõglambid (natuke suuremad kui taskulampides kasustatavad), mille hõõgniit väga väikese spiraalina on kokku mähitud ja mis võimaldavad 20—50 HK valgust. Kaugenägemis-aparaatides esinevad peale hõõglampide veel volfram-kaarlamp ja suuremate piltide (mõni ruutmeeter) projektimisel on seni asendamatu harilik elektrikaarlamp, mis tänapäevani on jäänud kõige tugevamaks kunstliku valguse allikaks üldse.

Sääraseks valguse varjajaks ei tarvitata mitte raskepäraselt töötavat elektromagnetiga liikuvat katet, vaid enamalt jaolt Ader'i poolt esitatud (Prantsuse patent 1895. a.) põhimõtte järgi hollandlase Einthoveni väljatöötatud keel-galvanomeetrit (joon. 31). Tugeva elektromagnetikese pooluste



Joon. 31. Keel-galvanomeeter valgusereleena.

vahele on pingule tõmmatud peen metallniit 1. Elektromagneti poolustesse on tehtud avaused, millest valgus läbi juhitakse. Niidikese küljes olev väike (mõni $\frac{1}{10}$ mm) plaadike takistab aga valguse läbipääsu. Niipea kui niidist läbi juhtida nõrka elektri-voolu, paindub see magnetvälja mõjul pooluste vahelt kõrvale ja avab valgusele läbipääsu. Kõrvalekaldu- mine on seda suurem, mida tugevam on vool, ja seda enam avaneb ka valgusele läbipääsu võimalus. Kui niidike valmistada küllalt kerge ja tarvilikult pingule tõmmata, suudab see oma liikumisel ja valguse varja- misel järgida kaunis kiiretele voolutugevuse muuda- tustele, nii et sekundis on võimalik üle anda kuni 5000 pilditäppi (s. o. registreerimise kiirus 100 cm/ sek.). Seejuures on liikumapanemiseks tarvilik ener- giahulk ja seega ka voolutugevus väike. Piisab 1—10 mA.

Kõigi mehaaniliste releede puuduseks on nende tunduv inertsus, mispärast nad ei saa silmapilkselt järgida voolutugevuste muudatusile ja seepärast suurte kiiruste puhul pilditelegraafis, kaugenägemises aga üldse on kõlbmatud.

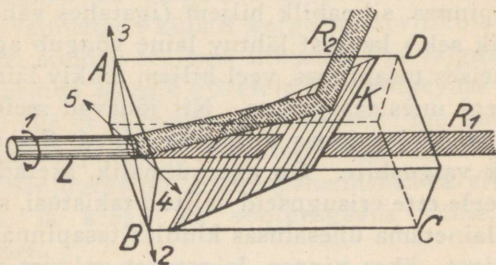
Valguse kui elektromagnetilise lainetuse erilised omadused võimaldavad hoopis omapärase täiesti inertsivaba valguserelee valmistamist, mis pildi vastu- võtu juures oma täiuslikkuselt vastab saatjas esine- vale fotoastikule. Selle n. n. elektro-optilise valguse- relee töötamispõhimõtte selgitamiseks peame enne veel tutvuma valguse mõningate omadustega.

Käesoleva raamatu alguses nägime, et valgus on elektromagnetiline lainetus, mis levib ruumis kiiru- sega 300 000 km sekundis. Elektri- ja magnet- välja võnkumine — lainetamine — võiks toimuda see- juures kas valguskiire levimise suunas, kuidagi põiki

sellele või risti kiirega. Uurimised ja valguse omaduste vaatlused näitavad, et lainetamine toimub ainult risti kiire levimise suunale, s. o. valgus on n. n. transversaalainetus. Kas toimub see ristlainetus alati ühes tasapinnas? Näit. kui vaatleme enda ees laual põlevat lampi, kas sellest meie silma tulevad elektri- ja magnetväli võnguvad kogu aja ühes tasapinnas, näit. püst- või rist-tasapinnas. Lugu ei ole mitte nii. Vaatluse alghetkel lambist lähtunud laine võnkus näit. püsttasapinnas, silmapilk hiljem (igatahes vähem kui miljondik sek.) lambist lähtuv laine võngub aga juba mingis teises tasapinnas, veel hiljem tekkiv laine võngub jällegi uues tasapinnas. Nii jõuavad meie silma igal momendil isepinnas võnkuvad lained. See on n. n. loomulik valguskiir. On aga võimalik, asetades valgusele teele ette erisuguseid valitud takistusi, sundida valgust lainetama ühesainsas kindlas tasapinnas. Säärast püsivad, ühes pinnas lainetavat valgust nimetatakse sirgjoonselt polaaritud valguseks. Loomulikku valgust on võimalik polaarida mitmesuguste abinõudega. Valgusereele valmistamisel kasutatakse mõnede n. n. kaksikmurdumist näitavate kristallide omadust neist läbivat valgust polaarida. Langeb loomulik, igas tasapinnas lainetav valguskiir n. n. lubipao- (Ca CO_3 -) kristallist lõigatud plaadile, siis jaguneb see kiir kristallis kaheks, n. n. korrapäraseks ja ebakorrapäraseks kiireks, millest üks murdub rohkem, teine vähem. Seepärast paistavad ka kõik asjad läbi säärase kristalli vaadatuna kahekordselt. Huvitav on siinjuures asjaolu, et need mõlemad kristallist lahus välja tulevad kiired on täiesti sirgjoonselt polaaritud, s. o. väljatulevates kiirtes toimub valguse lainetus veel ainult püsivas kindlas tasapinnas. Seejuures on nende kahe kiire polarisatsioonipinnad

teineteisega risti, s. o. kui näit. korrapärase kiire lainetus toimub püsttasapinnas, siis ebakorrapärasel kiirel see sünnib rõhttasapinnas.

Kahe kiire tarvitamine korraga on segav, seepärast peame ühe neist (näit. korrapärase) kuidagi kõrvaldama. See on ka kergesti teostatav inglise füüsiku Nicol'i poolt 1828. a. juhutatud kavala kunstliku võtte abil. Lubipao-kristallist lõigatakse valitud asendis pikergune nelinurkne põiki-otstega tükk (joon. 32). Sealjuures otste kallakus peab olema täpselt valitud. See nelinurkne tükk lõigatakse veel



Joon. 32. Nicol'i prisma.

joonisel näidatud kohast K kaheks ja asetatakse need pooled täpselt endisse asendisse, nii et lõikekohta jääb ainult kitsas õhukiht vahele. Loomulik valguskiir L, sattudes otsa AB kaudu sisse n. n. Nicol'i prismasse, jaguneb seal kaheks. Ebakorrapärane kiir R₁, mille lainetuse tasapind on märgitud nooltega 2—3, murdub ainult veidi, läbib prismapooli lahutava õhukihi ja pääseb otsast CD välja. Korrapärane kiir R₂ aga, mille lainetuse pinda märgivad nooled 4—5, murdub pinnas AB tugevasti ja satub seetõttu õige lamedalt prismat poolitava õhukihi K vastu. Kuna õhu murdumisnäitaja on palju väiksem kui lubipaol, ei pääse see kiir õhukihist enam läbi, vaid saab vahepinnalt täieliku sisepeegelduse ja väljub selle tagajärjel prisma küljelt, kus ta mingi kattega ära varjatakse. Nii on meil järele jäänud ühes tasapinnas polaaritud valgus.

Kokkuvõttes võib mainida, et säärane prisma laseb läbi ainult ühes tasapinnas lainetavat valgust. Kuidas on aga lugu, kui Nicol'i prismale langeb juba polaaritud valgus? Arusaadav, et see valgus võib Nicolist ainult siis

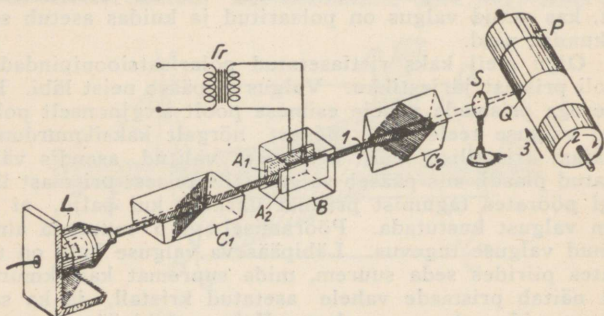
takistamata läbi pääseda, kui valguse polarisatsioonipind ühtib prisma polariseerimispinnaga. Nii et kui asetada teineteise taha kaks Nicoli prisma, pääseb valgus neist mõlemaist läbi ainult siis, kui nad asetsevad rööbiti, s. o. nende polariseerimispinnad langevad ühte. Pöörame aga teist prisma kiire ümber 90° , siis on selle polariseerimispind risti temale langeva valguse polarisatsioonipinnaga ja valgus ei pääse niisugusest seadeldisest üldse läbi. Pöörame aga prisma vähem, siis pääseb läbi ainult osa valgusest. Siit näeme, et Nicoli prisma on ideaalne abinõu sirgjoonselt polaaritunud valguse tekitamiseks kui ka järelekatsumiseks, kas antud valgus on polaaritunud ja kuidas asetub selle võnkumise pind.

Olgu meil kaks ristiasetatud polarisatsioonipindadega Nicoli prisma järjestikku. Valgus ei pääse neist läbi. Pistame aga prismade vahele esimese poolt sirgjoonselt polaaritunud valguse teele ette mõnest nõrgalt kaksikmurdumist näitajast kristallist, näit. kvartsist, valitud asendis väljalõigatud plaadi, siis pääseb valgus jälle teisest prismast läbi. Isegi pöörates tagumist prisma ükskõik kui palju, ei saa enam valgust kustutada. Pööramisel võib muutuda ainult läbinud valguse tugevus. Läbipääseva valguse hulk on teatavates piirides seda suurem, mida suuremat kaksikmurdumist näitab prismade vahele asetatud kristall, ja ka seda suurem, mida paksem on plaat. Valguse läbipääs niisugusel juhul on võimalik seetõttu, et kaksikmurdjat ainet läbides sirgjoonselt polaaritunud valgus muundub n. n. elliptiliseks (s. o. valgus, mille lainetuse pind pole enam püsiv, vaid ühes täpis vaadatuna äärmiselt kiiresti pöörleb, kusjuures lainetuse amplituud igas suunas pole enam ühesuurune), mille ühe komponendi suund alati ühtib teise prisma polariseerimispinnaga.

Kaksikmurdumine ei esine aga mitte ainult kristallidel, vaid seda on võimalik kunstlikult esile kutsuda paljude ainete juures. Inglise I. Kerr märkas 1875. a., et iseäranis mitmed orgaanilised vedelikud (näit. nitrobensool, nitrotoluol jne.), asetatuna tugevasse elektrivälja, muutuvad kaksikmurdjaks. Kaksikmurdmise määr seejuures oleneb mõjuva elektrivälja tugevusest ja on võrdeline selle ruuduga. Nüüd ongi meil kõik elemendid valguseralee, n. n. Kerri astiku, koostamiseks tuntud.

Asetame kahe ristiseisva Nicoli prisma vahele klaasvannikese näit. nitrobensooliga (joon. 33), millesse on pandud 2 isoleeritud metallplaati (A_1 ja A_2)

nii, et valgus peab nende vahelt läbi minema. Niikaua kui plaadid pole ühendatud mingi vooluallikaga, s. o. nad ei ole pinge all, ei pääse valgus Kerri astikust läbi. Ühendame aga plaadid küllalt kõrgepingelise vooluallikaga, muutub vedelik plaatide vahel kaksikmurdjaks ja valgus pääseb läbi. Selle järgi, kui suur pinge anda plaatidele, pääseb ka rohkem või vähem valgust läbi.

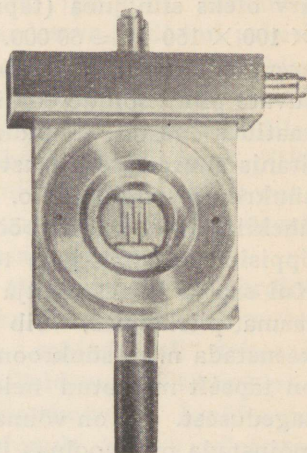


Joon. 33. Kerri astiku kasustamine.

Teatud piirides on läbinud valguse tugevus täiesti võrdeline pingega, mis oli ju algnõudeks kasustuskõlblikkuse määramisel. Väga oluline on aga siinjuures, et valguse tugevuse muudatused järgnevad pingemuutusile pea silmapilkselt, nii et koguni miljoni pingemuudatuse korral sekundis veel mingit valgusemuudatuste hilistumist pole märgata.

Kerri astiku kasustamine pilditelegraafis selgus juba joon. 33 vaatlemisest. Kerri astik on siin asetatud lambist fotopaberile mineva valguse teele ette ja ta plaatidele juhitakse vastuvõtu-aparaadist pildivool, mis siis reguleerib igal momendil paberile sattuvat valguse hulka. Kerri astik vajab töötamiseks võrdle-

misi kõrget pinget. Isegi väikesed, pilditelegraafis tarvitataavad astikud nõuavad 200- — 800-voldilist pinget. Seejuures on aga astikut läbiva voolu tugevus äärmiselt väike, nii et energiakulu jääb ikka alla 1 vati. Kõrge pinge saamine moodsate elektronitoru kõvendajatega ei tekitata aga mingit raskust. Nõutav pildivoolude kõrge pinge oli ka põhjuseks, miks juba 1890. a. Sutton'i poolt soovitatud Kerri astiku tarvitamine teostamist leidis alles peale kõvendajate arenemist. Kaugenägemises, kus on vaja võimalikult suurt valgusetugevust, ei saa Kerri astikut enam nii väikesena ehitada, ja siis tõuseb ka nõutav pinge. Joon. 34 on näha



Joon. 34. Kerri astik.

säärane äravõetud Nicol'idega Kerri astik, mille plaatide vahe on 1,5 mm, plaate 2 asemel 5 ning mis nõuab töötamiseks kuni 7000-voldilist pinget.

Saavutused ja tuleviku väljavaated.

Kõik moodsamad, parimad pilditelegraafi-aparaadid kasustavad saatjas fotoastikut ja vastuvõtjas Kerri astikut. Nende aparatuuride töövõime on nii-võrd suur, et näit. postkaardisuurust pilti suudetakse isegi 7 sekundi jooksul üle anda. Sealjuures on ülekande nii hea, et ainult teraval vaatlusel võimalik on

ülekantavat pilti originaalist eristada. Säärased suured kiirused on küll võimalikud traaditeel üleandel väga väikesele kaugusele või mõnel juhul kasustades raadio lühilaineid, sest sekundis ülekantavate täppide arv oleks siin juba (täpi läbimõõt $\frac{1}{5}$ mm) $5 \times 5 \times 100 \times 150 : 7 \approx 50\,000$. Siit näeme, et pilditelegraafi arengus tänapäeval pearaskus seisab väga kiirelt muutuivate pildivoolude edasisaatmises ja mitte enam aparaatides enestes. Tunduvat raskust tekitab veel, isäranis suuremate kiiruste puhul, saatja ja vastuvõtja sünkroniseerimine, s. o. pildi ja paberirullide täpselt ühekiire ja üheaegne pöörlemine. Ühe abinõu selleks õppisime tundma juba teleautograafi juures (lk. 42). Kui saatja ja vastuvõtja asuvad ühe ja sama elektrijaama piirkonnas, võib rullide pöörlemapanemiseks kasustada n. n. sünkroon-mootoreid, mille tiirude arv on täpselt määratud neid käima paneva elektrivoolu sagedusest. Ka on võimalik vastuvõtja mootori käiku mõjustada pildivooluga ühes saadetavate sünkroniseerimisvoolu tõugetega. Enamasti aga kasustatakse sünkroniseerimiseks heliharki. Saatejaamas ja vastuvõtte-jaamas on täiesti ühesugused helihargid, mis võnkuma lööduna võnguvad ka väga püsiva kiirusega (näit. 375 korda sek.). Need helihargi võnked muundatakse elektrivoolu võngeteks ja saadud vahelduva vooluga pannakse käima rulli mootorid, mis siis ka väga ühtlaselt pöörlevad. See on n. n. kohalik sünkroniseerimine — saatja ei mõjusta vastuvõtja kiirust.

Et oleks võimalik ühe aparaadiga vastu võtta mitmest kohast saadetavaid pilte, peavad aparaadid olema normitud. S. o. peab olema kokkuleppel valitud teatud kindel pildirea laius (õigem — pildiridade arv) ja rulli pöörlemise kiirus. Üldist rahvusvahelist kokkulepet sel alal veel ei ole. Enamalt jaolt on tarvitusel

rea laiusena $\frac{2}{5}$ ja $\frac{1}{5}$ mm ning pöörlemise kiirusena 60, 120 ja 180 tiiru minutis. Seega keskmiselt ühe pildi ülekandeks kulub 2—10 minutit. Leidub aga ka väga erinevaid tüüpe.

Peale rullaparaatide, mida iga pildi ülekande järel peab seisma jätma nii saadetava pildi kui paberi vahetamiseks, leidub ka rida sääraseid, mis võimaldavad varemalt ühele paberi- või filmiribale kinnitatud piltide pidevat ülekannet lõpmatule paberilindile, kusjuures fotograafilise pildikirja puhul isegi pildi ilmutamine ja kinnistamine toimub automaatselt aparadis eneses. Seega tõuseb muidugi tunni jooksul üle kanda suudetavate piltide arv tunduvalt.

Pilditelegraafi levik on tänapäeval veel võrdlemisi väike. Selle nähte üheks suuremaks põhjuseks on muutlikkude ilmastiku mõjude all seisvate telegraafi välisliinide mitteküllaldane kõlblikkus pildivoolude muundamata edasiandmiseks. Igäüks ju teab, kui halvasti ja moondunult kostab telefonis vähegi kaugemalt (üle 100 km) peetud kaugekõne puhul hääl. Pildivoolude edasiandmine peab toimuma aga palju „puhtamalt“. Seepärast on tähtsamate keskuste vahele asetatud selleks koguni erilised maaalused pilditelegraafi kaablid, mis enam ei olene muutliku ilmastiku mõjudest. Raadio teel piltide edasiandmine on majanduslikult seisukohalt vaadates ainult siis suuremal määral teostatav, kui üht ja sama pilti on tarvis saata korraga väga mitmesse kohta, sest suure raadiojaama töötamisel maksab juba iga minut palju. Peamiseks pilditelegraafi kasustajaks on ajakirjandus. Pea kõik maailma suurimad ajalehed on varustatud pilditelegraafi vastuvõtte ja saate seadeldistega mitte üksnes Euroopas ja Ameerikas, vaid ka näit. Jaapanis. On ju ajakirjandus eriliselt huvitatud

igasugu päevasündmusi kujutavate piltide võimalikult kiiresti kättesaamisest.

Tähtsat osa etendavad pilditelegraafid ka politseiasjanduses mõnesugu roimade jälgimisel. Tagaotsitavate isikute pildid võib ühest keskkohast mõne minutiga kätte saata näit. riigi kõigile politseiasutistele, mis suuresti hõlbustab tagaotsitava tabamist. Suuril ookeaniaurikuil, mis sageli nädalaid ja enam eemal kõigist sadamaist ulgumerel viibivad, on ainsaks päevasündmuste ja muude piltide saamise abinõuks pildiraadio.

Edasiantav pilt ei tarvitse sugugi olla pilt sõna otseses mõttes, vaid võib väga hästi olla ka kas mingi trükitud tekst (näit. väljalõige ajalehest) või mingi käsitsikirjutatud dokument. Siin avaneb pilditelegraafidele kaks uut arenemissuunda. Selle asemel et harilikule telegrammi saatmisel teksti tähed ja numbrid muuta morsemärkideks, need edasi saata ja neist uuesti koostada sõnad ja numbrid, kinnitame näit. kirjutatud telegrammi pilditelegraafi-rullile ja saadame ta pildina üle. Seejuures on paremuseks asjaolu, et adressaat saab telegrammi täpselt samakujulisena, nagu saatja selle kirjutas. Tekstis vigade tekkimise võimalus on kõrvaldatud. Ka saavutatav ülekandekiirus on suur — 50—100 sõna minutis. Nii võiks pilditelegraafist kardetav võistleja saada harilikule kiirtelegraafidele. Ainsaks raskuseks on, et harilikus telegraafis on vajalik ühe kirjatähe edasiandmiseks leppemärkide abil keskmiselt viis voolutõuget, kuid pilditelegraafis ei jätku seks viiest pilditäpist, vaid on vaja 50—250 täppi, s. t. ka sama palju voolutõukeid. Tähtsam on aga asjaolu, et ülekantud telegramm sarnaneb täpselt originaaliga. Nii võib pilditelegrammina üle kanda näit. igasugu dokumente, lepinguid ja

kas või isegi pangatšekke ühes allkirjadega, millised siis juba tõeliste dokumentidena kasutamist võivad leida. On ju äriilmas tihti otsustava tähendusega suurte tehingute kohta, et mitmesugused paberid ja lepingud jõuaksid asjaosalistele kätte mõne tunniga ja ei kuluks seks mitte näit. postiga kirjana saates mitu päeva või koguni mitu nädalat. Pilditelegraafiliste dokumentide kasutamiseks on seni vaid üksikuid katseid tehtud. Lahendamist ootab siin veel võltsimiste võimatuks tegemine. Arvestades aga iga-sugu läbikäimises ikka järjest kasvavat kiiruse nõuet, võib kindlalt öelda, et tulevikus, ja mitte kauges, pilditelegraaf iga-sugu trükitud käsi- kui ka kiirkirjalise teksti, iga-sugu dokumentide, jooniste, plaanide, kaartide ja piltide kiirel kaugeisse kohtadesse toimetamisel muutub asendamatuks abinõuks ja nii isegi postile ja kiirtelegraafide kardetavaks võistlejaks kujuneb. Ehkki tänapäeval publikule kasutamiseks leidub vaid mõni üksik pilditelegraafi-jaam ja need ka mõne üksiku kohaga ühendust peavad, jõutakse kindlasti varsti niikaugemale, et igast telegraafikontorist teatud tasu eest on võimalik saata soovitud kohta pilditelegrammi, nagu praegu harilikku telegrammi. Tehnilisest küljest pole selleks enam mingeid takistusi ja ka majanduslikult peaks see varsti läbiviidav olema. On ju pilditelegraafiks tarvilik aparaat, tõtt öelda, lihtsam ja odavam kui korralik, täieline kiirtelegraafi sissesead.

III. Kaugenägemise tehnika.

Ehkki pilditelegraafis on jõutud kiirusteni umbes 5 sek. jooksul üks pilt, ei ole seal tarvitata-vate abi-

nõudega kunagi võimalik jõuda kaugenägemiseks tarviliku kiiruseni — 10—25 pilti ühes sekundis. Ka pole mõeldav tõelikus kaugenägemises pildi täppideks jagamine ja uuesti koostamine rullaparaadi abil, sest see vajab näha soovitavast esemest saatejaamas enne ülekandmist materjalse pildi valmistamist ja selle rullile kinnitamist, mis aga nõutava kiiruse ja piltide arvu rohkuse tõttu jällegi on võimatu (välja arvatud kaugekino). Suurelt osalt ühised mõlemale alale on pilditäppide heleduste voolutogeteks muutmine (fotoastiku abil) ja pildivoolude taasmuutmine valguseks (huumlambid ja Kerri astik).

Kaugenägemise alal on 60 aasta kestel esitatud palju lahenduse võimalusi. Suurem hulk neist on nurjunud, kuid mitmedki põhimõtted ja võtted on jäänud püsima arenguvõimelistena. Viiks kaugele üle selle raamatu piiride seda huvitavat arengukäiku jälgida. Ei saa aga nimetamata jätta selle ala tähtsaimaid pioneere, näit.: ameeriklane Carey (1875. a.), prantslane Le Blanc (1880), poolakas Nipkow (1884) ja tänapäeval prantslane Belin, ungarlane Mihály, inglase Baird jm.

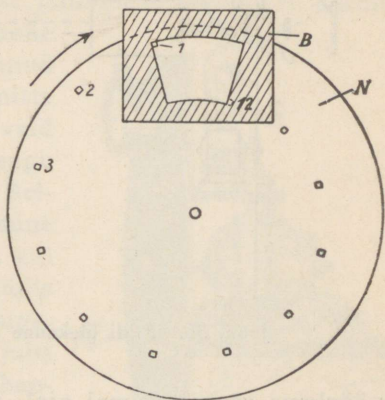
Käsitleme siin ainult mõningaid tänapäeval tarvitatavaid ja arenguvõimelisi lahendusi.

Nipkowi ketas.

Esimeseks praktiliselt kasustuskõlblikuks ja tänapäevani kõige enam levinud pildi täppideks jaotamise ja taaskoostamise vahendiks on n. n. Nipkow'i ketas (nimetatud oma leiutaja Paul Nipkow'i järgi). See põhimõtteliselt võrdlemisi väikest pilditäppide arvu lubav, s. o. „jämedate“ täppidega töötav abinõu on äärmiselt lihtne ja seetõttu esijärjes kättesaadav ama-

töörile. Nipkowi ketas on valmistatud õhukesest terasplekist ja selle serva läheduses on spiraaljoonel rida augukesti (joon. 35). Ketta taga otse selle vastas maskiga B piiratuna asugu käesoleval hetkel ülekan-
 tav pilt, olgu see siis mingi tagant valgustatud dia-
 positiiv või läätsede abil mingist esemest või inimes-
 sest saadud optiline tõeline kujutis. Augud kettasse

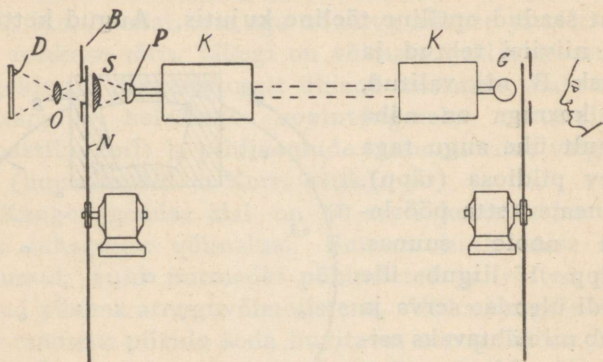
on niiviisi tehtud ja mask B nii valitud, et korruga on näha ainult ühe augu taga olev pildiosa (täpp). Paneme ketta pöörle-
 ma noole suunas. Täpp 1 liigub üle pildi ülemise serva ja teeb nii nähtavaks esi-
 mese pildirea täpp täpi järel. On auk 1 kadunud maski serva
 taha, ilmub vasakult auk 2, mis just augu
 laiuse jao võrra asub



Joon. 35. Nipkowi ketas.

ketta keskkohale lähemal. Seega liigub auk 2 üle
 teise pilditäppide rea jne., kuni viimane auk
 ka viimase pildirea täpphaaval nähtavaks teeb. Nii
 saavad üksteise järel nähtavaks ühe kettatiiru
 vältel kõik pilditäpid. Asetame ketta ette fotoastiku
 P (joon. 36), siis pääseb igas ketta seisus sellele just
 niipalju valgust, kui hele on parajasti augu all olev
 pilditäpp. Fotoastik muudab igal momendil temale
 pääsenud valguse vastava tugevusega elektrivooluks.
 Täheandab, ühe kettatiiru vältel on meie pilt muudetud
 teda „väljendavaks“ pildivooluks. See kõvendatakse

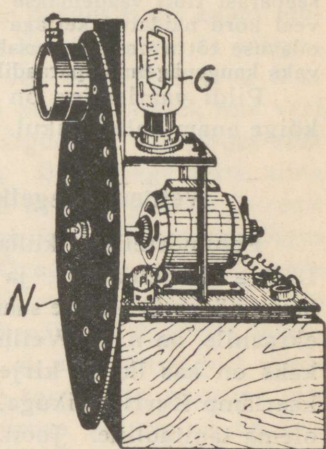
soovitava määranani ja saadetakse, enamasti raadio teel, vastuvõtjani. Päralejõudnud pildivool kõvendatakse veel kord ja juhitakse suurepinnalisse huumlampi (G). Lambi ette paigutame täpselt samasuguse Nipkowi ketta, nagu tarvitatakse saatjas, ja paneme selle



Joon. 36. Pildi ülekanne Nipkowi ketastega.

pöörlema täpselt samal ajal ja sama kiirusega kui saatjaski, s. o. sünkroniseerime ketaste käigu. Seetõttu, kui saatjas näit. ketta esimene avaus asub parajasti ülemise parempoolse pildinurga kohal, siis vastuvõtjas näeme ka läbi ketta huumlambi ülemist parempoolset nurka. Üldse näeme läbi vastuvõtte-ketta alati ainult niisugust huumlambi täppi, mille asukoht täpselt vastab parajasti saadetava pilditäpi asukohale. Kuna pildivoolu mõjul huumlambi heledus ka igal silmapilgul vastab saadetava pilditäpi heledusele, näeme läbi vastuvõtte-ketta üksteise järel õigetes kohtades kõiki pilditäppe õiges heleduses. Kui ketad pöörlevad üle 10 tiiru sekundis, siis ei suuda esimese pilditäpi mulje silmas veel kaduda, kui juba ka

kõik teised täpid on nähtavaks saanud ja esimene täpp teist korda nähtavale ilmub. Seepärast silm ei märka mitte kiiresti pildi asukohta mööda liikuvat heledat täppi, vaid kõigi pilditäppide mulje püsib korraga silmis tervikuna — näeme pilti just samasugusena, nagu selle projektisime saatekettale. Kui saatjas pilt muutub kas või näit. saatja objektiivivi vaatepiirkonnas oleva inimese jalutamise tagajärjel, näeme vastuvõtjas ka otsekohe samal kujul muutunud pilti, s. o. näeme mitte ainult seisvat pilti, vaid võime jälgida ka igasugu liigutusi ja tegevust. Sellega on kaugenägemine teostatud. Siit näeme, kui ideaalselt lihtsalt püüdis Nipkow lahendada kaugenägemise probleemi juba 50 aasta eest. Selle lahenduse praktiline kasustamine toimub aga kõigest mõned aastad, sest varem puudusid selleks kõlblikud üksikosad: fotoastik, huumlamp ja kõvendaja.



Joon. 37. Vastuvõtja Nipkowi kettaga.

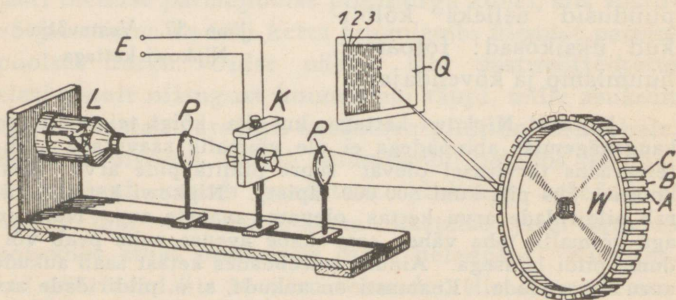
Niihästi Nipkowi kettaga kui ka kõigi teiste tuntud kaugenägemise abinõudega ei ole võimalik saavutada pilditelegraafis tarvitusel olevat suurt pilditäppide arvu (seal koosnes üks pilt kuni 500 000 täpist). Nipkowi kettal määrab pildiridade arvu kettas olevate avauste arv. Neid on aga võimalik teha vähe, sest kahe avause vahe peab võrduma pildi laiusega. Ainult suurendades ketast saab aukude arvu suurendada. Enamasti on aukude, s. o. pildiridade arv siin 30, seega täppide arv pildis 1200 (pildi laiuse ja kõrguse suhe 4 : 3). On katsetatud ka kuni 120 auguga ketas-

tega. Siin pilditäppide arv ei ulatu 20 000-nigi. Liikuvate piltide puhul pole aga tarvilik nii suur pildi teravus, kui on nõutav püsivate piltide puhul (võrdle kinos nähtavat pilti fotograafiaga). Piltide arv sekundis on kas 12,5 või tänapäeva kinoga võrdselt 25, mis annab ketta pöörlemise kiiruse 750 või 1500 tiiru minutis. Pildi heledus on väga väike — annab ju huumlamp ise vähe valgust, ja teiseks näeme seda korruga ainult läbi ühe ketta-avause, s. o. kõigest $\frac{1}{1200}$ — $\frac{1}{20000}$ jagu. Sama palju kordi jääb pilt ka tumedamaks, kui oli lamp ise. Pildi suurus on väike, harilikult 3×4 cm (ühe täpi, s. o. ketta-augu läbimõõt on siis 1—0,25 mm), ja seepärast tihti vaadeldakse pilti läbi läätsede. Joon. 37 on veel kord näidatud kettaga vastuvõtja, mis oma lihtsuse ja odavuse tõttu on pea ainsaks seni amatööridele kättesaadavaks kaugenägemis-aparaadiks.

Pildi vaatlemine on siin võimalik korruga ühel, kõige enam kahel isikul.

Weilleri peegelketas. Peegelkruvl.

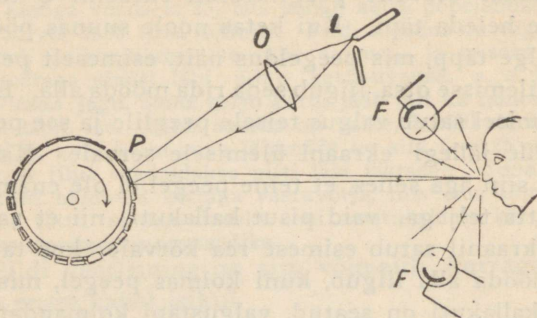
Põhimõtteliselt küllaltki vana (L. Weiller'i poolt 1889. a. kirjeldatud) ja tänapäevani ainus abinõu kaugenägemis-piltide saamiseks suurtes mõõtudes otse ekraanile, on n. n. Weilleri peegelketas. Valguseallikaks on kas lk. 67 kirjeldatud n. n. valguseprints või kaarlamp Kerri astikuga, sest siin peab valguseallikas olema täpitaoline. Joon. 38 on seks kasustatud kaar-



Joon. 38. Peegelketas pildikoostajana.

lampi L, mille valgus peab läbima Kerri astiku K, millesse on juhitud pildivool (E). Lääts P koondab edasimineva valguse nii, et see peegeldudes ketta W välispinnal olevailt peeglikestelt ekraanil Q tekitab väikese heleda täpi. Kui ketas noole suunas pöörleb, siis valge täpp, mis peegeldus näit. esimeselt peeglilt 1. rea ülemisse otsa, liigub seda rida mööda alla. Edasi-pöörlemisel satub valgus teisele peeglile ja see peegeldab selle jällegi ekraani ülemisele servale. Kavalus peitub siin aga selles, et teine peegel ei ole enam rööbik ketta teljega, vaid pisut kallakuti, nii et valgustäpp ekraanil satub esimese rea kõrvale, kus ta teist rida mööda alla liigub, kuni kolmas peegel, mis veel enam kallakuti on seatud, valgustäpi kolmandat rida mööda ülevalt alla juhiv jne. Ühe peegelketta tiiru vältel on valgustäpp nii kogu ekraani pinna rida-realt läbi käinud, s. o. täppidest on jällegi koostatud õiges järjekorras pilt. Ekraani Q asemel on väiksemas aparatuurides tuhmklaas ja siis vaadeldakse pilti selle tagant. Kuna siin suur osa kaarlambi tugevast valgusest koondatakse ekraanile, on saavutatud pilt võrdlemisi hele, nii et isegi ühe ruutmeetri suurune pilt näib küllalt hele. Pildi suuruse muutmine on siin samuti kergesti teostatav nagu iga harilikugi projektsiooni puhul — lihtsalt ekraani kauguse muutmisega kettast. Peegelketas kõlbab veel saatjas pildi täppideks jagajaks (joon. 39). Lambi L valgus, koondatud läätse O abil, peegeldub ketta ühelt peeglilt ja valgustab nii aparadi ees olevast esemest ainult ühte täppi. Siit valgustatud täpist peegeldub valgus difuusselt (s. o. igasse suunda) just niipalju kui „valge“ on parajasti valgustatud eseme täpp ja see peegeldunud valgus satub ka fotoastikuile F, mis seetõttu tekitavad parajasti valgustatud täpi heledusele vastava pildi-

voolu. Kui ketas pöörlema panna, siis rändab valgustäpp täpp-täpilt ja rida-realt läbi kogu eseme ja vastavalt sellele, kui palju valgust viimase igast täpist



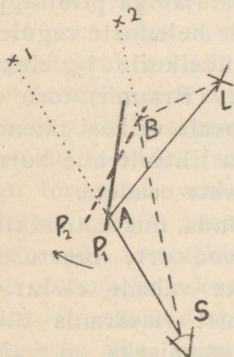
Joon. 39. Peegelketas pildijagajana.

peegeldub, nii tugev pildivool tekib fotoastikus. (Võrdle lk. 47/8 pildikomprimine peegeldunud valgusega.)

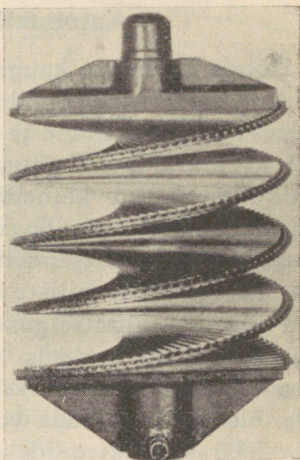
Sama ülesannet, mida kaugenägemis-piltide projektimisel täidab peegelketas, täidab otsesel, subjektiivsel piltide vaatlemisel n. n. p e e g e l k r u v i.

See koosneb ühisele teljele kinnitatud kitsastest peegli-ribadest (peegliriba laius on võrdne saadava pildirea laiussega), millest iga järgmine on eelmise suhtes telje ümber vähe pööratud, nii et eemalt vaadates paistab, nagu oleks peeglitega kaetud lai kruvipind (sellest ka nimi). Valguseallikaks tarvitatakse siin pikka sirgjoonset huumlampi, mille katoodiks on lihtsalt sirge peenike traat. Kuidas säärane peegelkruvi üksikuist valgustäppidest pilti koostab, näitab joon. 40. Peeglite omapärase asetuse tõttu on võimalik lambi kujutist näha korraga ainult ühest peeglist (vaadeldes küllalt kaugelt). Asugu näit. kõige ülemine peegliriba parajasti seisus P_1 . Siis valgus lambist L pääseb vaatleja silma ainult peegeldudes peegliriba vasakust äärest kohast A , ja vaatleja näeb lambi kujutist helendava täpina peegli taga kohas 1. Pöörduv aga peegel noolega näidatud suunas asen-

disse P_2 , siis pääseb vaatleja silma ainult kohast B peeglit peegeldunud valgus ja näib helendav täpp olevat kohas 2. Veel edasi pöörates nihkub valgustäpi kujutis peeglis ikka paremale ja paremale, kuni libiseb üle peegli parempoolse serva. Samal ajal on aga parajasti järgmine peegel jõudnud samasse asendisse (P_1), nagu asus vaatluse algul esimene peegel. Nüüd hakkab edasisel peegelkrui pöördumisel valgustäpp teist peeglit mööda, seega ühe pildirea võrra madalamalt, jällegi vasakult paremale nihkuma jne. Ühe peegel-



Joon. 40.
Peegelkrui põhimõte.



Joon. 41.
Kahekordne peegelkrui.

krui tiiru vältel libisevad nii valgustäppide kujutised ridarealt üksteise järel üle kõigi peeglite vasakult paremale ja nii koostubki pilt täppidest õiges järjekorras. Edasisel pöördumisel hakkab valgustäpp paistma uuesti kõige ülemises peeglis, s. o. algab uus pilt. Seega peab krui pöörlema sekundis nii mitu tiiru, kui mitu pilti tahame üle kanda sekundis.

Pildi täppideks jagaja saatjas ja pildi taaskoostaja vastuvõtjas peavad muidugi täpselt ühesuguse kiirusega pöörlema. Niihästi Nipkowi ketta, peegel-

ketta kui ka peegelkruvi pöörlemapanemiseks tarvita-
takse eranditult väikest elektrimootorit ja nende moo-
torite käik ühtlustatakse, sünkroniseeritakse pea alati
saatejaamast ühes pildivooluga lähetatavate eriliste
voolutõugete abil, millisteks osavalt kasustatakse iga
pildirea vahele niikuinii jäävat väikest n. ö. tühja
vahet.

Katoodkiirte toru.

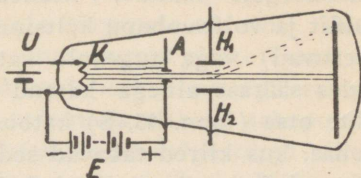
Kõigis eelmistes kaugenägemise seadeldistes toi-
mus n. n. mehaaniliste pildikoostajatega pilditäppide
õigesse kohta asetamine ja nende heleduste reguleeri-
mine kahe eraldi abinõuga. Füüsikuile ja elektro-
tehnikuile tuntud katoodkiirte (Braun'i) toru ehk
n. n. katoodkiirte ostsillograaf peale väikesi täiendusi
teostab mõlemad ülesanded väga lihtsalt ühe korraga
ilma igasugu mehaaniliste liikuvate osadeta.

Püüame esialgu selgusele jõuda, mis katoodkiired
on ja kuidas neid saada. Katoodkiirte nimetuse all
üldiselt mõistetakse väikseimate vabade elektriosa-
keste, elektronide joana voolamist (iseäranis tühju-
ses). Säärase elektronidevoolu saamiseks on vajalik
esiteks tekitada vabu elektrone, sest harilikus olekus
elektronid ei esine kunagi iseseisvaina, vaid on alati
seotud aine algosakeste — aatomitega, olles nende
n. ö. ehituskivideks. Metallid ja iseäranis veel mõned
metallide oksüüdid (hapendid) küllalt kuumaks aetuna
(500—3000° C) pilluvad aga oma pinnalt neid elekt-
rone välja. See on n. n. hõõgkatoodi põhimõte. Et
väljapaisatud elektronid hõõguva traadi lähedusse
seisma ei jääks ja seega uute elektronide väljapaiska-
mist ei takistaks, paigutame hõõgniidi K (joon. 42)
ette küllaldasele kaugusele metallplaadi A, mis on
ühenduses mingi vooluallika E +-poolusega, s. o.

mis on sama vooluallika — -poolusega ühendatud hõõgniidi ehk katoodi suhtes anoodiks. Patarei E poolt anoodile antud positiivne elektrilaeng tõmbab

Joon. 42.

Katoodkiirte tekkimine.

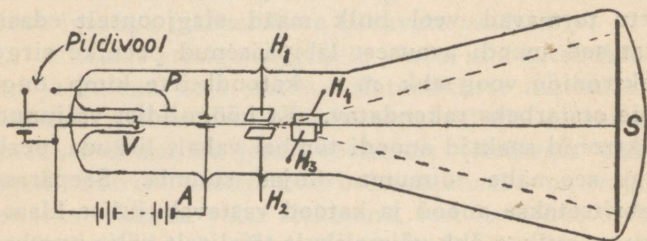


katoodist väljunud elektrone tugevasti enese külge, nii et need väga suure kiirusega (näit. 1000-voldilise pinge korral anoodi ja katoodi vahel umbes 20 000 meetrit sekundis) tormavad anoodile. Tehes anoodi keskele väikese avause, pääseb osa anoodi poole ruttavaist elektronidest sellest läbi ja oma liikumise hoo tõttu tormavad veel hulk maad sirgjoonselt edasi. Just see anoodi avausest läbipääsenud peenike sirge elektronide voog ehk n. n. katoodkiirte kimp ongi meie otstarbeks rakendatav. Et hõõgniidist väljunud elektronid saaksid anoodi tõmbel vabalt liikuda, peab kogu see nähe toimuma tühjas ruumis. Seepärast ümbritsetakse anood ja katood vastavakujulise klaastoruga, millest õhk võimalikult täieliselt välja pumbatakse. Katood aetakse hõõguma näiteks patareist U võetava elektrivoolu abil. Katoodkiirte kiirus siin on seda suurem, mida suurem on pinge anoodi ja katoodi vahel. Tekitatud kiirte intensiivsus ehk tugevus, s. o. voolavate elektronide hulk, oleneb katoodi ehitusest ja sellest, kui tugevasti on katood kuumutatud.

Katoodkiired iseenesest on meie silmale nähtamatud. Põrkavad nad aga mingi takistuse vastu, tekitavad nad seal helendust. Nii hakkavad näit. torru jäänud vähesed õhuosakesed (kõike viimast õhuraasu

pole kunagi võimalik välja pumbata) katoodkiirte teel elektronidelt saadud hoopide mõjul helendama (võrdle huumlamp lk. 66), nii et kogu katoodkiirte tee on nõrgalt nähtav. Mõned ained, näit. tsinksulfiit ja volframhapu kaltsium, helendavad (fluorestseeruvad) väga tugevalt katoodkiirte mõjul. Asetades säärase ainega kaetud klaasplaadi meie toru ühte otsa (joon. 43, S) katoodkiirte teele ette, tekib kohas, kus kiired tabavad seda n. n. fluorestseeruvat ekraani, hele täpp. Täpi heledus on seda suurem, mida tugevam on ekraanile langev katoodkiirgus, s. o. mida rohkem elektrone tabab ekraani.

Kuna katoodkiired koosnevad voolavaist elektronidest, s. o. negatiivsest elektrist, siis arusaadavalt iga elektrilaeng, mis asub kiirtekimbu läheduses, püüab



Joon. 43. Katoodkiirte toru.

seda sirgjoonselt teelt kõrvale kallutada. Tõmbab ju positiivne laeng negatiivset, s. o. elektrone enda poole ja negatiivne laeng, just vastupidi, tõukab neid eemale. Asetades anoodi taha katoodkiire lähedusse väikesed metallplaadid H_1 ja H_2 ning andes neile plaatidele joonisel näidatud elektrilaengud, paindub katoodkiir positiivse plaadi poole kõrvale ja tabab seetõttu fluorestseeruva ekraani ülemist serva, kus

siis tekib helendav täpp. Kiire kõrvalekaldumine, s. o. helendava täpi nihkumine on seda suurem, mida suurem on plaatide H_1 ja H_2 laeng ehk nende vahel valitsev pinge. Seega muutes plaatide pinget, saame helendava täpi juhtida igale kõrgusele ekraanil. Võttes abiks veel teise paari samasuguseid plaate (joon. 43 H_3 ja H_4), asetades neid vaid risti eelmistega, saame neile pinget andes kiirt painutada ette- ja tahapoole, s. o. ekraani tagant vaadates saame valgustäppi nihutada vasemale ja paremale oma soovi järgi. Mõlemale plaadipaarile korruga parajat pinget andes, saame valgustäppi juhtida igasse soovitavasse kohta ekraanil. Kui tahame valgustäppi „vedada“ rida-realt üle terve ekraani, alates näit. vasakult ülevalt ja lõpetades paremal all, nagu see on vajalik pildi koondamisel kaugenägemises näit. $1/25$ sek. jooksul, on vaja ainult plaadipaari H_1 , H_2 ühendada säärase vahelduva voolu allikaga, mille pinge sunnib valgustäppi 25 korda sekundis ülalt alla nihkuma (alt ülesse minek peab äkitselt toimuma) ja plaadipaari H_3 , H_4 säärase pingega, mis näit. 30-realise pildi puhul valgustäpi nihutab ühe pildi kestvusel ($1/25$ sek.) 30 korda vasakult paremasse serva (sealt tagasi toomine peab jälle toimuma äkitselt — hüppena), see oleks siis 750-perioodiline vahelduv vool. Valgustäpi kõrvalekallutamiseks vajalised vahelduvad pinged tekitatakse eriliste väikeste kummutusvõnke-aparaatidega, mis sünkroniseeritakse, s. o. mille pingemuutuste sagedust juhivad enamasti saatejaamast ühes pildivooluga saadetavad voolutõuked. Kuna elektronid on äärmiselt kerged, järgib neist koosnev katoodkiir pea silmapilkselt kallutamiskauplaatide pinge muutusi ja seega on võimalik pilti koostada väga paljudest ridadest, s. o. väga väikestest täppidest. Ka on kallutamiseks tarvilik energiakulu

väga väike. Nii siis on katoodkiirte toru ideaalne inertsi- vaba pildikoostaja. Aga veel enam — ka inertsi- vaba valgusereleena on ta kõlblik. Paigutame seks oma torru kiirte-tee kõrvale veel ühe elektroodi ka- toodi ja anoodi vahele (joon. 43 P). Katoodi ja seda ümbritseva plekksilindri V kuju vastava valikuga võib saada peene katoodkiirte kimbu, mis aga on juhitud nii, et ei satu anoodis oleva avause kohta, vaid veidi sellest kõrvale, näit. joonisel allapoole. Siis kiired anoodi taha ei pääse ja ekraanil valgust ei teki. Anname aga plaadile P näit. väikese positiivse laengu, ühendades teda selleks kas või vastuvõtu-aparaadist tuleva pildivoolu juhtmega, tõmbab see laeng katood- kiiri veidi enese poole ja nii pääseb osa kiiri anoodi avausest läbi ekraanile ja tekitab seal nõrka helen- dust. Mida suurema pinge anname plaadile P, seda enam paindub kiir anoodi avause kohale ja seda enam pääseb elektrone sellest läbi ekraanile, mis omakorda esile kutsub tugevama helenduse. Nii „juhib“ plaadi P pinge katoodkiire intensiivsust ja ekraanil pilditäpi heledust. Selleks tarvilik pinge ja energia hulk on jällegi väikesed, nii et vastuvõtu-aparaadi lõppköven- daja võib hoopis väiksem olla kui Kerri astiku või ka huumlambi kasustamisel. Fluorestseeruv ekraan ja seega ka saadav pilt on enamasti 10×10 cm suurune, kuid seejuures niivõrd hele, et võimaldab isegi suuren- datult projektimist ekraanile.

Ehkki katoodkiirte toru juba 1907. aastal on püü- tud kasustada kaugenägemiseks (Rosing Peterburis), ilmusid müügile enamvähem rahuldavaid tagajärgi andvad tüübid sellest alles möödunud aastal. Neidki on võimalik veel suuresti täiendada.

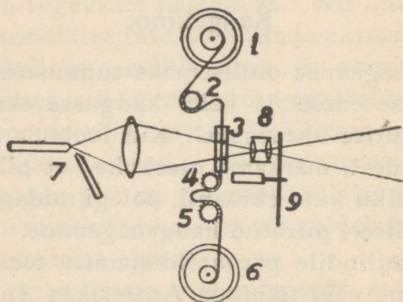
Katoodkiirte toru kasustamise võimalused pildi- koostajana on hoopis suuremad kui kõigil mehaani-

listel seadeldistel. Kõik saatejaamad ei saada mitte ühesuguse pildiridade (täppide) arvuga pilte ja mehaanilised pildikoostajad võimaldavad ainult nende jaamade vastuvõttu, millede saate pildiridade arv samane on vastuvõtja omaga. Muutmine siin on võimalik ainult täieliku ümberehituse teel (näit. uus Nipkowi ketas kas suurema või vähema aukude arvuga). Katoodkiirte toru tarvitamisel on aga pildiridade arvu kui ka sekundis vastuvõetavate piltide arvu muutmine äärmiselt lihtne — on ju vajalik ainult muuta toru n. n. kallutamisplaatidele pinget andva voolu sagedust. See võib aga toimuda aparadi käsitsemisel umbes samuti nagu harilikus radioaparadis ühe jaama kuulamiselt teisele üle minnes, milleks piisab mõne teatud elektrivõnkeahela muutmisest kas või aparadi vastava nupu pööramisega.

Kaugekino.

Kaugenägemise olulisemaks tunnuseks ja hüveks on sündmuse enese ja selle kaugusse ekraanile ülekantud kujutise üheaegsus. Kui loobuda sellest üheaegsusest, märkame otsekohe, et pilt, mida me näeme hariliku kino ekraanil, polegi midagi muud kui säärane ajaliselt piiratud kaugenägemine. Tõepoolest — kino filmilindile päevapildistamise teel jäädvustatud sündmus võis toimuda Ameerikas (näit. Inglise välisministri külaskäik Ühendriikide presidendile), sealt saadetakse valmis film kaubapakina kohale ja me võime sama sündmust jälgida filmi demonstreerimisel näit. kohalikus kinos, ehkki see toimub mõni nädal, kuu või isegi aasta sündmusest enesest hiljem. Kino põhimõttest oli juttu lk. 21. Selle teostamiseks vaja-

likud 25 ülesvõtet sekundis valmistatakse pikale (mitusada meetrit) filmilindile, kusjuures (ehkki ühe pildi suurus on kõigest 18×24 mm) läheb vaja üheainsagi tunni kestva sündmuse piltide (90 000 pilti) mahutamiseks umbes 1700 meetri pikkust filmiriba. See kõigi valmistuskuludega maksab aga tuhandeid kroone ja on kättesaadav seepärast ainult kinoteatri-tele, kes üht ja sama filmi raha eest näitavad tuhandeile inimesile. Üksikule inimesele koduseks näitamiseks filmi muretsemine pole nii siis mõeldav kalliduse tõttu. Siiski oleks ju hoopis mõnusam ka kinopilti vaadelda mugavalt kodus istudes, kui selleks kinno minna. Siin tuleb appi elektriline kaugenägemine sel teel, et ühes teatud keskkohas jooksvat kinopilti levitatakse kaugenägemis-aparaatide abil raadio teel ja iga kaugenägemis-vastuvõtte seadeldise omanik võib siis seda pilti jälgida juba omas kodus. See ongi kaugekino.



Joon. 44. Kinoaparaat.

Kinopildi ülesvõtted filmilindile toimuvad hariliku rullfilm-aparaadiga põhimõttelt täiesti sarnaneva erilise foto-aparaadi abil, mis võimaldab nõutava kiirusega uue filmi ettenihutamist peale iga pildi valgustamist. Pildi „näitamine“ toimub joon. 44 kujutatud projektsiooniaparaadiga.

Filmilint, mis keritud poolile (1), on tõmmatud üle eelkerija rulli (2), mis oma hammastega lindi servas olevaisse aukudesse toetudes kerib linti paras jagu poolilt lahti. Edasi läbib film kahte raami, n. n. pildiakna (3) vahelt, mis filmi projektimise jaoks sirgena hoiab. Siit film on juhitud edasi üle ettetõmberulli (4), järelekerija rulli (5) poolile (6), kuhu läbinäidatud film peale keritakse. Kaarlambiga (7) valgustatakse parajasti pildiakna ees olevat pilti ja objektiiv (8) annab sellest suurendatud kujutise ekraanile. Filmilindi edasinihutamine pildiakna ees peab toimuma järskude tõmmetena ühe pildi pikkuselt korraga. Selle võimaldamiseks on rull (4) ühendatud muu mehhanismiga erilise hammasratta, n. n. malta risti abil, mis seda tõugekena veerandringhaaval edasi pöörab. Filmi edasinihutamise ajaks peab objektiivi kinni katma, et ekraanil poleks näha lindi liikumist. Selleks pöörleb objektiivi ees auguga ketas (9), n. n. obskuraator, mis nii on seatud, et objektiivist tulev valgus ainult siis ekraanile pääseb, kui film pildiakna ees paigal seisab.

Uusimates kinoaparaatides ei nihutata filmi mitte järsu tõmbena ühe pildi võrra edasi, vaid filmilint jookseb pidevalt, kusjuures aga pilt ekraanile alati ühele ja samale kohale juhitakse eriliste peegelketastega.

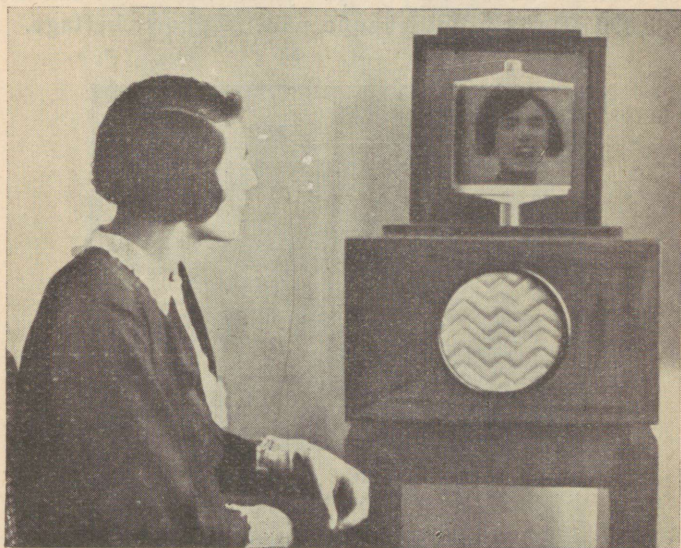
Seasemel et kinopilti projektida ekraanile, võib ju selle parajas suuruses projektida kaugenägemise saateaparaadi pildijagajale, näit. Nipkow'i kettale (vrd. joon. 36) ja ongi kaugekino saateaparatuur käes. Kuna filmi projektimiseks võib tarvitada soovitavalt tugevat valguseallikat, satub igal juhul fotoastikule küllaldaselt määralt valgust, et tekitada tarvilikku pildivoolu. Seepoolest on kaugekino palju paremas seisukorras kui otsene kaugenägemine, mispärast suur osa tänapäevaseidki saatekavasid sisaldab kaugekino pilte. Kaugekinost tekib tulevikus kindlasti tugev võistleja harilikule kinole. Ei ole küll loota, et „ilu“ poollest (nimelt teravuselt) kaugekino pilt saaks võistelda hariliku kinoga. Suureks paremuseks on aga kaugekinol veel see, et „eeskava“ valik on suur. Võime valida saatejaamadest vastuvõtmiseks just selle, mil-

les „jookseb“ meid huvitav film, ja meie ei ole piiratud, nagu harilikus kinos, ainult ühe eeskavaga.

Kaugenägemine tänapäeval ja tulevikus.

Kaugenägemine, olles ette valmistatud viis aastakümnet kestnud enamvähem teoreetiliste arutluste ja ettepanekutega, on tegelikkuseni jõudnud alles paaril viimasel aastal. Takistuseks pole olnud mitte niivõrd põhimõtteliste küsimuste lahendamatus kui just tehnilised raskused ja oskuste puudus sobivate üksikosade valmistamisel (näit. fotoastik, huumlamp jne., jne.). Võrreldes selle ala lähema naabriga — kaugkuulmisega (raadioga) — paistab silma suur erinevus arengu edasikandjais. Raadio arengust, kohe peale esimeste vähegi kasustuskõlblike lahenduste avaldamist eriteadlaste poolt, haarasid kinni laiad asjaarmastajate (amatööride) hulgad ja kandsid tihti puhtkatselisel teel arengu ette isegi teooriast. Kaugenägemise arendamine on aga seni jäänud ainult kõrgelt kvalifitseeritud eriteadlaste ja iseäranis suurte firmade täiuslike erilaboratooriumide asjaks. Põhjuseks on kaugenägemisel esinevate nähete teoreetiline keerukus, mis nõuab äärmiselt suuri teadmisi rakendusfüüsika alalt. Praktiliselt pole aga lugu nii kohutav. Kaugenägemise vastuvõtu-aparaat valmiskujul on veel lihtsamgi kui raadioaparaat. Ja laiemaid hulki huvitab just vastuvõtte-seadeldise kättesaadavus. Saateseadeldis võib olla keerukas ja kallid, sest see allub ikka asjatundjate eriteadlaste hoolele ja järelevalvele. Meil pole kaugenägemise alal eriajakirjades mõningate artiklite avaldamisest kaugemale jõutud. Välismaail, iseäranis Ameerikas, on müügile ilmunud terve hulk mitmesuguseid kauge-

nägemis-aparaate, millest väiksemad hinna poolest ei ületa harilikku raadioaparaati. Säärane aparaat sisaldab enamasti ainult kaugenägemise osa. Signaalide (pildivoolu) vastuvõtmiseks on kasustatav iga vastav korralik raadioaparaat, sest kuna kaugenägemine on



Joon. 45. Kaugenägemisaparaat.

määratud just laiadele hulkadele, nagu raadiogi, siis on kaugenägemis-piltide levitamine võimalik ainult igalepoole ulatuvate raadiolainetega. Tänapäeval levitab kaugenägemis-pilte terves maailmas järjekindlalt mõnikümmend raadiojaama. Eeskava koosneb esialgu peamiselt raadios esinevate lauljate, kõnelejate jne. näopiltidest ja lihtsamaist kaugekino filmidest. Pilte saadab seejuures pea alati kõne või muusika, mille

levitamiseks raadio teel on vajalik veel teine saatejaam esimesest erineva lainepikkusega ja samuti erinev vastuvõtu-aparaat valjuhääldajaga. Joonisel 46 näeme umbkaudu, millist pilditeravust võimaldab 30-realine (s. o. umbes 1200-täpiline pilt), joon. 47 — 60-realine (5000 täppi) ja joon. 48 — 120-realine (30 000 täppi) pildiülekanne näit. Nipkowi kettaga.



Joon. 46. 30-realine kaugenähtud pilt.

Ka tulevikus jääb kaugenägemine ikka ühendusse raadio-ringhäälinguga, selle muusika ja kõne illustreerijana. Suurema osa kavast täidab edaspidi arvatavasti kaugekino.

Tuleviku ja osalt praegusegi raadio- ja kaugenägemise ühine vastuvõtu-aparaat koosneb nii siis ühest kaheosalisest universaal-raadioaparaadist, mis kinni püüab ja üksteisest eraldab helisid ja pilte kandvad raadiolained, ning valjuhääldajast, mis helid kuuldavaks teeb, ja kaugenägemis-seadeldisest (arvatavasti

katoodkiirte toruga), mis samal ajal raadios esinevad tegelased või sündmused ekraanil nähtavaks teeb.



Joon. 47. 60-realine kaugenähtud pilt.



Joon. 48. 120-realine kaugenähtud pilt.

Tulevikuvalda kuulub ka värviline kaugenägemine, mille alal seni vaid väheseid katseid on tehtud.

Teostatav on see põhimõttel, et kõik silmale nähtavad värvid on võimalik koostada kolme n. n. põhivärvi — punase, roheline, sinise — vastavates hulkades optilise segamise (liitmise) teel. Kaugenägemises kujuneks see näit. järgmiselt.

Saatejaamas tarvitame kolme fotoastikut, millest esimene on tundlik ainult punasele valgusele, teine — rohelinele ja kolmas — sinisele. Igaüks neist fotoastikuist nii-öelda „saadab“ siis tema värvile vastavat osa pildist. Need kolm värvilist osapilti saadetakse kas korraga kolme erineva pikkusega raadiolaine abil, või üksteise järel (muidugi ikkagi $1/25$ sek. jooksul kõik kolm) vastuvõtjani, kus kolme samavärvilise näit. huumlambiga pildivoolud värviliseks valguseks muudetakse ja kõik kolm värvilist valgustäppi ühte ja samasse kohta ekraanile juhatakse (kas jällegi ühel ajal või üksteise järel nagu saatjaski pildi lahutamisel täppideks), kus nende värviliste valguste koostamõjul pilditäpp paistab loomulikus värvis. Selle tegelik läbiviimine ja laiadele hulkadele kättesaadavaks tegemine nõuab veel palju pingutust ja vaeva teaduse ja tehnika alal tegutsejailt. Aga ka praegusel algelisel astmel olev kaugenägemine on teaduse ja tehnika ühine saavutus, mis meid imestuse ja aukartusega paneb mõtlema inimese teadmiste ja võimete arengu kiirusele.

Kirjandust.

- Moseley and Chapple*: Television To-Day and To-Morrow. 1930.
- F. Schröter*: Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens. 1932.
- P. Lertes*: Fernbildtechnik und electricisches Fernsehen. 1926.
- D. Mihály*: Das elektrische Fernsehen und das Telephon. 1926.
- A j a k i r j a d*: Television (alates 1927). Fernsehen (alates 1930).

Sisukord.

Eessõna	5
I. K a u g e n ä g e m i s e a l u s e d	7
Valgus — nägemise võimaldaja	7
Elektromagnetiline laine	8
Nähtavuse tingimused	14
Kaugenägemise probleem üldiselt	17
Elektriline kaugenägemine	22
II. P i l d i t e l e g r a a f	38
Telautograaf	39
Valguselektriline pildikompimine	46
Elektrokeemiline pildikiri	58
Fotograafiline pildikiri	61
Otsene pildivoolu muutmine valguseks	63
Valgusereleed	68
Saavutused ja tuleviku väljavaated	75
III. K a u g e n ä g e m i s e t e h n i k a	79
Nipkowi ketas	80
Weilleri peegelketas. Peegelkruvi	84
Katoodkiirte toru	88
Kaugekino	93
Kaugenägemine tänapäeval ja tulevikus	96

Tehnika võidukäik I.

Kirj. dr. Jaan Kranig: Keemia kui moodsa tehnika alus. Sissejuhatuseks: Dr. R. N. Coudenhove-Kalergi: Tehnika ja kultuur. 8 pilti ja joonist, 112 lk.

Sisukord: Tehnika ja kultuur. I. **Keemia arengulugu.** Kujutelm aine olemusest vana- ja keskajal. Teadusliku keemia rajamisest. II. **Väärismetallid.** Kuld. Kullatoodang. Plaatina. Hõbe. III. **Teisi metalle.** Raud. Rauatööstuse areng. Terase valmistamine elektriahjus. Rauatööstuse mehhaniseerimine. Vask. Elavhõbe. IV. **Valguse ja soojuse energiaallikad.** Päikese energia. Valgustusgaas. Söed. Põlevkivi. Turvas. Maaõli. Oli ümbertöötamine. Ammutamatuid energia-allikaid. Statistika. V. **Värvained.** VI. **Lõhnained.** VII. **Keemia ja meie igapäevane leib.** VIII. **Klaasitööstus.** Klaasi valmistamine. Kristallklaas. Kroon- ja flintklaas. Püreklaas. Värvilised klaasid. IX. **Keemia tähtsus muil tehnika-aladel.** Tselluloos. Kunstsiid. Lõhkeained. Tselluloid. Kautšuk. Ehitusmaterjalid. Kirjandust.

Selle numbriga on Elava Teaduse raamides algatatud alaseeria, millel tohiks olla eriline tähtsus just rahva laiemale hulkadele ja noorsoole. Moodsa tehnika areng ja tänapäevased hiilgesaavutised — need huvitavad ja haaravad kõiki, kuna nende kasu on otsekoheselt selge igäihele, kes ainult viitsib näha ja lugeda. Enamik nüüdisaja inimestest aga ei teagi, kui võrra meie kõik igapäev tarvitame tehnika abi ja milline häda siis lahti pääseks, kui näit. mõnegi meil tavaliseks saanud tarbeaine valmistamise oskus äkki peaks kaduma. Käesolevas numbris valgustab dr. Kranig ainult keemilise tehnika alasid — ja juba need üksi on nii mitmekesised ja üldtähtsad, et meie ühiskond ilma nende abita päevagi ei saaks elada.

Veel erakordse väärtuse peaks aga omama kuulsa Pan-Euroopa mõtte algataja ning eestvõitleja, krahv Coudenhove-Kalergi filosoofiline sissejuhatus tehnika ja kultuuri vahekorrast. See on omaette meisterteos juba oma äärmiselt tiheda, mõtterikka, nii avaravaateliselt sünteetilise ja ometi nii selge stiiliga. Kuid see on ühtlasi terve nüüdisaegse maailmavaate kokkuvõte ja katekism, mis peaks saama otse iga moodsa elu- ja kõlblusõpetuse õpperaamatuks. Sest tõesti: kui praegusest ülemaailmsest ummikust ja viletsusest üldse peab leiduma edasipääsu tõelise vabaduse ja elurikkuse poole, siis küll Coud.-Kalergi näidatud teel.

Energia ja loodusteadusliku maailmakäsituse alused.

Kirj. prof. *Oliver Lodge*. Järelsõnaga täiendanud
E. Kilks on. 5 joonisega. 104 lk.

Sisukord: Eessõna. I. **Energia ja töö**. Lihaste pingutus ja väsimus. Masinate poolt tehtud töö. Masinate tegevus. Nähtavad energiakaod. II. **Soojus ja energia jäävuse seadus**. Jäävusteooria. Energia samasus. III. **Energia kogumine ja hajumine**. Soojuse-energia kasustatavus. IV. **Energia määratlus**. Varjatud energia. Energia kujud. V. **Selgitavaid analoogiaid**. VI. **Energia liikumise hulk ja impulss**. Pöördemoment. Tagasipõrge ja teised üksikasjad. VII. **Materia kui energia üks kuju**. VIII. **Energia kosmilised muundused**. IX. **Maapealne energia**. X. **Põhi-seadused**. I seadus. II seadus. III seadus. Ei ole mingit tegevust kaugusse. Valguse rõhumine. Kolmas seadus ei tunne erandit. **Uuemaid uurimusi energiast ja materiast**.

Et saada endale õiget kujutlust kogu maailma ehitusest ja seadustest, peame tundma kõigepealt energia seadusi ja mitmesuguseid esinemisviise. See näib esmalt olevat tavaline ja lihtne peatükk füüsikast, kuid mida edasi autor jõuab oma vaatlustes, seda kõikehaaravamaks ja — saladuslikumaks muutub ka teema. On ju lõppeks ka aine ainult üks energia kuju ning igavesed seadused, mida me ehk veelgi täiesti ei tunne, juhivad tema liikumisi ja muutusi niihästi päikese ja tähtede seesmuses kui ka meis endis. Omaaegne Nobeli auhinna omanik füüsikas, prof. Lodge, oskab olla oma esituses niihästi populaarne kui ka sünteetiline ja ilmavaateliselt sügavate järeldustega.

Mis kaalub valgus? — Nii küsib harilikult ainult mõni laps või narr. Ent siit loeme, et päikese valgus tõepoolest rõhub kogu maakerale tervelt 75 000-tonnilise raskusega. Veel huvitavamad on küsimused: Kas maailm on nagu üleskeeratud grammofoni vedru, mis käib järkjärgult maha, kuna järjest muidu isesäiluv energiagi hajub tagasitulematult maailmaruumi? Kas sellele ükskord peab järgnema üldine lõpp ja kadu? Keegi ei tea seda, kuid pühalikus aukartuses vaikib mõte nende saladuste ees.

„Selle tõttu võiks raamat äratada huvi mitte ainult selles lugejaskonnas, kes harrastab füüsikalisi küsimusi, vaid üldse lugejaskonnas, kes tunneb huvi maailmakäsituse aluste vastu.“

Prof. H. Perlitz, E. Kirjandus nr. 11, 1933.

POPULAARTEADUSLIKU SEERIA ELAVA TEADUSE

III AASTAKÄIK (1934), NR. 25 — 36

See on teadus, mis määratud igaühele.

1. Seepärast, et iga tänapäeva - inimene vajab ajakohast ülevaadet moodsa elu tähtsast küsimusist nii oma teadmiste rikastamiseks kui kasustamiseks kutsetöös.

2. Seepärast, et praegune kiire elutempo ning majanduslik surutis ei võimalda põllumehel, töölisel, õppival noorsool ega haritlaselgi tellida endale ning lugeda suuri ja kalleid teaduslikke raamatuid.

3. Seepärast, et Eestis ainult **Elav Teadus** pakub neid tarvilikke teadmisi süstemaatiliselt, lühidal ja kõigile arusaadaval kujul.

4. Seepärast, et **Elav Teadus** on pildirohke, nägus ja odav: aastakäiguna maksavad 12 raamatut üksikmüügihinna 12 krooni asemel ainult 9 krooni, s. o. 75 senti iga üle 100 lk. suuruse numbriga eest.

TELLIMISTINGIMUSED.

Tellimishind		Aasta tellimishinda Kr. 9.—	
ühes saatekuludega:		võib tasuda osakaupa:	
Aastas	12 nrit Kr. 9.—	Tellimisel	Kr. 3.50
Poolaastas	6 " " 5.—	1. aprilliks	" 2.50
Veerand-a.	3 " " 2.75	1. juuliks	" 2.—
Üksiknumber	" 1.—	1. oktoobriks	" 1.—

K Ö I D E :

Iluköide 12 nrit	Kr. 5.—	Rahvaraamatukogude köide	
" 6 "	" 2.50	iga number	Kr. —.40
" 1 "	" —.50		

Tellides maksta raha posti jooksvale arvele nr. 20-36 ja kirjutada tellimine rahakaardi lõigendile. Samuti võib tellida ajakirjana postkontoritest, raamatukauplustest, Eesti Kirjanduse Seltsi usaldusmeestelt ja

**EESTI KIRJANDUSE SELTSILT, TARTU,
SUURTURG 12, TEL. 6-01.**

HIND 1 KROON.

