

*F. Tšestnov*

# RAADIO TÄNAPÄEVAL





Seltsimees STALINI esinimine  
Moskva linna Stalini valimisringkonna valijate valimiseelsel  
koosolekul 9. veebruaril 1946. a.

A-19480 II

F. TŠESTNOV

RAADIO  
TÄNAPÄEVAL



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS  
TALLINN 1952

Originaali tiitel:

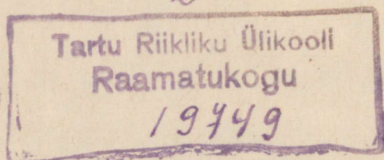
Ф. Честнов

РАДИО СЕГОДНЯ

Военное Издательство Военного Министерства Союза ССР,  
Москва 1950 г.

Tõlkinud: H. Riikoja

2



## RAADIOLAINETE SÜND JA ELU

### Raadio on sündinud Venemaal

Mõtte raadiost, sellest tähelepanuväärsest teadete edasiandmise vahendist nähtamatute elektromagnetiliste lainete abil, väljendas 60 aastat tagasi suur vene teadlane Aleksandr Stepanovitš Popov ühel oma loengul mereväehvitseridele. Ta ütles, et meie aistimiselundid ei taju elektromagnetilisi laineid, kui aga leiutada aparaat, mis neid laineid kinni püüab, siis on neid võimalik rakendada signaalide üleandmiseks suurte kauguste taha.

See mõte elektersidest ilma ühendusjuhtmeteta hämmastas paljusid oma julgusega. Näis, et telegrafeerida ilma juhtmeteta pole võimalik, kuid suur vene füüsik nägi ette seda, millest teised ei suutnud isegi mõelda.

Elektromagnetiliste lainete abil teostatava kaugside idee teostamisele pühendas A. S. Popov palju aastaid oma elust. Nende loominguliste otsingute tulemusena leiutas ta kõige täiuslikuma sidevahendi — raadio.

Aleksandr Stepanovitš Popov sündis 16. märtsil 1859. aastal Turjinski rudniku asulas Põhja-Uraalis. Juba varajases nooruses ilmutas ta ebatavalist teadushimu ja sügavat huvi tehnika vastu.

Tulevane leidur käis sageli kohalikus vasesulatustehases ja vaatles seal tähelepanelikult mitmesuguste mehhanismide töötamist, küsitles, kuidas kaevandatakse ja tööeldakse maaki, kuidas on ehitatud tehase mootorid. Õppinud selgeks tisleri- ja lukksepatöö, valmistas ta detaile, milledest siis koostas mitmesuguste masinate mudeleid.

Eriti armastas Popov ehitada jõumasinaid, mida pani liikuma vesi. Ta ehitas mänguvesiveskeid, seadis üles pumpasid vee ümberpumpamiseks, mudeleid, mis kaevan-

duste tõstemehhanismide taoliselt tõstsid välja mulda pooleteise-kahe meetri sügavustest aukudest.

Kui noor leidur tutvus elektriga, ehitas ta väikese elektripatarei ning valmistas elektrikõlisti, ja sobitanud siis kõlisti kella külge, sai elektri-äratuskella. Elektrotehnika harrastamine määras tema tulevase tegevuse.

Popov õppis Permi vaimulikus seminaris. Lõpetanud ainult neli klassi, sõitis ta 1877. aastal kaheksateistkümnendaastase noormehena õppima Peterburi, kus ta edukalt sooritas sisseastumiseksami ülikooli ja võeti vastu füüsika-matemaatikateaduskonda.

Popovi elus algas uus periood. Kuid juba esimestest Peterburis viibimise päevadest alates tuli tal pidada visa võitlust enda olemasolu eest. Oma isa kasina palga tõttu ei saanud Popov loota temalt materiaalselt toetust. Noorel üliõpilasel tuli õhtuti, pärast loenguid ülikoolis, anda eratunde, töötada elektervalgustusliinide ehitusel.

Enda ülalpidamiseks tehtud töö nõudis palju jõudu ja aega. Vaatamata sellele jätkas Popov hariduse omandamist. Materiaalne puudus ei murdnud tema tahet. 1882. aastal lõpetas ta hiilgavalt ülikooli ja sai peagi ettepaneku asuda õpetaja kohale Miiniovhitseride klassis Kroonlinnas (Peterburi lähedal).

Selles õppeasutises valmistati ette mereväe eriteadlasi miiniasjanduse ja elektrotehnika alal. Siin oli eeskujulikult sisustatud füüsikakabinet suure hulga elektririistadega. Just seda oligi noorele teadlasele vaja: õppetöö kõrval tahtis ta teha teaduslikku uurimistööd.

Popov võttis ettepaneku meelega vastu ja asus Kroonlinna, kus ta töötas umbes kaheksateist aastat. Siin lõi ta uue sidevahendi — raadiotelegraafi.

### Esimesed raadiosignaalid

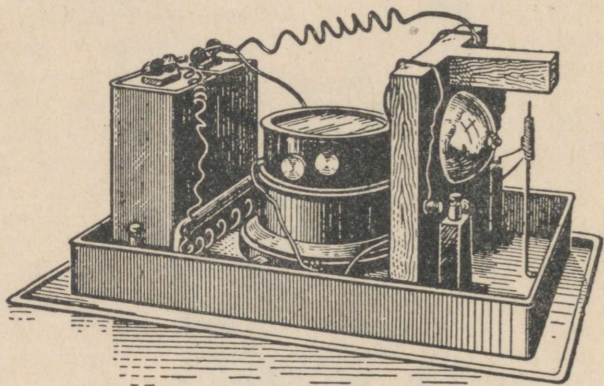
Miiniovhitseride klassis sai Popovist peagi üks eesrindlikumaid õppejõude. Loenguil näitas ta oma kuulajatele huvitavaid füüsikalisi katseid, mida ta alati aegsasti ette valmistas. Popov teadis hästi, et õnnestunud katse aitab kõige paremini mõista seda või teist füüsikalist nähtust, ega tundnud kahju niisuguse katse ettevalmistamiseks laboratooriumis kulutatud ajast. Ta oli osav eksperimenteerija ja sageli valmistas ise need aparaadid, mis olid vajalikud demonstratsiooniks loenguil.



Raadio leitaja ALEKSANDR STEPANOVITŠ POPOV  
(1859—1906)

Kuid Popov ei piirdunud loengutega Miiniohvitseride klassi kuulajaile. Ta esines ka teaduslike ettekannetega väljaspool oma kooli, õppetööst vabal ajal teostas aga iseseisvaid uurimisi elektri alal.

Noort teadlast kütkestas elektromagnetiliste lainete uurimine, samuti nagu paljusid tolle aja füüsikuid. Ta valmistas aparate, mis olid vajalikud elektromagnetiliste lainete tekitamiseks, ja püüdis teiste aparaatide abil neid laineid kinni ning uuris nende omadusi.



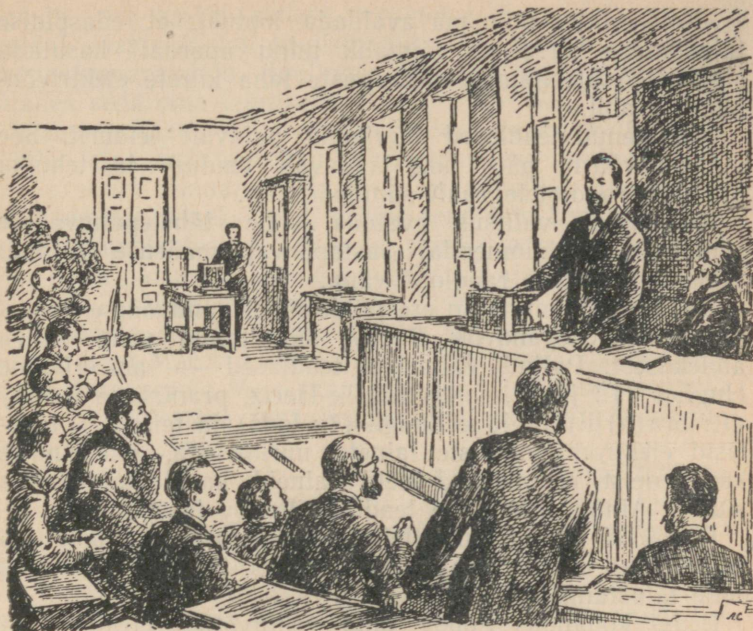
A. S. Popovi piksemärkija — maailma esimene raadiovastuvõtja.

Popov polnud kabinetiteadlane. Ta ei irdunud elust, vaid võttis kõige aktiivsemalt osa vene tehnika arendamisest. Tema uurimustes avaldus sügav teaduslikkus ja visa asjalikkus.

Kui teistele füüsikutele elektromagnetilised lained olid ainult huvitavaks füüsikaliseks nähtuseks, ja nad piirdusid üksnes nende katsetamisega oma loenguil, siis Popov otsustas neid laineid kasutada uue sidevahendina.

Miiniohvitseride klassi laboratooriumis ehitas ja katsetas ta kümneid algupäraseid aparate ja sooritas hulga väga huvitavaid katseid elektromagnetiliste lainetega. Mõte traadita sidest ei lahkunud väsimatust uurijast.

Lõpuks, 1895. aastal õnnestus tal saavutada teaduslik võit ja jõuda selleni, milleni ta nii kaua ja visalt oli püüelnud. Ta ehitas elektromagnetiliste lainete vastuvõtuks



A. S. Popov peab enda leiutise kohta ettekannet teadlaste koosolekul Peterburis 7. mail 1895. aastal.

aparaadi, mis on kõigi raadiovastuvõtjate algkujuks. See oli kuulus piksemärkija — aparaat, mida algul kasutati pikselahenduste poolt tekitatud lainete vastuvõtuks.

7. mail 1895. aastal pidas suur füüsik oma leiutisest ettekande teadlaste koosolekul Peterburis. Ta demonstree- ris oma aparadi tööd.

Kui leiduri abiline Pjotr Nikolajevitš Rõbkin lülitas sisse vibraatori — elektromagnetiliste lainete sädemikuga allika — lülitus kohe saali teises otsas vastuvõtuaparaadi koostisosaks olev elektrikõlisti. See helises senikaua, kuni vastuvõtjat mõjutasid elektromagnetilised lained. Niipea kui vibraator välja lülitati, vaikis kõlisti.

Vibraatori lühiajaline sisselülitamine kutsus esile lühiajalise helina, kestvam sisselülitamine põhjustas ka kauemat aega vältava helisemise. Nii kanti üle elektrisignaale esmakordselt maailmas läbi suure auditoriumi ilma ühendusjuhtmeteta.

Lõpetades oma ettekannet, ütles Popov:

«Kokkuvõttes võin ma avaldada lootust, et edaspidise täiustamise korral on võimalik minu aparati kasutada signaalide üleandmiseks kauguste taha kiirete elektrivõnkumiste abil.»

Kogunenud teadlased tervitasid palavalt leidurit. See mälestusväärne päev läks jäädavalt teaduse ja tehnika ajalukku raadiotelegraafi sünnipäevana.

Nõukogude valitsus avaldas selle tähelepanuväärse sündmuse viiekümnendal aastapäeval määruse 7. mai tähistamise kohta raadiopäevana.

Raadio leiutamine on ere näide tähelepanuväärse leiduri Aleksandr Stepanovitš Popovi sünnitanud vene rahva andekusest. Paljud välismaa teadlased — ameeriklane Hughes (1.: juuz), saksa füüsik Hertz, prantslane Branly (1.: bra(n)lii) inglane Lodge (1.: lodž) ja teised — tegelesid elektromagnetiliste lainete uurimisega, kuid mitte keegi neist ei suutnud neid laineid kasutada traadita sideks. Ainult suur vene teadlane Popov teostas selle.

Popov ei jätnud oma leiutist hooletusse. Innustatuna kogu eluks suurest radioideest, andis ta kõik oma jõu selle täiustamiseks.

Peagi kohandas Popov oma vastuvõtjas elektrikõlisti asemele telegraafiaparadi, mis kirjutas vastuvõetavad signaalid paberilindile. Just sellega muutis ta lõplikult oma raadiovastuvõtja sideaparadiks, mis oli kõlblik raadiotelegrammide vastuvõtuks. Lühikese raadiosignaali kirjutas aparaat üles punktina, pika — kriipsuna. Seega võis ta vastu võtta igasugust raadio teel telegraafitähestiku abil üleantud teadet. Sellega aga asi ei piirdunud. Popov töötas visalt selleks, et tõsta raadiovastuvõtja tundlikkust ja koos sellega suurendada tema tegevuse ulatust.

24. märtsil 1896. aastal esines raadio leiutaja uuesti Peterburi teadlaste ees. Pärast ettekannet andis ta oma aparaatide abil üle lühikese teate ühest hoonest teise. Saatja ja vastuvõtja vahemaa oli umbes veerand kilomeetrit. See oli esimene raadio teel üleantud ja vastuvõetud telegramm maailmas.

Teaduslikust koosolekust osavõtjad hindasid kõrgelt suure leiduri saavutusi ja ennustasid tema leiutisele hiilgavat tulevikku. Teaduse ajalugu tunneb palju juhtumeid, kus vene teadlaste avastused on omastatud välismaalaste poolt. Nii juhtus ka seekord. Oli möödunud aasta A. S. Popovi esimesest avalikust esinemisest oma raadiovastuvõt-

jaga ja pool aastat sellest, mil tema vastuvõtja skeem avaldati ajakirjas, kui Inglismaale sõitis sellele sarnaneva vastuvõtuaparaadiga itaallane Marconi (l.: markooni), esitades seda oma leiutisena.

Jultunud itaalia ärimees, kasutades ära vene teadlase leiutise, ajas endale kokku hiigelvaranduse ja tegi oma nimele suurt reklaami. Marconi leiundusliku «novaatorluse» kontrollimiseks loodi eriline teadlaste komisjon. See tegi dokumentaalselt kindlaks, et raadio loojaks pole Marconi, nagu pasundas Lääne kapitalistlik ajakirjandus, vaid vene füüsik Aleksandr Stepanovištš Popov.

Vaatamata sellele püüdis Itaalia valitsus 1947. aastal (juba pärast Marconi surma) uuesti kirjutada raadio leiutamist tema arvele. Meie maa suurimad teadlased vastasid otsustava protestiga juba ammu kindlaks tehtud faktide teadlikule vassimisele.

«Protesteerides suurima põlastusega nõukogude teaduse seaduslike õiguste uue jalge alla tallamise vastu,» kirjutasid nõukogude teadlased oma kirjas, «teatame meie avalikult, et Nõukogude Liidu rahvaste saavutused teaduse ja tehnika alal pole peremeheta varandus, et nõukogude teaduse au ja kuulsuse kaitsel seisavad arvukad vanade ja noorte teadlaste väesalgad, seisab kogu nõukogude rahvas. Aleksandr Stepanovištš Popovi kuulsust, meie rahva kuulsust ei saa röövida.»

Suur leidor armastas palavalt oma rahvast ja sünnimaad. Vaatamata rasketele töötamise tingimustele tsaarivõimadele, lükkas ta põlastusega tagasi välismaa firmade ettepanekud lahkuda oma Kodumaalt ja anda neile üle oma leiutise kasutamise õigus. Oma hiilgavad vaimuanded ja ammendamatu innustuse pühendas ta täielikult isamaale.

«Ma olen vene inimene», teatas ta, «ja ma olen õigustatud kõik oma teadmised, kogu oma töö, kõik oma saavutused andma ainult oma Kodumaale.»

### Praktiline eksam

Raadio leiutaja tundis hästi merelaevastiku vajadusi ja mõistis, et traadita side on eriti vajalik merel. Praktiliseks kasutamiseks ei jätkunud aga uuel sidevahendil küllaldast ulatuvust.

Mõnesajameetriliselt sideulatuselt oli tarvis üle minna



PJOTR NIKOLAJEVITS RÕBKIN  
(1864—1948).

kilomeetritelistele ja seejärel luua side kümnete ja sadade kilomeetrite kaugusele.

Popov korraldab üksteise järel uusi katseid raadioside ulatuvuse suurendamiseks. Pidevalt täiustab ta oma aparate, konstrueerib uued raadiosignaali saatjad ja vastuvõtjad, täiustab saate- ja vastuvõtuantenne, uurib raadiolainete levimise seadusi. 1897. aasta kevadel teostab raadio leiutaja katseid merel, praktikas. Sama aasta suvel loob ta side juba üle 5-kilomeetrise vahemaa. See aga teda ei rahulda. Ta jätkab tööd raadioside ulatuvuse suurendamise alal.

1899. aastal, kui Popovi abiline Rõbkin avastas võimaluse telegraafisignaali vastuvõtmiseks kuulmise teel, loob raadio leiutaja uue raadiovastuvõtja ja suurendab sellega raadio teel sidepidamise kaugust mitmekordselt.

Kauguse võitmine ei toimu kergelt. Iga uus samm selles suunas nõudis tema looja visa tööd. Küll oli aga Aleksandr Stepanovitš Popov õnnelik, kui tema leiutis leidis praktilist rakendamist ja täielikult õigustas tema lootused!

1899. aasta novembris lahkus Balti laevastiku äsjaehitatud soomuslaev «General-admiral Apraksin» Kroonlinnast, et sõita Liibavisse. Lumetormis ja marus eksis soomuslaev kursilt ja jooksis Soome lahes Suursaare lõunakalda lähedal veealustele kaljudele kinni. Laev sai raskeid vigastusi.

Mereministerium sattus ärevusse ja otsustas viivitamatult korraldada päästetöid. Selleks oli aga vajalik side mandriga. Lähim telegraafijaam Soome rannal Kotka linnas asetses 47 kilomeetri kaugusel avarii kohast. Traatside jaoks oleks tulnud merre paigutada kallihinnaline



A. S. Põpov demonstreerib admiral Makarovile maailma esimest raadiojaama.

veealune telegraafikaabel, mille paigaldamist oleks olnud võimalik alustada alles kevadel. Jätta soomuslaev kaljudele kuni kevadeni oli ohtlik, sest kevadine jää oleks võinud teda veelgi rohkem vigastada.

Mereministeerium otsustas kutsuda appi Popovi. Võib-olla aitab siin tema leiutis?

Kui Popovile tehti ettepanek organiseerida raadioside Suursaare ja Kotka vahel, nõustus ta rõõmuga. Popov mõistis, et õnnestumise puhul veenduvad kõik, millist hiiglasuurt kasu toob radiotelegraaf.

Ministeerium lähetas viivitamatult ekspeditsiooni raadiojaamade ehitamiseks. Üks raadiojaam seati Popovi juhtimisel üles Kotka linna lähedale, teine jaam viidi jäälohkudel «Jermak» soomuslaeva avarii kohale ja seadistati Rõbkini juhtimisel Suursaare rannale.

Karmides talvetingimustes, kõva pakase ja tuule käes ehitati raadiojaamade jaoks majakesed ja püstitati kõrged antennide mastid.

6. veebruaril 1900. aastal oli kõik valmis. Võidi alustada ülekannet.

Raadio leiutaja ja tema abiline, olles teineteisest 47 kilomeetri kaugusel, kummardusid aparaatide kohale. Väsimatud mitmeaastased otsingud, millele oli kulutatud nii palju energiat, kandsid vilja. Uus sidevahend leidis esmakordselt kasutamist praktiliseks otstarbeks.

Rõbkini poolt vastuvõetud telegramm Kotkast oli erutav: «Jäälohkuja «Jermaki» komandörile. Lavansaari juures murdus lahti jääpank viiekümne kaluriga. Viibimata aidake kaasa nende inimeste päästmisele.»

Telegramm anti otsekohe üle Suursaare juures viibivale «Jermakile».

Raske jäälohkuja, murdes jääst läbi, asus otsimisele ja pöördus õhtuks rühma päästetud kaluritega tagasi. Nii oli raadio esmakordne praktiline kasutamise abiks inimeste päästmisel.

Kroonlinna sadama komandör admiral Makarov saatis Popovile liigutava telegrammi:

«Kõigi Kroonlinna meremeeste nimel tervitan Teid südamlikult Teie leiutise hiilgava edu puhul.»

Popovi poolt soomuslaeva päästmiseks organiseeritud raadioside leidis üldist heakskiitu. See oli maailma esimene praktiline raadioside, mis loodi üle nii suure vahe-  
maa.

Soomuslaeva päästetööde kestel anti üle 440 raadiotelegrammi, mis sisaldasid 6300 sõna.

Pärast raadiotelegraafi edukat kasutamist soomuslaeva päästmisel andis mereministeerium käskkirja traadita telegraafi kasutamisele võtmise kohta sõjalaevadel. Raadio praktiline kasutamine hakkas laevastikus laialdaselt levinema.

Popov võttis elavalt osa laevastiku radiofitseerimisest. Ta mitte ainult täiustas uut sidevahendit, vaid seadis ka üles raadiojaamu laevadele. Samuti pani ta aluse raadioside kasutamisele Vene armees.

Hinnates kõrgelt raadio leiutaja teeneid, autasustas rahvusvahelise elektrotehnika-näituse komitee Pariisis 1900. aastal A. S. Popovi audiplomi ja suure kuldmedaliga. Järgmisel aastal aga kutsuti ta Peterburi Elektrotehnika Instituuti füüsika professoriks.

Võttes selle austava ettepaneku vastu, ei loobunud Popov palavalt armastatud tööst, millega ta oli seotud palju aastaid. Endiselt juhtis ta raadiojaamade valmistamist ja ülesseadmist ning valmistas ette radiste nende teenindamiseks.

Üksmeelselt valiti Popov 1905. aasta oktoobris Elektrotehnika Instituudi direktoriks. Uued kohustused nõudsid veelgi suuremat jõupingutust.

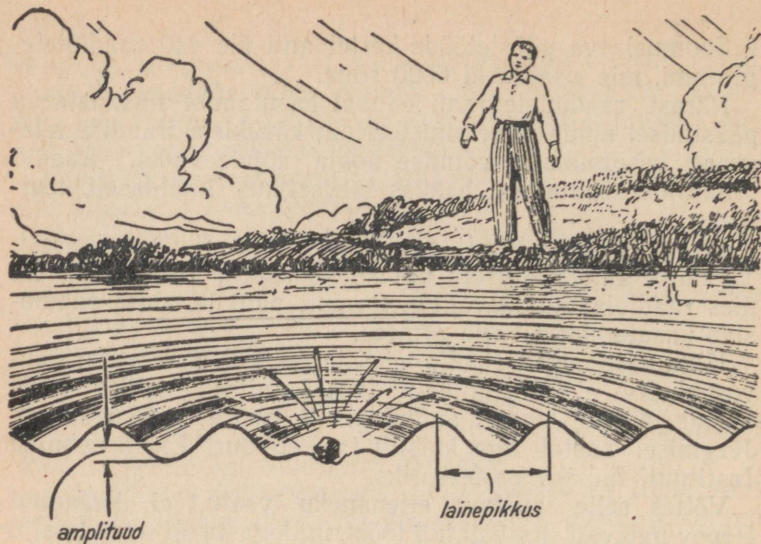
1906. aasta jaanuaris suurt leidurit enam ei olnud. Ta suri äkki neljakümne seitsmendal eluaastal.

Tsaarivalitsus ei osanud täiel määral hinnata A. S. Popovi leiutist ega loonud tingimusi selle laialdaseks kasutamiseks. Raadio võidurikas elukäik algas alles pärast Suurt Oktoobrirevolutsiooni.

Nõukogude teadlased jätkasid leiutaja enda poolt raadio arengus püstitatud põhisuundi ja rikastasid raadiotehnikat uute avastustega. Nüüd on raadio leidnud kõige mitmekülgsemat kasutamist. Ta on tunginud mitmesugustele tööstuse, tehnika ja teaduse aladele.

## Lained meie ümber

Me elame lainete maailmas. Need ümbritsevad meid igast küljest. Üle miljonite kilomeetrite kannavad lained Päikese energiat, mis hoiab ülal elu Maal, lained aitavad meil tajuda ümbritsevat maailma, soodustavad suhtlemist



Laine veepinnal.

inimeste vahel. Inimese tähtsaimad aistimiselundid — silmad ja kõrvad — on lainete vastuvõtjad.

Kõik helid — inimese kõne, muusika, linnulaul, vedurivile — on nähtamatud õhulained, mida tajutakse kõrvadega. Kogu värvuste ja kujundite mitmekesisus, mida me looduses paneme tähele — on valguslainete silmadele mõjutuse tulemus.

Suurem osa lainetusliikumisi ei mõju aga meie aistimiselundeile. Neid me vahetult tajuda ei saa. Niisugust liiki lainete hulka kuuluvad raadiolained.

Ärgu mõeldagu, et raadiolaineid tekitavad ainult raadiojaamad. Pidevalt saadab neid Maa peale Päike, neid saabub meile maailmaruumi kaugetest sügavustest. Raadiolained tekivad alati siis, kui sähvatab välg; igasugune elektrisäde on raadiolainete allikas. Ja niisuguseid allikaid on loendamatult palju. Nad tekitavad ümbritsevas ruumis hulgana raadiolaineid, mis ei vaibu minutikski. Neid laineid aga me ei näe ega kuule. Neid avastada on võimalik ainult raadiovastuvõtjate abil.

Kuid kõigi lainete levikuseadustes on väga palju ühist. Seepärast on võimalik, vaadeldes nähtavate lainete levikut, luua endale kujutlus sellest, kuidas levivad raadiolained, mis meie aistimiselunditega ei ole kinnipüütavad.

Visake tiiki esimene kätte juhtuv kivi. Te kuulete tugevat sulpsatust. Kivi löök vastu veepinda osutus allikaks helilainele, mis liikus teieni ja mõjus kõrva trumminahale. Kuidas see laine aga levis, seda te ei näinud. Kuid kivi langemine põhjustas lainete tekkimist mitte ainult õhus, vaid ta kutsus esile veel teise laine kujundumise — laine veepinnal. Vaatleme tähelepanelikult, kuidas see levib.

Sellest kohast, kuhu langes kivi, paisus välja väikene veevall. See on ringikujuline ja laieneb kiirelt. Tema kannul veereb teine, kolmas, neljas... Peagi on suur veepind haaratud sellesse meeldivasse liikumisse. Jälgides hajuvaid ringe veepinnal, võib panna tähele palju huvitavat.

Eelkõige pöörake tähelepanu pinnal ujuvale laastukesele. Näib imelikuna, et lähenev laine ei haara teda endaga kaasa. Kuid ka teine laastuke ei uju kuhugi. Laastukeste käitumine selgitab meile veelaine kujunemise protsessi.

Selgub, et vesi ei liigu edasi koos lainega. Laastukesed on küllalt kerged ja liikuvad, et niisugune vee ümberpaiknemine peaks neid edasi ajama. Nad jäävad aga oma kohale, teostades ainult üles-alla võnkumist.

Tiiki langedes rikkus kivi lähimate veeosakeste rahu. See ergutus hakkas tiigi pinda mööda edasi kanduma. Iga veosakene nagu oleks tõuganud naabruses olevat, see võnkus täpselt samuti üles-alla, kuid ainult teatud, vaevu märgatava hilinemisega. Juba mõne hetke pärast kujunes rütmiline liikumine hajuvate veeringide näol, mida me nimetame laineteks.

Seega on laine veeosakeste vertikaalsete võnkumiste levimine mööda veepinda. Tekkinud kusagil ühes kohas, kandub see võnkumine kindla kiirusega kõigis suundades. Seal, kus vesi tõusis keskmisest tasemest kõrgemale, tekib laine hari, kõrval aga, kus veosakesed laskusid allapoole, kujuneb org. Naabruses olevate harjade või orgude vahe on ühesugune ja seda nimetatakse laine-pikkuseks.

Lainepikkus ei kujune suvaliselt. Ta sõltub sellest, kui võrd kiirelt võnguvad veosakesed. Seda pole raske kontrollida.

Võib võtta nõõri otsa riputatud kivi ja seda kiirelt liigutada nii, et ta kord sukelduks vette, kord kargaks pinnale. Kui kivi üles ja alla liikumist kiirendada, siis toimuvad veeosakeste rütmilised võnkumised kiiremini ja vett mööda levivad lühikesed lained; kui aga kivi lan-

getada ja tõsta aeglasemalt, siis levivad pikad lained. Järelikult on lainepikkust võimalik muuta, sooritades lainete tekitamiseks kasutatava allikaga kiireid või aeglasi võnkumisi. See kehtib mitte ainult veepinnal tekivate lainete, vaid ka kõigi teistliiki lainete — heli-, valgus- ja raadiolainete kohta. Erandeid siin pole.

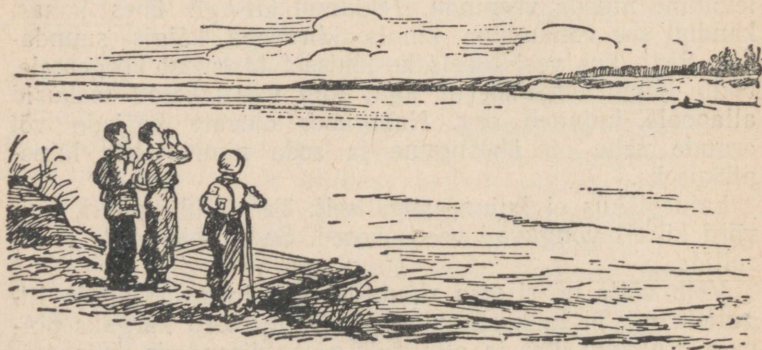
Laine kõrgus sõltub samuti allika võnkumisest. Võnkumiste suure ulatuse puhul tekivad kõrgete harjade ja sügavate orgudega lained; kui aga allika võnkumised on nõrgad, siis on lained vaevalt märgatavad. Igal juhul aga, mida kaugemal võnkumiste allikast, seda nõrgem on laine ja seda väiksem on tema poolt edasikantav energia.

Eemaldudes allikast väga kaugele, nõrgeneb laine niivõrd, et teda on väga raske või isegi võimatu märgata. Seepärast tulebki karjuda valjemini, kui me tahame, et meid kuuldaks kaugemal. Ainult võimsad lained on suutelised ületama suurt vahemaad.

### Vaadake pendlile

Meenutagem, millise ärevusega me vaatame kella osutile, kui kardame kuhugi hiljaks jääda. Vahel piisab ainsast pilgust kellale, et rahuneda: «Ei, veel pole hilja, jõuan». Korras kella usume alati. Kust niisugune veendumus, et kell ei peta?

Kogu asi seisab pendlis. Peamine osa kellas (välja arvatud kõige primitiivsemad kellad) on pendel. Hiigla-



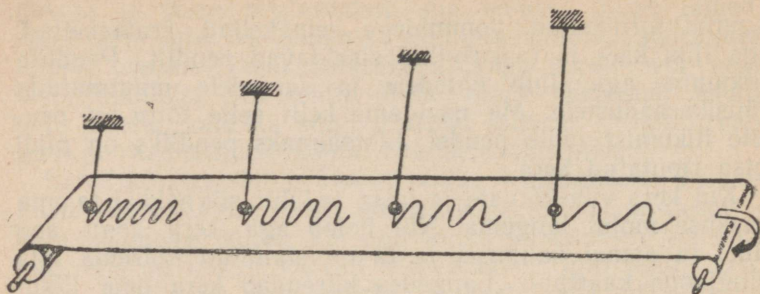
Kui me tahame, et meid kuuldaks kaugemale, siis tuleb karjuda kõvemini.

suured tornikellad, pommidega seinakellad, äratuskellad, iga liiki käe- ja taskukellad sisaldavad pendlit. Pendlite liikumine aga allub ühtedele ja samadele muutmatuile füüsikaseadustele. Me usaldame kelli selle tõttu, et osutite liikumist juhib pendel. Lihtsaimaks pendliks on niidi otsa riputatud kera.

Kui kera viia kõrvale ja lasta ta lahti, siis hakkab ta oma raskuse mõjul langema. Niit hoiab aga kera kogu aeg ühel ja samal kaugusel ja ta on sunnitud libisema alla ringjoone kaartpidi. Langedes kiirendab kera oma liikumist. Ja just sel hetkel, millal kera asetseb enda madalaimas asendis, liigub ta suurima kiirusega. Näib, et siin peaks kera peatuma, sest kogu tema niinimetatud potentsiaalne energia, mis temasse oli tõstmisel salvestatud, on nüüd ära tarvitatud. Tegelikult aga kera ei peatu, vaid tõuseb inertsil mõjul üles. Kuid tõustes tema liikumine aeglustub. Lõpuks, kaotanud kiiruse ja saavutanud kõrgeima asendi, kera hetkeks peatub. Ta kulutas täielikult



Kellade töötamine põhineb pendli võnkumistel.



Mida lühem on pendli niit, seda suurem on tema võnkesagedus.

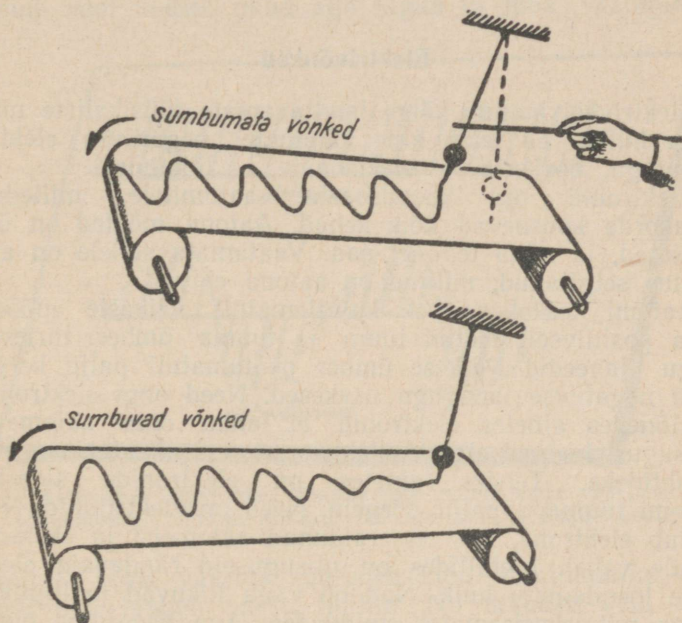
ära liikumisenergia ega saa enam edasi tõusta. See energia pole aga jäljetult kadunud, vaid võttis teise kuju. Nüüd on keral varjatud energia varu, mis uuesti on valmis muunduma liikumisenergiaks. Tõepoolest, pärast hetkelist peatumist laskub kera vastupidisele teekonnale. Arendanud kiirust ja läbinud madalaima asendi, lendab ta üles ja jõuab jälle samasse kohta, kust tema liikumine algas.

Pendel teostas ühe täisvõnke, liikumine aga sellega ei lõpe. Kera hakkab rütmiliselt kiikuma ühelt poolt teisele poole. Niidi hõõrdumise tõttu riputuskoahas ja õhu takistusest tingitult muundub iga võnke puhul osa liikumisenergiat soojuseks, mis hajub. Selle tõttu muutub võngete ulatus (amplituud) üha väiksemaks ja väiksemaks. Ehkki kera poolt ühelt küljelt teise läbitav teekond iga võnkega väheneb, ei muutu aeg, mille vältel teostub üks võnge.

Selgub, et pendli vaba võnkumise puhul mistahes võnge vajab väärtuse poolest ühte ja sama ajavahe-  
mikku, mida nimetatakse omavõnkevälteks ehk perioodivälteks. Perioodivälde ei sõltu pendli võnkumise amplituudist, vaid niidi pikkusest. Kui kera riputada pika niidi otsa, siis toimub võnkumine aeglaselt ja perioodivälde on pikem. Lühikese niidi otsa riputatud kera kiigub kiiremalt ja võnkeperioodi vältus on lühem. Mida lühem on aga perioodivälde, seda rohkem võnkeid teostub ühe ja sama aja vältel.

Võngete arvu sekundis nimetatakse sageduseks. Ühe ja sama pendli sagedus on alati ühesugune. Tänu sellele pendli omadusele väljendabki tema võngete arv aja mõõtu.

Kui pendlit täiendavalt mitte tõugata, siis kulutab ta lõppude lõpuks oma esialgse energiavaru kasututeks kadudeks ja peatub. Et võnked ei sumbuks, tuleb anda talle perioodiliselt tõukeid. Iga tõuge on väikene annus energiat. Kui tõukeid on kooskõlastatud pendli liikumisega ja nende energia täpselt võrdub kasututeks kadudeks kulu-



Pendli liikumisega kooskõlastatud tõugete puhul võib saada sumbumata võnkeid; kui pendlit täiendavalt mitte tõugata, siis võnked sumbuvad.

tatud energiaga, siis pendli võnkeulatus ei muutu ning võngete amplituud jääb konstantseks. Niisuguseid võnkeid nimetatakse sumbumatuiks.

Kellades toetatakse pendli võnkeid üleskeeratud vedru või langeva pommi energia arvel. Kui me unustame kella üles keerata, siis tarvitab vedru või pomm lõpuks ära kogu energiavaru ja kell jääb seisma.

Pendli võnkumisega sarnanevat võnkliikumist võib kohata igal sammul. Lind lendas puult ära ja oks hakkas

kiikuma nagu pendel. Tõld kiigub vedrudel, liikudes mööda ebatasast teed. Väriseb pilli keel, puudutatuna muusikandi käest. Võnguvad ühelt poolt teisele poole õhusakesed, kui levib helilaine. Kõik need liikumised erinevad väga vähe pendli võnkumistest. Isegi nähtamatutel elektrilaengute võnkumistel elektri vahelduvvooluringis on nendega väga palju sarnasust.

## Elektrivõnked

Elektrivool kuulub kõige huvitavamate füüsikaliste nähtuste hulka. Ta tekib aine vähimate, negatiivse elektrilaenguga, osakeste — elektronide — liikumisel.

Elektronid on koostisosaks aatomitele, milledest omakorda koosnevad kõik kehad. Aatomi mõõted on üliväikesed, ja näha teda ei saa. Vaatamata sellele on aga teadus selgitanud, milline on aatomi ehitus.

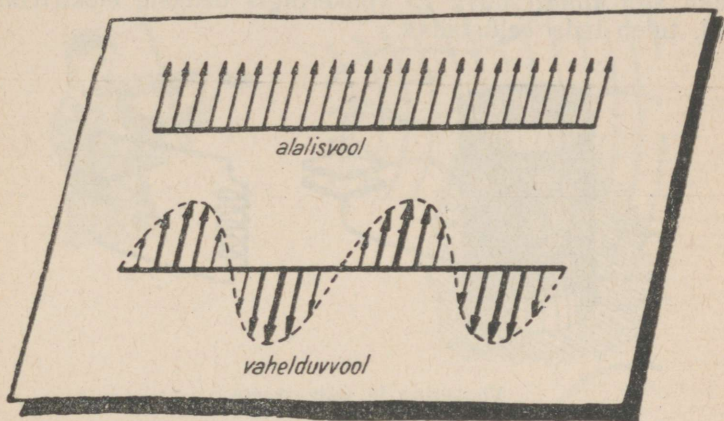
Aatomi keskel asetseb kujutlematult väikeste mõõdetega positiivselt laetud tuum ja tuuma ümber tiirlevad nagu planeedid Päikese ümber peatumatult palju kergemad negatiivse laenguga osakesed. Need ongi elektronid.

Mõnedes ainetes elektronid ei lahku oma aatomeist. Niisugused ained ei juhi elektrit ja neid nimetatakse mittejuhtideks. Teistes ainetes on elektronide sidestus aatomi tuumaga palju nõrgem. Need on elektrijuhid. Neis leidub elektrone, mis on eraldunud aatomeist ja ekslevad nende vahel. Metallides on niisuguseid rändavaid elektrone loendamatu hulk. Nad on väga liikuvad ja liiguvad kõige mitmekesisemates suundades. Aga kaootiline elektronide liikumine ei tekita elektrivoolu. Kui aga koostada elektrivooluring, ühendades näiteks elektrihõõglambikese galvaani elemendi või elektri-generaatori<sup>1</sup> klemmide külge, siis nende elektronide käitumine muutub. Jätkates korrapäratut liikumist, püüdleval nad ühele poole piki juhet ja ringis tekib elektrivool.

Voolu suuna ja tugevuse määrab elektrigeneraatori elektromotoorne jõud. Kui viimase väärtus ei muutu ja on kogu aeg suunatud ühele poole, siis voolab elektrivooluringis alalisvool. Vahelduv elektromotoorne jõud põhjustab vahelduvvoolu.

<sup>1</sup> Genereerima tähendab tekitama. Elektrigeneraator on seade, mis tekitab elektromotoorset jõudu, mis paneb elektronid liikuma.

Vastandina alalisvoolule vahetab vahelduvvool väga sagedasti suunda. Elektromotoorne jõud ajab elektrone kord ühes, kord teises suunas. Tekib midagi pendli võnkumisi meenutavat. Teatud hetkel ringis elektrivoolu pole. Seejärel vool ilmub ja tema tugevus hakkab kiirelt kasvama. Saavutanud suurima väärtuse, väheneb voolu tugevus sama kiirelt ja lõpuks kaob vool täiesti. Seejärel ilmub vool uuesti, nüüd aga liigub ta juba vastupidises



Alalisvool liigub ühes suunas ega muuda enda väärtust, vahelduvvool muutub niihästi väärtuse kui ka suuna poolest.

suunas. Tema väärtus suureneb kuni maksimumini, seejärel aga langeb uuesti nullini. Nii muudab vool oma suunda palju kordi sekundis ja sama palju kordi kordub tema väärtuse muutumine. Toimub elektriline võnkumine.

Võnkumiste sagedust mõõdetakse hertsides. Kui sekundis teostub üks võnge, siis sagedus võrdub ühe hertsiga.

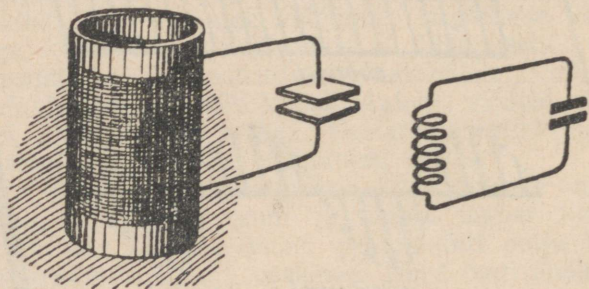
Raadiotehnikas kasutatakse suure sagedusega vahelduvvoole. Ilma kõrgsageduslike võnkumisteta pole radio võimalik. Kui valgustusvoolu sagedus on 50 herts, siis raadiotehnikas mõõdetakse sagedusi tuhandete, miljonite ja isegi miljardite hertsidega.

Kuidas on siis võimalik saada nii suurt sagedust?

Selleks on olemas väga lihtne elektriseadis — võnkering. See on omamoodi «elektripendel». Kuid erinevalt tavalise pendli võngetest toimuvad elektrivõnked võnkeringis uskumata kiirelt. Iga võnke jaoks kulub üliväike

osa sekundist ja seetõttu on võngete arv sekundis väga suur.

Võnkering koosneb üldse ainult kahest põhiosast: poolist ja kondensaatorist. Pool kujutab endast teatud arvu vasktraadist kerde, kondensaator aga (kõige lihtsamal juhul) — kahte isoleermaterjaliga eraldatud metallplaati. Kui ühendada pooli otsad kondensaatori plaatidega, saadaksegi võnkering. Niisugune «surnud» võnkering ei paku aga mingit huvi. Et võnkeringis tekiks elektrivõnked, tuleb teda «elustada».

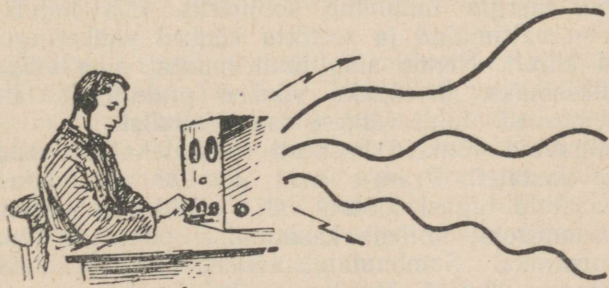
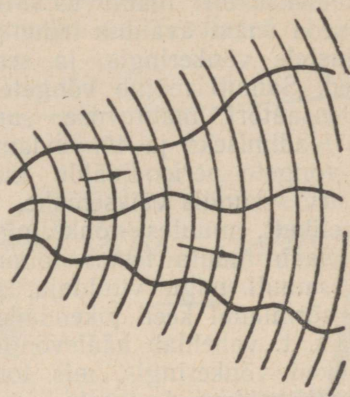


Võnkering ja selle skeem.

Pendli viime kõrvale või anname talle tõuke ja ta hakkab korrapäraselt ühelt poolt teisele poole kiikuma. Võnkeringile võib samuti anda «tõuke». Temasse on vaja anda teatud hulk elektrienergiat, et elektronid hakkaksid võnkuvalt liikuma. Selleks tuleb kondensaatorit laadida mingisugusest elektriallikast ja lülitada ta siis pooliga kokku. Elektripinge kondensaatori plaatidel annabki elektronidele selle elektrilise «tõuke», mis on vajalik võnkeringis võnkumiste ergutamiseks. Kondensaator hakkab läbi pooli tühjenema ja ringis tekib vool.

Voolu tekkides avaldub pooli pidurdav toime — tema induktiivsus, mis sõltub pooli keerdude arvust, mõõdetest ja kujust. Induktiivsus on elektriline inerts. Ta mõjub vastu igasugusele voolu muutusele, samuti nagu keha inerts takistab tema kiiruse muutumist. Pooli vastumõju — elektrilise inerts — tõttu hakkab vool pikka-mööda tugevnema ja saavutab suurima väärtuse just sel hetkel, millal kondensaator on oma energia täielikult ära kulutanud, s. o. tühjendub.

Nüüd nähtavasti peaks vool kaduma. Tegelikult aga, elektrilise inertsiooni tõttu, ta ei lakka, vaid jätkab liikumist samas suunas — pooli koondunud energia arvel. Voolu tugevus aga hakkab pikkamööda vähenema. Tühjenenud



Võngete sagedust saab muuta.

kondensaator hakkab nüüd laaduma vastupidises suunas: positiivset laengut omanud plaat laadub negatiivselt ja vastupidi.

Kui energia on täielikult koondunud kondensaatorisse, siis vool vooluringis lakkab, kuid protsess sellega ei lõpe. Laadunud kondensaator hakkab jällegi tühjenema ja võnkeringis ilmub vool, kuid juba vastupidises suunas. Vool tugevneb maksimumini ja siis taas nõrgeneb nullini. Sel hetkel teostub võnkeringis voolu muutumise täistsükkel,

s. t. lõpeb üks elektriline võnge. Seejärel hakkavad kõik voolu muutused korduma, samuti nagu korduvad pendli ümberpaiknemised. Võnkeringis tekivad kiired elektrivõnged.

Nende võngete sageduse määravad pooli induktiivsus ja kondensaatori mahtuvus. Mida suurem on induktiivsus, seda enam avaldub tema pidurdav mõju elektrivoolu muutustele võnkeringis ja seda aeglasemalt toimuvad võnged. Samuti mõjub võngete sagedusele ka mahtuvus. Kondensaatori mahtuvuse suurendamisel suureneb ka tema laadimiseks ja tühjendamiseks vajalik aeg. Täheandab, võngete perioodivälde muutub suuremaks ja võngete arv sekundis väiksemaks.

Järelikult, muutes võnkeringi induktiivsust ja mahtuvust, saab muuta temas toimuvate elektrivõngete sagedust, samuti nagu viiuldaja, sõrmede ümberasetamisega viiuli sõrmlaual keeli pikendades või lühendades, muudab tooni, s. t. vaheldab häälevõngete sagedust.

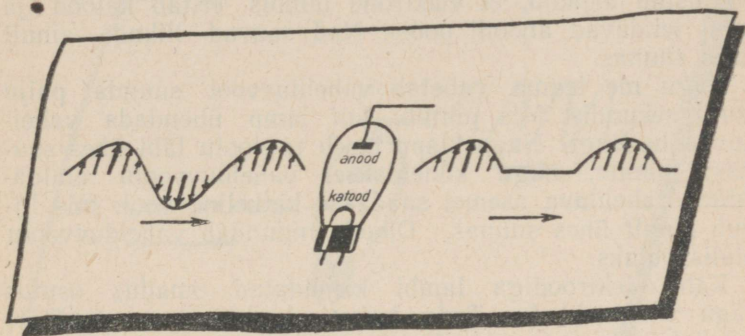
Võnged võnkeringis, mis toimuvad ilma mingisuguse välismõju pideva toetuseta, on väga lühiajalised. Põhjus on selles, et elektrivool soojendab pooli juhet. Elektrivõngete energia muundub soojuseks, mis hajub. Need kaod on vältimatud ja seetõttu võnged võnkeringis sumbuvad kiirelt. Nende amplituud muutub üha väiksemaks ja väiksemaks, ja lõpuks võnged praktiliselt lakkavad. Nad vältavad ainult väikese osa sekundist.

Sumbuvaid võnged kasutati raadiotehnika arengu esimestel aastatel. Praegu neid aga ei rakendata. Juba hulk aastaid tagasi töötati välja viisid sumbumata võngete saamiseks, millede kasutamisel põhjeneb tänapäeva raadiotehnika. Sumbumata võnged on mitteväheneva tugevusega võnged. Nende amplituud ei muutu. Niisuguste võngete saamiseks kasutatakse peale võnkeringi veel elektronlampi, mis on üks tähelepanuväärsemaid tehnikas rakendatavaid seadiseid.

## Elektronlamp

Raadiotehnika esimestel arenemisaastatel olid raadiojaamad väga kogukad ja ebatäiuslikud. Tänapäeva saatejaamad ja raadiovastuvõtjad erinevad õige tunduvalt neist, mida kasutati tookord. Vanade jaamadega töötanud radistil tuleks ümber õppida, et teenindada uusi.

Esimestes raadiojaamades kasutati raadiolainete ergutamiseks elektrisädet. «Sädejaamad» tekitavad sumbu-  
vaid võnkeid. Kui niisuguseid jaamu ilmus palju, selgus  
nende suur puudus — nad segasid tugevalt üksteist.  
Peale selle pole need jaamad kõlblikud inimese kõne ja  
veel vähem muusika ülekandmiseks. Näis, nagu oleks  
raadiotehnika sattunud ummikusse. Teadlased ja leidurid  
otsisid visalt väljapääsu.



Kahe elektroodiga lamp muudab vahelduvvoolu alalisvooluks.

Sädemiku asemel hakati kasutama elektrikaart ja samuti meie kodumaal V. P. Vologdini poolt välja töötatud erilisi generaatoreid, mis tekitasid suure sagedusega vahelduvvoolu — sumbumata elektrivõnkeid. Seda tüüpi raadiojaamad etendasid raadioside arengus suurt osa. Kuid need ei olnud samuti kaugeltki täiuslikud. Raadio oli endiselt kasutatav ainult telegrammide üleandmiseks; helisaadete jaoks teda ei kasutatud.

Siis aga ilmus tähelepanuväärne seadis — elektronlamp. Ta teostas põhilisi muudatusi raadiotehnikas, laiendas raadio kasutamise ala. Meie maal valmistati esimesed lambid raadiovastuvõtu jaoks N. D. Papaleksi poolt 1914. aastal ja Tveri raadiojaama töötaja M. A. Bontš-Brujevitši poolt 1915. aastal.

Elektronlampe nimetatakse sageli raadiolampideks. Lihtsaim raadiolamp sisaldab kahte elektroodi, mistõttu teda nimetatakse kahe elektroodiga lambiks ehk diodiks. Üks lambi elektrood kujutab endast metallniiti. Teda kuumutatakse elektrivooluga, mille tulemusena tema pinnalt lenduvad elektronid. Seda elektroodi nimetatakse katoo-

diks. Teine elektrood kujutab endast katoodi ümbritsevat metallsilindrikest. Ta on ühendatud patarei plusspoolusega ja seetõttu tõmbab ligi katoodist väljalennanud elektrone. Seda elektroodi nimetatakse anoodiks. Katood ja anood on suletud klaaskesta, millest õhk on kõrvaldatud.

Kui elektrivooluringi ühendada kahe elektroodiga lamp, siis saab elektrivool liikuda ainult ühes suunas. Seda põhjustab asjaolu, et elektrone lambis eritab katood ja need lendavad anoodi poole. Nad saavad liikuda ainult ühes suunas.

Nagu me teame, vahetab vahelduvvool suunda palju kordi sekundis. Mis juhtub, kui lamp ühendada vahelduvvoolu ringi? Nagu klapp laseb ta voolu läbi ühes suunas; toimub, nagu kõneldakse, vahelduvvoolu alaldamine. Vahelduva asemel saadakse katkeline vool, mis liigub ainult ühes suunas. Diod muundab vahelduvvoolu alalisvooluks.

Kahe elektroodiga lambi kirjeldatud omadus osutus väga väärtuslikuks. Teda hakati kasutama vastuvõtjas raadiolainete toimel tekkivate kõrgsageduslike vahelduvvoolude alaldamiseks.

Kui esimestes vastuvõtjates kasutati raadiolainete avastamiseks metallipuru sisaldavat klaastoru ja seejärel kristalldetektorit<sup>1</sup>, siis hiljem hakkas sedasama ülesannet palju edukamalt täitma raadiolamp. Algul teda kasutati ainult selleks otstarbeks. Peagi tehti aga lambile lihtne täiendus ja ta sai uued omadused.

Lampi lisandati kolmas elektrood. See oli valmistatud metallvõre taolisena ja teda nimetati seetõttu võreks, kolme elektroodiga raadiolamp sai aga nimetuse triood.

Võre paigutati katoodi ja anoodi vahele elektronide liikumise teele. Tema abil hakati tüürima läbi lambi liikuvat voolu. Kui kanda võrele positiivne pinge, siis kiirendab ta elektronide liikumist ja vool tugevneb. Negatiivne pinge võrel pidurdab elektrone ja vool nõrgeneb.

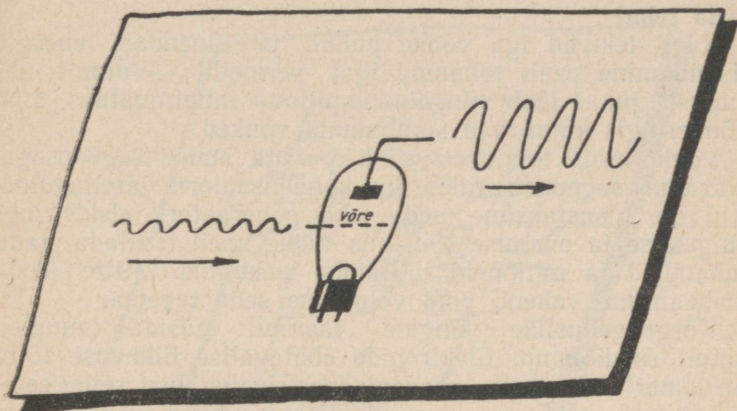
See esimesel pilgul lihtne nähtus avas väga suured võimalused. Võre lisandamine osutus raadiolambile teiseks sünniks. Peale vahelduvvoolude alaldamise omaduse muutus lamp suuteliseks võimendama elektrivõnkeid.

Kolme elektroodiga lampide kasutamine raadiovastu-

---

<sup>1</sup> Detektor tähendab avastav.

võtul parandas raadiosidet. Vaevalt kinnipüütavad raadiotelegraafi signaalid muutusid hästi kuuldavaiks ja raadiosaatejaamade tegevuskaugus suurenes tunduvalt. Tõeline pööre raadiotehnikas algab aga kolme elektroodiga lambi uue omaduse avastamisega. Selgus, et trioodi abil on võimalik kergesti saada suure sagedusega sumbumata elektrivõnkeid.



Kolme elektroodiga lambi abil saab võimendada elektrivõnkeid.

See avastus leidis mitmekülgset kasutamist. Raadiojaamade ehitajad hakkasid kogukaid ja kohmakaid vana tüüpi jaamu asendama mugavate lamp-raadiosaatjatega. Algas palju lühemate lainete tundmaõppimine. Sai tegelikult võimalikuks raadio kaudu heli- ja muusikaülekanete teostamine.

Raadiolambi kasutamine muutis raadiotehnika ümber. Lamp kujunes iga raadioaparaadi lahutamatuks osaks. Raadio ajaloos algas uus periood, mis on rikas tähelepanuväärsete saavutuste poolest.

### Lampgeneraator — raadiojaama süda

Igasuguse raadiojaama töös on kõige tähtsamaks raadiolainete tekitamiseks vajalike kiirete elektrivõngete saamine. Tänapäeva jaamades kasutatakse niisuguste võngete allikana lampgeneraatorit. See on raadiojaama süda. Siit algab raadioülekanne.

Lihtsaima lampgeneraatori koostisse kuuluvad kolme elektroodiga lamp, võnkering ja anoodpatari<sup>1</sup>, mis moodustavad ühise elektrivooluringi.

Selle ringi sulgemisel läbib võnkeringi kondensaatorit lühiajaline vool ja kondensaator laadub. Siis hakkab ta tühjenema ja võnkeringis tekivad võnked. Nende võngete toetamiseks tuleb võnkeringi viia elektrienergiat juurde, et katta kadusid, millised on vältimatud. Kuidas aga seda teha?

Kaod tekivad iga võnke puhul, ja tähendab, energia lisandamine peab toimuma igal perioodil — ainult niisugusel juhul jääb võngete amplituud muutumatuks, s. t. võnkeringis kujunevad sumbumata võnked.

Võnkeringis toimuvad võnked väga suure sagedusega. Niisama sagedasti tuleb ka kondensaatorit järellaadida. Kui me otsustaksime seda teha generaatori elektriringi sulgemise ja avamise teel, siis tuleks meil teostada sadu tuhandeid ja miljoneid lülitamisi sekundis. Mitte ükski mehaaniline vahend pole võimeline seda tegema.

Kõrgsageduslike võngete «kannul püsida» suudab ainult raadiolamp. Elektronide ebatavalise liikuvuse tõttu on lambi tegutsemine peaaegu inertsivaba. Just selles seisnebki tema määratu paremus võrreldes kõigi mehaaniliste riistadega. Raadiolamp saab edukalt «valvata» kiireltvahelduvat voolu võnkeringis, mitte lastes võngetel sumbuda. Selleks tuleb luua elektriline (tagasi-) sidestus võnkeringist võrele nii, et viimast mõjutaksid võnkeringi võnked. Võre külge ühendatakse pool, mida mõjutab võnkeringi pooli läbiva voolu poolt tekitatud magnetväli.

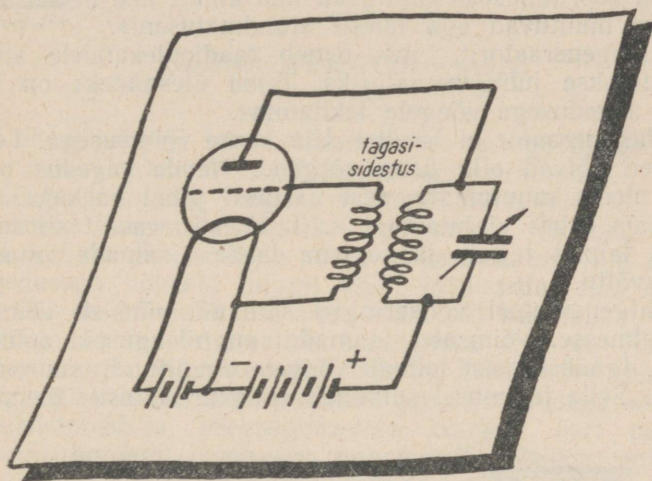
Lamp on väga tundlik elektriseade. On küllaldane, kui võrele kanda õige väikene osa võnkeringis tekkinud energiast ja võre hakkab edukalt täitma oma ülesannet. Temal hakkab elektripinget muutuma samasuguse sagedusega, millisega toimuvad võnked võnkeringis. Võre laadub kord positiivselt, kord negatiivselt. Ta hakkab tegutsema nagu viivituseeta töötav klapp, muutes automaat-

---

<sup>1</sup> Anoodpatari, erinevalt katoodi kuumutamiseks külgeühendatavast küttepatareist, omab alati tunduvalt kõrgemat pinget ja ühendatakse elektrivooluringi nii, et tema negatiivne poolus on ühendatud katoodiga ja positiivne — ringi selle osaga, mis viib anoodi juurde.

selt anoodpatareist läbi võnkeringi suunduvat voolu. Seejuures satub patarei energia võnkeringi väikeste kogusena ja täpselt taktis elektrivõngetega.

Nii hoiab võrel olev pinge alal võnkeid võnkeringis, kuna võnkering, võrega sidestatuse tõttu, mõjub võrele tagasi. Kaod võnkeringis kompenseeritakse ja temas hoitakse automaatselt alal sumbumata võnked.



Kiirete elektrivõngete allikaks on lampgeneraator.

Lampgeneraatori sagedus sõltub pooli induktiivsusest ja kondensaatori mahtvusest.

Kui raadiojaama on vaja ümber häälestada ühelt lainelt teisele, siis piisab näiteks kondensaatori pideme pööramisest, et sellega muuta mahtuvust. Võnkeringi võnkesagedus muutub teistsuguseks ja automaatselt muutub laine pikkus, millega teostatakse raadioülekannet.

Lampgeneraator on oma tegevuses väga suure paindlikkusega ja võimaldab saada elektrivõnkeid alates kõige aeglasematest ja lõpetades sadade miljonite hertsidega, võimsusega vatti osadest kuni paljude kilovattideni. Nende tähelepanuväärsete omaduste tõttu tõrjus ta välja teised suure sagedusega võngete saamise viisid ja asub praegu raadiotehnikas valitseval kohal.

## Radiolainete vabrik

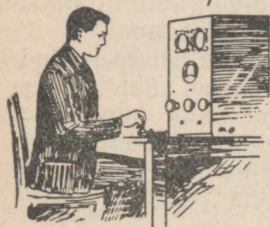
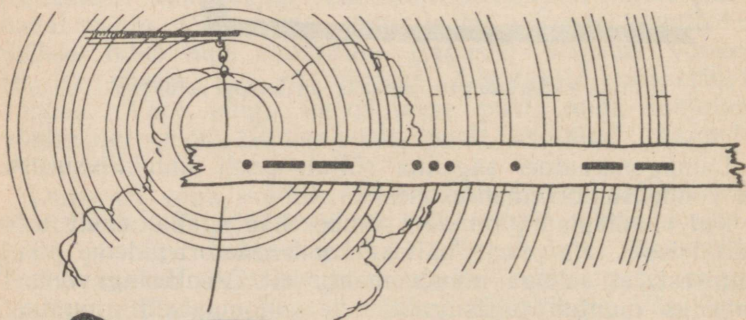
Lampgeneraatoriga tekitatud kõrgsageduslikud võnked alluvad keerukaile muundustele, enne kui nad satuvad raadiosaatja antenni.

Saatja koosneb tavaliselt mitmest omavahel elektriliselt sidestatud astmest. Suure sagedusega võnked satuvad ühest astmest teise, kuni nad jõuavad antenni. Selle teekonna sooritamiseks kulutavad nad ainult ühe hetke, selle lõpuks muutuvad aga täiesti «tundmatuseni».

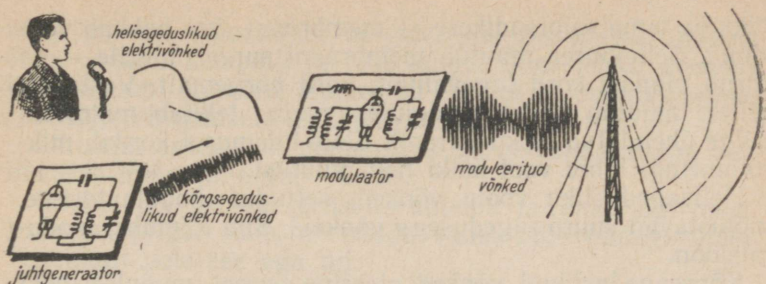
Lampgeneraatorit, mis paneb radioülekandele aluse, nimetatakse juhtgeneraatoriks. Tema ülesandeks on teatava sagedusega võngete tekitamine.

Juhtgeneraator ei tarvitse olla suure võimsusega. Tema võnked võivad olla üsna nõrgad. Nende sagedus peab aga olema muutumatu, sest vastasel juhul hakkaks raadiojaam eetris «jalutama», s. t. täiesti vabalt siirduma ühelt lainelt teisele ja segama teiste jaamade raadiovastuvõttu.

Juhtgeneraatori võnkeringist satuvad võnked võimendusastmesse. Võimsates jaamades on niisuguseid astmeid mitu. Igaühes neist toimub võngete amplituudi suurendamine. Selle tulemusel suureneb võngete võimsus ülemine-



Telegrammi üleandmine raadio teel.



Raadiotelefonilise ülekande skeem.

kul ühest astmest teise. Mida suurem on aga nende võimsus, seda suurem on raadiojaama tegevusraadius.

Kõrgsageduslike võngete saamine on raadio teel side loomiseks tingimata vajalik. Aga sellest üksinda pole veel küllalt. Et teostada raadioülekannet, on vaja suure sagedusega võnkeid mingil viisil mõjustada, sest ainult sel teel on võimalik üle anda teatavaid signaale.

Kõige lihtsam signaalide üleandmise viis on võngete katkestamine. Seda teevadki radistid, klõbistades võtmega telegraafitähestiku märke. Võtme allavajutamisega sulgub elektrikontakt ja kõrgsageduslike võngete sari pääseb antenni, kontakti avanedes aga katkeb võngete antenni saatmine. Lühiajaline sisselülitamine vastab punktile, pikaajaline — kriipsule. Vajutades perioodiliselt võtmele, saab väga kiirelt üle anda igasugust radiogrammi.

Sel teel saab aga üle kanda ainult telegraafitähestiku tingimärke. Kui on aga vaja üle kanda kõnet või muusikat, kuidas siis tuleks «trükkida» suure sagedusega võngetele kogu helide mitmekesisus?

Sel puhul moduleeritakse kõrgsageduslikke võnkeid ühes raadiosaatja astmes. Modulatsiooniprotsess seisneb suure sagedusega võngete mõjutamises ülekantavate helivõngetega. Kõige levinum on amplituudi moduleerimine.

Heli ülekandmise puhul mõjutavad helilained mikrofoni, milline kujutab endast väikest elektriaparaati, mis püüab kinni helivõnked ja muudab need elektrivoolu võngeteks.

Kõige lihtsam on süsimikrofon. Selles kasutatakse ära söepulbri omadust muuta oma takistust elektrivoolule, kui muutub pulbri osakeste surve üksteise vastu.

Kõnelemise ajal satuvad helilained mikrofoni ja panevad

liikuma tema esiplaadikese — membraani. See hakkab võnkuma. Sellejuures muutub membraani surve pulbrile — ta surub viimast kord tugevamalt, kord nõrgemalt. Vastavalt sellele muutub takistus voolule, mida tekitab mikrofoni külge ühendatud elektripatarei. Selle tulemusel kordab mikrofoniringi läbiv vool kõiki heli muutusi.

Helisagedusliku voolu võnked, sattudes modulaatorisse, mõjustavad suure sagedusega võnkeid. Siin toimubki modulaatsioon.

Kõrgsageduslikud võnked ei erine enne moduleerimist üksteisest millegi poolest. Mikrofonist saabuvate elektrivõngete toimel aga nende amplituud muutub. See läheb kord suuremaks, kord väiksemaks. Need muutused vastavad täpselt mikrofonivoolu võngetele ja järelikult ka helivõngetele. Nii kantakse suure sagedusega elektrivõngetele ülekantavate helide «jäljend», ja selle tulemusel saadakse moduleeritud võnked, mida kiiratakse raadiojaama poolt välja.

Raadiosaatejaamade otstarve võib olla väga mitmesugune. Mõned neist levitavad saateid kogu maale ja paiknevad suurtes hoonetes. Teised on määratud rinde sidepidamise jaoks ja mahuvad kergesti radisti seljale. Kuidas nad ka ei erineks oma kujult ja mõõdetelt, põhimõttelist erinevust nende tegutsemises pole. Raadiotehnilised protsessid neis on peaaegu ühesugused ja nad erinevad põhiliselt ainult võngete võimsuse ja väljakiiratatavate raadiolainete pikkuse poolest.

Iga raadiojaam on raadiolainete vabrik. Ta tarbib elektrit ja energiat patareist, generaatorist või elektrivõrgust ja muudab selle kõrgsageduslikeks elektrivõngeteks, mis pärast võimendamist ja moduleerimist satuvad raadiojaama saateantenni. Siit alustavad nad juba raadiolainetena oma rännakut eetri ääretuis avarustes.

## Valguse kiirusega kõigis suundades

Antenn on iga raadiojaama hädavajalik osa, milleta raadioside pole teostatav.

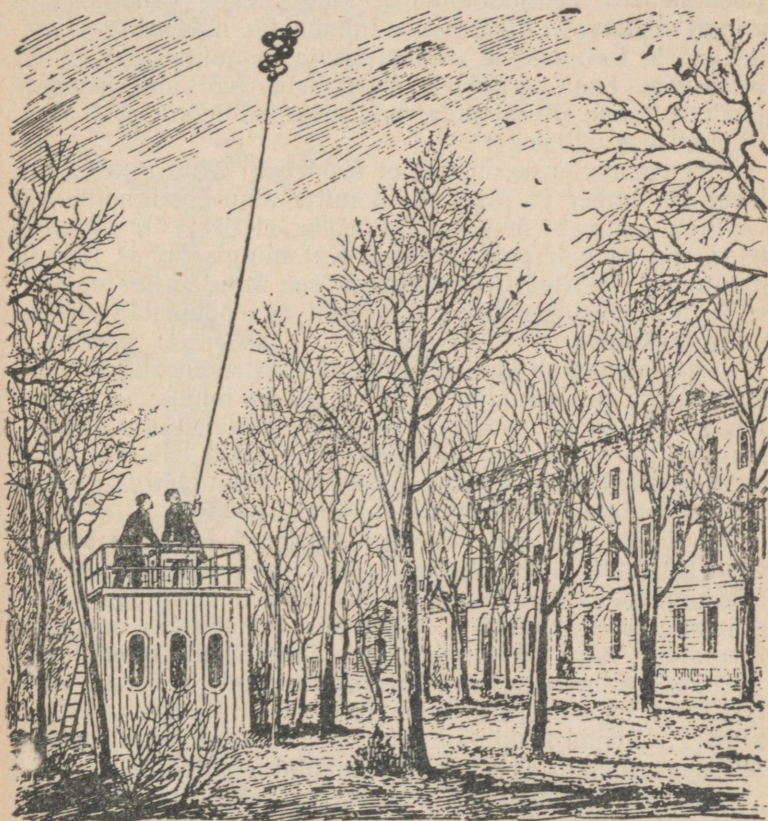
Antenni leiutamise au kuulub raadio loojale Aleksandr Stepanoviš Popovile. Kui ta seda esmakordselt kasutas, siis suurenes raadiosignaalide ülekandekaugus järsult. See tiivustas raadio leiutajat tema katsetustes oma raadiovastuvõtja täiustamise alal. Hiljem püüdis A. S. Popov

tõsta antenni võimalikult kõrgele: püstitas kõrged mastid, sidus antenni õhupalli ja lohe külge. Suur leidur veendus igal sammul, kuivõrd oluline on antenn ja omistas seepärast selle ehitamisele esmajärgulist tähtsust.

Lihtsaim antenn on maapinnast kõrgemale tõstetud vertikaalne metalljuhe või -varras.

Raske on avastada sarnasust antenni ja võnkeringi vahel. Esimesel pilgul näib, et nende vahel pole midagi ühist. Tegelikult pole see aga nii.

Iga juhe omab teatud induktiivsust ja mahtuvust, seetõttu kujutab antenn endast nagu võnkeringi. See pole aga suletud, vaid avatud võnkering. Erinevalt kondensaatorist



Raadio leiutaja püüdis tõsta antenni võimalikult kõrgele.

ja poolist koosnevast suletud vönkeringist, mis on määratud ainult elektrivõngete ergutamiseks, on antenn määratud nende kiirgamiseks ümbritsevasse ruumi: temasse kantakse saatjas tekitatud elektrivõnked ja ta muutub raadiolainete allikaks.

Nagu iga teinegi lainekujuline liikumine, nii on ka raadiolaine vönkeprotsess. Kuid raadiolained erinevad teist liiki lainetest. Laine järve pinnal või helilaine tekib veevõi õhuosakeste liikumisest. Raadiolaine kujutab endast elektri- ja magnetvälja võngete levimist.

Meenutagem, kuidas käituvad elektriga laetud kehad. Nad tõukuvad (ühenimeliste laengute puhul) või tõmbuvad (isenimeliste laengute puhul), kuigi nende vahel ei ole mingit nähtavat sidet. Sama toimub ka magnetite ühenimeliste ja isenimeliste poolustega ja ka juhtmetega, mida läbib vool. Seda põhjustab elektriliste (või magnetiliste) jõudude toime. Keskkonda, kus mõjuvad niisugused jõud, nimetatakse väljaks.

Tähelepanuväärne on see, et elektriväli tekib mitte ainult laengute ümber ja magnetväli mitte ainult magnetite või vooluga juhtmete ümber. On teada, et üks väli sünnitab teise, kui ta hakkab muutuma. Kui mingis kohas hakkab muutuma elektriväli, siis kutsub see kohe esile magnetvälja tekkimise, muutlik magnetväli aga põhjustab elektrivälja tekkimise.

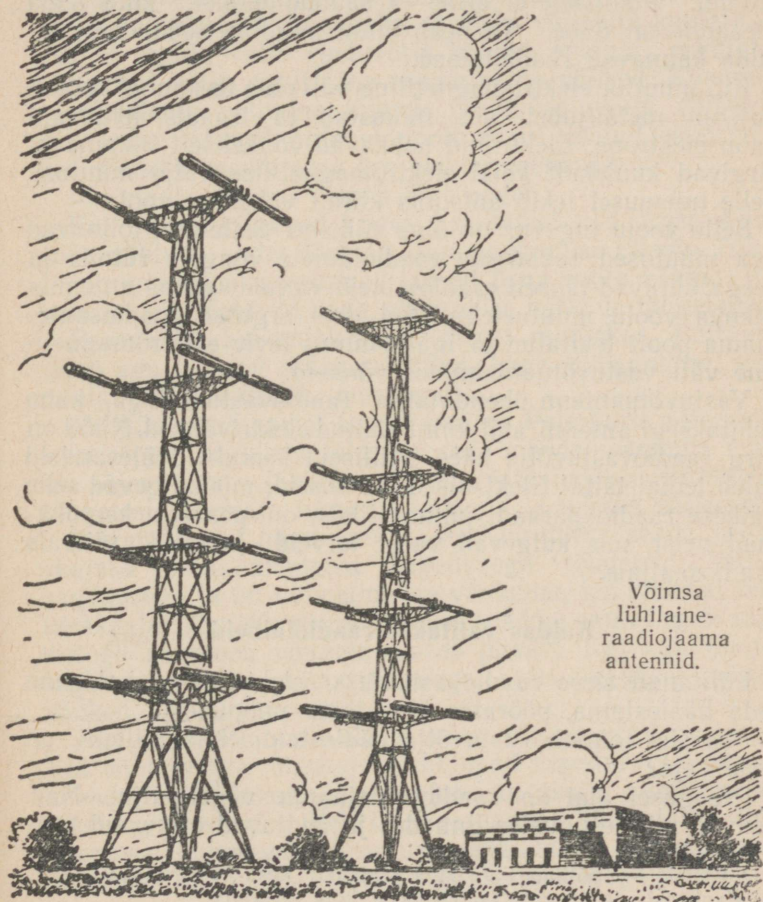
Seega põhjustab ajaliselt muutuv elektriväli magnetvälja kujunemise ja vastupidi. Need väljad on lahutamata teineteisega seotud ja moodustavad ühtse, niinimetatud elektromagnetilise välja. Kui niisugune väli tekib, siis ei jää ta paigale, vaid tema võnked hakkavad tohutu kiirusega igas suunas levima, tekitades raadiolaine.

Raadiolainet tekitab antenni saadetud kiirelt vahelduv vool. Kui meil oleks mingi erisugune nägemisvõime ja me saaksime näha raadiolaineid, siis näeksime, kuidas saateantenni ümber kujundub laine, mis eemaldudes omandab kerataolise kuju. Antenni juures ilmub uus raadiolaine. Sarnaselt esimesega laieneb ta sama kiirelt ja lahkub enda tekkimise kohast. Teise laine järel ilmub kolmas, neljas, viies... Nende tekkimine kulgeb samasuguse kiirusega, millisega toimub elektrivoolu vönkumine antennis.

Iga vooluvõnge saadab oma laine. Kuipalju vönkeid tekib sekundis, niipalju ilmub ka raadiolaineid, mis kõik valguse kiirusega kanduvad ära ruumi.

Kuna raadiolained pole nähtavad, siis võib kerkida küsimus: kuidas saab teha kindlaks nende pikkust?

Selgub, et seda teha pole raske. Tuleb leida kaugus, mille võrra laine eemaldub selle aja vältel, mis kulub antennis ühe vooluvõnke teostumiseks. Selleks tuleb raadiolainete levimise kiirus (300 000 kilomeetrit sekundis) korrutada võngete perioodivältega. Saadakse laine poolt ühe võnke kestel läbitud tee, mis ongi laine pikkus. Võib toimida ka teisiti: raadiolainete kiirus jagada võngete sagedusega, tulemus on seesama.



Võimsa  
lühilaine-  
raadiojaama  
antennid.

Iga ruumi kandunud lainega saadetakse välja kindel annus elektromagnetilist energiat. Saateantenn kiirgab seda energiat samuti nagu valgusallikas kiirgab valgust.

## Raadiovastuvõtja lävel

Raadiosaatejaama poolt levitatud raadiolained ei kao jäljetult. Linnades ja külades, auulides ja kišlakkides<sup>1</sup>, meie maa igas nurgas kuulatakse nõukogude radio häält.

Raadioülekannete vastuvõtmiseks on vajalik vastuvõtuantenn. Põhiliselt ei erine ta saateantennist, kuid tema ülesanne on teine. Ta peab kinni püüdma seda energiat, mida kannavad raadiolained.

Kui muutlik elektromagnetiline väli oma teekonnal kohtab antenni metalljuhet, siis mõjustab ta traadis leiduvaid vabu elektrone. Elektronid hakkavad võnkeliselt liikuma ja järgivad kuulekalt kõiki elektromagnetilise välja muutusi. Selle tulemusel tekib antennis kiirelt vahelduv vool.

Selle voolu tugevus on õige väikene. Selle-eest toimuvad aga muutused saabuvate raadiolainete võngete rütmis ja seega ühtuvad täpselt raadiolaineid väljakiirgavas antennis liikuva voolu muutustega. Sel teel ergutab raadiosaatejaama poolt tekitatud ja igas suunas leviv elektromagnetiline väli vastuvõtuantennides võnkeid.

Vastuvõtuantenn ühendatakse raadiovastuvõtjaga, kuhu juhitaksegi antenni abil kinni püütud elektrivõnked. Nüüd on järg raadiovastuvõtja käes. Milliseid keerukaid ülesandeid tuleb temal täita! Elektrilised protsessid, mis kulgevad selle väikese raadioaparaadi juhtmestikus, on peaaegu keerukamad neist, mis kulgevad vahel terveid hooneid täitvais raadiosaatjais.

## Kuidas valitakse raadiolaineid

Lülitanud sisse raadiovastuvõtja elektritoite, hakkame teda häälestama, pöörates ühte tema nuppudest.

Mis siis toimub vastuvõtja häälestamisel ja milleks on seda vaja?

Praegusel ajal on raadiosaatejaamu väga palju. Nad asuvad mitmesugustes linnades ja levitavad erinevaid saa-

<sup>1</sup> Kišlakk — põlluharijate küla teatavail Kesk-Aasia rahvail, auul — Kaukaasia ja türgi-tatari rahvaste küla. *Tõlkija.*

teid. Üks neist saadab loengut, teine — päevauudiseid, kolmas aga — kontserti.

Iga jaam kiirgab välja raadiolaineid, mis jõuavad vastuvõtuantennideni ja ergutavad neis elektrivõnkeid. Antenn võtab üheaegselt vastu kõiki saateid. Kui me kuulaksime neid üheaegselt, siis kuuleksime niisugust helide segu, mida pole võimalik mõista.

Et seda ei juhtuks, töötavad kõik raadiojaamad erinevail lainetel. See tähendab, et igaüks neist kiirgab välja niisuguse sagedusega elektromagnetilisi võnkeid, nagu tema jaoks on määratud. Järelikult ergutab iga raadiojaam vastuvõtuantennis oma sageduse, mis erineb teiste jaamade sagedustest. Ja selleks, et oleks võimalik kuulata iga saadet eraldi, valib vastuvõtja kõigist antennis ergutatud võngetest välja ainult ühe raadiojaama võnked. Niisugune raadiolainete valimine toimub raadiovastuvõtja võnkeringis, kuhu satuvad antenni poolt vastu võetud elektrivõnked. Selleks kasutatakse ära elekterresonantsi.

Resonantsi nähtus esineb õige sageli.

Kui lapsed kiiguvad kiigel, kasutavad nad ebateadlikult seda nähtust, andes tõukeid kiige võnkumise rütmis. Tühise jõupingutusega saavutavad lapsed üsna suure võngete ulatuse ja siis toetavad seda võnkumist nõrkade tõugetega.

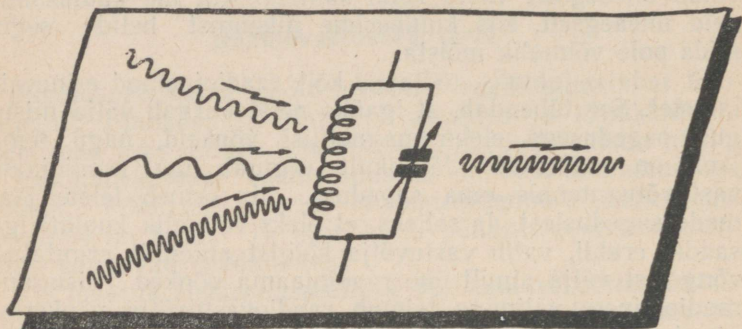
Resonantsi kasutatakse laialdaselt muusikas. Ehitajatel tuleb aga temaga pidada võitlust, kuna mehaaniline resonants võib põhjustada purunemisi.

Nelikümmend aastat tagasi varises Peterburis ootamatult sisse rippuv Egiptuse sild, kui seda mööda «sammu» marsis sõjaväeosa. Tekkis resonants, sild hakkas rütmilistest tõugetest lubamata tugevalt kiikuma ja toimus varisemine.

Resonants on nagu vastukaja. Kiigutatav seade justkui «kajaks vastu» niisuguse sagedusega tõugetele, millise sagedusega ta on võimeline ise võnkuma, kui rikkuda tema tasakaalu. Tõugete rütmi ühtudes seadme omavõngete sagedusega suureneb võngete ulatus järsult. Kui aga tõugete sagedus ei ühtu omasagedusega, siis saadakse nõrgad võnked.

Just samuti toimub elektrivoolu võngetega võnkeringis. Kui võnkeringile üheaegselt mõjuvad sageduse poolest erinevad elektrivõnked, siis «kajab» ta vastu ainult sellele neist sagedustest, millele ta on resonantsi häälestatud. Selle tulemusel kujunevad niisuguse sagedusega võnked palju tugevamaiks kui ühegi teistsuguse sagedusega võnked.

Raadiovastuvõtja «uksele koputavad» paljude raadiojaamade raadiolained. Tänu resonantsile aga «võimaldatakse sissepääs» ainult selle raadiojaama signaalidele, millele vastuvõtja antud hetkel on häälestatud.



Võnkering laseb läbi seda sagedust, millega ta on resonantsi häälestatud.

Et minna üle teise jaama vastuvõtule, on vaja muuta vastuvõtja võnkeringi omavõngete sagedust, muutes tema induktiivsust või mahtuvust.

### Elektrivõnked tekitavad heli

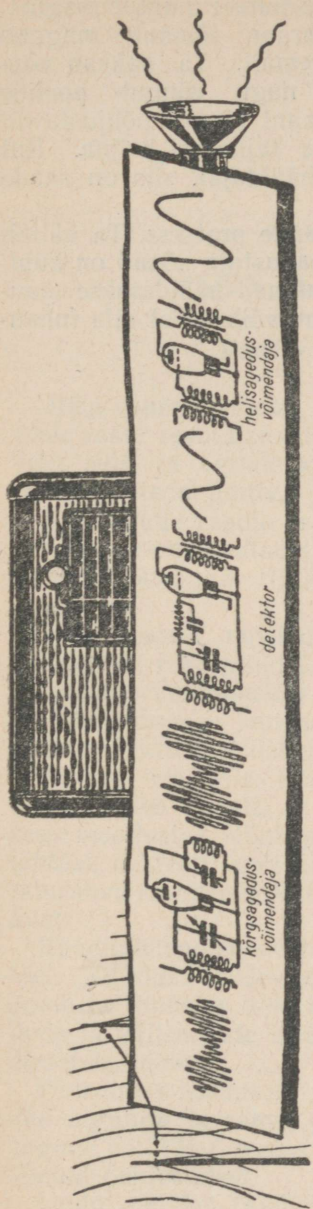
Vastuvõetavate signaalide amplituudid on tavaliselt väga väikesed ja neid võnkeid tuleb võimendada. Selleks on vastuvõtjas erilised võimendusastmed, mis raadiolampide abil suurendavad võngete amplituudi, muutmata nende sagedust.

Mitu võimendusastet, kui võnked ühest neist satuvad teise, kolmandasse, võivad arendada hiiglasuure võimenduse. Mida suurem aga võimendus on, seda tundlikum on vastuvõtja nõrkadele signaalidele. Tänapäeva vastuvõtjad on võimelised võimendama võnkeid mitu miljonit korda.

Peale vastuvõetavate signaalide võimendamise teostatakse vastuvõtjas ka nende detekteerimist.

Antennist vastuvõtjasse sattuvate võngete sagedus on väga suur (sadu tuhandeid ja miljoneid hertse). Et kuulda raadiosaadet, selleks tuleb kõrgsageduslikud võnked muundada kõrvaga tajutavaks võngeteks. See toimubki detekteerimise puhul.

Ei tule unustada, et vastuvõetavad raadiosignaalid kan-



Raadiovastuvõtu skeem.

navad endal helivõngete «jäljendit». Mikrofoni poolt tekitatud väikese, s. o. heli sagedusega elektrivõngete pealistamine kõrgsageduslikele võngetele toimub raadio-saatjas moduleerimise teel. Seda tehakse selleks, et suure sagedusega elektromagnetilised võnked, mida levitatakse raadiolainete näol, kannaksid madalsageduslikud võnked vastuvõtjani.

Vastuvõtjas toimub detekteerimise puhul vastupidine protsess: väikese sagedusega võngete eraldamine kõrgsageduslikest. Selleks alandatakse kiirelt vahelduvaid voolusid. Lamp-raadiovastuvõtjas täidab niisuguse alandaja ehk detektori ülesannet raadiolamp.

Pärast detekteerimist «sõelutakse» suure sagedusega võnked õige kergesti «välja». Neid pole nüüd enam vaja. Jäävad alles ainult väikese sagedusega võnked, mida võimendatakse ja siis muundatakse heliks. Niisuguseks muundamiseks kasutatakse telefoni kuuldetorusid või valjuhääldajaid.

Kuuldetoru sisaldab väikest hobuserauakujulist magnetit. Õige väikeses kauguses selle poolustest asetseb terasplaat — membraan. Magneti poolustele on paigutatud kaks peenest isoleeritud traadist keerdudega poolikest, millesse juhitaksegi väikese sa-

gedusega vahelduvvool. Selle voolu toimetel muutub magnetväli magneti pooluste ees. Membraan tõmbub magneti poole kord tugevamalt, kord nõrgemalt. Ta hakkab võnkuma samasuguse sagedusega, nagu võngub poolide keerde läbiv vahelduvvool. Membraani võnked põhjustavad ümbritseva õhu võnkeid, mida me tajumeegi helina. Kui kuuldetoru asemel kasutada valjuhääldajat, siis on saade kuuldav tunduvalt valjemini.

Nii teostub keerukas raadioülekanne protsess. Ta vältab tühiselt väikesi osi sekundist ja teadustaja sõnad on kuuldavad peaaegu samal hetkel, millal nad hääldatakse studios mikrofoni ees, kuigi raadiojaam võib meist olla tuhandeid kilomeetreid eemal.

---

---

## TEINE PEATÜKK

### SIDE JA LEVI TEENISTUSES

#### Raadio teenib revolutsiooni

Juba suure Oktoobri esimestel päevadel rakendati raadio meie maal revolutsiooni teenistusse. Kohe muutus ta võimsaks side- ja agitatsioonivahendiks ülestõusnud proletaariaadi ja teda juhtiva jõu — bolševike partei — käes.

Nõukogude raadio esimesed sammud ja tema edaspidine arenemine on lahutamatult seotud revolutsiooni suurte juhtide ja Nõukogude riigi rajajate V. I. Lenini ja J. V. Stalini nimedega.

1917. aasta 7. novembri hommikul andis revolutsioonilise Petrogradi raadio üle Lenini kirjutatud ajaloolise üleskutse «Venemaa kodanikele!» Mõni päev hiljem — 1917. aasta 12. novembril — kandsid nõukogude raadiojaamad eetrisse esimese läkituse Nõukogude valitsuse nimel. Läkitus algas sõnadega: «Kõigile. Kõigile.» ja oli alla kirjutatud Lenini poolt. Selles teatati, et Ülevenemaaline Nõukogude Kongress moodustas Nõukogude valitsuse ja võttis vastu kaks tähtsat dekreeti: mõisnike maade viibimatust üleminekust talurahva-komiteede kätte ja demokraatliku rahu ettepanekust.

Raadio ühendas revolutsiooni staapi kogu maaga. Raadio teel pöördus bolševike partei tööliste ja talupoegade poole ja innustas neid kaitsma noort vabariiki valgekaartlaste ja välismaiste interventide vastu, kutsus neid suurele ülesehitustööle.

Pöördudes korduvalt raadio teel nõukogude võimu kohalike organite ja rahva poole, selgitas Vladimir Iljitš nõukogude poliitikat, teatas tähtsamatest valitsuse poolt vastu võetud dekreetidest.

Lenin omistas raadiole kui sidevahendile suurt tähtsust



V. I. Lenin ja J. V. Stalin raadiojaamas Petrogradi sõjasadamas (1917. a. novembris).

ja hoolitses väsimatult raadiosaate- ja -vastuvõtukaablate võrgu laiendamise eest. Ta pidas raadiojaamade ehitamist tähtsaks riiklikuks ürituseks.

Vladimir Iljitši juhendi kohaselt organiseeriti 1918. aasta kevadel partei ja valitsuse otsuste saatmine raadiotelegraafi jaamade kaudu, mis olid ehitatud Hodõnkasse (Moskvas). Mitmetes linnades ja Detskoje Seloosse ja Taškenti raudteejaamades, kus olid üles seatud raadiovastuvõtu-seadmed, pandi välja müürilehed samal päeval raadio teel saadud teadaannetega, pealkirjaga «Raadio Moskvast». Niisuguste saadete tõttu muutus raadio omaseks kogu nõukogude rahvale.

Püüdes kindlustada noort Nõukogude vabariiki kindla ja püsiva sidega, kirjutas Lenin 1919. aasta 30. juulil alla määrusele võimsa raadiojaama ehitamise kohta Moskvasse, riigi piirimaadega ja teiste riikidega sidepidamiseks.

Rasketel kodusõja-, interventsiooni- ja blokaadiaastatel jälgis Vladimir Iljitš tähelepanelikult nõukogude raadio arenemist ja abistas seda pidevalt.

Tsaari-Venemaa raadiotehnika sõltus täielikult välismaa

firmadest. Lenin püstitas ülesande täielikult vabaneda välismaisest sõltuvusest.

1918. aasta 2. detsembril kirjutas ta alla dekreedile kodumaise raadiotehnika arendamiseks suure teadusliku keskuse — raadiolaboratooriumi — loomise kohta Nižni-Novgorodis (praegune Gorki linn).

Pingelise riigijuhtimise töö kõrval ei lase Lenin silmist laboratooriumi tööd. Ta aitab laboratooriumil laiendada katsetusi raadiotelefoniliste ülekannete korraldamise alal, hoolitseb selle tugevdamise eest. 1920. aasta 3. veebruaril saatis Vladimir Iljitš Nižni-Novgorodi Kubermangu Täitevkomitee esimehele telegrammi, milles ta andis korralduse osutada igasugust kaasabi raadiolaboratooriumi tööle.

V. I. Lenini tähelepanu ja väsimatu hoolitsuse tõttu teostasid nõukogude teadlased raskeis blokaaditingimustes tähtsaid teaduslikke uurimisi ja saavutasid suurt edu nõukogude raadiotehnika täiustamisel, jõudes selles ette Lääne tehnikast.

Nižni-Novgorodi laboratooriumis töötati välja vastuvõtja saate-raadiolambid. Korraldanud raadiolampide tootmise, teostas laboratoorium edukaid katseid kõne ülekandmiseks raadio teel. Edusammud raadiotelefonilise ülekande tehnika väljatöötamisel olid juba 1920. aastaks niivõrd suured, et 1920. aasta 17. märtsil andis Vladimir Iljitš korralduse ehitada Moskvasse tsentraalne raadiotelefoni jaam 2000-verstalise tegevusraadiusega ja abistas kõigiti selle väljaehitamist. Lenini juhendil koostati samal aastal ulatuslik plaan Moskvasse, Detskoje Seloosse, Taškenti, Odesasse ja Omskisse suurte saatejaamade ehitamiseks ja samuti mitmetesse teistesse kodumaa punktidesse keskmise ja väikese võimsusega raadiojaamade ülesseadmise kohta.

1922. aasta 19. mail kirjutas V. I. Lenin kirjas J. V. Stalinile, et «mitte mingil juhul ei tule hoolida kulu- tustest raadiotelefonilise side organiseerimise töö lõpule viimiseks ja täiesti töökõlblike valjult rääkivate aparaatide tootmiseks», ja tegi ettepaneku assigneerida kullafondist üle eelarve 100 000 rubla Nižni-Novgorodi raadiolaboratooriumi töö korraldamiseks.

Vladimir Iljitš uskus kindlalt raadio suurt tulevikku. Teda ei saanud rahuldada raadio kasutamine ainult side tarbeks. Ta tahtis, et see saaks töötajate igapäevaseks informatsiooni ja poliitilise kasvatamise allikaks.

Andnud tähelepanuväärse määrangu raadiost kui ajale-

hest ilma paberita ja «ilma vahemaata», pööras Lenin suurt tähelepanu valjuhääldajate abi levi korraldamisele. «Need tööd», kirjutas ta, «omavad meie jaoks erakordselt suurt tähtsust seepärast, et nende edu . . . tooks hiiglaslikku kasu agitatsioonile ja propagandale.» Vladimir Iljitš nägi geniaalselt ette, et aja jooksul hakkab raadiot kuulama kogu maa, ja pani alused sellele, mida me kasutame nüüd iga päev, iga tund — alused raadiolevile.

### Suure juhi juhtimisel

Pärast V. I. Lenini surma asetus hoolitsus nõukogude raadiotehnika arendamise eest seltsimees Stalini õlgadele, kes jätkas Lenini tööd Nõukogudemaa radiofitseerimiseks.

Korduvalt on seltsimees Stalin osutanud raadio hiiglasuurele tähtsusele meie rahva ja riigi elus. Tema juhtimisel koostati kõik raadioside ja raadiolevi arendamise plaanid.

Jossif Vissarionovitš Stalini väsimatu hoolitsemise tõttu nõukogude teaduse arendamise eest on meie raadio-eriteadlastel eeskujulikud laboratooriumid teaduslikuks tööks. Nende saavutused ja avastused saavad valitsuse kõrge hinnangu osaliseks; paljusid neist on silmapaistvate tööde eest autasustatud Stalini preemiaga.

Maa radiofitseerimise leninliku programmi täitmine ja raadioside arenemine said võimalikuks ainult selletõttu, et Nõukogudemaa muutus võimsaks tööstusriigiks. Stalinlike viisaastakute täitmine võimaldas luua raadioleviks ja raadiosideks vajaliku keeruka raadioaparatuuri tootmise. Raadiotööstus pani nõukogude raadio arenemisele kindla tehnilise aluse.

J. V. Stalini poolt oli tema geniaalsetes Nõukogudemaa industrialiseerimise plaanides ette nähtud raadiotehaste, suurte raadiojaamade ja raadiosõlmede ehitamine. Nende plaanide võiduka täitmise tulemusena hakkas raadiotööstus — stalinlike viisaastakute sünnitis — võimsalt arenema. Nõukogude raadiotehased korraldasid elanikkonna tarbeks massilise kõrgekvaliteetsete raadiovastuvõtjate ja valjuhääldajate tootmise. Loodi teaduslikke instituute, kus A. S. Popovi suure leiutise edasiarendamiseks töötab sadu silmapaistvaid teadlasi ja insenere. Stalinliku hoolitsuse tõttu sai raadio tõeliselt ajaleheks ilma paberita ja ilma

vahekaugusteta, sai kogu rahva omanduseks ja tungis sügavale nõukogude inimeste ellu.

Seltsimees Stalin pööras tähelepanu nõukogude raadio arendamisele ka Suure Isamaasõja päevil, millal ta oli haaratud tööga armee ja maa mobiliseerimisel fašistlike anastajate purustamiseks.

Nõukogude raadiotehnika ees on avatud hiilgavad perspektiivid. Ümbritsetuna stalinlikust hoolest, innustatuna stalinlikest juhenditest, teevad meie teadlased ja raadioinsenerid suurt tööd nõukogude raadio täiustamise ja edasiarendamise alal.

### Tõe ja rahu hääl

Tänapäeval kasutatakse raadiot laialdaselt mitmesugustel teaduse ja tehnika aladel. Kõige tähtsam raadio kasutamise ala on aga ringhääling.

Meie maal hakati raadiolevisaateid korraldama varem kui kusagil teisel maal. V. I. Lenin ja J. V. Stalin pöördusid raadio teel rahva poole Oktoobrirevolutsiooni esimestel päevadel.

Esimesed raadiosaated toimusid telegraafitähstiku abil. Nõukogude teadlased aga püstitasid endile juba siis, kodusõja ja blokaadi rasketes tingimustes, ülesande kasutada raadiot kõne ülekandmiseks. Ja peagi kuulsid vastuvõtijaamade radistid telegraafitähstiku signaalide piiksumise asemel inimese kõnet. Esmakordselt teostas elava kõne ja muusika ülekannet Nižni-Novgorodi raadiojaam 1919. aasta lõpul. Ülekannet võeti vastu Moskvast ja teistes linnades.

1922. aastal ehitas raadio suurima eriteadlase, nõukogude raadio pioneeri M. A. Bontš-Brujevitši poolt juhitud Nižni-Novgorodi laboratoorium Lenini korraldusel Moskvasse maailma esimese ringhäälingujaama, võimsusega 12 kilovatti. Nõukogudemaa mitte ainult osutus ringhäälingu sünnimaaks, vaid ennetas sel alal kõik teised maad. Läänes ja Ameerika Ühendriikides asutatud ringhäälingujaamad olid palju väiksema võimsusega. Nii oli näiteks ameerika ringhäälingujaama võimsus nõukogude omast 8 korda väiksem. Sellest ajast alates säilitab meie maa pidevalt oma raadiojaamade võimsuse poolest esikohta maailmas.

1926. aastal ehitasid nõukogude insenerid 20-kilovatise ringhäälingujaama, aasta hiljem hakkas tööle raadiojaam,



MIHHAİL ALEKSANDROVITS  
BONTS-BRUJEVITS  
(1888—1940)

mille võimsus oli juba 40 kilovatti, 1929. aastal valmis jaam võimsusega 100 kilovatti, ja 1933. aastal kõlas eetris 500-kilovatise raadiohiiglase — Kominterni-nimelise jaama — hää. See jaam oli tähelepanuväärne ehitis, millega võrdset polnud kogu maailmas.

Meie insenerid, kes ehtasid võimsaid jaamu, käisid alati iseseisvat teed ja ennetasid väga palju oma lahendustes välismaist tehnikat. Kui ameeriklased 1934. aastal asusid ehitama 500-kilovatist raadiojaama Cincinnati (l.: cinssi-naati) linnas, kasutasid nad võimsate raadio-saatjate ehitamise mee-

todit, mille olid välja töötanud ja rakendanud meie raadioinsenerid Kominterni-nimelise jaama ehitamisel.

Esimese viisaastaku lõpuks töötas meil juba 57 ringhäälingujaama. Võimsate nõukogude raadiojaamade ehitamist juhib paljude aastate vältel silmapaistev nõukogude raadio eriteadlane NSV Liidu Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige A. L. Mints.

Nõukogude võimsa raadioehituse saavutused annavad tunnistust meie teaduse ja raadiotööstuse arengu kõrge tasemest. Nendes eesrindliku Nõukogude tehnika võitutes on kehastatud paljude meie teadlaste ja inseneride innutatud looming, on kehastatud nõukogude tööliste loomingu-line töö.

Raadio leidis meie maal kõige laialdasemat kasutamist. Sotsialistliku riigi raadiolevi teostatakse kaheksakümnes nõukogude rahvaste keeles. Nõukogude raadio on kogu rahva omandus ja teenib tema huve. Ta täidab väga mitmesiseid ülesandeid. Raadio teostab meie valitsuse ja bolše-

vike partei sidet kõigi meie maa rahvastega, ta etendab väljapaistvat osa sotsialistliku kultuuri arengus.

Raadio informeerib nõukogude inimesi iga päev kõige tähtsamatest sündmustest sisemaal. Raadio toob meile teateid rahvademokraatia maade tööst ja saavutustest, ning töötajate võitlusest kapitalistlikes riikides.

Tänu raadiole kuulab kogu Nõukogudemaa partei- ja riigitegelaste ning sotsialistliku Töö Kangelaste esinemisi. Nõukogude teadlased peavad raadio kaudu teaduslikke loenguid, parimad kunstnikud tutvustavad raadiokuulajaid nõukogude kunsti ja kirjanduse väljapaistvama loomingu. Meie raadiosaadete mitmekesisus on ammendamatu.

Nõukogude raadiosaadetes peegeldub meie paljurahvuselisel Kodumaal elavate rahvaste lahutamatu sõprus. Ringhäälingu saatejaamu on ehitatud rahvusvabariikide pealinnadesse ja maa kõigisse suurematesse linnadesse.

Saateid rahvuskeeltes teostatakse mitte ainult kohalike ringhäälingu saatejaamade kaudu, vaid neid levitatakse ka kesksete üleliiduliste ringhäälingujaamade kaudu. Moskva raadiojaamade laineil kõlavad vene muusika ja lauludega kõrvuti ka teiste rahvaste laulud ja muusika. Peale vene esinejate esinevad Moskva raadio kaudu ka rahvusvabariikide parimad kunstnikud ja kirjanikud. Moskva jaamade kaudu transleeritakse kontsertide ülekandeid teistest vabariikidest, et neid saaks kuulata kogu maa. Nii aitab nõukogude ringhääling kaasa meie vormilt rahvusliku ja sisult sotsialistliku kultuuri arengule ja tugevdab rahvastevahelist sõprust.

Raadiolained kannavad Nõukogude pealinna häält laiali igas suunas. See kõlab mitte ainult meie Kodumaa ääretute avaruste kohal. See on hästi kuuldav ka välismaal, sest raadiolained, tundmata piire, läbivad kõik mandrid ja maad. Maailma töötajad kuulavad nõukogude raadiot, mis kannab suure, kommunismi ülesehitava rahva häält. See hääl kutsub üles rahuks ning paljastab sõjaõhutajate agressiivseid sepitsusi. Ta kohtab sooja vastukaja miljoneis kapitalistliku maailma rõhutatud töötajate südameis, kes võitlevad oma õiguse, leiva ja vabaduse eest ning vaatavad lootusega Ida poole, kust ulatub nendeni võimas tõe ja progressi hääl. Meie maa sammub veendunult tuleviku poole. Nüüd oleme kogu maa radiofitseerimise leninliku juhendi elluviimisele lähedal.

Partei ja Nõukogude valitsus püstitas ülesande radiofit-

seerida lähemal aastail mitte ainult linnad, vaid ka kõik kolhoosid ja maa asustatud punktid. Seda ülesannet täidetakse eduga. Raadiotehased toodavad sadu tuhandeid raadiovastuvõtjaid, küldes ehitatakse tuhandeid raadiotranslatsioonisõlmi, nõukogude töötajate kodudesse seatakse üles miljoneid raadiopunkte. Pole kaugel aeg, kui nõukogude raadio hääl kõlab igas nõukogude majas ja korteris, kui teda hakatakse kuulama igas nõukogude perekonnas.

### Raadiosaadet kantakse üle juhtmeid kaudu

1921. aasta juunis seati Moskvas Teatralnaja, Jelohhovskaja, Andronjevskaja ja Serpuhhovskaja väljakuil, Devitšje väljal ja Presnenskaja väravate juures kõrgele mastide külge suured ruuporid (kõnetorud). Moskvalased kogunehid ruuporite juurde ja kuulasid päevauudiseid ning naaberhoonetes viibivate kõnelejate loenguid ja ettekandeid. Need olid esimesed praktilised katsed kõne võimendamiseks ja ülekandmiseks suurele kuulajate hulcale.

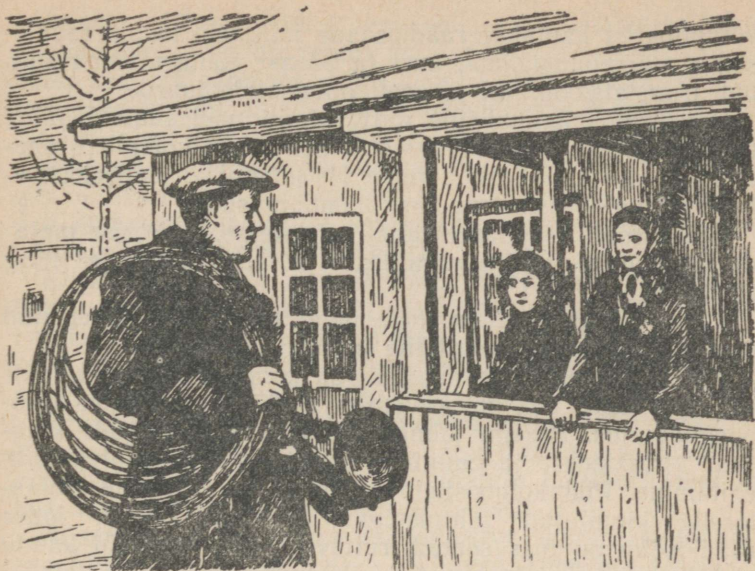
Mõni aeg hiljem ilmusid sarnased valjuhääldajad ka teistesse linnadesse. Neid hakati üles seadma mitte ainult väljakuile, vaid ka tehaste klubidesse ja töölistmajadesse.

Helisaadete võimendamiseks töötasid nõukogude insenerid välja erilised võimendusseadmed, mida me nimetame raadiotranslatsioonisõlmedeks. Nii sündis Nõukogudemaal traathääling.

Tänapäeval omavad kõik linnad ja suured töölisalevikud, kõik rajoonikeskused ja paljud kolhoosid oma raadiotranslatsioonisõlmi.

Enamikul juhtumel on raadiosõlme üles seatud raadiovastuvõtja ja lampvõimendaja. Vastuvõtja väljandklemmidel saadavad helisageduslikud elektrivõnked kantakse mitte valjuhääldajasse, nagu tavaliselt, vaid võimendajasse. Raadiolampide abil mitmekordselt võimendatuina satuvad need võnked raadiosõlme translatsioonivõrku, mis ulatub üle kogu asula või rajooni.

Translatsioonivõrgu metalljuhtmed, nagu tavalised telefonijuhtmedki, kinnitatakse kõrgetele postidele või majade katustele paigutatud püstikuile. Neilt juhtmetelt tehakse sisestused majadesse, kuhu on üles seatud valjuhääldajad. Nii saabub raadiosõlmes eestrist vastuvõetud raadiosaade klubidesse, lugemistaredesse, korterisse.



Raadiosõlme tehnik tuli kolhoosniku majja raadiotranslatsioonipunkti üles seadma.

Raadiosõlm võib teenindada kümneid, sadu ja, suure võimsuse puhul, isegi tuhandeid raadiotranslatsioonipunkte — valjuhääldajaid. Raadiokuulaja võib oma korterisse üles seada kas vastuvõtja või raadiotranslatsioonipunkti.

Raadiotranslatsioonisõlmed on meie vastuvõtuvõrgu alus. Mitte kusagil pole raadiolevi juhtmeid kaudu leidnud nii võrd laialdast kasutamist kui Nõukogudemaal. Traathäälingu tõttu kuulavad kümned miljonid nõukogude inimesed iga päev raadiot. See on kõige kättesaadavam ja seetõttu ka kõige massilisem ringhäälingu liik.

Raadiosõlme abonent saab kuulata raadiot, omades ainult valjuhääldajat. Mure vastuvõtja hooldamise eest jääb seejuures täiesti ära.

Peale selle tagab raadiosõlm palju kõrgemat levi kvaliteeti, kaitstes abonente häirete eest, mis segavad raadiovastuvõttu linnas. Seda saavutatakse sellega, et raadiosõlme vastuvõtupunkt paigutatakse tavaliselt niisugusesse kohta (vahel kaugele linnast välja, raadiosõlmest suurde kaugusse), kus raadiovastuvõtu häired on tühised. Vastu-

võtupunktist kantakse raadiosaade juhtmeid kaudu raadiosõlme võimendusjaama, kust ta pärast võimendamist suubub translatsiooniliini ja sealt abonentide juurde.

Raadiosõlm kannab üle mitte ainult neid saateid, mida ta võtab vastu raadiovastuvõtja abil, vaid korraldab saateid ka oma stuudiost: kannab üle kohalikke uudiseid, isetegevusringide esinemisi, heliplaadimuusikat.

Raadiosõlmi ehitatakse sageli tehastesse, suurtesse majadesse, raudtee- ja jõevaksalitesse ja isegi laevadele ning rongidesse.

Viimastel aastatel on meie maal ulatuslikult laienenud maa-asulate radiofitseerimine juhtmeid kaudu.

Kui kolhoosikülas esimest korda kõlab raadio hääl, kalli pealinna hääl, siis on see suur ja rõõmus sündmus talupoegade elus. Praegu toimub tuhandetes nõukogude küla- des, kišlakkides ja auulides raadiotranslatsioonivõrkude ehitamine. Piki kolhoositeid kulgevad postide read isolaatoreile kinnitatud juhtmetega. Rajooneskusest, kuhu raadiosõlm on üles seatud, ruttavad neid juhtmeid kaudu elektrivoolud, kandes raadiohääle kolhoosiasulaisse laiali.

Samal ajal, kui Moskva studios kõlavad sõnad «Kõneleb Moskva!», helisevad nad ka maa kõige kaugemais punktides. Raadio lähendab nõukogude küla sotsialistlikele linnadele, kannab sinna eesrindlikku nõukogude kultuuri.

### Sõjaõhutajate käsutuses

Kapitalistlikes maades on raadio allutatud kodanlusele ja suunatud töötava rahva vastu. Ta on seal imperialistide — sõjaõhutajate — vangistuses. Eriti jultunult kasutavad raadiot oma huvides Ameerika Ühendriikide ja Inglismaa kapitalistid.

Kui meie maal on raadio rahva tribüüniks, kust esinevad lihtsad linna ja maa töötajad, teadlased, kirjanikud ja kunstnikud, siis Ühendriikides tuleb poliitilise ettekande eest raadios maksta mitu tuhat dollarit. Nagu kõike, nii müüakse ja ostetakse sellel ookeanitagusel maal ka raadiot. Ta on juba ammu kapitalistide poolt ära ostetud ja teenib nende eesmärke. Nagu teatas saadikutekojas ameeriklane Coffee, on «raadiolained Ameerikas vabad ainult nendele, kes suudavad nende eest maksta». Seetõttu ei ole ameerika töötaval rahval juurdepääsu ameerika raadio mikrofonile.

Raadio Ühendriikides on eelkõige hästikorraldatud reklaambüroo. Ta on rendil kaubandus- ja tööstusfirmade käes, kes reklaamivad oma kaupu. 1946. aastal müüsid ameerika raadiojaamade omanikud umbes 95% kogu raadio-saadete ajast reklaami tarbeks.

Ameerika raadiosaated algavad reklaamiga, reklaam tungib saatele vahele ja lõpetab selle. Peaaegu kõik, mida saadab ameerika raadio, on kas avalik reklaam või tagapõhi reklaamile. Reklaam täidab eetrit.

Kirjanduslikud ja muusikalised raadiosaated on kuulajate meelitamiseks. Mingisuguse numbri ettekandmisel torgatakse neile mõruda pillina selle firma reklaamteade, kes seda saadet finantseerib. Raadiojaamade omanikud saavad niisugustest saadetest hiiglaslikku kasumit.

Ameerika raadio saated kutsuvad esile lihtsate raadiokuulajate protesti. Kuulajad pole rahul reklaamiga, «seebivahuste ooperitega» ja lõpmatute lugudega tapmistest, mis hukutavad noorsugu kõlbeliselt.

Anastanud oma maades silmapaistva teaduse ja tehnika saavutuse — ringhäälingu — püüavad Ameerika Ühendriikide ja Inglismaa imperialistid pimestada oma rahvaste teadvust, uimastada neid. Raadio on neis maades kõnetoruks kapitalistlikele monopolidele, kes püüavad õigustada oma anastuslikke plaane. Kallaletungid progressiivsetele tegelastele, kes võitlevad rahu eest, kuritahtlik laim Nõukogude Liidu ja rahvademokraatia maade kohta, sõja-propaganda — see ongi ameerika ja inglise poliitilise iseloomuga raadiosaadete sisu.

Ameerika ringhääling tervikuna on reklaam «ameerika eluviisile», reklaam Ameerika Ühendriikide valitsuse sise- ja välispoliitikale. Ta püüab petta mitte ainult oma rahvast, vaid ka teiste maade rahvaid. Ameerika raadio püüab varjata tõde meie maast, ja selleks, et varjata läheneva kriisi tunnuseid, õhutab sõjahüsteeriat.

Ameerika raadiosaated välismaale on koostisosa «külmast sõjast», mida ameerika reaktsioon peab meie maa ja maailma progressiivsete jõudude vastu.

Stalinlike ideid levitav nõukogude raadio hajutab ameerika raadiosaadete vale ja laimu. Raadiokuulajad kogu maailmas teavad, et radiolained, mis levivad Ameerika mandrilt, pole tõelise Ameerika hääl, vaid monopolide hääl, sõjaõhutajate kliki hääl, kes unistavad maailma valitsemisest.

Kõigi maade töötajad häälestavad oma vastuvõtjad Moskvale. Nad teavad, et võimsat rahuleeri juhtiva ja väsimatult rahu eest ning sõja vastu võitlema kutsuva suure sotsialistliku riigi raadiojaamade lained kannavad tõe ja õigluse sõnu.

### Kaugusi võites

Raadio leiutamine tõi meile võidu kauguste üle. Inimkond sai kõige täiuslikuma sidevahendi.

Hindamatu on raadio tähtsus sidepidamisel liikuvate objektidega. Ujuv laev, lendav lennuk, kihutav auto või rong — kõik nad saavad pidada raadiosidet omavahel ja liikumatute punktidega. Mitte mingi muu side liik ei saa siin asendada raadiot.

Väga tähtis on ka see, et side raadio teel teostub peaaegu hetkeliselt. Raadiolained levivad kiirusega 300 000 kilomeetrit sekundis. Vahekauguse meie maa kõige kaugemal asuvate punktide vahel ületavad raadiolained ühe kolmekümnendiku sekundi vältel.

Raadiotehnika koidikul oli eeter vaba. Ainult üks jaam — raadio leiutaja jaam — saatis raadiosignaale ümbritsevasse ruumi. Meie ajal aga töötab kümneid tuhandeid raadiojaamu ja igas minutis kantakse üle tuhandeid radiogramme. Alludes inimtaatele läbivad raadiolained maakera ümbritsevat ruumi risti ja põiki.

Raadio kui sidevahendi osa on väga tähtis meie maa elus. Raadio tagas tunduval määral mitmete viimastel aastakümnetel korraldatud nõukogude ekspeditsioonide edu.

Ekspeditsioone Suure Põhja-mereteet tundmaõppimiseks, ekspeditsiooni põhjapoolusele ja paljusid teisi on raske kujutleda ilma raadio kasutamisetä. Kõik nad vajasid esmaklassilist raadiosidet ja see side oli kindlustatud. Nõukogude raadio oli nende suurte ülesannete kõrgusel, mis tema ette seadsid Kodumaa ja isiklikult seltsimees Stalin.

Raadio on ainus vahend, mis võimaldab pidada sidet kaugsõidule minevate laevadega.

Nõukogude vaalapüüdjate laevastik «Slava» veetis mitu aastat vaalapüügil Antarktikas. Ta oli 14 000 kilomeetrit Nõukogude randadest eemal. Nõukogude vaalapüüdjad polnud aga lahutatud oma kodumaast: raadiolained sidusid «Slavat» kalli pealinna Moskvaga.

Laevastiku radistid pidasid mitte ainult ametlikke kõnesid



kuulsust mitte ainult meie lennuasjandusele, vaid ka meie raadiotehnikale.

Raadioside tehnilised vahendid on väga mitmekesised. Raadio teel teostatavat sidet kasutatakse peamiselt telegrammide ja kõnede ülekandmiseks. Ülekantud radiogrammide arvu poolest on NSV Liit ammu esimesel kohal maailmas. Kuid peale tavaliste radiogrammide ja kõnede antakse nõukogude raadioside liinide kaudu üle käsitsi kirjutatud dokumente, jooniseid ja isegi ülesvõtteid. Fotoülesvõtte suurusega  $19 \times 29$  sentimeetrit antakse üle 15 minutiga.

Meie maa pole ainult raadio kodumaa, vaid ka eesrindliku, kõige täiuslikuma raadiotehnika maa.

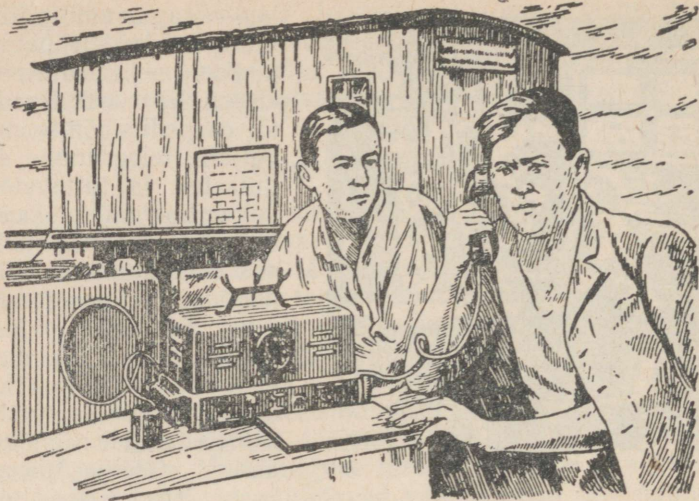
Raadioside algaegadel toimus telegrammide üle-

kodumaaga, vaid võtsid iga päev vastu päeva-uudiseid ja ülevaate keskajalehtedest. Raadio tõi ekspeditsioonist osavõtjaile telegramme sugulastelt ja tuttavatelt.

Raadio aitas kaasa kõigi kauglendude edule, mis tõi kuulsust nõukogude lennuasjandusele. Ta aitas pidada katkematut sidet meie kuulsate lendurite Tškalovi, Gromovi ja Kokkinakiga nende lendude puhul Põhja-Ameerikasse. Need lennud tõi



Raadiolained lähendavad ääremaid keskusele, muudavad kauge lähedaseks.



Traktoribrigaadi brigadiir kõneleb raadio teel traktoriijaama keskusega.

andmine ainult käsitsi, tavalise telegraafivõtme abil. Igasugune teade kanti üle lühikeste raadiosignaali sarjade näol, mis muundusid radisti kõrvaklappides katkeliseks vileks — telegraafi tähestiku punktideks ja kriipsudeks.

See on kõige lihtsam raadioülekande viis. Seda kasutatakse laialdaselt ka praegu. Kuid nõukogude eriteadlased ei jäänud sellele peatuma. Nad töötasid välja trükkivad aparaadid.

Telegrammi pole vaja tõlkida leppelisest punktide ja kriipsude keelest tähelise teksti keelde. Ta trükitakse kohe tavaliste tähtedega telegraafilindile. Niisuguse aparatuuri väljatöötamist raadio jaoks alustas juba aastatel 1921—1922 nõukogude teadlane A. F. Šorin.

Nõukogude raadiotelegraafi-jaamad tegutsevad palju suurematel kiirustel kui välismaised raadiojaamad.

1943. aastal seati Moskvast üles sidepidamiseks New Yorgiga suurekiiruseline raadiotelegraafi aparaat, mis võimaldas anda üle kuni 1000 sõna minutis. Ameeriklased ei suutnud tagada niisuguste kiirete saadete üleskirjutamist. Seetõttu tuli nõukogude radistidel töötada palju aeglasemalt.

Üks ameerika insener kirjutas selle kohta: «Ülekande kiirust NSV Liidust piiravad tänapäeva ameerika undulaa-

torid, mis pole võimelised vastu võtma maksimaalsetel kiirustel.» See insener tunnustas tahtmatult, et kapitalistlik konkurents Ameerika Ühendriikides takistab raadioside arengut.

«Ameerika Ühendriikide ja NSV Liidu vaheliste raadio-telegraafiliste kiirsaadete vahetamise alal konkureerivad kolm ameerika kompaniid,» kirjutas ta. «Igaüks neist kompaniidest, sõltumata teistest, püüab võtta vastu nõukogude saateid, ja see neist, kes täielikult võtab vastu kogu saate ja saab kinnituse (kviitungi), väljastab adressaadile telegrammi ja saab vastava tasu. Esineb juhtumeid, kus üks kompaniidest ei võta vastu kogu telegrammi teksti ja ei kirjuta üles, näiteks mõnda sõna telegrammi lõpust, samal ajal teine kompanii kirjutab üles selle osa telegrammist, kuid ei kirjuta üles selle algust. Niisugusel juhul, vaatamata sellele, et telegramm kirjutati täielikult üles, ei saa seda siiski adressaadile väljastada, kuna koostööd nimetatud kompaniide vahel pole. Selle tagajärjel on nõukogude raadiojaam sunnitud oma saadet kordama...»

Iga aastaga laieneb raadioside kasutamine meie rahvamajanduses.

Praegu kasutatakse raadiot laialdaselt raudteetranspordis vagunite sortimisel sortimisjaamades ja teda hakatakse kasutama sidepidamiseks vedurijuhi ja rongibrigaadi liikmete vahel.

Sõjajärgseil aastail ilmusid meie maa põldudele raadiojaamad «Urožai». Neid kantavaid jaamu kasutatakse sidepidamiseks masina-traktorijaamade keskuste ja põllul töötavate traktoribrigaadide vahel. Nad võimaldavad pidada kõnet kuni 40 kilomeetri kaugusele, nagu tavalise telefoniaparaadiga. Niisuguseid raadiojaamu on meie tööstus tootnud juba mitmeid tuhandeid.

Raadio tuli põllule, et aidata suurendada rikkalikku saaki.

Raadio on tunduval määral soodustanud traat-kaugside arengut.

Kui me kõneleme telefoni teel, siis muundatakse meie kõne helid elektrivooludeks, mis kanduvad juhet kaudu üle ja panevad helisema meie abonendi kuuldetoru membraani. Need voolud aga nõrgenevad teel olles. Väga suure (mõnesaja-kilomeetrise) kauguse puhul muutuvad nad niivõrd nõrkadeks, et pole enam suutelised kuuldetoru membraani võnkuma panema ja kuuldetoru vaikib.

Et tagada telefoni teel kõnelemist suurematel vahekaugustel, ehitatakse telefoniliinidele võimenduspunktid. Niisuguses punktis võimendatakse teekonnal nõrgenenud kõnevoolud raadiolampide abil ja saadetakse nad seejärel edasi.

Võimenduspunktide aheliku abil saavad abonendid telefoni teel vabalt kõnelda isegi sel juhul, kui nad on lahutatud mitme tuhande kilomeetrise vahemaaga.

Raadio põhimõtete kasutamine aitas luua juhtmeid kaudu uue tähelepanuväärse sidesüsteemi. Ühe kõne ja ühe telegrammi ülekandmise asemel ühe juhtmepaari kaudu sai võimalikuks kanda üheaegselt üle mitut kõnet ja mitut telegrammi.

Tavalise telefoniga kõneldes satuvad kõnevoolud otsekohe liini ja seetõttu saavad liini kaudu kõnelda ainult kaks abonenti.

Et oleks võimalik pidada mitut kõnet, kasutatakse raadio-tehnikas rakendatud põhimõtet. Kõnevoolud ei juhita mitte liini, vaid modulaatorisse. Siin asetavad nad suure sagedusega elektrivõngetele modulatsiooni teel «heli jäljendi».

Raadiosides teostub iga raadiojaama saade ühel täpselt kindlaksmääratud lainel. Nii on ka käesoleval juhul iga kõne ülekandjaks oma kindel kõrgsagedus.

Kõrgsageduslikke elektrivõnkeid ei juhita siin mitte antenni, nagu raadiojaamas, vaid traatliini. Liini vastuvõtuotsas eraldatakse üks kõne teisest taoliselt sellele, kuidas me vastuvõtjat häälestades eraldame ainult ühe saate hulga teiste seast.

Oma teekonnal telefoniaparaatidesse satuvad kõrgsageduslikud voolud elektrifiltritesse. Igal aparaadil on oma filter. See laseb läbi ainult üht sagedust (üht kõnet).

Pärast filtrit kõrgsageduslikud voolud detekteeritakse — muundatakse helisagedusvooludeks, ja kõnevoolud satuvad telefoniaparaati.

Kõneldes niisugust juhet kaudu, te isegi ei märka, et üheaegselt teiega peavad sama juhtmepaari kaudu kõnet kümned teised inimesed, ja et selle kaudu kantakse üle kümneid telegramme. Nii aitab raadio mitmekordselt vähendada metalljuhtmete arvu, mis kinnitatakse postidele telegraafi-telefoni kaugside tarbeks.

## Raadioside lahingu tingimustes

Laialdast kasutamist on raadio leidnud kaasaegses maaväes, mereväes ja lennuväes.

Lahingutegevusest võtab osa suur hulk inimjõudu ja kõikvõimalikke sõjamasinaid. Lahinguoperatsioonid paistavad silma suure liikuvusega ja olukorra kiire muutusega. Sõjaväe-komandör peab jälgima kõiki neid muutusi ja juhtima lahinguoperatsioone. Tal on vaja õigeaegselt, ilma hilinemiseta, saada ettekandeid lahingu käigust ja teha kiirelt alluvaile teatavaks oma käsud. Täpne, katkematu side on siin hädavajalik.

Sõjaväe sidevahendid on väga mitmekesised. Tähtsat kohta nende hulgas omab traatside. Juhe ei saa aga alati tagada sidet lahingu vältel. Liikuvad tankid, pommide, mürskude ja miinide lõhkemine võivad kergesti purustada telegraafi-telefonijuhtmed, ja side katkeb. Raadio omab selles suhtes määratu suurt väärtust, et ta on palju vähemal määral riknev. Ainult radisti hukkumine või raadiojaama tõsine vigastus võivad põhjustada raadioside katkemise.

Raadio tagab täpse ja paindliku vägede juhtimise suurtest kaugustest ja annab komandörile võimaluse kiirelt saada vajalikku lahinguinformatsiooni. Ta on kõige liikuvam, paindlikum ja kiiremalt tegutsev sidevahend.

Raadio tagab kindla side kõige keerukamas lahinguolukorras. Hoogsal pealetungil vaenlase jälitamisel, dessantoperatsioonides ja jõgede forsseerimisel etendab raadio ülitähtsat osa; samuti võimaldab ta juhtida vägesid, kes tegutsevad vaenlase tagalas ja säilitada side partisanidega.

Vaenlase tagalasse läbitunginud luuraja võib luua side oma väeosaga väliraadiojaama abil. Komandör saab luure tulemused teada veel enne, kui luuraja pöördub tagasi.

Ainult raadio abil saab tagada täpse koostöö kõigi väeliikide vahel, mis pidevalt liiguvad: jalaväe ja suurtükiväe, tankide ja lennuväe, laevastiku ja maaväe osade vahel.

Seltsimees Stalin näitas, et hästi korraldatud ja täpselt tegutsev side on vaenlase üle võidu saavutamise tagatiseks. Hinnates kõrgelt raadioside sõjalist tähtsust, määratles ta raadiot kõige kindlama sideliigina nii lahinguolukorras kui ka vägede juhtimise põhivahendina.

Eriti on raadio vajalik sõjalaevastikus. Siin ei saa ükski teine sidevahend asendada raadiot.

Raadio ühendab ülesande täitmisele sõitvaid sõjalaevu

nende baasidega. Ta kindlustab laevade koostöö mere-  
lahingus.

Iga laeva pardal leidub üks või mitu raadiojaama. Laeva  
komandör saadab raadio teel oma ülemale andmeid ümbrit-  
sevast olukorrast merel, samuti saab ta raadio teel ka  
käsklusi. Laeva vigastamise korral on raadio vajalik  
selleks, et kutsuda abi.

Samavõrra hädavajalik on raadioside ka lennuväes.

Raadio aitab lennuüksuse komandöril juhtida lennukeid,  
mida ta viib lahinguülesande täitmisele. Raadio tagab side  
lennukite vahel õhus ja lennukite ning lennuvälja vahel.  
Kasutades raadiosidet, saavad lennuväeosade komandörid

eduga juhtida hävitajate la-  
hingut, asudes ise neist suu-  
rel kaugusel maa peal.

Raadiosidet hakati esma-  
kordselt kasutama Vene lae-  
vastikus ja Vene sõjaväes.  
Raadio leiutaja A. S. Popov ise  
võttis elavalt osa esimeste  
raadiojaamade ülesseadmisest  
laevadele ja valmistas ette  
esimesi radiste. Selles töös  
toetas Popovi innukalt Kroon-  
linna sadama komandör, kuu-  
lus vene laevastikujuht  
S. O. Makarov.

Popovi juhtimisel ehitati



Sõjas on raadio peamiseks sidevahendiks.

esimesed sõjaväe-raadiojaamad. Neid raadiojaamu kasutati 148-nda Kaspia kaardiväepolgu manööveritel.

Vene-Jaapani sõjas aastatel 1904—1905 töötas tsaariarmee üldse 16 raadiotelegraafi jaama kuni 30-kilomeetrise tegevuskaugusega. Esimese maailmasõja perioodil jaamade arv kasvas ja nende tegevusraadius suurenes. Kuid tsaari-Venemaa tehnilise mahajäämuse tõttu ei saavutanud raadioside siiski väärikat arengut.

Sõjaväe raadioside muutus põhjalikult alles pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni, kui tema arengut hakkasid suunama Nõukogude riigi rajajad ja juhtijad V. I. Lenin ja J. V. Stalin.

Seltsimees Stalini juhendite kohaselt hakati meie armeed varustama raadioside vahenditega juba kodusõja aastail. Juhtides kangelasliku Punaarmee lahingutegevust revolutsiooni sise- ja välisvaenlaste — valgekaartlaste ja välismaa interventide — vastu, hoolitses seltsimees Stalin väsimatult meie vägede raadiojaamadega varustamise eest. Seltsimees Stalini palvel, kes juhtis lõunas Denikini purustamist, andis V. I. Lenin korralduse varustada Lõunarinde vägesid ratsaväe-raadiojaamadega. Raadiosidet kasutati ulatuslikult Esimeses Ratsaarmees, lahinguis Wrangelli vastu Krimmis ja teistel rinetel. Sellest ajast alates saavutas meie armee, laevastiku ja lennukite raadioside kõrge täiuslikkuse. Suure Isamaasõja eelsel perioodil sai Nõukogude Armee oma korraldusse esmaklassilised raadiojaamad. Suurt osa meie armee varustamisel raadioside vahenditega etendas silma-



MIHHAIL VASSILJEVIŠ SULEIKIN  
(1884—1939).

paistev nõukogude teadlane, akadeemik Mihhail Vassiljevits Suleikin.

Sõjaväe-raadiojaamade tüübid on väga mitmekesised. Mitmetonniste jaamade kõrval kasutatakse raadiojaamu, mis on kergesti mahutatavad radisti seljale.

Lahingutingimustes paindliku ja täiusliku side tagamiseks on aga peale hea raadioaparatuuri vaja veel vilunud radiste. Nõukogude Armees kasvas üles esmaklassilisi sõjaväe-radiste, kes mitte ainult tagasid täpse ja häireteta side kõige keerukamais lahinguolukordades, vaid näitasid end ka meie armee vaprate võitlejatena.

### Suure Isamaasõja aastail

Suure Isamaasõja ajal leidis raadio seltsimees Stalini korraldusel Nõukogude Armees laialdast kasutamist ja aitas kaasa meie võidu saavutamisele.

Nõukogude raadiotehased kindlustasid armee varustamise iga liiki raadioaparatuuriga, mida nad sõja kestes pidevalt parendasid, luues üha rohkem ja rohkem täiuslikke raadiovarustuse mudeleid.

Lahingutegevuste ajal kasutatud raadiojaamade arv oli väga suur. Eriti ulatuslikult kasutati raadiot Nõukogude Armees pealetungioperatsioonides, kui kõik meie väeliigid peaaegu pidevalt liikusid edasi.

Meie raadiojaamade kvaliteet oli sageli tunduvalt kõrgem välismaa armeede jaamadest. Nad olid palju kompaktsemad ja kergemad ning suurema tegevusraadiusega.

Radistid — Nõukogude Armees võitlejad — pidasid vastu karmile katsumusele kõigil Suure Isamaasõja rinnetel. Neil tuli tegutseda mürskude ja miinide lõhkemise all, kuulipildujate tule all, kuid nad kindlustasid mehiselt side. Kasutades raadiot oskuslikult, aitasid nõukogude radistid jalaväge, suurtükiväge, tanke ja lennuväge purustada fašistlikke anastajaid. Tuhandeid Suurest Isamaasõjast osavõtnud radiste on autasustatud ordenite ja medalitega, paljud neist on saanud Nõukogude Liidu Kangelase kõrge nimetuse.

Raadio aitas kaasa meie armee võidukale liikumisele Läände. Ta aitas pidada sidet üle vastase peade, kui meie väed surusid vaenlast tangide vahele ja, liikudes üksteisele vastu, piirasid ümber tema väeosi.

Vaenlase tagalas tegutsenud partisanid pidasid raadio teel sidet «Suure Maaga», Partisaniliikumise Kesksstaabiga. Raadiolained ühendasid neid läbi rindejoone, vabastava Nõukogude Armeed pealetungivate väeosadega, nõukogude raadio saated innustasid neid võitluseks okupantide vastu.

Päevadel, millal meie Kodumaad ähvardas tõsine hädaoht, esines seltsimees Stalin raadios. Tema ajaloolist läkitust 3. juulil 1941. aastal kuulas kogu maa. Juhi üleskutse innustas meie rahvast kangelastegudele lahinguis ja töös. Kõrgema Ülemjuhataja hääl kõlas eetris korduvalt, ta innustas Nõukogude Armeed ja tagala töötajaid raskest võitluses ning kutsus üles võidu saavutamiseks.

Nõukogude raadio informeeris sõjapäevil rindel ja tagalas toimunud sündmustest. Nähtamatute niitidega ühendas ta lahingurinde ja töörinde ühtseks lahutamatuks tervikuks.

Raadiokuulajate soovil seadis Üleliiduline Raadiokomitee sõjapäevil sisse kirjade saatmise rindele ja rindelt raadio teel. Raadiokomitee aadressil saabus kirju maa kõigist osadest ja tegevsojaväest. «Kirju raadio teel» kuulas kogu rahvas. Neis kõlas nõukogude patriootide hääl, kes rindel ja tagalas oma jõudu ja elu säästmata väsimatult sepistasid võitu vaenlase üle.

Sõja kestel sai Raadiokomitee 2 miljonit kirja raadio teel üle andmiseks. Tänu neile saadetele löid 27 000 perekonna liikmed omavahel sõja ajal kaotatud side, leidsid üksteist.

Sõja päevil said raadio teel ülekantavad Nõukogude Informatsioonibüroo teated teatavaks kogu rahvale. Nõukogude raadio hääl kõlas üheaegselt tagala töötajate kodudes ja võitlejate muldonnides. Raadio kandis Kodu-  
maa hääle ka nende nõukogude inimesteni, kes asusid fašistlike anastajate poolt ajutiselt okupeeritud territooriumidel.

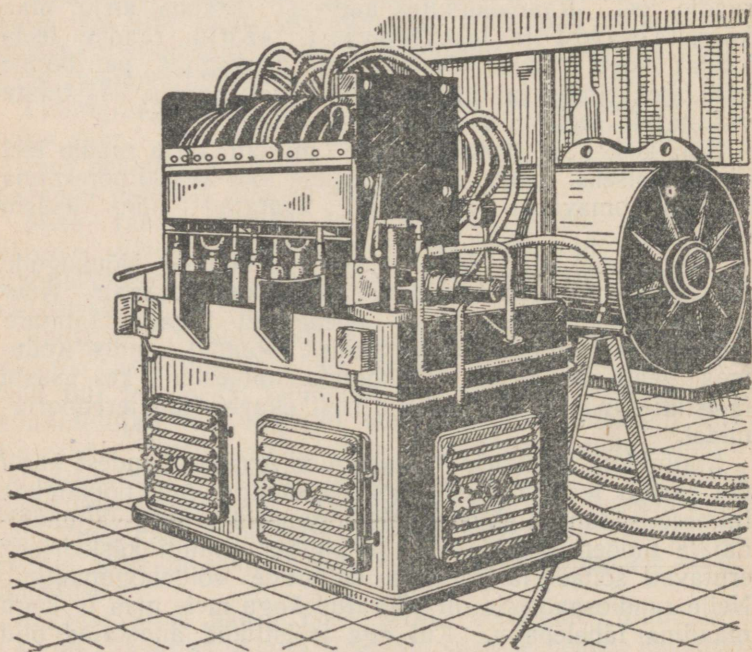
Stalinlikud käskkirjad Nõukogude Armeed võitudest kanti üle raadio teel ja need täitsid rõõmuga iga nõukogude inimese südant. Rahvahulged kogunesid tänava-valjuhääldajate ümber, kui kajasis seltsimees Stalini käskkirjade erutavad sõnad ja Moskva saluutide võidukogupaugud. Neile raadiosaadetele oli pööratud kogu meie maa ja kogu maailma tähelepanu. Kui aga fašistlikud anastajad olid purustatud, siis kuulsime rõõmsat teadet võidust kõige enne raadio kaudu.

## Kõrgsagedus leidis uue rakenduse

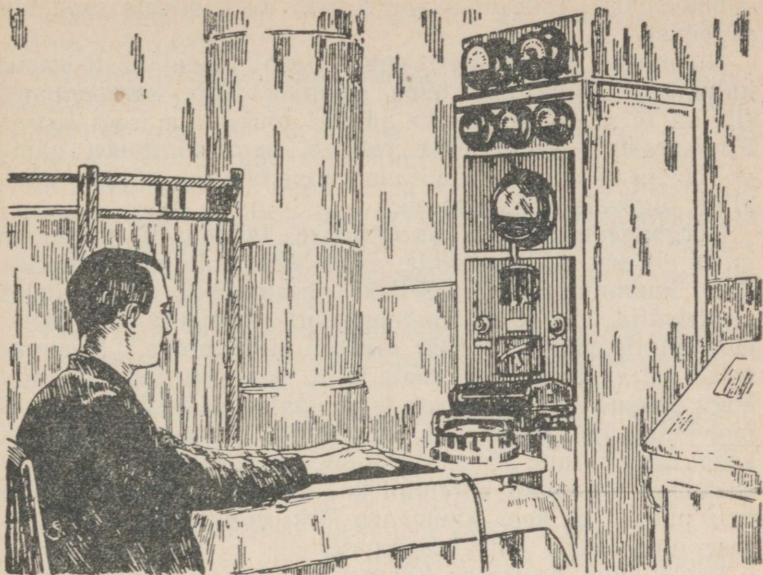
Raadio aluseks on kiired elektrivõnked — suure sagedusega voolud. Raadiojaamades on nende ülesandeks raadiolainete tekitamine. Praegu kasutatakse kõrgsageduslikke voolusid laialdaselt ka tööstuses: metallide sulatamiseks, igasuguste metallesemete karastamiseks ja keevitamiseks, mitmesuguste materjalide kuumutamiseks ning kuivatamiseks.

Kõrgsagedustehnika tööstuslik kasutamine sai võimalikuks suurima raadio-eriteadlase — nõukogude raadiotehnika ühe rajaja — V. P. Vologdini ja samuti ka M. G. Lozinski, G. I. Babati ja teiste meie teadlaste paljaastase töö tõttu sellel alal.

Kui pooli sisse, mida läbib kiirelt vahelduv vool, asetada metallitükk, siis see kuumeneb. Pooli keerdude ümber tekkiva vahelduva magnetvälja toimel tekivad metalli-



Automaatpink väntvõllide karastamiseks kõrgsagedusväljas.



Kõrgsagedusvälja kasutatakse käte ravimiseks.

tükis pöörisvoolud, mis kuumutavad metalli. Sellel põhimõttel töötavad induktsioon-sulatusahjud.

Metall paigutatakse erilisse tiiglisse, milles tekitatakse väga tugev ja seejuures kiirelt muutuv magnetväli. Metall temperatuur tõuseb seejuures ja ta sulab. Niisugune sulatamine nõuab väga vähe aega ja toimub täielikus puhtuses.

Kõrgsagedustehnika võimaldas välja töötada uue metall-esemete karastamise viisi.

Nüüd on võimalik teostada karastamist peale ahjude ka nähtamatus, väga kiirelt muutuv pooli magnetväljas.

Selle pooli poolt metallis tekitatud pöörisvooludel on väga huvitav omadus. Nad ei tungi sügavale metalli sisse, vaid ringlevad ainult tema pinnal. Selle tulemusel kuumeneb tugevate voolude puhul ainult eseme pind, siseosa aga jääb soojenemata.

Kuumutamine karastamise tarbeks vältab sekundeid. Seejärel jahutatakse toode kiirelt kas vees või õlis. Seejuures metalltoode nagu kattuks õhukese, kuid tugeva soomusega. Karastatud kihi paksust saab muuta, muutes

kuumenemist esilekutsuvate kiirelt vahelduvate voolude sagedust.

Niisuguse karastusviisi puhul peab toode hästi vastu kulumisele, kuna aga tema südamik jääb karastamata, siis on ta suuteline taluma järske tõukeid ja isegi lööke. Pindkarastust kasutatakse rataste, hammasrataste, vāntvōllide ja muude masinaosade valmistamisel, millede pind allub tugevale hōõrdumisele.

Kōrgsagedusvoolusid kasutatakse laialdaselt mitmesuguste elektrit mittejuhtivate vōi halvasti juhtivate materjalide kuumutamiseks. Selleks kasutatakse vahelduvat elektrivālja, mis tekib kondensaatori plaatide vahel, milledele on rakendatud kiirelt muutuv elektripinge. Niisugusesse vālja paigutatud materjalid kuumenevad korraka kogu paksuses. Vāli haarab kogu materjali, selle materjali molekulid hakkavad vālja muutumise rŭtmis vōnkuma ja keha temperatuur tõuseb. Kuumutamise protsess toimub seejuures tunduvalt kiiremini kui tavalise termilise menetluse puhul, kus keha kuumeneb järk-jārgult, vastavalt soojuse tungimisele tema sisemusse.

Peale kogu protsessi kiirenemise tõstab kōrgsageduskuumutamine tunduvalt ka valmistatavate materjalide kvaliteeti. Seetōttu on ta leidnud kōige mitmekesisemat kasutamist.

Kōrgsagedusseadmeid kasutatakse juba pikemat aega ka arstiteaduses. Kōrgsagedusvālja tervendav toime soodustab kŭlmunud kehaosade ja mitmete pōletikulis-mādaniikuliste haiguste ravimist. Raadioseadmeid kasutatakse ka paljude haiguste avastamiseks ja uurimiseks.

### Raadioentusiastid

1924. aastal vōeti seltsimees Stalini algatusel vastu seadus «Raadio eravastuvōtujaamade kohta», mis lubas ehitada ja ūles seada vastuvōtjaid raadio kuulamiseks. See seadus soodustas meie ringhāālingu kiiret arenemist ja pani aluse laialdasele nōukogude raadioamatōrismi liikumisele.

Raadioamatōõrid ehtasid esialgu lihtsaid raadiovastuvōtjaid. Aga just need vastuvōtjad olidki esimesed aparaadid, mida nōukogude inimesed hakkasid raadiosaadete kuulamiseks kasutama.

Raadioamatööridele lubati ehitada ka väikeseid raadiojaamu side tarbeks.

Esimese niisuguse jaama ehitas Nižni-Novgorodi raadioamatöör F. Lbov. 1925. aasta jaanuaris olid tema lühikestel lainetel tegutseva raadiosaatja P-1-ΦЛ signaalid kuuldavad mõne tuhande kilomeetri kaugusel.

20-ndate aastate algul tegid raadioamatöörid tähtsaid tähelepanekuid raadiolainete levimise alal. Nad avastasid lühikeste lainete kaugeleulatuvuse. Sellest ajast alates hakkasid lühilained side loomisel üle suurte vahekauguste pikki laineid välja tõrjuma.

Nõukogude raadioamatöörid kogusid summasid esimeste raadiojaamade ehitamiseks mitmetesse linnadesse ja võtsid osa nende jaamade ehitamisest.

Ühte esimestest ringhäälingujaamadest, mis oli ehitatud Moskvas Sokolnikisse, teenindasid raadioamatöörid. See jaam kandis 1925. aasta 16. veebruaril esmakordselt eetrisse üle ooperi «Jevgeni Onegin» Suurest Teatrist. Kuulajad hindasid seda ülekannet väga kõrgelt.

Raadioamatöörid olid ka juhtmete abil radiofitseerimise entusiastid. Nende jõul ehitati mitmed raadiotranslatsioonisõlmed, seati üles sajad tuhanded raadiotranslatsioonipunktid ja raadiovastuvõtjad tööliste korteritesse ning kolhoosnikute kodudesse.

Nõukogude raadioamatööridel on suur tegevusväli. Nad ehitavad enda konstrueeritud raadioaparaate, harjutavad radiogrammide vastuvõttu ja saatmist, teostavad huvitavaid katseid raadio alal.

Töötades oma kristalldetektoriga, leiutas nõukogude raadioamatöörismi pioneer O. V. Lossev 1922. aastal «kristadüüni» — lampideta (kristall-) generaatori kõrgsagedusvõngete tekitamiseks. See leiutis abistas mitte ainult raadioamatööre, vaid pöörab endale raadioinseneride tähelepanu isegi praegu, ja mitte ainult meil, vaid ka välismaal.

Lühilainetega tegelevad raadioamatöörid soodustasid suurel määral Põhja vallutamist. Nad töötasid radistidena karmides Arktika tingimustes, pidasid sidet kõigi nõukogude ekspeditsioonidega, kes künsid polaarmede vett.

Nõukogude lühilaine-amatöörid korraldasid julgeid katseid raadioside alal ja saavutasid sageli üllatavaid tulemusi. Nii kuulub neile näiteks juba 1930. aastal püstitatud

kaugusrekord side pidamises lühilainel. Tol ajal õnnestus katta 20 000-kilomeetrine vahemaa.

Raadioamatööride loominguiline töö on väga haarav. Nad pühendavad raadiotehnikale oma tööst vaba aja. Neil tundidel nad loovad ja puhkavad.

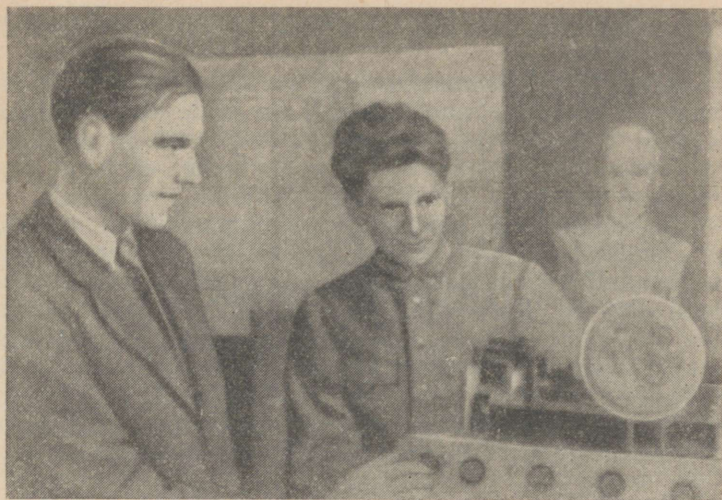
Raske on leida teist massilist tehnilise loomingu ala, mis sisaldaks nii palju romantikat kui seda leidub raadioamatöörismis. Lühilaine-raadioamatöör, kes veedab uneta öid oma isehitatud raadiojaama telegraafivõtme juures, elab läbi samasuguseid tundeid nagu rändur. Ta kuulatleb oma sõprade — teiste vabariikide elanike — raadiojaamade kutsungsignaale, vastab nende tervitustele, ja tema süda täitub rõõmust võidu üle, mida ta on saavutanud sellel veetleval tehnika-alal.

Raadioamatöörism on eelkõige massiline kool äärmiselt mitmekesise ja huvitava raadiotehnika omandamiseks, ta on veetlev ja ebatavaline spordiala.

Kui algas Suur Isamaasõda, siis amatööride raadiojaamad lõpetasid tegevuse. Raadioentusiastid läksid rindele kaitsma Kodumaad. Iga radisti tõeliseks sõbraks muutus sõjaväe-raadiojaam. Endised raadioamatöörid muutusid sõjaväe raadioside meistriteks. Amatöörlike rännakute asemel eetris teostasid nad rasket ja vastutusrikast lahinguteenistust, sõbralike «rahuraadiogrammide» asemel saatsid ja võtsid nad vastu sõjaväelisi raporteid. Nende täpne ja oskuslik töö aitas kaasa kangelasliku Nõukogude Armeelahingutegevuse edule.

Paljud raadioamatöörid võitlesid partisaniüksustes. Neil tuli sageli töötada väikese võimsusega raadiojaamadel. Siin oli vaja suurt oskust, et säilitada side igasugustes tingimustes. Ja väikestel «rahuaegsetel» amatöörjaamadel töötamise kogemused tulid siin kasuks. Nad tulid edukalt toime oma keerukate ja raskete ülesannetega. Selle karmi sõjaväelise eksami sooritasid nõukogude raadioamatöörid auga. Oskusliku töö ja ennastsalgava teenistusega partisaniüksustes, laevadel, lennukitel ja maavägedes mitmekordistasid nad nõukogude sõjakunsti ja nõukogude relvade au.

Pärast sõja lõppemist hakkas nõukogude raadioamatöörism arenema uue jõuga. Nüüd on raadioamatööride loominguuala tunduvalt laienenud. Lühilainete tundmaõppimiselt siirdusid nad ultralühilainete piirkonna tundmaõppimisele. Selles piirkonnas avanevad aga nende ees eriti laialdased perspektiivid.



Raadioamatöör demonstreerib raadioamatööride näitusel oma kaugnägemisvastuvõtjat.

Nõukogude raadioamatöörid on algatajateks raadio kasutamisel meie rahvamajanduse mitmesugustes harudes. Moskvas igal aastal korraldatavatele raadioamatööride näitustele saabuvate väljapanekute arv on väga suur. Siin võib leida iga tüüpi raadiovastuvõtjaid — detektorvastuvõtjast kuni suurepärase radiolani, kantavaid raadiosaatjaid, raadiosõlmi, kaugnägemisvastuvõtjaid, helisalvestamise seadmeid, kõikvõimalikke mõõteriistu, mis on määratud väga mitmesugusteks otstarveteks, isegi vilja niiskuse mõõtmiseks. Neist väljapanekuist peegeldub meie raadioamatööride ammendamatu loominguine fantaasia ja meisterlikkus, iga näitus tervikuna aga näitab kui mitmekülgne on oma võimalustelt tänapäeva radiotehnika.

Raadioamatööride seast on tulnud silmapaistvaid tehnikuid, insenere ja leidureid. Paljud nõukogude raadio-eriteadlased — A. L. Mints, J. N. Geništa, P. N. Kuksenko, N. A. Baikuzov, S. E. Haikin, I. J. Goron ja teised olid tihedalt seotud raadioamatörismi liikumisega või tegelesid ise raadioamatörisemiga.

Raadioamatööride hulgest ilmuvad sageli andekad konstruktorid. Vahel õnnestub raadioamatööril kehastada julget tehnilist mõtet oma konstruktsioonis niivõrd õnneli-

kult, et see konstruktsioon võetakse tööstuslikule tootmisele.

Nõukogude raadioamatöris on massiline patriootlik liikumine. Nõukogude raadioamatöör on mitte ainult raadioentusiast, novaator ja konstruktor, vaid eelkõige patrioot. Iga raadioamatööri innustab see teadmine, et tema loominguline edu tuleb kasuks sotsialistlikule Kodumaale.

Mitmetuhandeline nõukogude raadioamatööride kollektiiv annab väärtusliku panuse raadiotehnika arengusse. Raadioamatöörid on meie teadlaste ja raadioinseneride nooremad abilised. Koos viimastega viivad nad edasi nõukogude raadio arengut ja abistavad meie maa radiofitseerimist. «Nõukogude raadioamatöris», kõneles NSV Liidu Teaduste Akadeemia president, akadeemik S. I. Vavilov, «kandis ja kannab eneses oma Kodumaa teenimise, tema tehnilise õitsengu ja kultuurilise arenemise ideed.»

---

## KOLMAS PEATÜKK

### RAADIONAVIGATSIOON

#### Õige aja signaalid

Neli korda ööpäevas saadavad meie maa raadiojaamad eetrisse kolm raadiosignaali: kaks pikka ja ühe lühikese. Need on õige aja signaalid, mida juba mitu aastat korrapäraselt saadetakse Ajasignaalide Ameti poolt. Kellade kontrollimine raadio teel on juurdunud meie ellu.

Tagades õige aja signaalide ülekande, osutab raadio hindamatu teene meresõitjaile ja lendureile.

Üheks tähtsamaks laeva juhtimisel kasutatavaks riistaks on kompass. Magnetnõel osutab ühe otsaga põhja, teisega — lõunasse. Tema asendi järgi saab määrata laeva kurssi. See pole aga küllaldane. Et laeva juhtimisel mitte eksida, mis võiks põhjustada katastroofi, peab tüürimees igal sõidu hetkel peale selle teadma veel, kus laev asub. Kuidas aga seda teada saada? Kuidas teha kindlaks oma asukoht pärast mõnepäevast teelolekut avamerel, kus pole mingeid orientiire?

Selleks tehakse astronoomilisi vaatlusi. Orientiirideks on taevakehad: Päike, Kuu, planeedid ja mõned tähed. Määratud erilise riista — sekstandi — abil taevakeha kõrguse horisondist, leiab tüürimees geograafilisel kaardil vastavate arvutustega laeva asukoha. Niisugusteks arvutusteks peab tal olema teada aeg algmeridiaanil, mis läbib Greenwichi (l.: grinitši) tähetorni. Kuidas aga saada teada, kui palju on kell Greenwichi meridiaanil, kui laev on sellest eemal mitmeid sadu või isegi tuhandeid kilomeetreid?

Kaua aega erutas see ülesanne meresõitjaid ja leidureid, kuni lõpuks õnnestus ehitada suure täpsusega kell — kronomeeter. See oli 200 aastat tagasi.

Sellest ajast alates pole meresõitjad ilma kronomeetrita läbi saanud. Enne mereleminekut seati see piinliku täpsusega õigeks Greenwichi aja järgi, mida teatavad tähetornid. Kronomeetrid olid selle aja säilitajaks kogu sõidu kestel. Ja kui tüürimehel tuli määrata asukoht, teostas ta astronoomilisi vaatlusi, kasutades laeva kronomeetri näitusid.

Ei saa aga täielikult toetuda kronomeetrile. Isegi parimad kronomeetrid ei saa pika aja vältel käia täiesti täpselt. Kestva sõidu puhul viga suureneb, parandada saab seda aga alles sadamasse tagasi pöördumisel. Selle tõttu toimus laeva asukoha määramine kaunis ligikaudselt. Veelgi raskemasse olukorda sattus laev siis, kui kronomeeter juhtus purunema või rikkuma. Paljud laevad hukkusid ainult selletõttu, et nad ei teadnud õiget aega.

Kui aga leiutati raadio, siis muutus olukord järsult. Raadiolained hakkasid kandma õige aja signaale maakera igasse punkti. Nüüd korraldatakse kronomeetrite kontrollimiseks erilisi, niinimetatud «rütmiliste signaalide» saateid. Neid signaale saadetakse sekundi murdosade täpsusega ja võetakse vastu laevadel.

Nii aitas raadio lahendada ühe peamise ülesande laeva juhtimisel. Kuid sellega ei piirdu raadio osa laevade ja lennukite juhtimise teaduses — navigatsioonis. Juba palju aastaid areneb eduga navigatsiooni üks tähtsamaid alasid — raadionavigatsioon.

Raadionavigatsiooni-seadmed mitte ainult kergendavad laevade ja lennukite juhtimist normaalseis tingimustes. Nad abistavad tüürimeest isegi siis, kui teiste navigatsiooni-seadmete kasutamine pole võimalik või võib põhjustada suurt viga asukoha kindlaksmääramisel.

### Raadionavigatsiooni sünn

Raadionavigatsioonile pani aluse raadio leiutaja Aleksandr Stepanovitš Popov. Nähes ette oma leiutise — traadita telegraafi — suuri võimalusi, tegi ta juba 1897. aastal ettepaneku kasutada raadiosaateid laevade juhtimiseks. Suur leidur pidas juba tol ajal võimalikuks, et kui tavalisse tuletorni seada üles kohakindel raadiojaam, siis saab tuletorn abistada meremehi isegi udu ja maru puhul. Ta soovitas kasutada laeva mastide ja vantide omadust

«varjutada» raadiolaineid ja määrata kindlaks, mis suunas need saabuvad. See oleks pidanud aitama eksinud laevadel leida suunda raadiomajakale ja teha kindlaks õige kurss.

Seitse aastat hiljem, Vene-Jaapani sõja ajal, pani Vene admiral S. O. Makarov aluse selle idee praktilisele kasutamisele meie Sõjalaevastiku laevadel. Admiral Makarov andis käsu mereväehvitseridel jälgida Jaapani sõjalaevade vahelisi läbirääkimisi raadio teel ja teha kindlaks, kus pool tegutseb see või teine vaenlase raadiojaam. Selle ettekirjutuse tegi ta oma käskkirjas 7. märtsist 1904. a.

Nii sündis raadionavigatsioon ja raadioluure.

Hiljem hakati saabuvate raadiolainete suuna kindlaksmääramiseks kasutama eriantenne, mida on võimalik pöörata. Niisuguseid seadmeid koos vastuvõtjatega nimetatakse raadiopeilingaatoriteks. Nad on leidnud laialdast kasutamist merelaevastikus ja lennuväes.

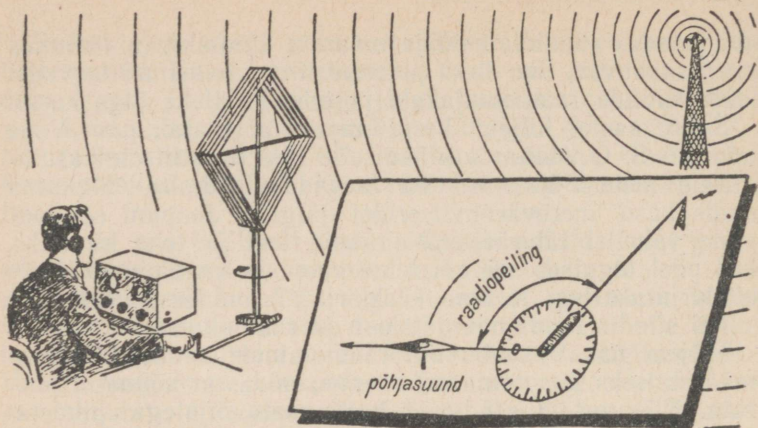
### Mis suunas on raadiojaam

Kui te riputate vertikaalselt üles pika juhtme (antenni) ja seate üles tundliku raadiovastuvõtja, siis kuulete väga kaugeid raadiojaamu. Kuid teha kindlaks suunda, kust raadiolained saabuvad, tavalise antenni abil ei saa, kuna ta peaaegu võrdselt võtab vastu igas suunas.

Tulemus on aga sootuks teine, kui teostada vastuvõttu raamantenni abil.

Raamantenn on mitmest metalljuhtme keerust koosnev, ümmargusele või nelinurksele raamile mähitud pool. Ta asetatakse vertikaalselt ja nimelt nii, et teda saab pöörata vertikaalse telje ümber. Vastuvõtutugevus niisuguse antenniga sõltub sellest, kuidas ta on raadiosaatja suhtes asetatud.

Läbige tasapind, milles asetsevad raami keerud, saatejaama. Sellise asendi puhul tekib antenni keerdudes raadiolainete toimel kõige tugevam vool ja raadiosaade on kuuldav kõige tugevamini. Kui raami aeglaselt pöörata, siis hakkab tugevus sujuvalt vähenema. Kui raami pind moodustab täisnurga selle suunaga, kust saabuvad raadiolained, siis pole antennis voolu ja seetõttu te ei kuule mitte midagi. Jätkates raami pööramist samale poole, avastate jällegi jaama ja saate tugevus hakkab suurenema. See kestab seni, kuni raami pind uuesti läheb läbi raadiojaama.



Pöörates raamantenni saab tugevuse muutumise abil kindlaks määrata suunda raadiojaamale — leida raadiopeilingu.

Edasisel raami pööramisel hakkab tugevuse muutus korduma.

Sel teel on võimalik raami vertikaalse telje ümber pöörates ja jälgides seda, kuidas muutub tugevus, «kompides leida» vastuvõetavale raadiojaamale viivat suunda. Seda tähelepanuväärset raamantenni omadust kasutataksegi raadiopeilimiseks.

Raami pöörlemisteljele on kinnitatud kraadidesse jagatud ketas. Kuulatades raadiosignaale, pöörab radist raami seni, kuni saavutab minimaalse tugevuse või vastuvõtu täieliku kadumise. Seejärel märgib ta ketta külge kinnitatud osuti abil ära raami kettal olevast nullmärgist ärapöördumise nurga ja leiab siis raadiopeilingu, s. o. nurga põhjasuuna ja saatejaama suuna vahel.

Niisugusel peilingu määramisel võib tekkida  $180^\circ$  viga, sest raadiovastuvõtt kaob raami kahe vastupidise asendi puhul. See määramatus on aga kergesti kõrvaldatav. Raadiovastuvõttu teostatakse ühel ajal kahe antenni abil: raamantenniga ja tavalise suunata antenni abil, mis võtab ühtviisi vastu igas suunas. Nende kahe antenni ühismõju tulemusel on vastuvõtutugevus ühelt poolt raami piki tema keerdude pinda suurim, teiselt poolt raami aga vastuvõttu ei teki. Niisuguse antenniseadmega on kerge teada saada, kummal pool raami asetseb raadiosaatejaam, s. t. on võimalik peilingut ühepoolselt kindlaks määrata.

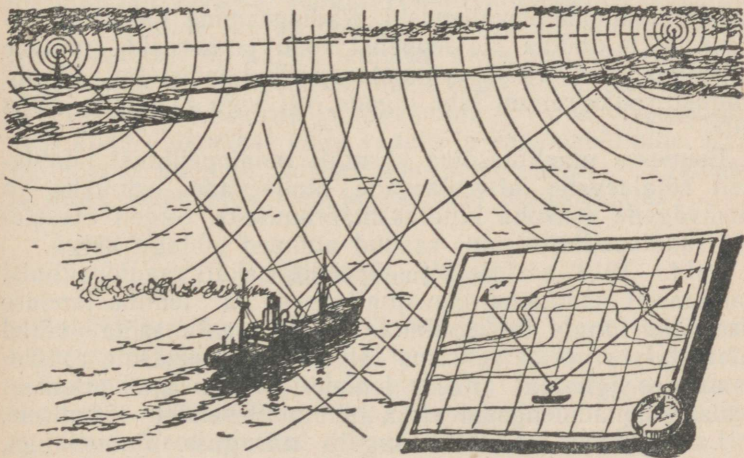
## Mitte ainult suund, vaid ka asukoht

Raadiopeilingaator näitab ainult suunda. Sageli on aga vaja teada, kus nimelt asetseb jaam.

Et määrata kindlaks raadiojaama asukoht, on teda vaja peilida kahest punktist. Selleks paigutatakse teineteisest suurele kaugusele kaks raadiopeilingaatorit, nende asukohad aga märgitakse geograafilisele kaardile suurima täpsusega. Kumbki peilingaator häälestatakse selle jaama lainele, mille asukohta on vaja teada saada, ja ta teeb kindlaks selle peilingu. Seejärel kantakse leitud peilingute jooned läbi äramärgitud raadiopeilingaatorite asukohtade kaardile. Nende kahe joone lõikepunkt näitabki peilitava raadiojaama asukohta.

Raadiopeilimine võimaldab lahendada ka vastupidise ülesande.

Kui laeva või lennuki meeskond kaotas orienteerumise ja tal on tarvis teada saada enda asukohta, siis pole seda raske teostada, kui pardal leidub raadiopeilingaator. Radist häälestab vastuvõtja raadiojaama lainele, mille asukoht on täpselt teada, ja määrab selle peilingu. Siis läheb ta üle teise tuntud asukohaga jaama vastuvõtule ja peilib seda. Seejärel jääb ainult üle teostada konstrueerimine geograafilisele kaardile. Kummastki punktist, mis tähista-



Peilides kahte rannaraadiojaama, teeb laev kindlaks enda asukoha.

vad peilitud jaamade asukohti, tõmmatakse leitud peilingu-  
joon. Nende joonte lõikumise koht annabki laeva või len-  
nuki asukoha kaardil.

Asukoha kindlaksmääramise täpsus on seda väiksem,  
mida kaugemal asetseb peilitav jaam. Veel on võimalikud  
vead, mida põhjustavad raadiolainete levimise erinevused  
erinevais tingimustes. Vaatamata nendele puudustele osu-  
tab raadiopeilimine hindamatu teene meremeestele ja len-  
duritele, aidates neil orienteeruda suurtes kaugustes.

### Raadiopeilimise sõjaline kasutamine

Raadio kui sidevahend võitis endale tunnustuse esimese  
maailmasõja vältel. Veendunud traadita telegraafi hiigla-  
suurtes eelistes, püstitasid sõdivad riigid raadiojaamu  
sõjalaevadele ja püüdsid uut sidevahendit võimalikult  
laialdasemalt kasutada maaväes.

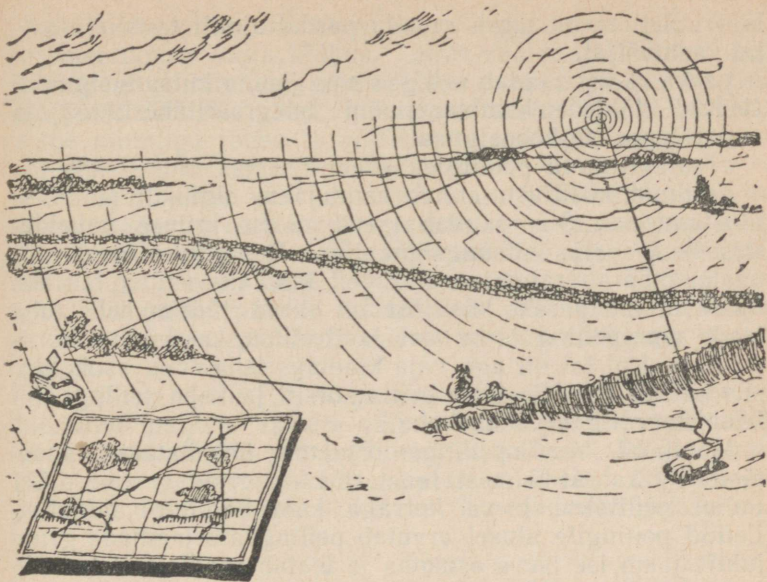
Sellejuures avastati, et vaenlase tegevust saab jälgida  
mitte ainult vaenlase tagalasse lähetatavate luurajate  
abil, vaid ka lihtsa raadiovastuvõtjaga. Ilmusid eetri luu-  
rajad. Nad püüdsid kinni vaenlase radiogramme ja aitasid  
avastada tema kavatsusi.

Väljuda eetrisse muutus sama ohtlikuks nagu ilmuda  
moondamata olekus lahingupositsioonile. Kuid peagi leiti  
ka siin moondamisvahendeid. Radiogramme hakati šifree-  
rima, s. t. andma üle leppelisi sõnu ja arvusid, millede  
täendus ilma erilise «võtmeta» polnud mõistetav. Et nii-  
sugust radiogrammi läbi lugeda, oli vaja avastada tema  
šifr.

Esimeses maailmasõjas kasutati raadiopeilimist laiilda-  
selt sõjalaevade, allveelaevade, õhulaevade, lennukite ja  
maavägede asukoha kindlaksmääramiseks. Sageli otsustasid  
raadiopeilimise abil saadud andmed lahingu käigu.

1914.—1918. aastate sõja lõppedes hakati raadiopeilimist  
laialdaselt kasutama laevajuhtimises ja lennuasjanduse  
arenedes tungis ta ka sinna. Teise maailmasõja vältel  
omandas ta veelgi suurema tähtsuse. Maapealsete raadio-  
jaamade signaalid aitasid lendureil lennu ajal orientee-  
ruda, kui nad lendasid välja lahinguülesannete täitmisele.

Lahingulende sooritati sageli niisuguse ilmastikuga,  
mida tavaliselt loetakse «lennukõlbmatuks». Just niisugune  
ilm oligi aga vahel sõjaväelendureile soovitav. Halva näh-



Kaks raadiopeilingaatorit teevad kindlaks vaenlase raadiojaama asukoha.

tavuse tingimustes — öösel, udus, madala pilvituse puhul — on kõige kergem tungida tähelepandamatult pommitatavate objektide juurde ja kõige lihtsam eemalduda jälitusest. Seetõttu tuli sageli lennata, nagu lendurid räägivad, «pimesi», s. t. mitte nähes maad kogu lennu kestel, välja arvatud õhku tõusmise ja maandumise vältel. Neil juhtumel aitas olukorrast välja raadio ja raadiopeilimine. Raadio suunas lennukit, kui see asus teele vaenlase tagalasse, ja aitas sellel leida teed tagasi oma lennuväljale.

### Nähtamatu teejuht

Raadio on üks tähtsamaid vahendeid laeva juhtimisel, nähtamatu teejuhina abistab ta meremehi lahtisel merel.

Tänapäeval on paljudele saartele, väinade ja merede randadele ehitatud raadiopeilingaatorjaamu ja raadiomajakaid. Need aitavad orienteeruda isegi niisugustes tingimustes, kus teised orienteerumisvahendid pole kasutatavad. Raadiopeilimise rannajaama abi saab kasutada iga

laev. Selleks on tarvis omada pardal ainult tavalist saatjat-vastuvõtjat.

Laeva radist saadab eetrisse oma jaama kutsungsignaali (teatud tähtede kombinatsiooni telegraafitähestik) ja annab leppelise koodsignaali:

«Teatage minu peiling».

Kuulnud küsitlust, annab rannajaam signaali peilimise alustamiseks. Siis saadab laeva radist kriipse vaheldumisi oma saatja kutsungsignaaliga. Kuulatades neid signaale, määrab rannajaama radist kindlaks suuna laevale. Mõni minut pärast küsitlust on laeva tüürimehel juba teada oma peiling ja ta saab kontrollida, kas võetud kurs on õige. Kui tal on aga vaja kindlaks teha enda asukohta, siis kutsub ta välja teise peilingaatori ja kahe peilingi abil leiab kaardilt laeva asukoha.

Mõnikord raadiopeilingaatorjaamu ühendatakse, moodustades kahest-kolmest jaamast koosnevaid gruppe. Sel puhul peilitakse laeva korruga kahest-kolmest punktist. Leitud peilingite alusel arvutab peilingaatorjaamade grupi juhtiv jaam ise laeva asukoha ja teatab raadio teel laevale tema koordinaadid.

Rannalt peilimine on teostatav suhteliselt suure täpsusega ( $1,5-2^\circ$ ), milles seisnebki tema eelis. Sellel on aga ka suur puudus: üheaegselt saab peilida ainult ühte laeva, milleks kulub 10—12 minutit.

Selle puuduse kõrvaldamiseks kasutatakse isepeilimise viisi. Laevadele seatakse üles oma raadiopeilingaatorid, mererannal aga nende teenindamiseks erilised raadiomajakad — raadiomajakad. Iga niisugune majakas saadab eetrisse raadiosignaale, mida saab vastu võtta igas suunas. Need signaalid võimaldavad peilimist laevadelt.

Raadiomajakad, samuti nagu raadiopeilimise rannajaamad, töötavad enamasti omavahel kooskõlastatult — kaks või kolm majakat grupis. Nad paigutatakse üksteisest suurele kaugusele. Ühe ja sellesama grupi kõik majakad töötavad ühel lainel, kuid igal majakal on eristamiseks isesugune kutsungsignaal.

Majakad töötavad üksteise järel kindlas järjestuses. Algul lülitatakse sisse üks majakas, mis kahe minuti vältel saadab oma signaali, siis lülitatakse kaheks minutiks sisse teine raadiomajakas, selle järel kolmas. Majakate töötamise järjestust tagab lülituskell, mis kindlal ajal automaatselt lülitab majaka raadiosignaalid sisse ja välja.

Majakate niisuguse korrapärase tegutsemise puhul on orienteerumine väga hõlbus. Laeva radist häälestab oma peilingaatori raadiomajakate grupi lainele ja peilib siis majakaid üksteise järel, muutmata vastuvõtja häälestust. Kuue minutiga jõuab ta võtta kolm peilingit, millede alusel siis leiabki kaardilt laeva asukoha.

Raadiomajakad peavad valvet kogu ööpäeva. Päeval ja öösel saadavad nad raadiosignaale, mis läbi ööpimeduse ja udu, läbi vihma ja tormi ulatuvad laevadeni, et näidata neile õiget teed mere avarustes. Nii on raadionavigatsioon meie päevil rakendanud ellu raadio leiutaja A. S. Popovi ettepanekud, mis ta tegi üle viiekümne aasta tagasi.

Raadiomajakate väljatöötamine ja nende täiustamine on toimunud paljude aastate vältel. Suure panuse sellel alal on andnud nõukogude teadlased ja leidurid. Tänu nende tööle on raadiomajakad muutunud üheks tähtsamaks vahendiks niihästi mere- kui ka õhu-raadionavigatsioonis.

### Taeva avarustes

Raske on kujutleda tänapäeva lennuasjandust ilma raadiota. Lendureile on ta mitte vähemal määral vajalik kui meremeestele.

Raadio kui sidevahend oleks just nagu eriti lennuasjanduse jaoks loodud. Ta ei piira lendurit milleski. Lendur võib lennata mistahes kõrgusel, mistahes suunas, mistahes kiirusega, tundmata raskust ükskõik kellega sidet pidada: lennuki, laeva või maapealse punktiga.

Väga tähtsat osa etendab raadio ka õhunavigatsiooni vahendina. Praegu ei saa teostada peaaegu ainsatki lendu raadio abita. Vaatamata sellele, et lennukil tuleb täpselt arvestada ruumala iga kuupdetsimeetrit, et tuleb vältida iga liigset kilogrammi kaalus — leidub raadioseadmeile siiski ruumi, niivõrd hädavajalikud on nad.

Lenduri üheks tähtsamaks mureks teele asudes on hoolitseda õige kursi eest. Ta peab juhtima lennukit nii, et säilitada õige lennu-suund. Õige kursi määramiseks on tal kasutada kompass ja teised navigatsiooniseadmed.

Ainult kursi teadmisesest on aga veel vähe. Et lennukit kindlalt juhtida, peab lenduril olema teada, kus ta antud hetkel lendab. Selleks tuleb aga kasutada geograafilist

kaarti ja teostada arvutusi, millega tavaliselt tegeleb lendurit lennul saatev tüürimees.

Kuid vajaliku kursi arvutamine ja enda asukoha kindlaksmääramine pole sugugi lihtne töö. Suureks lennukijuh-timise häirijaks on tuul. Kui tuult mitte arvestada, võib see ajada segi kõik navigatsioonilised arvutused. Seepärast teeb tüürimees kindlaks tuule tugevuse ja suuna ning arvestab tema mõju lennuki liikumisele.

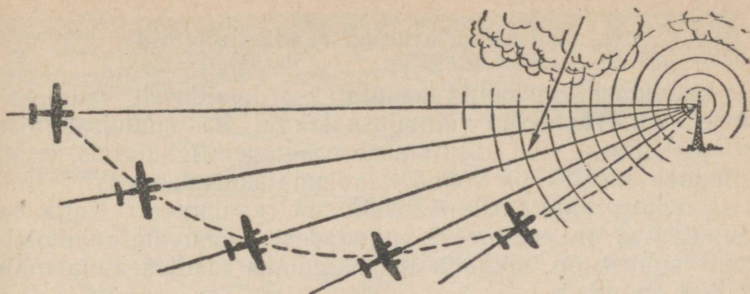
Tuul on aga väga muutlik. Ta muutub sõltuvalt ajast ja lennuki asukohast. Tema mõju lennule saab arvestada ainult ligikaudselt. Et vältida vigu, peab tüürimees aeg-ajalt võrdlema lennuki arvutatud asukohta tegelikuga, s. o. kontrollima seda kohalike maapealsete märkide kaudu. Seda ei saa aga alati teha.

Lennates kõrbede või mere kohal, öösel või pilvedes, on lendur raskemas olukorras: orientiire kas pole, või on nad tema silme eest varjatud. Lend muutub ebakindlamaks — võib kaotada orienteerumise, mis on aga väga ohtlik. Nii-sugusel puhul päästab lenduri raadio. See aitab tal juhtida lennukit aga ka normaalsetes lennutingimustes.

Maa peale, piki rada, mida mööda liiguvad reisi- ja postilennukid, asetatakse raadiopeilingu jaamad. Need paigutatakse lennuväljade lähedusse. Kui lennuk lahkub lennujaamast, siis saadab teda sellesse jaama ehitatud peilingaator. Pardaradist palub teatada lennuki peilingu ja minuti pärast saab vajaliku vastuse. Nende andmete alusel teeb lendur kindlaks vajaliku sõidukursi. Mõne aja möödu-des kordab ta peilingu küsitlust ja teeb parandused lennu-suunas, pidades lennukit õhusõidu trassil. Jaama, kus peab toimuma maandumine, on ehitatud oma peilingaator, mis kohtab lähenevat lennukit.

Vahel teostatakse lende «lõikamisi». Peilingaatorid ehi-tatakse peale lennuväljade ka rajast kõrvale, et oleks või-malik lennukit peilida, ehk nagu kõneldakse — «lõigata» kahest-kolmest punktist. Sel puhul teatatakse lendurile mitte ainult peiling või kurss, mida ta peab hoidma, vaid ka tema asukoht.

Lend maapealsete peilingaatorite abil on väga lihtne: lennuki asukoha kindlaksmääramine toimub maa peal ja lendurile antakse üle valmis tulemus. Lennukil on vajalik ainult saatja-vastuvõtja. Nii-sugune peilimisviis pole aga alati sobiv. Kui rajal on väga olav liiklus, siis ei suuda maapealne peilingaator vastata õhus viibivatelt lennuki-



Lendur juhib lennukit nii, et juhtiv raadiojaam oleks kogu aeg ees.

telt saabunud küsitlustele. Ta suudab järjekorras peilides juhtida mitte üle kümne masina.

Palju hõlpsam on mitte küsida peilingut ja oodata vastust, vaid peilida ise. Selleks seatakse lennukitele üles oma peilingaatorid. Kui teil on olnud võimalus panna tähele lennuki kerel piklikku, muna meenutavat, voolujoonelise kujuga eset, siis olete näinud katet, millesse tavaliselt paigutatakse pardapeilingaatori ümmargune raamantenn.

Kui lennukil on raadiopeilingaator, siis muutub iga raadiojaam, mille asukoht on teada, omamoodi orientiiriks. Lennujaamadesse, samuti nagu mererandadesse, ehitatakse erilised raadiosaatjad — majakad, mis täidavad niisuguste orientiiride ülesannet lennukelt peilimise puhul. Mõnikord kasutavad lendurid selleks tavalisi ringhäälingujaamu.

Kui lennukil on pardaraadio peilingaator, asub lendur teele, kartmata, et tuul võiks teda teelt eksitada. Lennu algul asetab ta peilingaatori juhtivale raadiojaamale, ja siis, muutmata raamantenni asendit, juhib lennukit nii, et see jaam asetseks kogu aeg tema ees. Siis jõuab lennuk kindlasti sihtpunkti, kui palju ka tuul teda kõrvale ei kannaks. Kui lenduril on vaja teha kindlaks oma asukoht, siis võib ta peilida paari-kolme maapealset jaama ja konstrueerides kaardil leida, kus ta antud hetkel viibib.

Sellist viisi kasutatakse laialdaselt ka lahinguolukorras. Ta on sobiv seetõttu, et lendur saab radio teel orienteeruda ilma oma saatjat sisse lülitamata ja vaenlase luurejaamade tähelepanu endale pööramata.

## Teed juhatavad raadiosignaalid

Raadionavigatsioonis kasutatakse laialdaselt raadiolainete suundvastuvõtu võimaluse kõrval ka suundsaatmise viisi. Esimest viisi kasutatakse raadiopeilingaatoreis, teisel põhineb suund- ehk vööndi-raadiomajakate tegevus.

Raadiopeilingaatori peaosaks on raamantenn. Kuna ta tundlikkus on erinev eri suundadest saabuvate raadiolainete suhtes, on võimalik teha kindlaks raadiosaatejaamale viivat suunda.

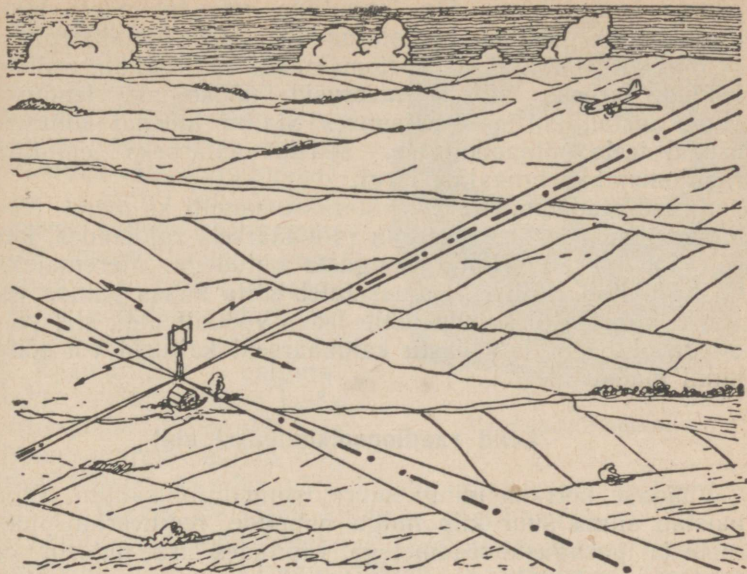
Mis aga juhtub siis, kui me taolist, kuid suuremate mõõdetega antenni kasutame mitte vastuvõtuks, vaid raadiosaateks? Selgub, et raadiolainete kiirgumine sõltub samuti suunast. Niisuguse antenniga saatja kiirgab energiat kõige tugevamalt selles suunas, millega ühtib raami tasapind, selle tasapinna suhtes täisnurga all aga energiat ei kiirgu.

Tähendab, kui me häälestame raadiovastuvõtja ja liigume sellega ümber saatja, siis me märkame, et ülekande tugevus muutub. Saatjast kahel pool — tema antenni tasapinnas — on saade kuuldav kõige tugevamalt, sellega ristisihis aga ei kuule me midagi. Seda raadiosaate tugevuse sõltuvust saate-raamantenni asendist kasutatakse suund-raadiomajakates.

Kaks kõrgele paigutatud raamantenni asetatakse nii, et nende tasapinnad ristuvad. Mõlemat antenni toidetakse ühest raadiosaatjast, kuid üks neist saadab eetrisse tähte «A» (telegraafitähestikus punkt-kriips), teine aga samal lainel — tähte «N» (kriips-punkt).

Kuna mõlema antenni mõjuvööndid osaliselt teineteisega kattuvad, siis moodustub ruumis neli sektorit, milledes signaalid «A» ja «N» on ühevõrra tugevalt kuuldavad. Need võrdsignaalsed vööndid eemalduvad raadiomajakast nagu nähtamatud kiired. Neist kaks vööndit kujunevad niivõrd laiaks, et neid pole sobiv kasutada. Talitusvöönditeks on need, mille haardevaheline nurk on kolm kraadi. Just need suunataksegi piki lennutrassi lennukite orienteerimiseks.

Lennujaamast lahkudes häälestab lendur vastuvõtja saatva raadiomajaka lainele. Kõrvaklappides kostuvad raadiotelegraafi signaalid «A» ja «N». Signaalid vahelduvad ja lendur võib võrrelda nende tugevust. Ta peab hoidma lennuki võrdsignaalses vööndis, et teelt mitte eksida.



Raadiomajakast hargnevad nagu nähtamatud kiired laiali võrdsignaalsed vööndid.

Kujutleme, et lennuk kaldus tuule mõjul õigest lennu-suunast kõrvale. Lendur märkab seda kergesti, sest üks täht hakkab kostma teisest tugevamini. Et kurssi parandada, tuleb lenduril pöörduda tagasi signaalide võrdse kuuldetugevusega vööndisse.

Ligikaudu poolel teel järgmise lennuväljani tungib üht- lasse, kuid juba hääbunud signaalide «A» ja «N» kostu- misse kangekaelselt heliline «punktiir» — punktide saade. See pole juhuslik häire. Lendur teab, et lennuk sattus eri- lise väikese võimsusega saatja tegevuspiirkonda, mis sig- naliseerib, et siit algab uus lennuvöönd, mida teenindab teine raadiomajakas. Lendur häälestab vastuvõtja koha- tava majaka lainele ja jätkab lendu selle võrdsignaalsel vööndit pidi, mis juhib naaberlennuväljale.

Suund-raadiomajakad täidavad sama ülesannet, mis tavalised tuletornidki, kuid nende tegevusraadius on mitu korda suurem. Nad püstitatakse üksteisest 200—500 kilo- meetri kaugusele. See on üks lihtsamaid ja peamisi raadio- navigatsiooni vahendeid. Raadiomajakad tagavad korra-

pärase lennuliikluse. On lennuliine, mis tuhandete kilomeetrite pikkuselt on varustatud niisuguste majakatega.

Mõnikord ehitatakse raadiomajakaid ka üksikute eriliste lendude tarbeks. Nii orienteerusid nõukogude lendurid 1937. aastal, kui nad seltsimees Stalini juhendi kohaselt asusid teele põhjapoolusele, selleks otstarbeks ehitatud raadiomajaka signaalide järgi.

Suund-raadiomajakaid kasutatakse samuti ka merel. Nad aitavad laevadel orienteeruda rannaäärseis rajoonides, kus sõitmine on seotud mitmesuguste ohtudega. Meremajaka vöönd näitab, millises suunas tuleb sõita kitsas väinas või saarte vahel. Kui kapten juhib laeva vööndit pidi, siis väldib ta ohtu pörkuda vastu kaldaäärseid kaljusid või sõita kinni madalikele.

### Lend raadiopoolkompassi abil

Vaadake korraks mingi suure lennuki juhikabiini. Teile paistab silma suur kilp hulga nuppude, reguleerimispidemete ja igasuguste seadmetega. Lülitades sisse ühtesid või teisi nuppe, liigutades regulaatoreid ja jälgides mõõteriistade osutite liikumist, juhib lendur tiivulise masina keerukat mehhanismi ja jälgib tema lendu.

Kilbil märkate väikest osuti ja skaalaga seadist, millele on kirjutatud «Kursi indikaator». Seadise skaalal ei ole jaotusi; selle vasakpoolses otsas seisab täht «Л», parempoolses — täht «П», keskel aga — «О». See seadis on ühendatud raadiovastuvõtjaga ja on tähtsa raadionavigatsiooni-seadise — raadiopoolkompassi — koostisosa.

Et lennata raadiomajaka vööndit pidi, peab lendur kuulama signaale «А» ja «N» ning jälgima nende tugevust. Kestvama lennu puhul on see väga väsitav. Raadiokonstruktorid otsustasid luua seadise, mis võimaldaks lenduril orienteeruda mitte heli järgi, vaid nägemise abil, mis on tunduvalt mugavam.

Nõukogude insenerid fõötasid välja niisuguse seadise ja nimetasid selle raadiopoolkompassiks. Raadiopoolkompass on osut-indikaatoriga varustatud lennuki peilingaator, mis kindlustab raadio teel orienteerumise mitte ainult lennates piki õhutrassi, vaid mistahes teed mööda. Kui raadiopoolkompassi raamantenni pind on täisnurga all selle suunaga, kust saabuvad raadiolained, siis raami keerdues elektri-voolu ei teki ja raadiovastuvõtja väljandklemmide külge

ühendatud galvanomeeterkursiindikaatori osuti seisab nullil. Tarvitseb vaid raami pöörata, kui temas tekib vool, ja sellejuures pöörduv ka kursiindikaatori osuti; kui pöörata raami teisele poole, muutub temas tekkiva voolu suund ja kursiindikaatori osuti pöörduv samuti teisele poole.



Raadiopoolkompass.

Raamantenn paigutatakse voolujoonelisse kesta väljapoole lennukit ja tema juurest ulatub lenduri kabiini painduv võll. Lendur saab raami pöörata ja erilise skaala abil teha kindlaks pöördenurga.

Lennu kestuseks lülitatakse raadiopoolkompass tavaliselt raadiojaamale. Sel puhul täidab ta omamoodi «raadiosihiku» ülesannet. Lendur nagu «sihib» lennukit jaamale, mis peab lennu vältel olema orientiiriks.

Asetanud raami risti lennuki pikiteljega, pöörab lendur lennukit seni, kuni kursiindikaatori osuti asetub nullile. See tähendab, et lennuk on sihitud otse raadiojaamale. Nüüd tuleb jälgida raadiopoolkompassi osutit. Kui see kaldub nullist kõrvale, tähendab lennuk kaldub kõrvale raadiojaamale suunduvat kursilt. Sõltuvalt sellest, kuhu osuti kõrvale kaldus, teeb lendur ühe- või teistsuguse pöörde ja annab masinale uuesti õige lennusuuna.

Raadiopoolkompass häälestatakse tavaliselt juhtivale raadiojaamale, mis on ehitatud selle lennuvälja juurde, kuhu lennuk lendab. Vahel aga kasutavad lendurid «raadioorientiiridena» ka ringhäälingujaamu. Nende jaamade suure võimsuse tõttu saab neile orienteeruda 1000—1500 ja isegi rohkem kilomeetri kauguselt. Lend raadiopoolkompassi näitude abil raadiojaama suunas on väga kindel. Lennuk suundub sellele mistahes punktist, kus tema raadiosignaalid on kuuldavad, vaatamata tuulele ja nähtavuse puudumisele.

Kuna raadiopoolkompassi raamantenn on pööratav, siis saab teda kasutada ka tavalise raadiopeilingaatorina. Häälestanud raadiovastuvõtja teekonnajoonest kõrval aset-

seva peilitava jaama lainele, pöörab lendur või tüürimees raami, püüdes saavutada olukorda, et kursiindikaatori osuti asetuks nullile. Siis näitab raami pöördemehhanismi osuti nurka lennuki pikitelje ja raadiojaamale viiva suuna vahel. Leidnud samal viisil veel teise raadiopeilingu, teeb tüürimees kindlaks lennuki asukoha. Selleks kulutab ta ainult kaks-kolm minutit.

Mõnikord varustatakse lennukeid veidi lihtsama seadmega — liikumatu raamantenniga raadiopoolkompassiga. Niisugusel raadiopoolkompassil on väiksemad mõõted ja kaal. Teda kasutatakse lähitegevuse lennukeil — hävituslennukeil, ründelennukeil, lähi-pommituslennukeil — ja ta on määratud lendudeks raadiojaama poole ning sellest eemale.

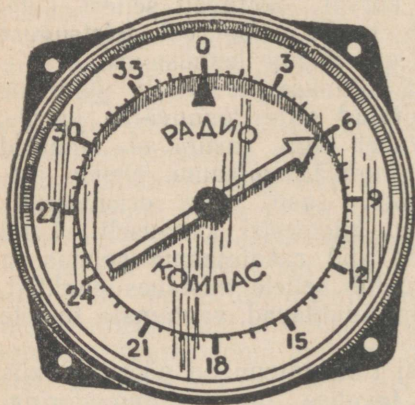
Suure Isamaasõja ajal juhtisid nõukogude lendurid raadiopoolkompassi abil kindlalt oma lennukeid pommitamise piirkonda, taastasid pärast õhulahinguid orienteerumise ja leidsid üles oma lennuväljad.

## Raadiokompass

Püüdes parandada lennukite orienteerumist raadiojaamade signaalide abil ja ühtlasi hõlbustada lenduri ning tüürimehe tööd lennu ajal, löid raadiokonstruktorid mõni aasta tagasi uue raadionavigatsiooni-seadme — raadiokompassi.

Selle töötamise aluseks on raadiopoolkompassi tegevuse põhimõte. Kuigi raadiokompassi ehitus on keerukam, on tema kasutamine tunduvalt lihtsam ja mugavam kui raadiopoolkompassi kasutamine. See on palju täiuslikum seade.

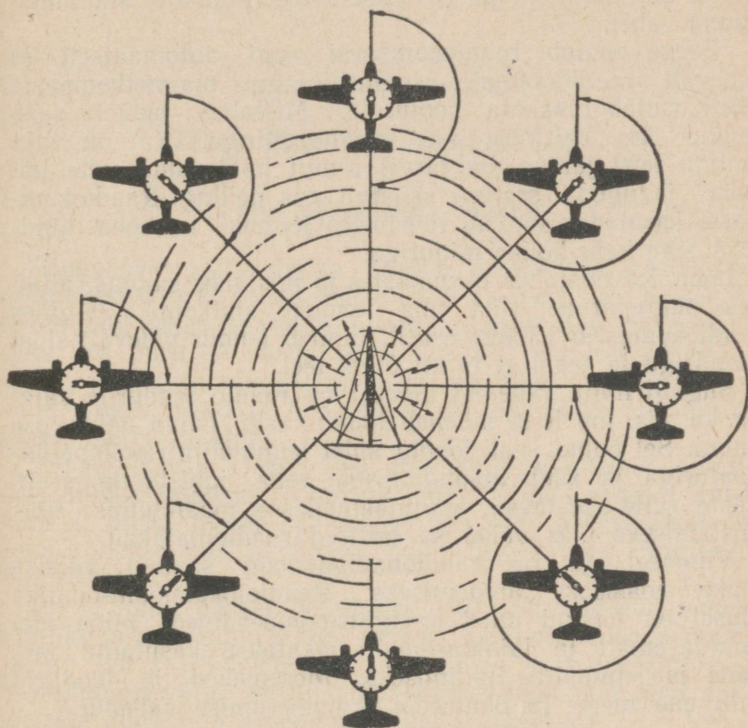
Raadiopoolkompassil tuleb raami pöörata käsitsi, et määrata kindlaks raadiopeilingut. Raadiokompassil aga pööratakse raami väi-



Raadiokompass.

kese elektrimootori abil. Näib nagu oleks see «tühiasi», kuid see võimaldas ehitada lennuki automaatse raadiopeilingaatori.

Elektrimootor on sidestatud raadiokompassi vastuvõtja väljandklemmidega. Kui raam asetseb raadiojaama suhtes



Kus ka lennuk ei asetseks, raadiokompassi osuti ikka osutab suunda raadiojaamale.

niisuguse nurga all, mille puhul tekib raadiosignaali vastuvõtt, siis tekib vastuvõtja väljandringis vool, mis lülitab sisse mootori, ja raam hakkab pöörduma. Niipea kui ta saavutab asendi, kus vastuvõttu ei ole, lakkab vool vastuvõtja väljandringis, mootor peatub ja koos sellega jääb seisma ka raam.

Kuna lennu kestel raam asetub ümber koos lennukiga ja raami asend jaama suhtes muutub, siis pöörab mootor

teda kogu aeg. Ta «jälgib», et raami tasapind asetseks kogu aeg saabuvate raadiolainete suhtes täisnurga all.

Raami pöördumine on nähtav seadme skaalalt, mis on jagatud kraadidesse. Mitme kraadi võrra pöörduv raam, nii mitme kraadi võrra pöörduv ka seadme osuti, märkides nurka lennuki telje ja vastuvõetavale jaamale suunduva suuna vahel.

Seega osutab raadiokompassi osuti automaatselt ja pidevalt raadiojaamale, samuti nagu magnetkompassi osuti osutab maakera poolusele. Mistahes hetkel saab lendur ära märkida oma raadiopeilingu. Kui on vaja peilida teist jaama, on tarvis ainult häälestuda selle lainele ja lugeda seadme skaalalt uus peiling. Raadiokompassi kasutades suudab tüürimees lennuki asukoha kindlaks teha kahe-kolme minutiga.

Lennates mistahes tingimustes ja mistahes suunas, aitab see suurepärase riist viia lennuki sihtkohta. Jälgides raadiokompassi väikest osutit, tunneb lendur pidevalt sidet mandriga ja teab, et ta on õigel teel.

Sugugi mitte vähemal määral on raadio lendurile vajalik ka siis, kui lend läheneb lõpule, eriti halva nähtavuse puhul. Sel puhul peab lendur sidet lennuvälja raadiopeilingaatoriga ja asub maandumisele selle juhiste kohaselt. Peale selle seatakse lennujaamadesse maandumise hõlbustamiseks üles vahel ka erilised raadiomajakad.

Viimasel ajal on raadionavigatsioon saanud võimsa tõuke edasiseks arenemiseks. Raadiolokatsiooni-tehnika alusel on loodud uued navigatsiooniseadmed, mida üha laialdasemalt ja laialdasemalt hakatakse kasutama laevade ja lennukite juhtimiseks. Meremehed ja lendurid said uue mere- ja õhuteedel orienteerumise vahendi.

## TEEL SUURELE LEIUTISELE

### Uus sõjatehnika vahend

Tänapäeva raadiotehnika üllatab meid oma saavutuste mitmekesisusega. Tema kasutusala laieneb iga päevaga. Möödunud sõjas saavutas kõrge arengutaseme raadiotehnika uus haru — raadiolokatsioon. Tol ajal oli raadiolokatsioon lahingurelvaks, mida ei mainitud napolisõnalistes sõjateadetes. Kuid ta aitas hävitada fašistlikke anastajaid maal, merel ja õhus.

Kõrgel taevas areneb äge õhulahing. Vaenlase pommituslennukid püüdsid õõ varjus läbi tungida rahuliku linna kohale. Miski terane ja salapärane aga segas neid: ja juba lüüakse nad hävitajate poolt tagasi, nad tunglevad nagu lõksus.

Poole tunni pärast pöörduvad rõõmsalt erutatud lendurid-hävitajad lennuväljale tagasi. Lugupidamisega vaatlevad nad raadiolokaatorit ja suruvad kätt operaatoritel, kes lahingu vältel mitte minutikski ei lahkunud oma aparaatide juurest ja aitasid saavutada võidu...

Kaugel kaldast tõuseb veepinnale vaenlase allveelaev. Ohtlik on laeva kohtumine niisuguse kiskjaga. Tabavalt väljalastud torpeedo võib otsustada laeva saatuse.

Allveelaeval on aga nähtamatu ja ohtlik vaenlane — raadiolokatsioon. Möödub mõni minut ja äkki annab allveelaeva komandör käskluse sukeldumiseks. Selgub, et raadiooperaatorid on kaugelt allveelaeva avastanud ja lähetanud lennuki teda uputama.

Raadiolokatsiooni kasutati möödunud sõjas laialdaselt ja ta etendas otsustavat osa meie võidu saavutamises. Raadiolokatsiooni sõjaline kontrollimine näitas, et ta on teaduse ja tehnika suurimaid saavutusi.

## Katse Kroonlinna sadamas

Juba ammu on teada, et raadiolained ja valguslained oma olemuselt on üks ja seesama nähtus — nad on ruumis levivad elektromagnetilised lained. Erinevus nende vahel seisneb vaid selles, et raadiolained on miljoneid kordi pikemad ega ole seetõttu silmaga tajutavad.

Raadiolained, samuti nagu valguslainedki, peegelduvad eesolevalt esemetelt, see tähendab, et need esemed ise muutuvad samasuguste lainete allikaks; pealeselle saab neid nagu valgustki koondada kitsaks kiireks ja saata kindlas suunas. Raadiolainete niisuguste omaduste ärakasutamisel põhjenebki raadiolokatsioon.

Raadiolokatsiooni rajajaks on raadio leiutaja A. S. Popov. Korraldades 1897. aastal koos oma abilise P. N. Rõbkiniga Kroonlinna sadamas katseid raadioside ulatavuse suurendamiseks, avastas ta esimesena maailmas raadiolainete peegeldumise laevadelt.

Et muuta kaugust jaamade vahel, paigutati need kahele laevale: saatejaam õppelaevale «Euroopa» ja vastuvõtijaam — ristlejale «Aafrika». Laevad kord eemaldusid teineteisest, kui raadiovastuvõtt toimus hästi, kord lähenesid teineteisele, kui raadiosignaalid nõrgenesid niivõrd, et nende vastuvõtt muutus võimatuks.

Kord ühel selgel juunikuu päeval istus P. N. Rõbkin vastuvõtuaparaadi juures. Uurivalt vaatles ta märke, mida aparaat jäädvustas telegraafilindile. Iga kord, kui laeval «Euroopa» vajutati saatejaama telegraafivõtit, ilmus vastuvõtuaparaadi lindile punkt või kriips, milledest moodustusid telegraafitähestiku märgid. Korraga hakkasid punktid ja kriipsud ilmuma üha harvemini ja harvemini, ja lõpuks kadusid täiesti. Rõbkin arvas, et tema aparaat riknes. Ta ei suutnud veel järele mõelda, mida ette võtta, kui aparaat hakkas jälle tööle. Oli selge, et raadiovastuvõtjat mõjutas mingi kõrvaline põhjus.

Just sel ajal liikus «Aafrika», mille pardal viibis Rõbkin, ja laeva «Euroopa» vahelt aeglaselt läbi ristleja «Leitenant Iljin». See põhjustaski raadiovastuvõtu katkemise.

Niipea kui «Leitenant Iljin» oma kerega varjas laeva «Euroopa», ilmus raadiolainete teele tõke, mis põhjustas nende peegeldumist ja seetõttu tekkis ristleja «Aafrika» piirkonnas raadiovari. Raadiolained ei saanud sinna pää-

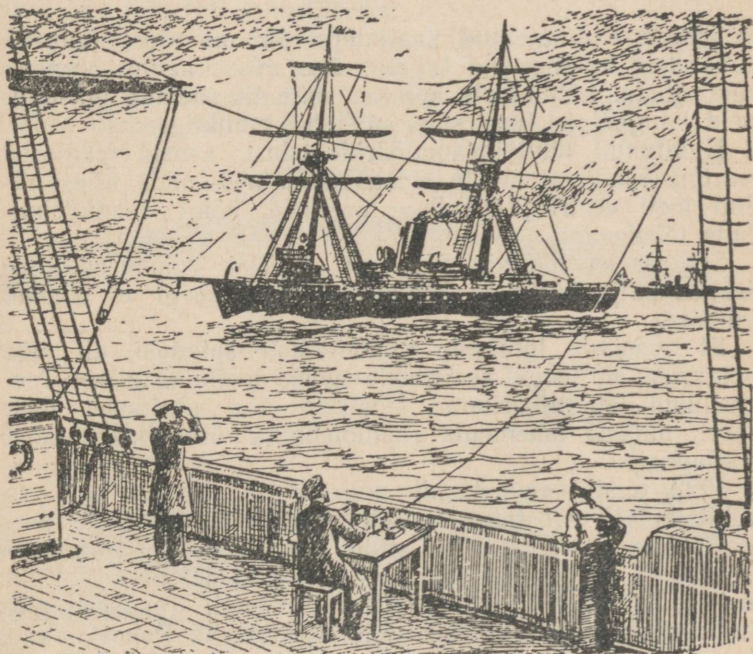
sega ja vastuvõtja lakkas töötamast. Öösel oleks niisugune olukord võimaldanud avastada pimeduses varjatud laeva.

Raadio leiutaja tegi oma katsetest tähtsad järeldused. Nähes ette, et raadiolainete omadus peegelduda nende teele ettesattuvatelt takistustelt on suure praktilise tähtsusega, teatas ta sellest uuest avastusest Kroonlinna sadama staapi. Sel ajal ei saadud seda avastust aga raadiotehnika mitteküllaldase arengu tõttu ära kasutada.

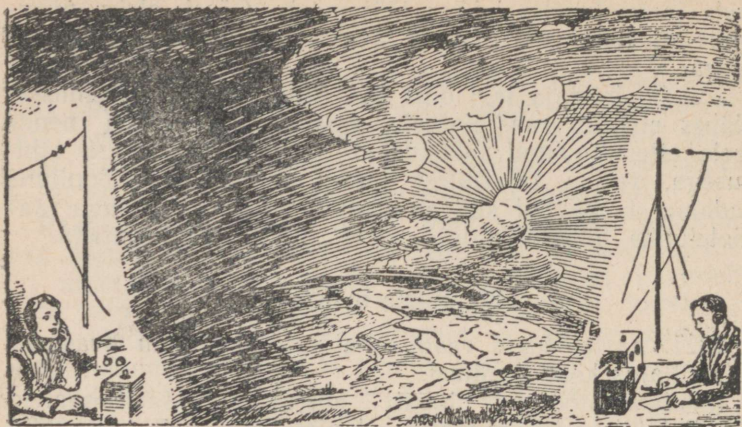
### Lühilainete mõistatus

1921. aastal tegid raadioamatöörid ootamatu avastuse, mis üllatas kõiki teadlasi.

Raadioamatööridel lubati korraldada raadiosaateid ainult lühilainetel, milliseid sel ajal loeti sideks vähekölblikeks. Ja äkki hakkasid raadioamatöörid oma väikese



Ristleja «Aafrika» ja laeva «Euroopa» vahelt sõitis läbi ristleja «Leitenant Iljin».



Raadioamatöörid hakkasid lühilainel looma sidet mitmete tuhandete kilomeetrite taha.

võimsusega omatehtud saatjatega pidama sidet mitmete tuhandete kilomeetrite tagant. See avas raadio arengus uue ajastu. Lühilainete abil on võimalik ületada igasuguseid kaugusi ja luua sidet mistahes punktiga.

Huvitunud lühilaineamatööride edust, asusid teadlased uurima raadiolainete levimist. Lühilained, mida alles hiljuti loeti «eetri jäätmeiks», paelusid kõigi raadiotehnikute tähelepanu.

Selgus, et lühilainesidel on erilised omadused. See tekitas palju küsimusi, millele tol ajal keegi ei osanud vastata.

Et avastada lühikeste raadiolainete saladusi, oli vaja selgitada, millistele seadustele nende levimine allub. Teaduslikud laboratooriumid teostasid ühe uurimuse teise järel, püüdes lähendada raadiotehnika ühte keerukamat ülesannet.

1922. aastal «avastasid» ameeriklased Taylor ja Yong lühilainetega teostatud katsetel uuesti raadiolainete peegeldumise laevadelt. See andis ameeriklastele võimaluse kuulutada hiljem raadiolokatsioon enda leiutiseks. Kuid neil ei õnnestu omastada vene prioriteeti. Teaduse ajalugu säilitab pühalt Aleksandr Stepanovi Popovi nime, kes 25 aastat enne ameeriklasi osutas võimalusele kasutada praktiliselt raadiolainete peegeldumist ja pani aluse raadiolokatsioonile.

## Raadiokaja stratosfäärist

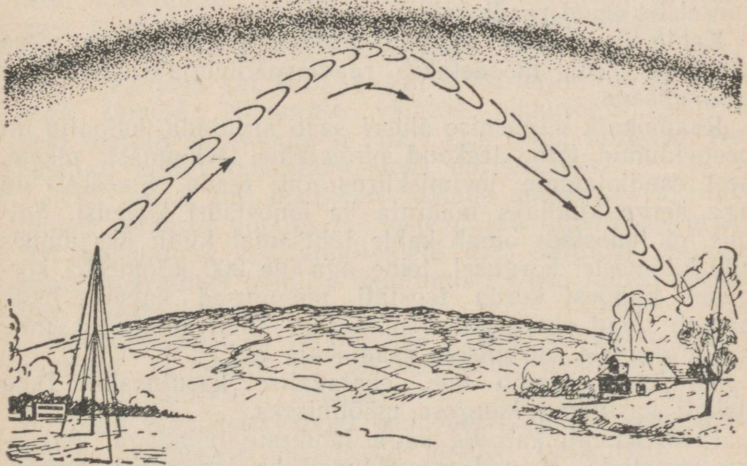
Lühilained paelusid edasi teadlaste tähelepanu. Nende lainete peamine omadus — võime ületada hiiglasuuri kaugusi — jäi mõistatamata.

Raadiofüüsikud tuletasid meelde mitu aastat tagasi väljendatud teaduslikku oletust, mis seletas lühilainete «kaugelelaskvust» atmosfääri omadustega. Selle teadusliku hüpoteesi kohaselt asetsevad maapinnast suurel kõrgusel ioniseeritud õhukihid. Niisugustel kihtidel on elektrijuhtivus ja nad toimivad peegeldajatena. Nad sunnivad üles tungivaid raadiolaineid maapinnale tagasi pöörduma, kuid juba suures kauguses raadiojaamast. Peegeldumise tõttu ületavad lühilained kergesti maakera kumeruse. Neid saab vastu võtta väga kaugel isegi siis kui jaama võimsus on väikene.

Et täpselt selgitada, kuidas toimub raadiolainete levimine, hakkasid teadlased uurima atmosfääri peegeldavat kihti. See nimetati ionosfääriks.

Esmajärjekorras tuli teha kindlaks, millisel kõrgusel asetseb ionosfäär. Oli teada, et see kõrgus on väga suur ja lennuk või õhupall sinna tõusta ei saa. Kõrguse mõõtmiseks otsustasid teadlased kasutada raadiokaja.

## IONOSFÄÄR



Peegeldumise tõttu ionosfäärilt annavad lühilained võimaluse pidada sidet üle suurte kauguste.

Vaatleme, kuidas saab tavalist häälekaja kasutada kauguse kindlaksmääramiseks. Kui mingist tõkkest (hoonest või kaljust) eemal olles valjult hõigata, siis liigub helilaine tõkkeni, peegeldub sellelt, pöörduv tagasi — ja me kuuleme kaja. Korrutades helikiiruse (330 meetrit sekundis) hõike ja kaja vahelise ajavahemikuga, saame teekonna, mille läbis helilaine sinna ja tagasi, ning jagades selle pooleks, leiame kauguse tõkkeni.

Samasugust viisi kasutasid ka teadlased. Ainult, et nad kasutasid mitte heli, vaid raadiolaineid.

Saatejaam kiirgab välja äärmiselt lühikese koguse raadiolaineid. Lahkunud saatja antennist, kanduvad nad valguse kiirusega ruumi. Teatud kaugusele saatejaamast paigutatakse saabuvate signaalide vastuvõtmiseks raadiovastuvõtja.

Väljakiiratud raadiolained lahkuvad maapinna suhtes mitmesuguste nurkade all igas sihis ja nagu moodustaksid kaks rühma laineid, milledest üks levib piki maapinda, teine aga üles. Ülespoole suunduvad lained tabavad ionosfääri, muudavad enda suunda ja pöörduvad uuesti maapinnale tagasi. Ionosfäärilt peegeldunud laine jõuab vastuvõtjasse hiljem kui maakera pinda mööda levinud laine, sest tema teekond on tunduvalt pikem, ja vastuvõtja registreerib mitte ühe, vaid kaks signaali. Hilinenud signaal ongi raadiolainete ionosfäärilt peegeldumise tulemusel tekkinud raadiokaja.

Kahte vastuvõetud signaali eraldav ajavahemik on väga väikene. Teda mõõdetakse raadiovastuvõtjale lisandatud eriseadiseaga.

Raadiokaja hilinemise alusel saab arvutada, kuipalju on peegeldunud laine teekond pinnalaine teekonnast pikem, sest raadiolainete levimiskiirus on teada. Seejärel on aga kerge kindlaks määrata ka ionosfääri kõrgust. Selgus, et ionosfäär omab kahte tähtsat kihti: üks umbes 100 kilomeetri kõrgusel, teine aga üle 200 kilomeetri kõrgusel. Esimest korda teostati niisugused katsed 1925. aastal. Nad panid aluse ionosfääri sügavamale ja mitmekülsemale uurimisele raadiokaja abil.

Nii leidis radio uue, ebatavalise kasutusala. Teda hakati kasutama kauguse mõõtmiseks.

1930. aastal, katsetel väga lühikeste lainetega, õnnestus avastada, et nad peegelduvad ka lennukeilt. Niipea, kui lennuk lendas raadiosaatja ja vastuvõtja vahelisse

piirkonda, muutus järsult vastuvõetavate raadiosignaalide iseloom. Oli võimalik ilma lennukit nägemata ja tema mootori müra kuulmata teada tema lähenemist. Selle teate töid nähtamatud raadiolained. Oli ilmne, et neid võib eduga kasutada lennukite avastamiseks, millel on suur sõjaline tähtsus.

Nii sündis uus tehnika-ala, mis praegu lahendab fantastilistena näivaid ülesandeid.

Suure vene teadlase A. S. Popovi avastus lõi uued võimalused, mis peagi kehastusid raadiolokatsiooniks. Jätkaes A. S. Popovi tööd, rikastasid nõukogude raadiofüüsikud ja raadioinsenerid raadiolokatsiooni suurte avastuste ja leiutistega.

### Uued lained — uus tehnika

Raadiolokatsioonis kasutatakse ultralühilaineid, s. o. niisuguseid laineid, millede pikkus on alla 10 meetri. Selle piirkonna lained on omaduste poolest tunduvalt erinevad pikematest lainetest. Nad peegelduvad hästi isegi väikestelt esemetelt — lennukitelt ja laevadelt, mistõttu raadiolokatsioonis just neid kasutataksegi.

Ultralühilainetehnikas on otsustava tähtsusega meie maa teadlaste tööd. Ultralühilainetega teostas oma esimesi ülekandeid raadio leiutaja. 3-millimeetrise pikkusega raadiolaineid õnnestus saada kuulsal füüsikul Pjotr Nikolajevitš Lebedevil. Nõukogude füüsik A. A. Glagoleva-Arkadjeva sai 1923. aastal 0,082-millimeetrise pikkusega laineid. Niisuguse väikese pikkusega raadiolaineid tekitati sädemega ja nad olid väga nõrgad. Neid kasutati ainult laboratorseteks uurimusteks.

Mitu aastat tuli teadlastel töötada selleks, et ultralühilained leiaksid lõpuks väljaspool laboratooriumi praktilist kasutamist. Ultralühilainete ala võitmine põhjustas raadioaparatuuri põhilist muutumist. Uued lained nõudsid uue tehnika loomist.

Raadioteadlasi ei rahuldanud enam tavalised kondensaatorid ja poolid. Laine lühenedes avaldavad poolid peale induktiivsete omaduste ka niisuguseid omadusi, milliseid tavaliselt evivad kondensaatorid, ja kondensaatorite omadustele lisanduvad poolide omadused. Töötades väga väikese pikkusega lainetel, lakkab raadioosade ühendamiseks määratud lühikene traaditükike olemast



PJOTR NIKOLAJEVITS LEBEDEV  
(1866—1912).

ainult ühendusjuht-  
meks. See moodustab  
juba «pooli» ja «kon-  
densaatori» ja lisaks  
veel väikese «antenni»,  
mis kasutult kiirgab  
raadioenergiat ümbrit-  
sevasse ruumi.

Väga lühikeste lai-  
nete puhul muutuvad  
raadioaparatuuri osade  
mõõted võrdmõõtelis-  
teks lainepikkusega ja  
elektrivoolu võnkesage-  
dus muutub ülisuureks.  
Seetõttu hakkavad raa-  
diosade mõned omadu-  
sed, mis pikematel lai-  
netel tegelikult pole  
märgatavad, esinema  
niivõrd ilmselt, et nad  
osutuvad määravaiks.

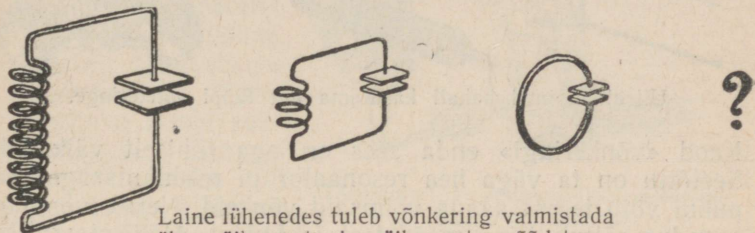
Palju muret hakkas  
ultralühilaine-raadiojaa-

made konstruktoreile valmistama võnkering. Elektrivõngete  
sageduse suurenemine tingib võnkeringi induktiivsuse või  
mahtuvuse vähendamist, ja seetõttu tuleb vähendada pooli  
ja kondensaatori mõõteid. Tulemus on selline, et pooli keer-  
dude arv muutub üha väiksemaks ja väiksemaks ning  
lõpuks jääb pooli asemele ainult üks traadikeerd.

Kondensaator omandab samuti üha väiksemad ja väik-  
semad mõõted. 10-sentimeetrise pikkusega laine saami-  
seks peab võnkering koosnema viiekopikalise raha mõõteid  
omavast traadikeerust ja kondensaatorist, mille mahtu-  
vus pole suurem nõõpnõela pea mahtuvusest!

Võnkeringi mõõteid tuleb vähendada ka teisel põhju-  
sel. Võnkering ei saa töötada teistest raadiolülituse  
osadest eraldatult; ta on ühendatud elektronlambi külge.  
Kuid iga ühendusjuhtmeke, samuti ka lambi elektroodid  
ning tema väljandkontaktid omavad induktiivsust ja  
mahtuvust. Nad moodustavad võnkeringiga ühtse terviku  
ja suurendavad väga lühikeste lainete puhul selletagi liig-  
set induktiivsust ja mahtuvust.

Lainepikkuse vähenedes muutub mahtuvus, mida vönkering arvutuse kohaselt peaks omama, võrdseks kõrvalise mahtuvusega. Et aga niisuguse mahtuvuse esinemine on vältimatu, siis tuleb vajaliku pikkusega laine saamiseks kondensaator vönkeringist kõrvaldada. Vönkering teisendub — ta muutub raadiolambi külge ühendatud pooliks. Kõige lühemate lainete puhul asendatakse pool väikese loogakesega või lühikese metallvarvakesega. See ongi kõik, mis vönkeringist järele jääb. Kondensaatori ülesannet täidab lambi elektroodidevaheline mahtuvus.



Laine lühenedes tuleb vönkering valmistada üha väiksemate ja väiksemate möödetega.

Induktiivsuse vähendamine põhjustab aga vönkeringi omaduste halvenemist ja tema möödetega vähendamine ei võimalda saada temas küllalt võimsaid vönkeid. Nendel põhjustel tuli loobuda tavalise vönkeringi kasutamisest väga suurte sageduste saamiseks.

Ultralühilaineil hakati kasutama veerandlaine pikkusega kahejuhtmelist liini, milline lõpus on lühistatud. See kujutab endast kahte rööbiti asetsevat metalltraati või -toru, mida mööda häälestamisel nihutatakse lühistavat vaheliistakut. Kahejuhtmelistel liinil on aga suur puudus: sageduse suurenedes suureneb niisuguse «vönkeringi» poolt tekitatud raadiolainete väljakiirgumine ja seetõttu läheb suur osa kõrgsagedusenergiast asjatult kaduma.

Kahejuhtmelse liini asemele tuli kontsentriiline resonantsliin, millel on samuti veerandlaine pikkus, kuid on ehitatud teisiti. Ohukeseseinalise metalltoru sees, täpselt tema teljel, asetseb metallvarb. See on üheks liini juhtmeks ja teiseks juhtmeks on toru ise. Niisugust «vönkeringi» häälestatakse nihutatava kolviga.

Kõige lühemate (mõne sentimeetri pikkuste) lainete jaoks loodi sootuks uut liiki «vönkering» — oösresonaa-

tor. Niisugust tüüpi «võnkeringi» töötas esimesena välja nõukogude teadlane M. S. Neimann.

Resonaator on väikene õõnes metallseintega keha, mis omab kera, silindri jne. kuju. Niisugusel geomeetrilisel kehal on silmapaistev omadus: tema sees saab ergutada väga suure sagedusega elektromagnetilisi võnkeid. Kuna need võnked toimuvad suletud õõnes, siis ei kiirgu võngete energia ümbritsevasse ruumi ega lähe asjatult kaduma.



Ultralühilaineil hakati kasutama uut tüüpi võnkeringe.

Kaod «võnkeringi» enda sees on aga tühiselt väikesed. Seetõttu on ta väga hea resonaator ja resonantssageduse puhul võib temas saada võimsaid võnkeid. Nende võngete sagedus sõltub õõne mõõdetest ja kujust. Häälestamiseks kasutatakse resonaatori õõnesse ulatuvat kruvi. Kruvi pööramisega on võimalik muuta õõne mõõteid, mis põhjustab häälestatava õõsresonaatori resonantssageduse muutumist.

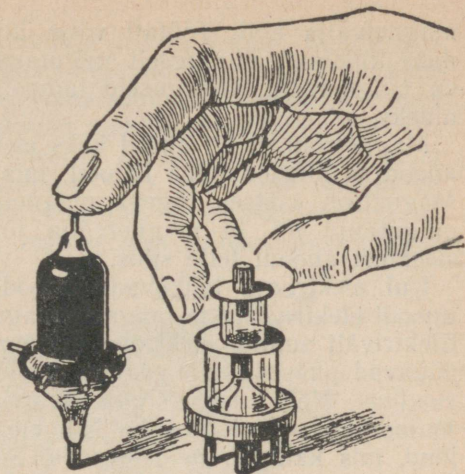
### Elektronid hilinevad

Üleminekul ultralühilainetele selgus, et ka tavalised raadiolambid pole kõlblikud selles lainealas töötamiseks, eriti kõige lühemate lainete piirkonnas. Selle põhjuseks on elektronide inerts.

Suhteliselt pikkade lainete puhul, millede võngete perioodivälde on küllalt suur, ei ole elektronide inertsil tähtsust; lambi elektrootide vahest läbilendamiseks kulutavad nad väga väikese osa perioodivältest ja seetõttu pole lambi tegevus mingil määral häiritud. Anoodvoolu muutused järgivad kõiki pingemuutusi lambi võrel.

Laine lühenedes võngete perioodivälde väheneb miljardikele ja kümnemiljardikele sekundist. Pinge võrel muutub nii kiirelt, et hakkab avalduma elektronide inerts: nad ei suuda enam järgida neid muutusi ja satuvad anoodile «hilinemisega». Selle tõttu ei toimu energia ülekandumine lambiga ühendatud võnkeringi mitte võnkeid tekitavas võnkeringis esinevate võngete rütmis, lamp ei suuda võnkeid toetada ja lülitus lakkab tegutsemast.

Et säilitada võnkumist, tuleb lühendada elektronide katoodilt anoodile liikumise kestust. Seepärast hakkasid konstruktorid lambi elektroode lähendada. See aga põhjustab elektroodidevahelise mahtuvuse suurenemist, mis, nagu me teame, takistab lainepikkuse vähendamist. Mitte-soovitava lambi sise-mahtuvuse suurenemise vältimiseks tuli vähendada elektroodide mõõteid, ehkki see vähendab lambi poolt tekitatavate võngete võimsust. Nii vähenesid raadiolambi mõõted ja muutus tema sisemine ehitus ning väliskuju.



Törulamp ja kettakujuliste elektroodidega majaklamp.

Ilmusid lambid, millised enda konstruktsiooni poolest tunduvalt erinevad tavalistest. Nende elektroodid on mitte silindrilise, vaid kettataolise lameda kujuga. Induktiivsuse vähendamiseks tehakse väljandkontaktid metallvöökeste kujulised, mis on seest ühendatud elektroodide külge. Elektroodide kaugus on vähendatud millimeetri kümnendikeni.

Vaatamata nende lampide konstruktiivsele omapärale jääb nende töötamise põhimõte selleksamaks, mida kasutatakse mistahes triodi töötamises: elektrone lambis tüürib endiselt anoodi ja katoodi vahele paigutatud võre.

Kuid on ka teisi viise elektronide voo tüürimiseks. Nende alusel konstrueeriti raadiolambid ultralühilainetele.

### Magnetrongeneraator

Tavalises raadiolambis reguleeritakse elektronide liikumist elektriväljaga, mis tekitatakse elektriliselt laetud anoodi ja võre poolt. Elektronid alluvad aga mitte ainult elektrivälja toimele. Nende liikumist saab juhtida ka

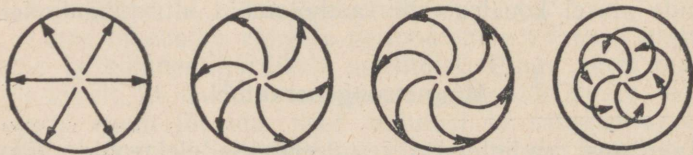
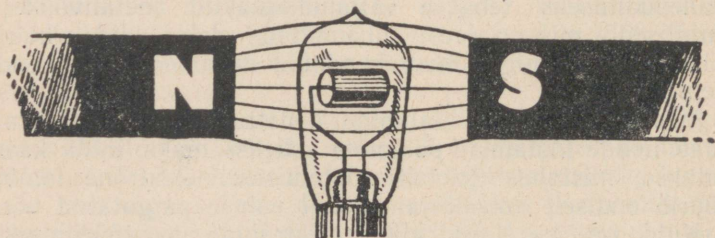
magnetvälja abil. Töötati välja lambid, milles elektronide liikumist üheaegselt mõjutavad niihasti elektri- kui ka magnetväli. Niisuguseid lampe nimetatakse magnetronideks.

Magnetronidel on ainult kaks elektroodi: silindrikujuline anood ja sirgjooneline katood, mis paikneb anoodi teljes. Magnetron asetseb tugeva magneti pooluste vahel ja on paigutatud nii, et magnetvälja jõujooned läbivad tema sisemust anoodi telje sihis.

Kui elektronid lahkuvad katoodilt, siis satuvad nad anoodi elektrivälja ja magneti magnetvälja mõjupiirkonda. Elektriväli sunnib elektrone liikuma anoodi poole ja need püüavad pääseda sinna kõige lühemaid teid kaudu — piki raadiust. Neil tuleb ristuda magneti poolt tekitatud välja jõujoontega. Seejuures hakkab elektronidele mõjuma uus jõud, mis kallutab neid kõrvale. See kõverdab elektronide teekonda, «keerutades» neid ümber magnetvälja jõujoonte.

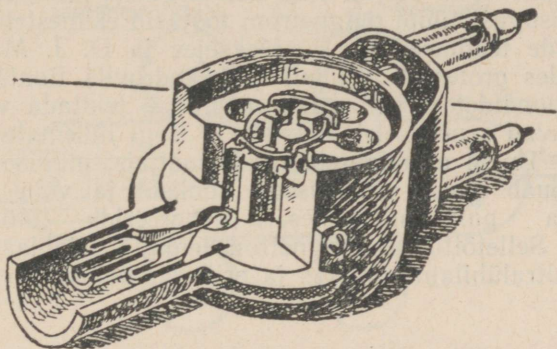
Nõrga magnetvälja toime on elektronide liikumisele vaevast märgatav: nende teekonnad anoodile jäävad peaaegu sirgjoonelisteks. Tugev magnetväli aga sunnib elektrone liikuma piki kõverjooni. Teatud tingimustel elektronid üldse ei satugi anoodile, s. t. temani mitte jõudes, pöörduvad nad katoodile tagasi, kusjuures anoodvool lakkab.

Anoodpinge ja magnetvälja tugevus valitakse nii, et elektronide tagasipöördumine toimub anoodi lähedal.



Magnetvälja toime elektronide liikumisele magnetronis; magnetvälja tugevnedes kõverduvad elektronide liikumisteed üha rohkem ja rohkem.

Elektronid lendavad anoodile pideva voona. Nende asemele, mis pöörduvad tagasi, ilmuvad uued. Selle tagajärjel tekib anoodi lähedusse omamoodi elektronide pilvekene. Kõik seda pilve moodustavad elektronid, alludes magnetvälja toimele, liiguvad ühes ja sellesamas suunas ning tekitavad pideva rõngakujulise voo. See on omamoodi katood, millest võib saada elektrone. Pole raske «nihutada» teda anoodile lähemale, reguleerides selleks anoodpinget.



Tänapäeva magnetron, mida kasutatakse kõige lühemate raadiolainete genereerimiseks.

Kui magnetroniga ühendada võnkering, siis saame generaatori, mis on võimeline tekitama sumbumata võnkeid.

Selle tõttu, et elektronide rõngakujuline voog peaaegu puudutab anoodi pinda, rikub vähimigi elektriline «tõuge» lülituse tasakaalu ja kutsub esile elektronide voo pulseerimise. Elektronid hakkavad sattuma anoodile. Anoodringis tekivad voolu pulsud, mis tekitavad võnkeringis võnkeid.

Hiljem hakati kasutama palju täiuslikumat tüüpi magnetrone. Võngete võimsuse ja stabiilsuse suurendamiseks hakati anoode valmistama läbilõigatuina. Anood jaotatakse mitmeks võrdseks segmendiks, millede külge ühendatakse võnkering.

Magnetroni tegevuse põhimõtte on tuttav juba umbes kolmkümmend aastat. Luua selle põhimõtte alusel võimsat generaatorit ülikiiirete elektromagnetiliste võnkumiste tekitamiseks ei õnnestunud aga kohe. Suure tähtsusega selle väljatöötamisel olid nõukogude füüsiku A. A. Slutskini uurimused, kes on üheks magnetrongeneraatori loojaist.

Ehituse poolest on magnetronid väga mitmesugused. Mõned neist tegutsevad eraldiasuvate vönkeringidega. Teisetüübilistes moodustab vönkering lambiga ühtse ter- viku ja asetseb tema kesta; vönkeringi mahtuvuseks on sel puhul anoodi segmentide vaheline mahtuvus.

Magnetronides, mis tegutsevad kõige lühematel lainetel, täidab vönkeringi osa õõsresonaatorite süsteem; seejuures õõsresonaatorid kujutavad endist anoodi massiivsest kehast pikisuunas väljatretitud ümmargusi avaasi ehk uur- deid. Niisugust tüüpi magnetroni töötasid esimestena välja nõukogude teadlased N. F. Aleksejev ja D. J. Maljarov, juhendades professor Mihhail Aleksandrovitš Bontš-Bruje- vitši näpunäidetest. Magnetron suudab tekitada vönkeid, mis tagavad sentimeetri pikkuste ja isegi lühemate lainete saamise. Ta on asendamatu raadiosaatjais, millede tööta- mine nõuab suure võimsusega vönkeid ja võib edukalt tegutseda pulsstingimustes (genereerida lühiaegseid pulse). Selletõttu on magnetron leidnud laialdast kasu- tamist ultralühilainetehnikas ja eriti radiolokatsioonis.

### Teine ülikiirete vöngete allikas

Teisiti tegutseb ülisuurte sageduste jaoks loodud teist- tüüpi elektronlamp — klüstron<sup>1</sup>.

Üheks klüstroni osaks, nagu igasuguses radiolambis, on katood. Siit saab alguse kiireltlendavate elektronide voog. Eriline seadis «pingutab» nad peeneks kiireks ja suunab piki kesta telge koguvale elektroodile, millel on kõrge positiivne potentsiaal.

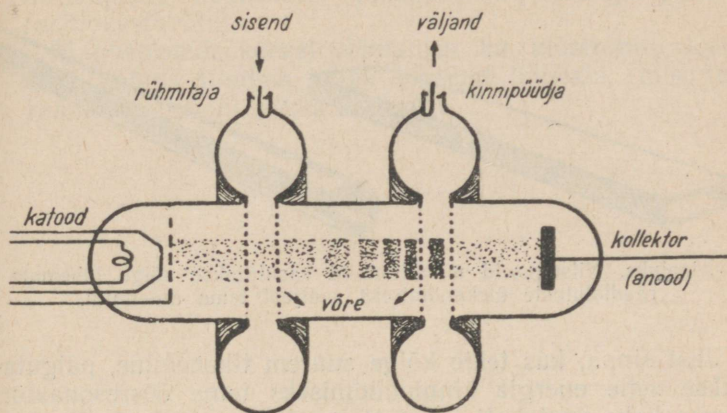
Kõik elektronid lendavad enda teekonna esimesel osal ligikaudu ühesuguse kiirusega, moodustades selles osas pideva ühtlase voo. Nad satuvad aga kahe teineteisele väga lähedale paigutatud võre vahelisse ruumalasse ja nende liikumises tekib järsk muutus.

Võred on õõsresonaatori vastaspoolseteks seinteks, mil- ledele juhatakse elektrivönked. Seetõttu tekib võrede vahe- lises ruumalasse elektriväli, mis mõjutab elektrone.

See väli muudab väga sagedasti enda suunda. Teatud hetkeil mõjub ta vastutuulena ja pidurdab elektronide lii- kumist. Seejärel tema mõju lakkab, kuna väli kaob. Siis

<sup>1</sup> Tõlkes tähendab «klüstron» — lainemurd.

ilmub väli uuesti, mõjub aga juba vastupidises suunas, kihutades elektrone pärituulena, ja nende liikumine kiireneb. Niisugune vahelesegamine kutsub esile ülikiirete võngete tekitamiseks vajaliku elektronide voo ümberkorraldumise. Vaatleme tähelepanelikumalt, kuidas see toimub.



Klüstron.

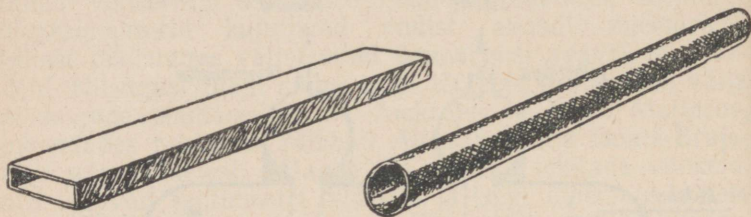
Elektronide teele tekitatud vahelduv elektriväli sunnib neid liikuma erinevate kiirustega. Need elektronid, mis lendasid resonaatori võrede vahele pidurdava välja puhul, kaotasid osa oma kiirusest ja hakkasid ümber paiknema aeglasemalt kui varem. Elektronid, mis lendavad läbi võre pisut hiljem, ei allunud elektrivälja toimele ja jätkavad lendu endise kiirusega. Elektronid, mis lendasid võrede vahele kiirendava välja puhul, said lisahoo ja liiguvad nüüd suurema kiirusega.

Lennanud resonaatori piirest välja, satuvad elektronid ruumalasse, kus vahelduv elektriväli enam ei mõju ja kus nende kiirused ei muutu.

Kõige esimestena ilmuvad sinna aeglustatud elektronid, mis liiguvad ees. Neile järgnevad elektronid, millede kiirus ei muutunud ja lõpuks, veidi tagapool, elektronid, millised said kiirenduse. Neid eraldavad kaugused vähenevad kiiresti. Keskmise kiirusega lendavad elektronid saavad kätte eesmised ja taga lendavad kõige kiiremad saavad kätte niihästi esimesed kui ka teised.

Resonaatorist teatud kaugusel kogunevad üksikud elekt-

ronid kokku ühte suure tihedusega rühma, mille ette tekib hõrendus. Elektronide rühmitumine toimub pidevalt. Vaevalt lahkub üks rühmitus teatud kohast, kui sinna tekib juba uus. Nii muutub elektronide pidev voog üksikuteks elektronide rühmitusteks, mis on võimelised energiat ära andma tugevate pulssidena.



Lainejuhe. Niisuguseid metalltorusid kasutatakse kõige lühemate raadiolainete ülekandmiseks saatjast tema antennini.

Just sinna, kus tekib kõige suurem tihenemine, paigutatakse selle energia kinnipüüdmiseks teine oõsresonaator. Tema kaks vastakutiasetsevat avadega seinakest moodustavad lendavate elektronide teele paigutatud teise paari võresid. Läbides nende võrede vahelist ruumala, annavad elektronid siin oma energia ära. Elektronide «lainemurd» mõjub resonatorile ja selles tekivad võimsad elektromagnetilised võnked, mis juhitakse sealt nende ära kasutamiseks välja.

Väljaspool teise resonatori piire elektronide rühmitumist enam ei esine. Seal satuvad elektronid positiivselt laetud koguvale elektroodile — kollektorile.

Mille poolest on siis huvitavad teises resonatoris tekivad võnked? Sageduse poolest on nad samasugused nagu võnked, mis tekkisid esimeses resonatoriski, kus toimus elektronide rühmitumine, nende võimsus on aga mitu korda suurem. Seega võib klüstron töötada esimesse resonatorisse kantud võngetega võimendajana. Kui aga teine resonator elektriliselt ühendada esimesega, siis täidab see ühendus tagasisidestuse ülesannet nagu tavalises lampgeneraatoris — klüstron ise muutub ülisagedate võngete allikaks. Klüstroni sisselülitamisel tekib paratamatult elektriline «tõuge», mis kutsub esile omavõnked teises resonatoris. Tagasisidestuse tõttu satub tühine osa nende võngete energiast esimesse resonatorisse ja põhjustab elekt-

ronide rühmitumist. Elektronide «lainemurru» energia toetab võnkeid teises resonaatoris ega lase neid sumbuda.

Õige väikese võimsusega klüstrone valmistatakse ühe resonaatoriga, mis üheaegselt niihästi rühmitab elektrone kui ka püüab kinni nende energiat. Niisuguseid klüstrone on hõlpsam häälestada ja neid kasutatakse peamiselt raadiovastuvõtul.

Magnetronide kõrval võimaldas ka klüstronite kasutamine õppida tundma kõige lühemat laineala, mis tagas raadiolokatsiooni eduka arengu.

---

---

## VIIES PEATÜKK

### MIS ON RAADIOLOKATSIOON

#### Raadiolokatsiooni aluseks on raadiokaja

Sõna «raadiolokatsioon» hakati kasutama teise maailmasõja alguses. Selle taga peitus midagi salapärast, millest tol ajal teadsid vähesed.

Raadiolokatsioon on mingisuguse objekti (lennuki, laeva või tanki) täpse asukoha määramine raadiolainete abil. Selleks otstarbeks kasutatakse raadiokaja.

Saatja kiirgab välja ultralühilaineid. Kohates enda teekonnal mingit tõket, hajuvad lained igasse külge ja osa neist pöörduv sama teed mööda tagasi. Raadiolainete tagasisaabumine näitab, et nende teel leidus takistus. Kui mööta lainete sinna ja tagasi liikumise aeg, siis on lihtne kindlaks määrata kaugust tõkkeni.

Oli vaja mitmete teadlaste aastatepikkust pingsat tööd, et selle lihtsa põhimõtte alusel luua ajakohane raadiolokaator. See kujutab endast ülimalt keerukat raadiotehnilist aparati.

Erinevalt tavalistest raadiojaamadest, mis kiirgavad raadiolaineid välja pidevalt, saadab raadiolokaator neid välja üksikute lühikeste kogustena, mida nimetatakse puls-sideks.

Pärast igat pulssi katkestatakse hetkeks väljakiirgamine ja raadiolokaator teostab peegeldunud lainete vastuvõttu. Seejärel kiirgab ta välja järgmise pulsi ja nii toimub see palju kordi sekundis.

Pulsside vaheldumine meenutab südame rütmilist tegevust. Need järgnevad üksteisele võrdsete vaheaegade tagant. Seda rütmi määravad seadet nimetatakse pulssgeneraatoriks.

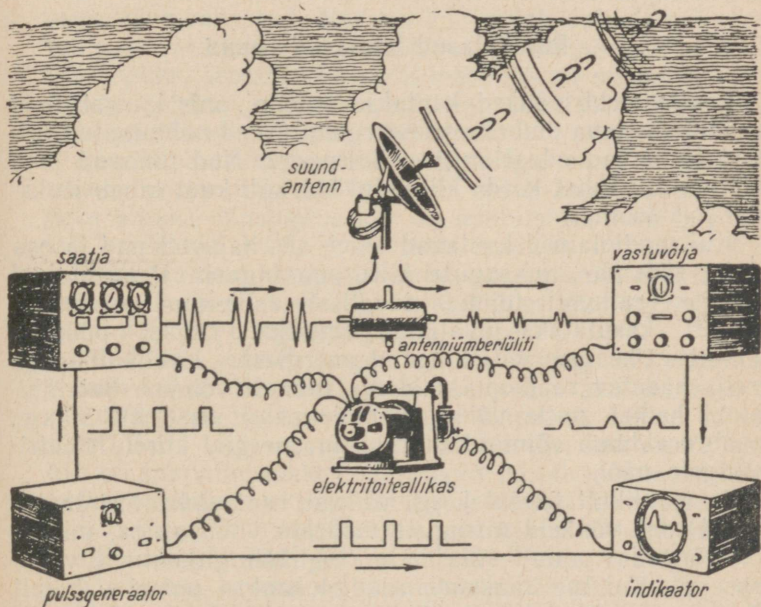
## Raadiopulsside sünd

Pulssgeneraator tekitab ülilühikesi elektripulse, mis kiirelt üksteist asendavad. See tähendab, et elektripinge generaatori väljandklemmidel perioodiliselt katkeb. Ta ilmub tühiselt väikeseks osaks sekundist ja kaob siis jällegi, tekib uuesti ja kaob jällegi. Niisugused vaheajad järgnevad üksteisele väga kiirelt.

Meie tavaline ajaarvestus siin ei kõlba. Kui meie mõõdame aega tundides, minutites, sekundites, siis raadiolokatsioonis mõõdetakse seda sekundi tuhandikes ja miljonikes.

Pulssgeneraator tekitab sadu ja tuhandeid pulse sekundis. Need on käsklussignaalid, mis juhivad saatja ja raadiolokatsioonijaama teiste koostisosade tegevust.

Raadiolokaatori saatja tekitab väga suure sagedusega elektromagnetilisi võnkeid. Kui laine pikkus on 1 meeter, siis tekib 300 000 000 elektrivõnget sekundis. 1-sentimeetrise laine puhul tekib neid 100 korda rohkem.



Raadiolokaatori tegevuse skeem.

Pulssgeneraatori toimetel lülitub raadiosaatja kord sisse, kord välja. Nende lülitumiste vaheldumine järgneb üksteisele rangelt rütmiliselt, võrdsete ajavahemike järel.

Saatja lülitatakse sisse ainult sekundi miljondikeks. Selle aja vältel jõuab aga tekkida mitusada ja isegi tuhat elektrivõnget. Niipea, kui saatjale toimiv elektripulss lõpeb, lülitub saatja automaatselt välja ja katkestab kiirgamise — saabub vaheaeg.

Vaheajad pulsside vahel on pulssidest endist sadu kordi kestvamad. Järelikult aeg, mille kestel teostub raadiolainete väljakiirgamine, moodustab väga väikese osa raadiolokaatori tegevusajast. Katsume arvutada kõigi pulsside kestust raadiolokaatori ööpäevase tegevuse vältel.

Kiiratagu sekundis 1000 pulssi ja iga pulsi kestus olgu üks miljondik osa sekundist. Sekundis toimub 1000 saatja sisselülitumist ja nende üldine kestus moodustab üks tuhandik sekundit. Ööpäevas saadab raadiolokaator välja 86 400 000 pulssi, nende koguvältus moodustab aga ainult 86,4 sekundit!

### Raadiolasud lendavad ruumi

Saatja elektrivõnked kantakse antenni, mis kiirgab neid raadiolainetena ümbritsevasse ruumi. Need nähtamatud lainetormavad edasi valguse kiirusega. Nad jõuavad oma sihile mitu tuhat korda kiiremini kui küti kuul tabab jooksvat metsloomat.

Kui raadiolained kohtavad tõket, siis hajuvad nad ja osa neist sööstab samasuguse kiirusega tagasi. Peegeldunud lainete vastuvõtt toimub tavaliselt sellesama antenniga, millist kasutatakse väljakiirgamiseks. Tagasi pöörduvad ainult väike osa väljakiiratud energiast. Järelikult peab väljasaadetav raadiopulss olema ülimalt võimas. Sel lühikesel hetkel, mille vältel raadiolokaator sisse lülitatakse, peab eralduma võimalikult rohkem energiat kiirete elektrivõngete näol.

Ja tegelikult tekitataksegi väikese raadiolokaatori saatja tegutsedes võnkeid niisuguse määratu võimsusega, milline on võrreldav ainult suurimate ringhäälinguajaamade võimsusega. Kui me saaksime raadiolokaatori pulssi vahetult kuulda, siis tunduks see lühikene raadiolainete rida meile kõrvulukustava kogupauguna. Mida suurem võimsus sisal-

dub neis raadiolainetes, seda kaugemaleulatavam on raadiolokaator ja seda suurem on tema tegevusraadius.

Peegeldunud signaal saabub tagasi õige nõrga kajana. Et seda kinni püüda ja eristada saadetud signaalist, ei tohi saatja sel ajal kiirata. Seepärast tegutsebki raadiolokaator vaheaegadega. Pärast seda, kui raadiopulss on välja saadetud, lülitatakse saatja välja. Vaheaja vältel vastuvõtja «kuulab» kaja.

Raadiolokaator nagu «tulistaks» raadiopulssidega. Tagasipöörduvad raadiokaja signaalid, et raadiolaine sirgjoonelisel teel on tõke. Kauguse selleni määrab aga kindlaks kaja hilinemise aeg: lähedasem kaja saabub tagasi varem, kaugem — hiljem.

### Kuhu osutab raadiolokaatori kiir

Objekti avastamisega ja kauguse kindlakstegemisega aga asi ei piirdu. Mitte vähem tähtis on teada ka suunda.

Selleks kasutatakse raadiolokatsioonis omapärase ehitusega antenni. Väliskujult on nad tavaliste antennidega väga vähe sarnased. Nad on kas suurte rehade või võrede taolised metallvarraste süsteemid, omapärased ruuporid või, lõpuks, prožektori peeglit meenutavad nõgusad pinnad. Antenni ehitus ja mõõted sõltuvad kasutatavate raadiolainete pikkusest ja jaama otstarbest.

Raadiolokatsiooni-antenn ei kiirga raadiolaineid igas suunas nagu ringhäälingujaam, vaid koondab need peeneks kiireks. Niisugune kiir on nähtamatu, kuid ta meenutab prožektori kiirt, mida saab suunata mitmesse külge. Kogudes laineid kimpu, tihendab antenn neid ega lase neil hajuda. Ta saadab energiat ainult ühes suunas, mille tõttu raadiolokaatori tegevuskaugus suureneb.

Peamine seisneb aga muus. Niisuguse omadusega antenn võimaldab kindlaks teha suuna avastatud objektile.

Kui meieni jõudis raadiokaja, tähendab, lained kohtasid tõket. Seda võib aga juhtuda ainult siis, kui raadiolainete kiir on suunatud tõkkele. Järelikult näitab kiire suund sellel hetkel suunda objektile. Kui aga nihutada kiirt kõrvale, siis lähivad raadiolained objekti kohtamata tõkkest mööda ja raadiokaja ei teki.

Niisugune antenn on suunatav mitte ainult kiirgamisel, vaid ka siis, kui teostatakse raadiovastuvõttu. Ta on kõige tundlikum lainete suhtes, mis saabuivad tema sümmeetria-

teljega ühtivas suunas. Sellepärast näitab alati kõige tugevam raadiokaja, et avastatud objekt asetseb seal, kuhu antenn on suunatud. Raadiolokaatori antenn kontsentreerib vastuvõetavate raadiolainete energiat. See tugevdab raadiokaja ja muudab raadiolokaatori palju tundlikumaks.

### Raadioprožektor avastab objekti

Kui kasutatakse väga lühikesi laineid, siis tehakse antenn sageli prožektori kujulisena.

Tuletame meelde, kuidas on ehitatud tavaline prožektor. Võimas valguseallikas paigutatakse paraboolpeegli fookusesse. Valguskiired langevad peegli pinnale ja sellelt peegeldudes koonduvad kitsaks rööbitiseks kiireks. See kiir ongi prožektori kiir.

Raadiolokatsioonis talitatakse samuti. Paraboolse reflektori fookusesse paigutatakse raadiolainete allikas. Sellesse juhitakse saatjast elektrivõnked. Need ülikiired võnked moodustavad väga lühikesi laineid, mis langevad reflektorile. Pärast peegeldumist koondatakse nad kiireks ja nad moodustavad nähtamatu radiokiire.

Mida suuremad on antenni mõõted, võrreldes raadiolaine pikkusega, seda kitsam kujuneb kiir. Seepärast püütaksegi raadiolokatsioonis kasutada väga lühikesi laineid: sest mida lühem on laine, seda väiksemate mõõdetega antenni vajatakse. Peale selle peegelduvad lühemad lained hästi väikestelt tõketelt ja hõlbustavad seega avastamise ülesannet.

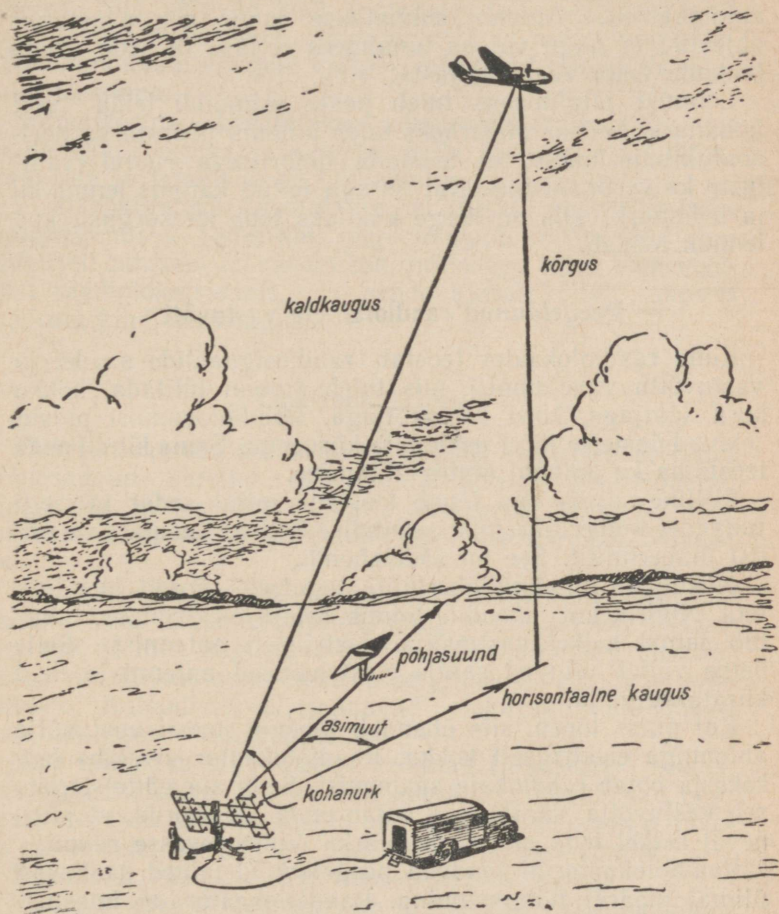
Peened raadiolainete kiired võimaldavad mitte ainult täpsemalt määrata suunda objektile, vaid nad annavad võimaluse eristada ühte objekti teisest isegi siis, kui objektid asetsevad väikesel kaugusel.

Kujutlege, et teineteise lähedal lendavad kaks lennukit. Kui raadiolainete kiir on väga lai, siis haarab ta lennukeid korraga ning saadakse üldine raadiosignaal. Kui aga kiir on kitsas, siis on teda liigutades võimalik saada raadiokaja eraldi kummaltki lennukilt. Kuid mida kitsam on kiir, seda raskem on objekti «tabada».

Otsimise hõlbustamiseks kasutatakse sageli teist laia raadiolainete kiirega raadiolokaatorit. See avastab objekti ja määrab ligikaudselt tema asukoha. Kui see on tehtud, siis leiab kitsa kiirega raadiolokaator märgi juba kergesti üles ja teeb kindlaks tema täpse asendi.

Kui on vaja määrata suund laevale või mingile maismaal olevale objektile, on tarvis teada ainult nurka horisontaalpinnas — asimuuti<sup>1</sup>.

Et avastada objekti, tuleb raadiokiirt liigutada. Pööreldes koos antenniga ümber püsttelje, «vaatleb» ta järgimööda



Raadiolokaator määrab väga täpselt kindlaks avastatud objekti asukoha.

<sup>1</sup> Asimuu on nurk põhjasuuna ja teatud objektile kulgeva suuna vahel.

kõiki horisondi punkte. Niipea, kui raadiolained kohtavad peegeldavat objekti, annavad nad sellest viibimata signaali raadiokaja näol. Siis võib antenni peatada ja jaotustega kettalt, mida mööda liigub antenniga ühendatud osuti, või eriliselt ekraanilt lugeda asimuudi (s. t. saada teada suund).

Täiuslikum raadiolokaator saab jälgida objekti liikumist automaatselt. Antenni suunatakse kogu aeg avastatud objektile ja nagu valvas tunnimees ei lase ta seda enam lahkuda enda «vaateväljast».

Lennuki jälgimiseks tuleb peale asimuudi leida veel kohanurk. Selleks otstarbeks tuleb antenni pöörata ka horisontaaltelje ümber, et teostada ümbritseva ruumi «vaatlust» ka vertikaalsihis. Kui on aga leitud kaugus lennukini ja kohanurk, siis on kerge kindlaks teha ka kõrgust, kus lennuk lendab.

### **Pegeldunud raadiolainete vastuvõtt**

Kuna raadiolokaator teostab raadiosignaali saadet ja vastuvõttu vaheldumisi, siis tuleb antenn lülitada kokku kord saatjaga, kord vastuvõtjaga. Raadiolokaatori pulsud tekivad üksteise järel uskumata kiirusega. Sama kiirelt peab teostuma ka antenni ümberlülitamine.

Milline seadis aga jõuab teostada mitut sadat ja isegi tuhandet ümberlülitamist sekundis? Selleks kasutatakse erilist ümberlülitit. See on sädelahendi.

Niisugune antenniümberlülitit tegutseb täpselt ja häireteta. Niipea, kui lahendile toimib saatja elektripulss, lahutub samal hetkel vastuvõtja elektriliselt antennist. Selle hetke vältel satuvad saatja elektrivõnked antenni ja nad kiiratakse välja.

Kui pulss lõpeb, siis ühendab lahendi uuesti vastuvõtja antenniga elektriliselt kokku. Raadiolokaator «vaikib» hetkeks ja ootab raadiokaja saabumist. Selle aja vältel tegutseb vastuvõtja, saatja aga ootab enda järjekorda, et järgneval hetkel teha uus «raadiolask» ümbritsevasse ruumi.

Raadiolokaatorini jõudvad peegeldunud lained saabuval ülimal määral nõrgenenuina. Raadiolokaator on imestusväärset ergas aparaat ja ta märkab neid. Tema tundlikkus on väga suur. See on võrreldav inimsilma tundlikkusega.

Antennist satuvad raadiokaja signaalid vastuvõtjasse, mis moodustab ühe keerukama osa kogu seadmest, ehkki ta mõõdetelt pole suur.

Ta reageerib täiesti tühise võimsusega signaalidele. Nagu akadeemik B. A. Vvedenski näitab, on selleks küllaldane niisugune võimsus, mida arendab 1-grammine kaaluvihike, kui see langeks kiirusega üks millimeeter aastas!

Vastuvõtja võimendab saabuvald signaale mitmekordselt ja need alluvad seal keerukaimale elektrilisele «ümbertööt-lusele». Siis satuvad nad indikaatorisse<sup>1</sup>. Selle ekraanil saab lõpuks näha nende nähtamatuina ja mittekinnipüütavaina tunduvate võngete «jälgi», mis tegid läbi sellise keeruka teekonna.

Indikaatorina kasutatakse elektronkiiretoru. See on raadiolokatsioonijaama «elektronkell». Selle riista tähtsus teadusele ja tehnikale on hindamatu.

Elektronkiiretoru kasutatakse kujutiste vastuvõtmiseks kaugnagemises. Tema abil ongi võimalik mõõta neid ebatavaliselt lühikesi ajavahemikke, milledega tuleb teha tege-mist raadiolokatsioonis, ja nende alusel küllalt täpselt määrata kindlaks kaugusi.

### Elektronkiiretoru

Elektronkiiretoru on äärmiselt täiuslik elektriseade. Tema põhiosad on suletud lehitraolise kujuga kinnijoodetud klaaskesta, millest õhk on välja pumbatud. Kesta lai põhi on ekraaniks, millel peegeldub ese, mille raadiolokaator avastas.

Toru peenese ossa on paigutatud niinimetatud «elektron-kahur». Seal leidub metallniit, mida kuumutatakse elektri-vooluga, ja mis, nagu tavalisteski raadiolampides, on mää-ratud vabalt lendavate elektronide allika — katoodi — küt-miseks. Katoodist väljalendavad elektronid suunduvad toru laia ossa — ekraanile.

Neid mõjustab kiirendav ja koondav (fokuseeriv) seadis, mis ei lase elektronidel lennata kõrvale ja kogub nad peenese kiirsesse. See seadis toimib elektronidele nagu lääts valguskiirtele, koondades nad ekraanile ühte punkti.

Seestpoolt kaetakse kest fluorestseeriva seguga.

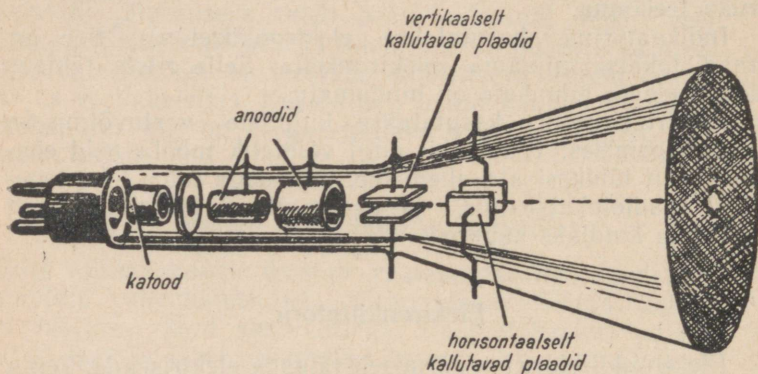
Määratu kiiruse tõttu muutub iga elektron väikese mürsu taoliseks. Elektronid otseses mõttes pommitavad ekraani. Ja selles kohas, kuhu langeb nähtamatu elektronide kiir, hakkab ekraan helendama. Temal süttib hele tähn. Kui

<sup>1</sup> «Indikaator» on ladinakeelne sõna, mis tähendab «osutaja».

elektronide kiirt liigutada, siis hakkab valgustähnike ekraanil samuti ühest kohast teise nihkuma.

Enda liikuvuse tõttu saavad elektronid reageerida äärmiselt lühikestele ja kiirelt üksteisele järgnevatele elektripulsudele. Selles seisnevadki need erakordselt väärtuslikud omadused, millised on elektronikiiretorul.

Elektronide kiirt torus juhivad kaks paari elektriliselt laetud plaate. Üks neist asetseb vertikaalselt, teine — horisontaalselt.



Elektronikiiretoru.

Kujutleme, et ülemine plaat on laetud positiivselt ja alumine negatiivselt. Elektronide lennates plaatide vahel, tõmbab ülemine plaat neid kui negatiivseid osakesi enda poole ja alumine tõukab neid endast eemale. Elektronide kiir asetub ülespoole ja koos temaga tõuseb ka tähn ekraanil. Teine elektriliselt laetud plaadipaar nihutab samuti elektrone, mitte aga vertikaalses, vaid horisontaalses suunas.

Seega võib elektronide kiir juhtivate plaatide toimel liikuda vertikaalses ja horisontaalses suunas. Täpselt samuti paikneb ekraanil ümber ka helendav tähn.

### Raadiopulsside jäljed ekraanil

Toru plaatidele, mis tüürivad elektronide kiire liikumist horisontaalsuunas, antakse kiirelt muutuv elektripingeline. See annab elektrilisi käsklusi vaheldumisi «paremale» ning «vasakule» ja elektronide kiir täidab neid

kuulekalt. Selle tulemusel valgustähn samuti liigub. Tema horisontaalne rada kulgeb piki ekraani läbimõõtu.

Tähn liigub ühtlase kiirusega. Täpselt on teada, millise aja vältel läbib ta kogu teekonna vasakult paremale. Kui see teekond jagada võrdseteks osadeks, siis saab neid kasutada aja mõõtmiseks.

Elektronide kiire liikumist vertikaalsihis tüürib teine plaadipaar. Sellele kantakse raadiovastuvõtja poolt vastuvõetud ja võimendatud raadiosignaali pinge. Mida tugevam on vastuvõetud signaal, seda kõrgemale tähn ekraanil kaldub.

Elektronikiiretoru tegevus on rangelt kooskõlastatud raadiolokatsioonijaama teiste osade tegevusega. Sel hetkel, millal raadiolokaator alustab raadiolainete väljakiirgamist, annab pulssgeneraator torule toimiva elektrisignaali ja tähn hakkab ekraanil liikuma. Selle aja vältel on vastuvõtja antennist eraldatud. Raadiolokaatori võimas pulss aga mõjutab teda. Vastuvõtja kuuleb «raadiolasku» täpselt samuti nagu suurtükiväelane kuuleb kahurilasku, kuigi ta katab kõrvad tihedalt kinni.

Vastuvõtja poolt tajutud väljakiirratav pulss satub toru kallutusplaatidele ja kallutab elektronide kiire kõrvale. Ekraani algservale ilmub terav helendav hammas. See väljakiirratava pulsi «kujutis» on signaaliks selle kohta, et ruumi on saadetud raadiolainete annus.

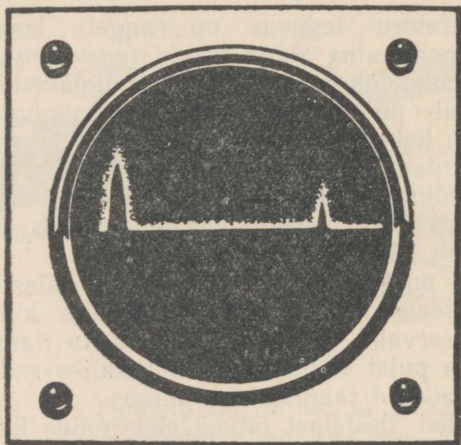
Pärast sellist üleshüpet jätkab elektronide kiir liikumist paremale. Jõudnud parempoolse servani, pöördub ta silmapilkselt tagasi. Sel hetkel lähetab raadiolokaator järjekordse annuse raadiolaineid. Tähn kargab uuesti ekraani alguses üles ja tormab edasi. See kordub sekundis niimitu korda, mitu raadiopulssi raadiolokaator välja saadab. Liikuva elektronide kiire jäljed ekraanil kattuvad ja moodustavad pideva heleda joone.

Kui raadiolokaatori tegevuspiirkonnas mingeid objekte pole, siis jääb ekraanile ainult üks terav hammas — väljakiirratavate raadiopulsside «kujutis». Kui aga lained kohtavad tõket, siis vastuvõtja tajub raadiokaja. Vastuvõetud signaal mõjub silmapilkselt liikuvale elektronide kimbule, mis teeb järsu hüppe üles ja ekraanile ilmub teine helendav hammas — raadiokaja «kujutis». Kui lähetatud raadiosignaal pöördus tagasi, siis tähendab, on avastatud objekt.

## Raadiolokaatori kaugnägelikkus

Vaatame tähelepanelikumalt elektronkiiretoru ekraanile. Sellel on kaks helendavat hammast: vasakul — suur ja paremal — väiksem.

Ajavahemikul, millal tähn liikus vasemast hambast kuni parempoolseni, liikus lähetatud raadiosignaal objektini ja tagasi. Nende teekonnad on erinevad, liikumise vältus aga üks ja seesama.



Mis on näha elektronkiiretoru ekraanil?

Hammastevaheline kaugus näitab raadiokaja hilinemist. Mõõtes selle lõigu pikkuse, saame raadiolainete liikumise kestuse. Nende kiirus on aga 300 000 kilomeetrit sekundis. Teades ühte ja teist, saab määrata kindlaks kauguse kuni objektini.

Olgu raadiosignaal kulutanud liikumiseks sinna ja tagasi näiteks ühe viietuhandiku osa sekundist. Tähendab, läbitud teekond on 60 kilomeetrit, kaugus objektini on aga kaks korda väiksem, s. o. 30 kilomeetrit.

Ekraanile helendava joone alla märgitakse jaotustega skaala. Sellelt on korruga võimalik lugeda kaugust. Mida enam paremal hele hammas ekraanil on, seda rohkem hilineb kaja, seda kaugemal on objekt; mida enam vasakul on hammas, seda lähemal on objekt.

Kui raadiolainete kiir kohtab mitut objekti, siis igaüks neist saadab enda raadiokaja ja ekraanile süttib samapalju heledaid hambaid. Piisab ühest pilgust ekraanile ja kõik on selge: mitu objekti avastas raadiolokaator ja kui suur on kaugus iga objektini.

Objekti liikudes muutub hamba asend ekraanil, kuna muutub kaugus. Kui objekt ligineb, nihkub hammas aeglaselt vasemale; kui ta kaugeneb, nihkub hammas paremale. Jälgides kujutist ekraanil, on lihtne teada saada kuhu ja missuguse kiirusega liigub objekt.

Elektronkiiretorude ekraanide läbimõõdud on kõigest 5 kuni 30 sentimeetrit. Siiski on neil väikestel pinnakestel võimalik mõõta kaugusi kümnetes ja sadades kilomeetrites kuni kümnekonna meetri täpsusega, suunda aga kraadi murdosa täpsusega.

Mõnedel raadiolokatsioonijaamadest on mitte üks, vaid mitu indikaatorit. Lihtsaim neist on elektronkiiretoru kauguse mõõtmiseks.

On aga ka indikaatoreid niisuguste ekraanidega, millelt üheaegselt saab määrata kindlaks kaugust ja asimuuti, asimuuti ja kohanurka või kõrgust. Kõige täiuslikumad neist näitavad aga avastatud objektide omavahelist asetust.

Raadiolained on nähtamatud. Kuid nende abil silmitseb raadiolokaator teda ümbritsevat ruumi. See valvas ja kaugnägelik aparaat «näeb» kaugele ümberringi läbi ööpimeduse ja udu, läbi suitskatte ja pilvede.

### Raadiolokatsioon ja ... nahkhiired

Võiks arvata, et pole midagi ühist raadiolokatsiooni ja nahkhiire vahel, aparaadi, millele on uhke XX sajandi tehnika, ja väikese, suurte tiibadega loomakese vahel. See pole aga nii.

Nahkhiired on väga omapärased olendid. Nad elutsevad peamiselt lõunas. Nad on ööelanikud. Päeval nad magavad, niipea aga kui päike vajub silmapiiri taha, lendavad nad oma varjupaikadest välja. Nende tiivuliste loomakeste selline eluviis raskendas nende vaatlemist ja nende kohta kujunes legende.

Nahkhiirtel on terane kuulmine. See aitab neil pidada putukaile jahti hääle järgi. Neil on väga suured kõrvad ja suur suu.

Nahkhiirte kõrvad on äärmiselt liikuvad. Kuulnud vähi-  
matki müra, tõstab hiir need üles ja kuulatab, tugeva  
müra puhul aga pöörab need kiirelt tagasi.

Juba ammu on pandud tähele, et nahkhiired saavad  
lennata täielikus pimeduses, takistuste vastu pörkamata.  
Poolteistsada aastat tagasi otsustas üks loodusteadlane  
välja selgitada, mis nimelt aitab neil orienteeruda pimedu-  
ses.

Ta kleepis nahkhiire silmad kinni ja laskis ta pimedasse  
tuppa. Pimedakstehtud hiir lendas takistustest mööda, hoi-  
dudes neist suure osavusega kõrvale.

Vaheseina tehti ava. Hiir lendas osavalt sellest läbi.  
Risti ja põiki üle toa tõmmati traadid, millede külge olid  
riputatud kuljused. Nägemise kaotanud hiir lendas tun-  
dide viisi toas ringi ega riivanud kordagi traate; kuljused  
vaiksid.

Tehti katset teise hiirega ja kordus seesama. Siis kaeti  
hiir lakiga. Kaotanud kompimisvõime, lendas ta endiselt  
toas ringi, ilma traadi vastu puutumata.

Kordamööda muudeti tegevusvõimetuks igaüks hiire  
aistimiselundeist. See ei mõjutanud mingil määral lendu:  
ta lendas samasuguse enesekindlusega.

Lõpuks topiti ta kõrvad kinni. Ta lendas üles ja kohe  
hakkasid toas kuljused helisema. Hiir kaotas orienteeru-  
mise ja rabeles, pörkudes vastu takistusi. Oli selge, et  
kuulmine, teraseim kuulmine, võimaldab nahkhiirel len-  
nata mööda tema teel leiduvaist tõketest.

Kuidas aga toimub niisugune täpne orienteerumine?  
Kus on see heliallikas, mis abistab hiirt tema osaval len-  
nul? Mitte ükski bioloog ei osanud sellele vastata. Nahk-  
hiirte saladus jäi kauaks mõistatamata.

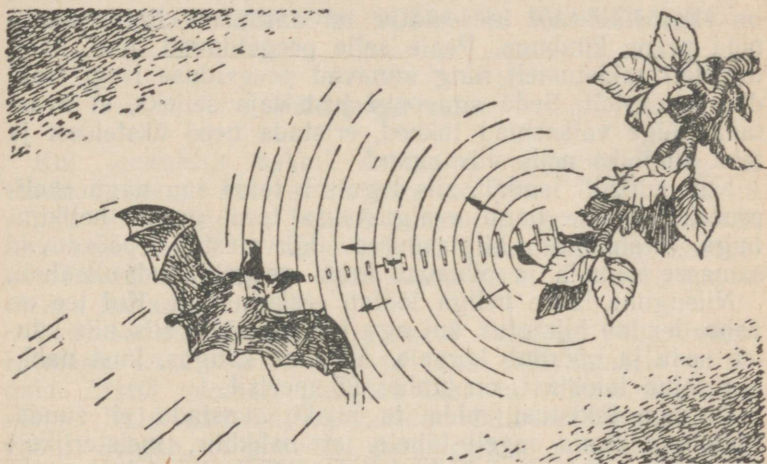
1920. aastal püstitati oletus, kas nahkhiired ei tekita  
mitte erilist inimese poolt mittekuuldavat heli. Sel ajal,  
kui teostati esimesi katseid nahkhiirtega, keegi seda ei  
aimanud. Siis ei teatud ultraheli olemasolu, mida täna-  
päeval on hästi tundma õpitud.

Nii kõrget heli, mille puhul õhuosakeste võngete arv on  
üle 20 000 sekundis, inimene kuulda ei saa. See ongi ult-  
raheli. See mida me kuuleme, on ainult väikene osa neist  
helidest, mis looduses esinevad.

1942. aastal hakkasid bioloogid uuesti katsetama nahk-  
hiirtega. Nüüd olid nad aga varustatud XX sajandi tea-  
duse saavutustega. Bioloogid mitte ainult kordasid kõiki

vanu katseid, vaid täiendasid neid ka sellega, et sidusid hiire suu kinni. See mõjus temale täpselt samuti, nagu kuulmise kaotus.

Oletus ultrahelist hakkas tõestuma. Teadus vajab aga täiesti täpseid, ümberlükkamatuid tõendeid. Kui ultraheli kuulda ei saa, siis otsustasid teadlased muuta selle nähtavaks ja kirjutasid ta erilise aparatuuri abil lindile. Sellele jäädvustasid väga kiirelt järgnevate võngete jäljed.



Ultraheli kaja hoiatab nahkhiirt tema teel olevate takistuste eest.

Kui need üle loeti, selgus, et nahkhiir tekitab väga kõrget heli — 25 000 kuni 70 000 helivõnget sekundis.

Pärast vaevarikaid katseid selgus, et nahkhiir tekitab inimesele mittekuuldavat heli ja ise tajub seda pärast takistustelt peegeldumist.

Nahkhiire poolt tekitatava ultraheli üleskirjutamine selgitas, kuidas nahkhiir kasutab oma orienteerimisaparati. Selgus, et nahkhiir toob ultraheli kuuldavale vaheaegadega.

Pärast väga lühikest «karjatust» ta vaikib. Seejärel «karjub» uuesti ja taas vaikib. Niisuguseid karjatusi toob ta esile enne üleslendu kümne ümber sekundis, lennu välitel kolmekümne ümber ja kuuekümne ümber siis, kui ta lendab takistusele lähedale.

Järjekordne karjatus toimub kohe pärast seda, kui on saabunud peegeldus. Mida lühem on tee tõkkeni, seda kiiremini saabub kaja ja seda sagedamini hiir karjatab. Nähtavasti nende karjatuste sageduse järgi ta tunnetabki kaugust takistuseni.

Nahkhiir kasutab ära helilaineid umbes samuti nagu raadiolokatsioonis kasutatakse ära raadiolaineid. Siin on omapärane ultraheli rakendav lokaator.

Inimese poolt kuuldav heli selleks otstarbeks ei kõlba. Tal ei ole neid omadusi, mis on ultrahelil. Ultrahelilained on väga lühikesed ja seetõttu on äärmiselt lihtne saata neid peene kimbuna. Peale selle peegelduvad nad hästi tühistelt takistustelt ning annavad peegelduse isegi traadilt ja okstelt. Seda aga ongi just vaja selleks, et avastada kõige väiksemad tõkked, eristada need üksteisest ja teha kindlaks neile viiv suund.

Kui nahkhiir lendab, siis tegutseb tema suu nagu «heli-prožektor». See nagu «valgustaks» teed peene helikimbuga. Nahkhiire hiiglasuured kõrvalestad pöörduvad samasse suunda ja püüavad kinni peegeldunud ultraheli.

Niisugune luure heliga töötab eeskujulikult. Kui tee on vaba, lendab hiir otse, kui aga teel on tõke, siis hiir kuuleb seda ja pöörduv kõrvale. Äärmine kaugus, kust nahkhiir tajub takistust, on umbes 25 meetrit.

On aga takistusi, mida ta siiski avastada ei suuda. Bioloogid panid sageli tähele, et nahkhiir, meisterlikult lennates pimeduses mööda kõigist tõketest, pörkas vastu inimese pead. See oli täiesti arusaamatu, nüüd on aga võimalik niisugust nahkhiirte imelikku käitumist seletada.

Juuksed neelavad väga tugevalt ultraheli ega tekita peegeldust. Kui aga pole kaja, siis takistus ei avastu ja nahkhiir võib kergesti pörgata vastu inimese pead. Seda juhtub aga nahkhiirte elus harva ja nad kasutavad edukalt looduslikku helilokaatorit endi õistel lendudel.

## KUUES PEATÜKK

# RAADIOLOKATSIOONI SÖJALINE KASUTAMINE

### Nähtamatu valve

Kui lennukeid hakati kasutama pommitamiseks, ei teadnud keegi, kuidas nendega võidelda. Nad lendasid vabalt õhus ringi ja heitsid pomme. Lennuvägi muutus üha tugevamaks ja tugevamaks. Lennukite arv kasvas, suurenesid kiirused ja pommikoormad. Õhuoht sundis otsima kaitsevahendeid.

Esimese maailmasõja ajal said Londoni politseinikud ootamatu käsu: otsida üles ja tuua läbivaatusele pimedaid. Arstid vaatasid pimedad läbi ja valisid kõlblikud välja. Neid otsustati kasutada võitluses õhurünnakute vastu. Selgub, et pimedail on nägemise puudumise tõttu erakordselt teravnenud teised aistimiselundid. Pimedad kuulevad hästi.

Ja nad pandi istuma erilistele pöörlevatele tugitoolidele. Kui linnale lähenes lennuk, püüdsid pimedad tema undamise kinni enne teisi. Nad pöörasid oma tugitooli nii, et kuulda seda heli otse enda ees. Tugitooliga oli ühendatud näitaja, mis libises mööda jaotustega ketast ja osutas suunda lennukile.

Kuna aga paljas kõrv on liiga ebatäiuslik aparaat kaugel lendavate lennukite avastamiseks, siis hakati üles seadma helipüüdjaid. Nüüd teostasid õhuluuret juba hiiglaslikud taevasse suunatud ruuporid. Ilmusid tõkestus-aerostaadid, prožektorid, õhutõrjesuurtükid, hävituslennukid.

Nii hakkas võitluses õhurünnakute vastu kujunema õhukaitse.

Lennuvägi aga täiustus kiirelt. Lennukite kiirus kasvas



Kaug-avastusjaamad peavad vahiteenistust.

ja nende lagi<sup>1</sup> suurenes. Pommituslennukid tegutsesid sageli öösiti. Vanadele õhukaitsevahenditele polnud lennukitega võitlemine enam jõukohane.

Eriti abituks osutusid helipüüdjad. Nad hilinesid juba lootusetult. Lennukite kiirus hakkas jõudma heli kiiruseni. Kuussada kilomeetrit tunnis — see on pool helikiirust. Ja see kujunes lennukeile mitte enam erandiks, vaid tavaliseks. Kuni mootori undamine jõuab helipüüdjasse, on lennuk suutnud juba viie või isegi kümne kilomeetri võrra eemale lennata.

<sup>1</sup> Lennuki laeks nimetatakse lennuki maksimaalset lennukõrgust. *Toimetaja.*

Ja siis ilmus raadiolokatsioon — raadiotehnika uus saavutis. See muutis aastate jooksul kujunenud õhukaitse-süsteemi. Raadiolokatsioon varustas õhukaitse kaugnägelikkuse ja kiirusega.

Kui vaenlase lennuk läheneb linnale, kasutab lendur kõiki võtteid, et jääda tähelepandamatuks. Tema arvestus on lihtne: ta tahab rünnata ootamatult. Raadiolokaatorit on aga raske petta. Ei saa aidata ei ööpimedus ega pilved, ei mootorite väljalülitamine. Lennuk saadab tahtmatult raadiokaja, mis tema reedab. Raadiolokaator sunnib vaenlast ennast «karjuma» eetrisse enda lähenemisest.

Raadiolokaatorit ilma eriliste riistadeta avastada ei saa — tema «kiired» on nähtamatud. Ise «näeb» ta aga igasuguse ilmaga ja mistahes ajal. Tema käest põgeneda ei saa — raadiolained tabavad igasuguse kiiruse puhul.

Raadiolokatsioon võtab vaenlaselt ära peamise, millele ta enda arvestuse rajas — ootamatuse.

Suure Isamaasõja kestel kaitsesid raadiolokaatorid pealinna Moskvat ja teisi meie linnu õhurünnakute eest. Nad otsisid oma nähtamatute kiirtega öisest taevast üles õhupiraate ja aitasid neid hävitada kaitstavate objektide kaugel lähistel.

Õhukaitstes on raadiolokatsioon asendamatu.

Nagu muistsel ajal ehitati vahitorne, nii ehitatakse nüüd tornie antennide jaoks. Varemalt valvasid tunnimehed tornidelt silmapiiri, nüüd vaatleb operaator ekraani. Ta ei pruugi ennast pöörata ja vaadata kord ühele, kord teisele poole. Tema eest teeb seda antenn, mis asetseb masti tipus. Antenn pöörleb ümber telje ja «vaatab üle» kogu ümbritseva ruumi mitu korda minutis.

Kaugtegevus-jaama «kaugnägelikkus» on umbes 300 kilomeetrit. Niisugune jaam annab alarmi juba pool tundi enne vaenlase lennukite ilmumist. Ta teadustab sellest hävitussennuväele ja õhutõrjeväelastele. Kogu õhukaitse pannakse tegevusse. Nüüd juba ei saa vaenlane enam ähvardada ootamatusega, vaid pigem teda ennast ründavad ootamatult hävitajad või ta tulistatakse alla õhutõrjekahurite tulega.

Raadiolokaatorid valvavad mitte ainult piire ja linnu. Neid seatakse üles ka väikeste, kuid tähtsate objektide — tehaste, lennuväljade, sõjaväeosade — kaitseks. Kui kaits-tav objekt liigub, järgneb raadiolokaator talle.

Niiviisi peab see terane tunnimees austavat valvet.

## Hävitajate suunamine raadio abil

Kaugavastusjaama operaator ei lahku minutikski oma aparaadi juurest. Tema ees on väikene indikaatori ekraan. Ta vaatab ainult sellele, aga näeb, mis toimub kaugel ümberringi.

Õhulahingu edu otsustavad sageli minutid ja sekundid. Ennetada vaenlast, see tähendab võita ta, mitte lasta tal heita pomme, päästa kümneid ja sadu inimesi. Seepärast ei lase operaator silmist raadiolokaatori ekraani.

Piki ekraani läbimõõtu kulgeb kitsas hele ribakene — elektroniire jälg. See vaevalt-vaevalt pulseerib, nagu elaks ta, mõõtes ekraanil ebatavaliselt lühikesi ajavahe- mikke, millede abil määratakse kindlaks kaugus.

Raadiolokaator tegutseb täpselt ja häireteta — ta saadab eetrisse üksteise järel raadiolainete pulse. Ruum aga neelab need ja jätab raadiolokaatori vastuseta. Mitte ükski laine ei pöördu tagasi.

Järsku ilmus aga ekraani parempoolses osas helendaval ribakesel järsk murre, selle kõrval teine, kolmas. Vaenlase lennukid sattusid kiirguse piirkonda ja raadiolokaator püüdis kinni peegelduse — raadiokaja.

Sekunditki viivitamata lülitab operaator sisse mikrofoni: «Näen objekti», teatab ta, «kaugus 200 kilomeetrit, asi- muut 130 kraadi. Kolm lennukit.»

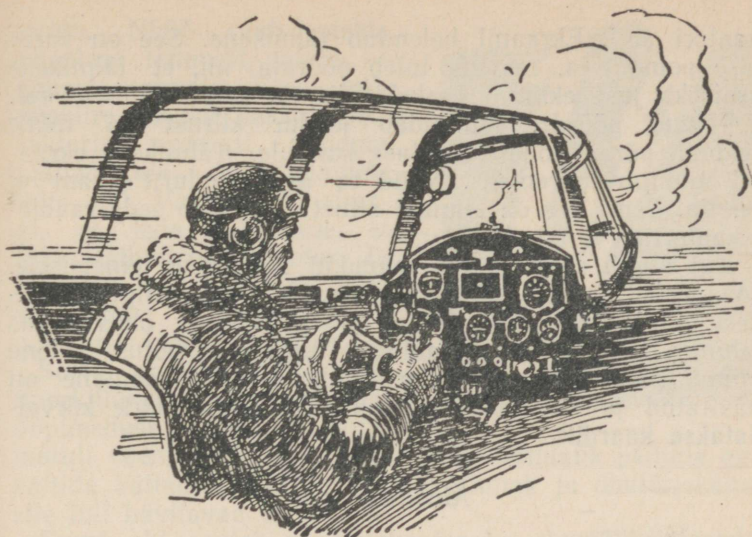
Hävitusslennuväe ülema ees on suur kaart. See on jaotatud ruutudeks. Iga ruut kujutab väikest rajooni. Ülema staapi saabuvad kõik ettekanded. Et juhtida õhulahingut, peab teadma kõike, mis õhus toimub.

Raadiolokatsioonijaamast saadud ettekande alusel paigutatakse kohe kaardile märgikene, mis tähistab ründajaid. Hävitajatele antakse korraldus viibimata õhku tõusta.

Mõne minuti pärast hävitajate grupi komandör juba teab, kuhu vaenlane suundub ja missugune on ligikaudu tema kiirus. Ta koostab kohe lahingukava. Raadio teel antakse vaenlase tabamiseks väljalennanud lendureile käsklus.

Kaardile ilmuvad uued, teist värvi märgikesed. Need on oma lennukid.

Pole kerge ülesanne vaenlast ööpimeduses üles otsida. Raadiolokaator näeb aga öösel mitte sugugi halvemini kui päeval. Erilised maapeal asetsevad suunamisjaamad juhatavad eksimatult hävitajatele teed.



Ekraanil helendub hele tännikene; see on vaenlase pommitaja.

Maapealse raadiolokaatori operaator jälgib väsimatult ekraani. Ja kõike, mis ta näeb, teatab ta viibimatult raadio teel oma lendurile. Operaator teatab talle, millisel kõrgusel ja millise kursiga tuleb lennata, et kohata vaenlast. Maapealt saabuvate juhiste kohaselt lendab piloot täie kindlusega nähtamatu sihi juurde.

Kui vaenulik lennuk lahingu kestes püüaks hävitajale salaja ligi hiilida, ei õnnestuks see tal. Operaator märkab ohtu ja teatab sellest lendurile.

Vahel paigutatakse lennukile eriline raadiolokaator, mis kaitseb teda tagantpoolt. Aparaat tegutseb automaatselt. Ta hoiatab lendurit vaenlase lähenemise eest.

Pimeduses toimuv õhulahing peegeldub nagu peeglit hävituslennuväe ülema suurel kaardil. Temale saabuvad alatasa ettekanded ja erivärvilised märgikesed paiknevad kohe kaardil ümber. Vaadates kaardile, saab ta iga minut anda korraldusi vaenlast ründavatele hävitajatele.

Niipea, kui suunav operaator on toimetanud hävitaja vaenlase lennukile küllalt lähedale, teatab ta sellest lendurile, kes lülitab sisse oma püüderaadilokaatori. See on väikene jaam väikese tegevusraadiusega.

Nüüd saab lendur jälgida vaenlast lennuki-raadiolo-

kaatori abil. Ekraanil helendub tähnikene. See on vaenlase pommitaja. Lennuk tuleb pöörata nii, et tähnikene asetseks just ekraani keskel. Siis on vaenlane otse ees.

Teinud pöörde, suurendab lendur kiirust ja mõne sekundi pärast jõuab vaenlase kannule. Tähnikene ekraanil muutub suuremaks. Nüüd ta aga lendurit enam ei huvita. Tema ees on lennuki siluett. Ta näeb seda raadiolokaatorita.

Kui algab rünnak, siis lennukid lähenevad teineteisele. Maapealse jaama ekraanil sulavad kaks valgusmärgikest kokku üheks kujutiseks, mis näitab, et õhus algas lahing. Saabub ärev lahingu tulemuse ootus. Mõne minuti pärast teatab lendur raadio teel, et vaenlane on hävitatud ja vaenlase lennukit tähistanud märk kõrvaldatakse kaardilt.

### Ähvardav relv

Algul arvati, et raadiolokatsioon kõlbab ainult kaitseks. Möödus aga vähe aega, ja selgus, et oli ilmunud uus ähvardav relv.

Iseenesest on raadiolained liblikastki süütumad. Mistahes relv aga, kasutatuna koos raadiolokatsiooniga, muutub erakordselt võimsaks. Kaugnägelikkus on üks võidu kaaslasi.

Prožektoristid ja suurtükiväelased ei mõistnud mitte kohe, kuidas see uus tehnikaharu neid abistada saab. Kas raadiolokaator suudab muuta prožektorit kiirt eredamaks ja suurtükke kaugemale laskvaiks?

Raadiolokatsioon ei saanud korrapealt ilmutada enda võimalusi. Tema omadused avaldusid aja jooksul. Raadiolokatsiooni-tehnika täiustus pidevalt ja leidis üha uusi ja uusi kasutusviise.

Vaatame, kuidas saab raadiolokaator parendada prožektorit tegevust.

Kui prožektorist laseb kiirtekimbu taevale, siis reedab ta end silmapilkselt ja tahtmatult hoiatab vaenlast teda ähvardava ohu eest. Vaenlase lendur märkab prožektorit enne kui avastatakse tema lennuk. Aeg on aga lahingus väga kallid. Kuni kiir kobab ringi pimedat taevast mööda, võib vaenlane lahkuda või peituda pilvede taha. Ta võib isegi jõuda objektini ja heita pomme.

Olukord muutub, kui prožektor ühendada raadiolokaatoriga.

toriga. Nüüd saab otsida vaenlase lennukit salaja — ennast reetmata. Ereda valguskiire asemel hakkab prožektorist vaenlast püüdma nähtamatute raadiolainete kiire abil. Vaenlane ei aima, et teda jälgitakse, et teda otsib raadiolokaator. Ja ta satub raadiolainete kiire piirkonda.

«Kiirl!» kostab käsklus.

Süttib prožektor. Ere valguskiilukene, tungides läbi ööpimeduse, valgustab ootamatult vaenlast. Nüüd pole tal enam võimalik peituda ega vältida kättetasumist. Hävitajate rünnak ja õhutõrjekahurite tuli hävitavad ta.

Suurt abi osutab raadiolokaator ka suurtükiväelastele. Ta teeb täpselt kindlaks, kus asetseb objekt. See on aga tulistamiseks kõige tähtsam: saab suure täpsusega sihtida ja tulistada tabavalt.

Sageli asetseb vaenulik objekt nii kaugel, et seda on võimatu näha. Aga öösel või udus, pilvede või suitskatte tagant ei näe teda ka lähedaltki. Niisugustes tingimustes tulistamine kujuneb huupi peksmiseks. Proovige tabada objekti, mida te ei näe. Kuid raadiolokaatoriga saab tulistada objekti nägemata.



Raadiolokatsioonijaamu kasutatakse suurtükitele juhtimiseks.

Suurtükitle juhtimiseks kasutatakse erilisi raadiolokatsioonijaamu. Need peavad olema väga täpsed, et saaks suurtükkidest tabavalt tulistada. Selleks tekitatakse peenikene raadiokiir ja tegutsetakse kõige lühematel — mõne sentimeetri pikkustel — lainetel.

Sihitud tulistamiseks on vaja teada suunda ja kaugust. Raadiolokaator määrab suuna kindlaks mitte sugugi halvemini kui optilised riistad, mida kasutatakse siis kui objekt on nähtav, kauguse teeb aga kindlaks palju täpselt.

Kuigi objekt liigub, ei häiri see suurtükiväelasi mingil määral. Ta võib liikuda mistahes kiirusega, tulejuhtimise jaam jälgib teda automaatselt. Kuidas ka objekt ei muudaks enda suunda, antenn pöörduv ikkagi nii, et teda enda raadiokiirest mitte välja lasta.

Igasugune antenni pöördumine kantakse üle suurtükitle juhtimise seadmesse. Alludes selle liikumisele, suurtükid sihituvad automaatselt. Ära lipsata objekt ei saa: ta on kinni püütud raadiolokaatori kiire ja suurtükisihiku poolt. Möödub mõni hetk ja üks laskudest tabab vaenlast. Nii toimub lennukite ja laevade tulistamine. Suurtükitle hävitavus kasvas erakordselt.

Raadiolokaator on niivõrd tundlik, et võimaldab merel tulistamise korrigeerimist. Saab täpselt teha kindlaks mürsu langemiskohta ja lõhkemist mitmete kilomeetrite kaugusel.

Kui laeva tulistamisel lendab mürsk mööda ja langeb merre, tõuseb üles kõrge veesammas. Raadiolokaatori ekraanil süttib helendav tähn, mille järgi on lihtne teha kindlaks eellanget või ülelendu. Suurtükiväelane muudab veidi sihingut ja uus mürsk tabab eksimatult märki.

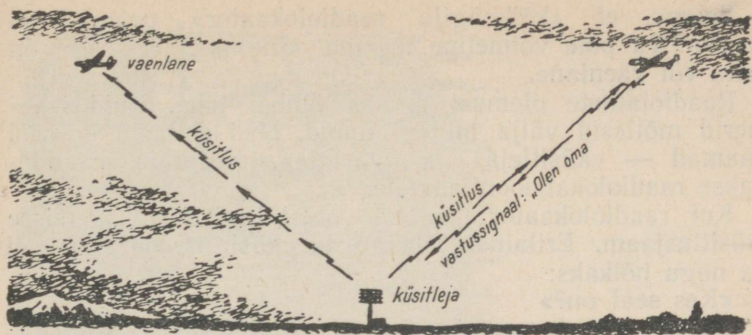
### Oma või vaenlane

Sõjas omab ülisuurt tähtsust äratundmine. Eksituse tõttu võidakse rünnata omi, vaenlast aga pidada sõbraks.

Kui 1915. aastal üks saksa allveelaev tõusis öösel vee-pinnale, ilmnes, et ta oli mingisuguse teise allveelaeva läheduses.

Saksa ohvitser saatis viibimata küsitluse, nõudes vastust, kellele laev kuulub. Tundmatu laev ei vastanud.

Ohvitser käskis torpeedoaparaadi ette valmistada ja kor- das küsitlust, kuid laev vaikis. Pärast kolmandat küsitelu



Lennukile paigutatud vastaja, võtnud vastu küsitlussignaali, vastab: «Olen oma». Kui küsitleja vastust ei saa, tähendab, on avastatud vaenlane.

sakslased lasksid välja torpeedo. Kõlas plahvatus ja tundmata laev vajus põhja.

Laeva päevikusse tegid sakslased sissekande eduka rünnaku kohta.

Niipea, kui hakkas koitma, tuli ohvitser pardale ja võtnud pikksilma, vaatles ta kaua ja mõnuga hävitatud laeva ujuvaid kilde.

Ta käskis kindlaks teha, kelle laev see oli ja saata võidu kohta ettekanne.

Kui aga vaadeldi kilde lähemalt, nähti, et tuleb pidada peiesid, mitte aga rõõmutseada. Selgus, et hukkunud laev oli sakslaste oma...

Kui raadiolokaator oma nähtamatu raadiokiirega kombinatsioonist taevast, ilmub ekraanile valgussignaal — hambakene või tähnikene. Operaator näeb, et on avastatud lennuk. Aga kelle see on: oma või vaenlase?

Kui see on vaenlase lennuk, siis tuleb viibimata rakedada abinõusid tema hävitamiseks. Kui oma, siis tuleb abistada orienteerumisel: teatada kurss eesmärgi piirkonda või oma lennuväljale.

Vaadates raadiolokaatori ekraanile, teeb operaator eksimatult kindlaks, missuguses suunas on lennuk avastatud. Ta näeb kaugust ja kõrgust, saab määrata kindlaks kiiruse ja lennuuuna. Operaatori ees ekraanil pole aga lennuki tõeline kujutis tiibade ja sabaga, vaid helendav tingmärk. Raadiokaja signaliseerib ainult, et raadiolainete teel leidis objekt, kelle see aga on, seda ta öelda ei saa.

Selgus, et «kõiknägija raadiolokaator» peamist ei märka. Ta pole võimeline tegema kindlaks: kas see on oma või vaenlane.

Raadiolainete olemust ei saa ümber teha. Kuid inserid mõtlesid välja midagi muud. Nad ehitasid erilised jaamad — «küsitleja» ja «vastaja». Küsitleja lisandatakse raadiolokatsioonijaamale.

Kui raadiolokaator avastab objekti, lülitatakse sisse küsitlusjaam. Erilainel lähetab ta küsitlusraadiosignaali ja nagu hõikaks:

«Kes seal on?»

Vastama peab vastaja. See on väike saate-vastuvõtijaam. Tema vastuvõtja on alati häälestatud ühele ja sellesamale lainele. Kogu aeg ootab ta küsitleja kutsungit.

Niipea kui vastuvõtja võtab vastu küsitlussignaali, lülitab ta automaatselt jaama silmapilk ümber saatele ja eetrise kantakse vastussignaali, mis teatab «Olen oma». Kui küsitleja vastust ei saa, tähendab, on avastatud vaenlane. Ekraanile tekkinud täiendava valgussignaali abil on hõlbus eristada oma lennukit või laeva vaenlase omast.

Vastaja signaale on aga hõlbus kinni püüda. Siis võib vaenlane ehitada samasuguse jaama ja see saadab täpselt samasugust vastust: «Olen oma».

Kuidas aga hoida vastussignaali saladuses, kui vastaja peab eetris «karjuma» hulga kilomeetrite kaugusele, et teda oma jaamad kuuleksid?

Selleks kasutatakse erilist raadiosignaali süsteemi, mida vaenlase eest varjatakse. Jaam šifreerib automaatselt enda signaali, enne selle saatmist eetrisse. Selleks on olemas eriseadis. Šifri muutmiseks tarvitseb vaid pöörata nuppu.

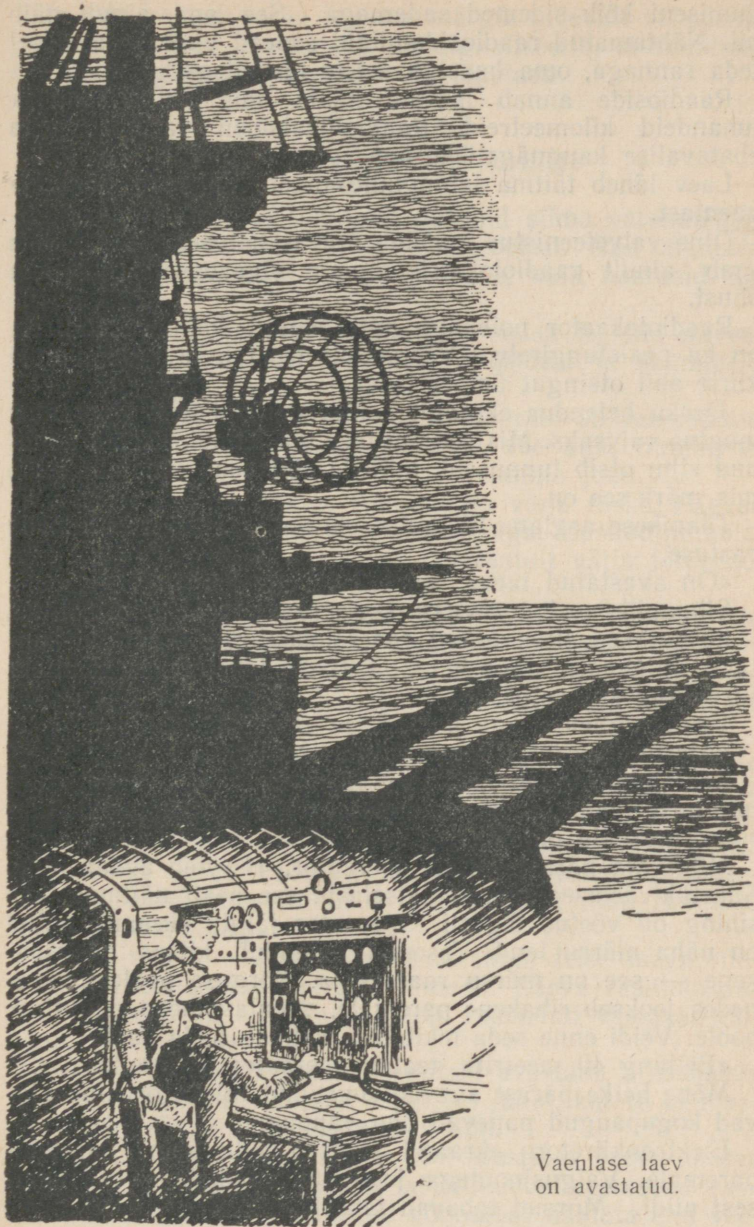
Kehtestatakse range graafik, mille kohaselt määratud aegadel šifrit muudetakse. Niisugune vahetus toimub väga sageli. Kui vaenlane ka püüakski signaalid kinni, kasutada ta neid ei saa. Kasutatud šifr jõuab muutuda ja tutvustussignaali on juba teistsugused.

Raadioparooli saladust ei suuda vaenlane ära mõistatada.

### Laev on avastatud

Aeg on teele asuda.

Komandör annab lähetamiseks signaali ja sõjalaev lahkub sadamast. Näib, et laev katkestab kuni tagasi pöör-



Vaenlase laev  
on avastatud.

dumiseni kõik sidemed sadamaga. See aga ainult näib nii. Nähtamatud raadioside-kiirid seovad päeval ja öösel teda rannaga, oma baasiga, teiste laevadega.

Raadioside annab laevale hääle, mis ületab sadu ja tuhandeid kilomeetreid. Raadiolokatsioon varustab teda ebatavalise kaugnägelikkusega.

Laev läheb täitma lahinguülesannet. Ta peab kohtama vaenlast.

Õine valveteenistus möödub ärevas ootuses. Pimedikus saab ainult raadiolokatsioonijaam õigeaegselt hoiatada ohust.

Raadiolokaator pole aga mitte ainult kaitsevahend, ta on ka pealetungirelv. Väsimatult teostab ta nähtamatute kiirte abil otsingut ümber laeva.

Järsku helendus ekraanil kahtlane tähnikene. Operaator muutus valvsaks. Mis see on: laev või lennuk? Tema kogunud silm otsib tunnuseid, millede abil saab kindlaks teha, mis märk see on.

Tähnikese aeglane liikumine ekraanil annab operaatorile vastuse.

«On avastatud laev», kannab ta ette komandörile.

Silmapiilk asub tegevusse kogu raadiolokatsiooni talitus.

Lülitatakse sisse teised raadiolokaatorid. Kaardile kantakse tundmatu laeva kurss. Eetrisse lähetatakse küsitleja šifreeritud signaalid.

Vastussignaale aga pole. Laev ei vasta.

«Alarm! Alarm! On avastatud vaenlanel!»

Komandör annab käskluse lähenemiseks. Suurtükitle juhtimise jaama andmeil suunatakse kõige suurema kaliibriga suurtükid objektile.

Mõne aja pärast teatab operaator, et võib avada tule. Suurtükiväelased teevad katselasu: see peab näitama, kas sihing oli võetud õigesti. Operaator jälgib ekraani, millel on näha mürsu lend. Vasemal helendub kitsas püstribakene — see on mürsu raadiokaja. Kõrguse poolest vähenedes jookseb ribakene paremale, vaenlase laeva «kujutise» poole. Veidi enne seda tekitab ta sähvatus ja kaob.

«Eellang 40 meetrit», teatab operaator sihtureile.

Mõne hetke pärast avavad suurtükid tule. Kõrvulukustavad kogupaugud panevad õhu vappuma.

Elektronkiiretoru ekraanil jookseb hulk jooni vasemalt paremale. Valgusjoontega joonistab raadiokaja tulistamisest pildi. Mürsud tabavad täpselt märki.

Ja äkki hakkab laeva kujutav märgis pidevalt vähenema ja kaob sootuks. Raadiolokaator signaliseerib, et vaenlane on hävitatud ja tulistamise võib lõpetada.

### Jaht veelastele meriröövlitele

Teise maailmasõja lahingud paistsid silma varemnähtamatul määral tehnika kasutamise poolest. Nad arenesid mitte ainult maismaal, merel ja õhus, vaid haarasid ka meresügavusi.

Alustades sõjategevust kuulutasid saksa fašistid allveesõja. Allveelaevad lahkusid oma baasidest ja suundusid merele.

Allveelaev on suur, võimas laev, mis on relvastatud surmatoovate torpeedodega. Peituses vee alla, ründab ta ootamatult, milles seisnebki tema peamine jõud.

Allveelaeva märgata ja rünnata on väga raske. Päeval ujub ta vee all ja luurab laeva, öösel aga, tõusnud pinnale, kihutab ta sellele ligi ja laseb ootamatult välja torpeedo, mis põhjustab laeva hukkumise.

Allveelaevade vastu võitlemiseks hakati kõigile suurtele laevadele üles seadma raadiolokatsioonijaamu. Sisustati erilaevu, mis raadiolokaatorite abil otsisid allveelaevu. Raadiolokaatoritega varustati lennukeid, mis teostasid luuret mere kohal.

Allveelaev ei saa kogu aeg olla vee all. Tal tuleb tõusta pinnale, et laadida akusid, milledest toidetakse tema elektrimootoreid. Ja jõudis allveelaev vaid kerkida veepinnale, kui juba elektroniiretoru ekraanile ilmus tähn, milles operaatorid kerge vaevaga tundsid ära vaenlase allveelaeva. Laevad ning lennukid jälitasid teda ning ründasid sügavveepommidega.

Nüüd juba ei saanud allveelaev enam teise laeva ründamiseks karistamata pinnale ilmuda. Laeva raadiolokaator avastas ta ja allveelaeva vastu rakendati vastavad abinõud.

Tundlikud raadiolokaatorid suutsid avastada allveelaeva mitmete kilomeetrite tagant isegi sel juhul, kui ta ei tõusnudki pinnale ja liikus periskoobi abil.

Kui niisugune raadiolainete abil teostatav luure haaras laia avamerd, sattusid saksa fašistlikud allveelaevad raskesse olukorda. Neile ei antud võimalust näidata end vee-

pinnal — viivitamatult kihutati nad tagasi vee alla või uputati. Nüüd hukkus allveelaevu rohkem kui teisi laevu. Allveelaevade komandörid teadsid, et neid jälitatakse raadiolokaatorite abil, kuid nad ei suutnud midagi ette võtta. Raadiolokatsioonijaamade tegevuse avastamiseks hakkasid nad juba kasutama erilisi raadiovastuvõtjaid. Peagi ilmusid aga raadiolokaatorid, mis tegutsesid väga lühikestel — mõne sentimeetri pikkustel — lainetel ja raadiooperaatoreil polnud enam võimalik neid avastada.

Allveelaevadele hakati püstitama pikki pinnale ulatuvaid õhustustorusid. «Hingamistoru» kaudu satub õhk allveelaeva ning lastakse välja kompressioonsüütega mootorite (diiselmootorite) heitgaasid.

Kuid vee alla jäädes kaotab allveelaev kiiruse. Ta pole enam suuteline pealveelaevale järele jõudma.

### Raadiosütitik

Iga suurtükiväelane unistab tulistamisest mööda laskmata. Kui ta tulistab vaenlast, siis jälgivad tema mõtted tahtmatult mürsku. Ta tahaks anda mürsule üle enda terava tähelepanu, et aga tabada vaenulikku objekti.

Tarvitseb esineda vähimgi sihtimise ebatäpsus, tuuletgevuse kõikumine, objekti kiiruse muutumine — ja mürsk lendab mööda. Palju on suurtükiväelasel häireid. Kõiki ei suuda arvestada.

Siis aga mõeldi välja mürsk, mis lõhkeb kindlaksmääratud lennuhetkel. Kuigi ta lendab isegi objektist mööda, tekitab ta siiski kusagil selle läheduses plahvatuse. Killud lendavad laiali ja tabavad märki. Nüüd ei päästa vaenlast isegi möödalaskmine, ta lüüakse puruks kildudega. Mürsu sisse paigutatakse kellamehhanism. Arvestades kaugust objektini, keerab suurtükiväelane selle enne lasu teostamist üles. Vajalikul hetkel mürsk lõhkeb ja killud tabavad märki.

Sageli tekkisid aga vead. «Nägemata» märki, lõhkes mürsk kas veidi varem või hiljem kui vaja ja objekt jäi vigastamata. Kui aga kellamehhanismi asemele paigutati raadiosütitik, kõik muutus. Mürsk omandas raadiolokatsiooni «nägemise» ja suurtükitule täpsus suurenes erakordselt. Nüüd hakkasid mürsud lõhkema just sel hetkel, kui killud kindlasti saavad tabada märki. Raadiosütitik on väike

raadiolokatsioonijaam, kuid ainult ilma elektronkiiretoruta. Tema iga on ainult mõni sekund. Ta peab tegutsema ainult üks kord, kuid väga täpselt.

Pole lihtne asi kujundada saate-vastuvõtuseadet, mis mahuks mürsu sisse. Kuid konstruktorid ehitasid selle kompaktsed raadiojaama. See sisaldab raadiolampe, mis pole suuremad kui väikese sõrme liiges, ja mahub vabalt pooleliitrilisse pudelisse.

Jaama elektritoiteallikaks on patarei või väikene generaator. Patarei hakkab automaatselt tegutsema, kui mürsk lendab suurtükist välja. Lasu puhul puruneb elektrolüüti sisaldav klaasampull. Elektrolüüt täidab patarei ja jaam hakkab tegutsema.

Mittepöörlevates mürskudes — torpeedodes ja miinides — annab elektrivoolu taskukella suurune generaator. Selle paneb pöörlema mürsu ette paigutatud väikene propeller, mis arendab 1500 pööret sekundis. See on umbes 50 korda suurem kui lennukipropelleri pöörete arv.

Jaam peab olema erakordselt tugev, et taluda lasu puhul tekkivaid hiigelpingeid.

Lask — see on võimas löök, mis paisatakse mürsu pihta. Tema toime ületab 20 000-kordselt maakera tõmbejõu toime. 50-grammisele üksikosale toimib sel hetkel tonnisuurune jõud. Niisugust jaama ei saa ehitada tavalistest raadio-osadest. Ta kujuneks kogukaks ja puruneks lasu puhul kildudeks.

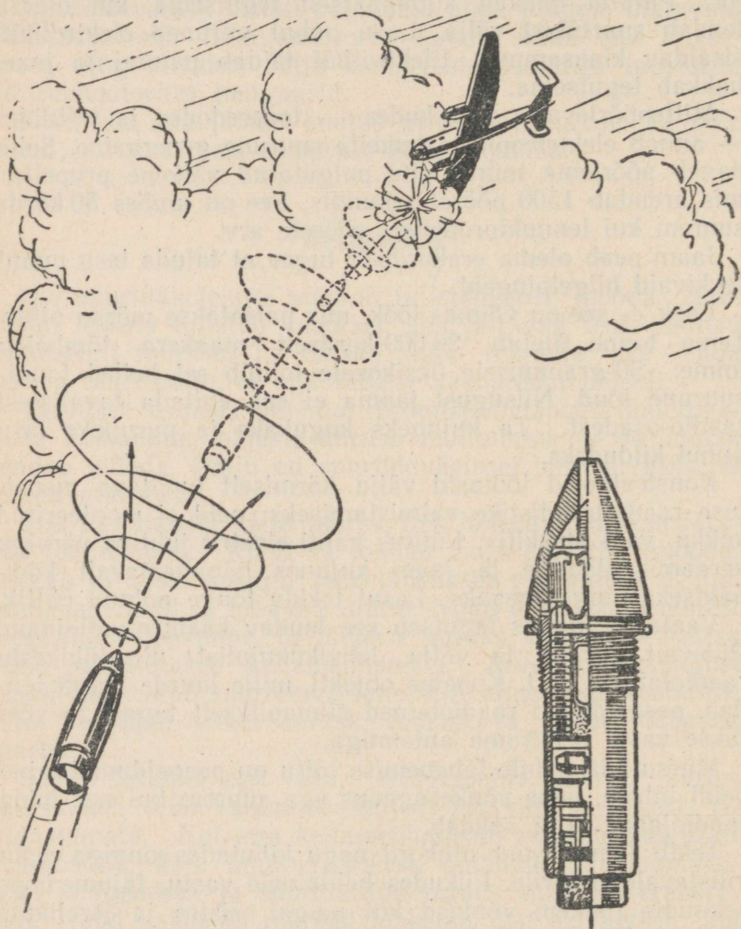
Konstruktorid töötasid välja äärmiselt huvitava menetluse raadiotraadistike valmistamiseks: neid ei monteeritud kokku, vaid «trükiti». Lülitus kanti elektrit juhtiva värviga keraamikaplaadile ja jaam kujunes hämmastavalt kompaktses ning tugevaks. Lasul tekkiv tõuge polnud ohtlik.

Vaatame, kuidas tegutseb see lendav kääbusraadiojaam. Pidevalt kiirgab ta välja lehvikukujulist ultralühikeste raadiolainete kiirt. Kohates objekti, mille juurde mürsk lendab, peegelduvad raadiolained silmapilkselt tagasi ja võetakse vastu sellesama antenniga.

Mürsu kiire sihile lähenemise tõttu on peegeldunud laine veidi lühem, tema võnkesagedus aga suurem kui see, mida raadiojaam välja saadab.

Tekib samasugune olukord nagu kihutades rongiga vastu vilistavale vedurile. Liikudes helilainele vastu, tajume ühes sekundis rohkem võnkeid kui paigal seistes ja järelikult kuuleme kõrgemat heli kui tekitab vedur.

Raadiojaama vastuvõtuosas kohtub väljakiiratud laine peegeldunuga. Neid on väga raske eristada: nad on teineteisega sarnased. Aga nende lainete pikkuste erinevuse tõttu tekivad vastuvõtjas sootuks teistsuguse — palju väiksema — sagedusega elektrivõnked. Neid just kasutatakse selleks, et tekitada seda elektrilist «tõuget», mis toimib detonaatorile. Kui mürsk lendab objektile lähemale, siis suureneb peegeldunud lainete tugevus. Vastuvõtja annab signaali ja detonaator tekitab plahvatuse.



Raadiosütikuga mürsk.

Raadiojaamaga mürsk ei tarvitse tingimata tabada objekti. Ta võib 20 meetri võrra mööda lennata ja siiski tabada teda kildudega. Õigesti sihitud lasu puhul ei lähe niisugune mürsk kunagi mööda.

### Raadiolokatsioon maismaalahingus

Lahinguvälja kohal lendab lennuk. Lendur vaatab alla, aga suurest kõrgusest on raske näha, mis toimub maa peal, kus kõik liigub. Algas rünnak. Kõik jõud — jalavägi, suurtükivägi, tankid, miinipildujad — on paisatud vaenlase vastu.

Lendur peab heitma vaenlasele pomme, aitama oma ründajaid, kuid võimatu on eristada omi vaenlasest.

Seal kuuldu raadiosignaali. See on hääl maa pealt.

Seal all on lenduri teised silmad. Maapealse raadiolokaatori operaator selgitab välja lennuki asukoha, määrab kindlaks tema kiiruse. Nagu tüürimees teostab ta arvutusi: kust alata pikeerimist, kus heita pomme.

Lenduri kõrvaklappides kostub operaatori hääl. Ta annab juhiseid, kuidas juhtida lennukit, et täpselt tabada kõrgusest mittenähtavat objekti. Lendur usaldab teda samuti nagu iseennast. Ta pöörab lennukit ja laskub järsult alla — peadpööritava sse pikeeringusse. Pommid langevad täpselt ja rünnatud objekt lendab õhku.

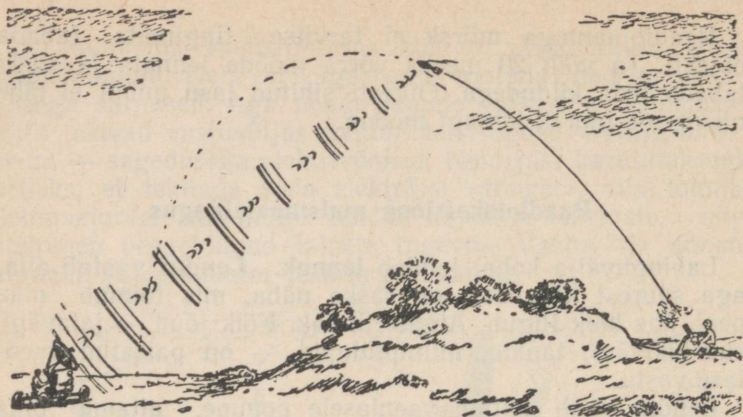
Vahel teostab lendur pommitamist enda valikul. Tal on ainult vaja teada, kus algab vaenlase piirkond, et mitte omi hävitada.

Lennuki raadiolokaator lähetab leppesignaali: ta saadab alla maa peale küsitluse. Talle vastab leppekeeles väikene raadiovastaja, mis asetseb pealetungivate vägede eesrval: «Oleme omad, oleme siin».

See kaja võetakse lennukil vastu. Ta muundub valgustähniks ekraanil. Nüüd näeb lendur täpselt, kus on omade eesliin. Ta heidab pommid, mis tabavad vaenlast mitte kaugel oma vägedest.

Raadiolokaator on ülimal määral terane. Ta «näeb» läbi udu, läbi tolmu- ja suitsupilvede. Ta avastab moondatud patareid ja tankid. Raske on peituda tema kiirte eest. Kui aga vaenlane on avastatud, siis on kerge teda võita.

Raadiolokatsiooni kasutatakse mitte ainult mere- ja õhulahinguis. Teda kasutatakse ka maismaalahinguis.



Miin reedab vaenlase: raadiolokaator teeb silmapilkselt kindlaks tema asukoha lennul.

Rinde lähedal seisab raadiolokaator ja «vaatab» vaenlase positsioonide poole.

Päeval on seal rahulik, kui aga saabub öö, tuuakse rinde juurde suurtükke, tanke ja autosid laskemoonaga. Peituses pimedikku, arvab vastane, et ta on ohuta. Raadiolokaatori nähtamatud kiired aga valgustavad vaenlast ja avastavad saladuse.

Kõik, mis voorib teid mööda rindele, helendub järsku valgustäpikestena ekraanil. See on signaal ümberliikumistest vaenlase paiknemiskohas. Suurtükiväelased ruttavad relvade juurde. Pole häda, et ees pimedikus mitte millestki aru ei saa — nende asemel «näeb» raadiolokaator. See näitab neile kaugust ja asimuuti; nad sihitavad kahurid ja tulistavad täie kindlusega.

Lihtne on avastada vaenlast tasasel maastikul, kuidas aga avastada teda künka varjust?

Võtame näiteks miinipilduri. Ta asetab miini miinipilduja suudmesse ja miin lendab järsult üles. Miinipildur võib varjuda künkakese taha ja sealt tulistada. Miinipilduja on aga ähvardav relv: lihtne, kerge ja suure tapva toimega. Palju inimesi langeb rivist miinipildujatule tagajärjel.

Vaenlase miinipilduja tulistab varje tagant. Kuid raadiolokaator tabab ta isegi mäe tagant. Ja mitte seetõttu, et tema kiired seda läbivad. Ei. Selleks pole ta võimeline. Vaenlane jääb künka taga varjatuks, kui tema miinipildu-

jad vaikivad. Ta istus aga sinna varjule just selleks, et avada miinipildujatuld.

Miin lendabki varje tagant välja. Raadiolokaator on aga tegutsemisvalmis. Kas ta tõesti suudab avastada niisuguse väikese objekti nagu miin? Selgub, et saab. Lennates kingu tagant välja, reedab miin vaenlase. Operaator teeb otsekohe kindlaks tema asukoha lennul, määrates kindlaks miini asimuudi, kauguse ja kõrguse.

Kuni miin lendab, jõuab operaator määrata kindlaks mitu tema asukohta. Need kindlaksmääratud asukohad moodustavad punktjoone. Nende abil on lihtne kujundada miini lennukõver — tema trajektoor. Kui aga trajektoori pikendada künka taha, siis saab kindlaks teha vastase asukoha ja rakendada abinõusid tema hävitamiseks.

Lendava mürsu asukohtade kaudu saab otsida üles ka kahuri, ehkki kahurimürsku on raskem avastada kui miini.

Raadiolokaator näitab seda nähtamatut rajakest-trajektoori, mille objekt õhus joonistab. See rajakene viib aga otse vaenlase kahurite juurde. Ta määrab kindlaks, kuhu tuleb suunata vastulöök.

Nii tuleb raadiolokatsioon appi maasuurtükiväele, võimaldades suurtükiväelastel üles leida varjatud märki. Näib otsekui hakkaksid suurtükid «nägema», kui nende juures on raadiolokaator.

Suurtükivägi on sõja jumal. Liidus raadiolokatsiooniga muutub ta vaenlasele veelgi ähvardavamaks.

### Nähtamatu teejuht

Raadiolokaator pole mitte ainult selleks, et otsida üles vastast, vaid ta aitab lendureil orienteeruda, eriti kui lend toimub öösel ja tundmatu maastiku kohal. Ta võib näidata õiget teed ääretuis õhuhookeani avarustes.

Selleks paigutatakse lennukile väikene raadiolokaator-küsitaja, ja maa peale teatud kohta raadiomajakas-vastaja, peaaegu samasugune, milline seatakse üles lennukile vastuste «olen oma» andmiseks. Need jaamad vahetavad vastastikku raadiosignaale eetris.

Küsitaja saadab lühikesi raadiopulsse. Vastaja, kuulnud kutsungit, annab silmapilk vastuse. Vastussignaalid helenuvad tähnina ekraanil. Tähn aga näitab suunda ja kaugust vastajani.

Vastaja on kõige täiuslikum majakas. Igasugune teine majakas osutab ainult suunda, mitte aga kaugust. Raadiolokatsiooni-majakas saab aga näidata nii ühte kui ka teist, s. o. kõike, mis on vaja tee leidmiseks.

Sidet peetakse šifreeritud signaalidega ja vastane seda häirida ei saa, kuna selleks on vaja teada küsitlus- ja vastusraadiosignaali šifrit. Šifrit hoitakse aga alati saladuses. Majakas vastab ainult oma jaama kutsungile.

Kujutlege, et lennuk lendab vaenlase tagalasse. Seal on salalennuväli, kuhu ta peab maanduma. Rakendatakse kõik abinõud, et lennukil varjata vaenlase silme eest. Raske on otsida üles moondatud lennukil. Lenduril on aga raadiolokaator-küsitaja. Ta lähetab signaali ja lennukil peidetud raadiomajakas-vastaja signaliseerib: «Olen siin, olen siin».

Vastane aga ei aimagi, et raadiomajakas kutsub lendurit enda juurde.

Vaadeldes raadiolokaatori ekraani, teab lendur, millises suunas lennata ja kus laskuda. Vastaja saab teda suunata isegi öösel.

### **Panoraam-raadiolokaator**

Palju mitmesuguseid seadmeid on raadiolokatsioon andnud lendureile. Kõige täiuslikumad raadiolokatsiooni-seadmed paigutati esmajärjekorras lennukile.

Lennuvägi esitas aga üha uusi ja uusi nõudeid. Lendurid tahtsid lennata maapealsete jaamade abita. Selleks oli aga vaja riista, mis võimaldaks näha maad mistahes ajal.

See lendurite unistus teostus. Neid varustati niinimetatud panoraam-raadiolokaatoritega — riistaga, mille abil saab näha lennuki all teatud raadiuse piires olevat maastikku igasuguse ilmastiku puhul ja mistahes ajal ööpäevast.

Panoraam-raadiolokaator tegutseb teisiti kui tavaline kaugust mõõtev raadiolokatsioonijaam. Lennuki all leidub väikene autolaternat meenutav antenn. See asetseb nii, et raadiolained kiirgavad kaldu alla maapinnale.

Kuna siin kasutatakse kõige lühemaid laineid, siis on võimalik saada väga peenikest raadiokiirt. See on aga ülimal määral tähtis. Mida teravam on raadiolainete kiir, seda rohkem üksikasju saab raadiolokaator ära märkida.

Jaama tegevuse vältel ei ole antenn sekunditki paigal. Pidevalt pöörleb ta püsttelje ümber, tehes mitukümmend

pööret minutis. Sellesama kiirusega pöörleb ka raadiolainete kiir. Kiirelt jookseb see üle lennuki all laiuva maapinna, suure raadiusega alal. Suundudes alla, hajuvad raadiolained nende teel leiduvatelt esemetelt ja osa neist pöördub tagasi. Need lained võetakse antenni poolt vastu ja nad panevad tegevusse raadiolokaatori.

Et mõista tema tegevuse põhimõtet, tuleb meelde tuletada, millel põhjeneb nägemisorganite tegevus.

Me näeme kõike ümbritsevat seetõttu, et silma satuvad hajunud valguskiired. Iga ese hajutab temale langevat valgust omamoodi ja seetõttu mõjuvad nad silmale igaüks erinevalt. See aga võimaldab meil eristada ühte eset teisest.

Kui silma satub rohkem valgust, siis näib ese heledana. Kui silma satub vähe valgust, näib ese tumedana.

Sama toimub ka panoraam-raadiolokaatoris.

Raadiolainete hajumine mitmesugustelt esemetelt toimub erisuguselt: ühtedelt tugevamalt, teistelt nõrgemalt. Tänu sellele saabki raadiolokaator neid eristada üksteisest.

Kõik, mida raadiolokaatoril õnnestub lennuki all kompida, kannab ta nagu hea kaardivalmistaja kunstnik kohe ekraanile. Ta joonistab mitte pintsliga, vaid ikka sellesama elektronide kiirega, mis tekib elektronikiiretorus.

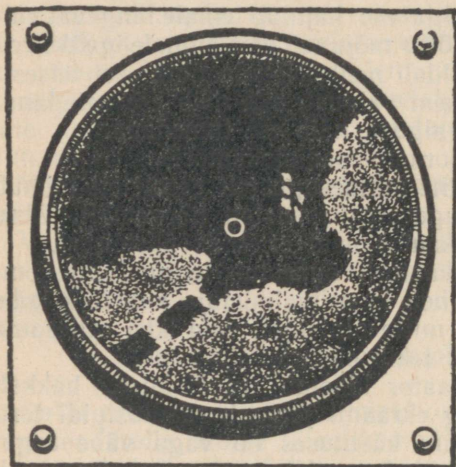
Niipea kui raadiolokaator lähetab raadiokiire, hakkab kiir liikuma. Tema jälg ekraanil jookseb raadiustpidi toru servale. Elektronide kiire käsutuses on väga vähe aega: ainult lühikene vaheaeg kahe raadiopulsi vahel. Ta jõuab aga liikuda servani ja pöörduda siis hetkeliselt tagasi keskpunkti. Sel hetkel saadab raadiolokaator uue koguse raadiolaineid ja elektronide kiir sööstub uuesti ekraani servale. Peale selle ta ühtlasi ka pöördub. Selle tõttu pole tema rada enam seesama. Ta on keskpunkti suhtes õige väikese nurga võrra pööratud. See on juba teine elektronide teekene — teine raadius.

Nii joonestab elektronide kiir raadiusi ekraanile. See toimub väga kiirelt. Võiks arvata, et torus pöörleb peenikene kodar, tegelikult on see aga elektronide kiir, mis joonestab üksteise järel raadiusi.

Mistahes raadiuse suund ekraanil vastab rangelt antenni suunale ja seega ka kindlale maa-ala lõigule, mida sellel hetkel raadiolainete kimbuga kiiritatakse. Missuguse nurga võrra antenni ka pöörduks, samasuguse nurga võrra asetub ümber ka raadius. Antenni iga pöörde vältel jookseb ta läbi kogu ekraani.

Nüüd pole raske mõista, kuidas raadiolokaator loob lennuki all laiuva maastiku kujutise.

Sel ajal, kui elektronide jälg liigub mööda ekraani, saavad maapinnalt tagasi raadiokaja signaalid, mis mõjustavad elektronide kiirt. Nõrk raadiosignaal mõjub elektronide kiirele nõrgalt, tugev raadiosignaal tugevamalt. See tõttu helendab piki ekraani raadiust jooksev tähnikene kord nõrgemalt, kord tugevamalt.



Nii näeb välja laht lendava lennuki pardale paigutatud panoraam-raadiolokaatori ekraanil. Mustad alad on vesi, valged alad — rand sellel asetsevate asulatega. Valged ribad — üle jõe viivad sillad. Valged tähnikesed — laevad.

Iga raadius on ekraanile ülekantud maa-ala kitsas ribakene. Elektronide kimp reprodutseerib kõik, mida raadiolokaator «näeb».

Ekraanile tekib valgete tähnikeste kogumik, millised asetuvad rangesse vastavusse vaadeldava maa-alaga. Mida lähemal on raadiolainete peegeldumist põhjustanud ese, seda kiiremalt pöörduvad nad tagasi ja, tähendab, seda lähemal keskpunktile asetseb eseme kujutis.

Antenni iga pöörde vältel jõuab elektronide kiir kanda ekraanile lennuki all, raadiolokaatori tegevusraadiuse ulatuses, oleva maa-ala kujutise. Heledad punktid ei jõua veel kustuda, kui juba ilmub ekraanile uus kujutis. Need liituvad üksteisega ja silm näeb vilkumatut helendavat panoraami. Niiviisi joonistab elektronide kiir maa-ala üles.

Ekraanile tekib omamoodi kaart, mis meenutab röntgeni-ülesvõtet. Ta ei sarnane sellega, mida võib näha silmaga.

Temal on aga selgesti nähtavad lahtede ja saarte, järvede ja mägede, jõgede ja linnade piirjooned. Saab eraldada laevade valgeid täpikesi merel, jõgesid kujutavaid musti looklevaid ribasid, mida läbivad sildu kujutavad valged jooned, asulate piirjooni ja isegi üksikuid suuri hooneid.

Kõike seda näeb lendur mistahes ajal päeval või öösel ja igasuguse ilmastiku puhul. Tal pole vaja teostada mingeid arvutusi, pole vaja kompida raadiolainete kiirega kord ühes, kord teises suunas. See toimub automaatselt. Tema ees on maapinna liikuv kaart, mis ekraanil pidevalt vajub allapoole. Lendur näeb ümberringi igas suunas mitme kilomeetri kaugusele.

Et ta saaks hõlpsamini orienteeruda, kantakse ekraanile rida kontsentrilisi ringjooni. See on mõõduvõrk. Seda kasutades näeb lendur otsekohe kaugust raadiolokaatori poolt ekraanile kantud mistahes objektini.

Panoraam-raadiolokaatori abil saab lennuk täita kõige mitmekesisemaid ülesandeid. Ta leiab kergesti üles vaenuliku objekti ja, kasutades ekraani pommitamise sihikuna, saab vaenuliku objekti täpselt heidetud pommidega purustada, peitudes ise määratu suurel kõrgusel pilvede taga.

Niisugune raadiolokaator hõlbustab mitte ainult lennukite, vaid ka laevade juhtimist. Laeva panoraam-raadiolokaatorit nimetatakse sageli ka ringvaate-raadiolokaatoriks. See on üks silmapaistvamaid raadiolokatsiooni saavutusi.

### «Ka päikesel on plekid»

Ainult lühikeseks ajaks jäi raadiolokatsioon vastumõjuta. Peaaegu kohe, kui teda hakati lahinguis kasutama, algas tema vastu võitlus. Hakati otsima tema nõrku külgi.

«Ka päikesel on plekid», ütleb vanasõna. Leiti «plekke» ka raadiolokatsioonil. Need seisnevad raadiolainete kasutamiseviisis eneses (s. o. raadio teel avastamisel ja vahekauguste mõõtmisel).

Raadiolokaator kasutab ära raadiolainete peegeldumist. Ta saadab välja võimsa raadiopulsi, et siis kuulata selle nõrka kaja — radiokaja. Seetõttu on palju kergem mingsuguse raadiovastuvõtjaga püüda kinni raadiolokaatori enda pulssi, kui raadiolokaatoril püüda kinni objektilt saavuvat vaevaltmärgatavat kaja.

Raadiolokaator reedab enese. Teda saab kiiremalt ja

palju suuremast kaugusest avastada, kui ta ise avastab vastase. Selleks tarvitseb vaid omada raadiovastuvõtjat.

Otsimisvastuvõtjaid kasutati laialdaselt võitluses raadiolokatsiooni vastu. Niisugune vastuvõtja saab aegsasti hoiatada raadiolokatsioonijaamaga varustatud vastase lähene-mise eest. Võib isegi aimata, kas vastane avastas teid või mitte. Kui tema raadiolokaatori kiir jookseb kord siia, kord sinna — tähendab, tal pole õnnestunud veel mitte midagi avastada.

Otsimisvastuvõtjaid seati üles laevadele, lennukitele ja allveelaevadele.

Kui allveelaev tõuseb veepinnale, lülitatakse sisse raadiovastuvõtja. Operaator ei lahku selle juurest minutikski ja valvab eetrit.

Seal õnnestuski tal püüda kinni kauge raadiolokaatori signaale. Need muutusid iga minutiga ikka tugevamaks ja tugevamaks. Pole kahtlust, et läheneb vaenlase lennuk. Ei saa viivitada: mõne minuti pärast süttib lenduri ees elektronkiiretoru ekraanil hele tähn ja allveelaev on avastatud. Operaator kannab komandörile ette lähenevast ohust ja allveelaev varjub kiiresti vee alla.

Raadiolokaator mitte ainult teeb enda olemasolu teata-vaks, vaid ta tahtmatult näitab ka, kuidas teda üles leida. Ruumi väljakiiratavate raadiosignaalide kaudu on kerge leida suunda raadiolokaatorile. Kui aga teostada vaatlust mitmest punktist, nii nagu seda tehakse raadiopeilimise puhul, saab täpselt teha kindlaks ka tema asukoha. Nii saab vaenlase raadiolokaatorit kasutada vastase enda vastu võitlemiseks.

Kui valvelennuk avastas vastase lennuki raadiolokaatori signaalid, tegi ta kiiresti kindlaks suuna ja hakkas lähenema. Lendur ei tea veel kaugust vaenlaseni. Vastuvõetavad signaalid tugevnevad aga pidevalt — kindel tõend selle kohta, et lennukid lähenevad. Nüüd lülitab lendur sisse oma raadiolokaatori ja ekraanile ilmub tähnikene. See on vaenlase lennuk. Kaugust, kõrgust, asimuuti — seda kõike näeb lendur ja sööstub veendunult rünnakule.

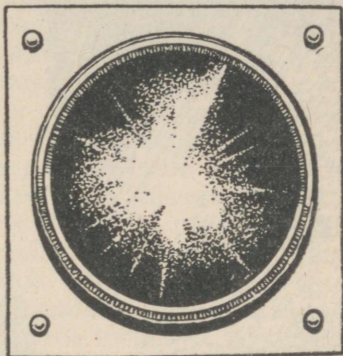
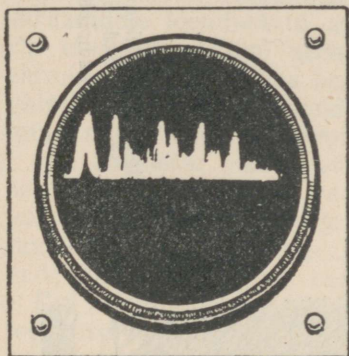
Otsimisvastuvõtjate abil avastasid laevad ilma vaevata vaenlase lennukid. Kallaletungi ootamatus kaob, laevad saavad aegsasti valmistuda vasturünnakuks.

## Raadiolokaator kaotab nägemise

Raadiolokaatorit saab «pimestada». See on tema jaoks kõige hirmsam: kaotanud «nägemise», muutub ta korrapelt kasutuks.

Raadiolokatsiooniga võideldakse tema enda relvaga — raadiolainetega.

Kui raadiolokaatori tegevuses pole mingeid häireid, alluvad ekraanil süttivad valgustähnid kuulekalt kindlale kor-

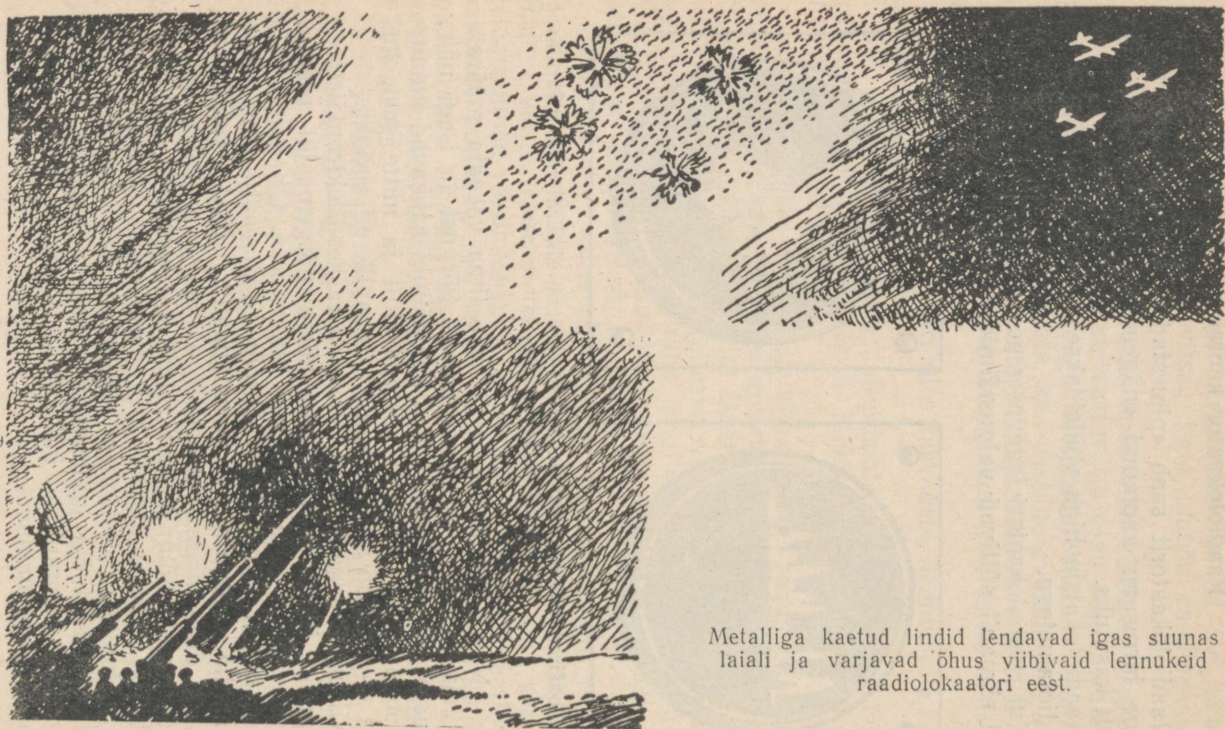


Raadiohäired võivad raadiolokaatori ekraani niivõrd «ära määrada», et sellelt enam midagi aru ei saa.

rale. Nende käitumise järgi saab ilma vaevata määrata kindlaks kaugust, asimuuti, objekti kõrgust ja isegi näha ekraanil maa-ala plaani. Kui aga tähnid hakkavad ilmuma ebaõigel ajal — täiesti korrapäratult ja mitte seal, kus vaja — muutub raadiolokaator silmapilkselt abituks.

Niisugust segadust tekitada pole raske. Elektronkiiretoru ekraanile ilmub ju tähnike kõige nõrgemastki raadiokajast. Nõrka kaja saab aga lämmatada. On vaja vaid sellel samal lainel sisse lülitada raadiosaatja, kui juba ekraanile vilksatuvad valesignaaliid. Nad «määrivad ekraani ära» niivõrd, et sellelt midagi enam aru ei saa.

Kauguse mõõtmise indikaatoril süttivad kogu läbimõõdu ulatuses «kõrgendikud», mis sarnanevad rohututtidega. Peegeldunud raadiosignaali «kujutist» pole enam võimalik leida. Muud tüüpi indikaatoreile ilmuvad suured heledad laigud ja summutavad kõik, mida operaator oleks saanud näha häirete puududes.



Metalliga kaetud linnid lendavad igas suunas  
laiali ja varjavad õhus viibivaid lennukeid  
raadiolokaatori eest.

## Sõda eetris

Raadiolokaatorit on kerge petta: vale märke võib ta pidada tõelisteks.

Uhel juulikuu hommikul 1943. aastal olid Hamburgi ja ümberkaudsete külade elanikud väga imestunud, nähes kõikjale pillutud helkivaid linte. Oli selge, et lindid olid loobitud öösel linna pommitanud lennukeilt.

Nende lintide saladuse lahendasid raadiooperaatorid. Rünaku vältel Hamburgile ilmus saksa raadiolokaatorite ekraanidele loendamatu arv helendavaid tähne. Operaatorid ei uskunud omi silmi. Suured valged laigud katsid ekraane. Näis, et lausa kogu taevas on lennukeid täis külvatud. Segaduse kutsusid esile metalliga kaetud lindid, mida nagu lendlehti loobiti koos pommidega linnale.

Iga lindikese pikkus võrdub poolega selle laine pikkusest, millisel tegutseb raadiolokaator. Niisuguse pikkuse puhul annavad metalliga kaetud lindid väga tugeva raadiolainete peegelduse. Mitu õhus keerlevat linti kutsuvad esile samasuguse raadiokaja, millist tekitab lennuk.

Kui pommitajad jõuavad vaenlase raadiolokaatorite tegevuspiirkonda, lendavad üle parda metalliga kaetud lintide pakid. Lindid lendavad igas suunas laiali. Tekib metall-lindikeste pilv, mis hakkab aeglaselt langema.

See on «suitskate» eetris. Ta hoidub mõnda aega õhus ja varjab lähenevaid lennukeid raadiolokaatorite eest.

Operaatorid närvitsevad ega saa millestki aru. Õhutõrjekahurid tulistavad ebakindlalt.

Juhtub, et lahingus valgustatakse lennukit prožektori ereda valgusega. Prožektori kätte vangi sattuda on aga väga ohtlik. Ta pimestab lendurit. Lennuk muutub äkki eredaks märklauaks, mida on kerge alla tulistada. Lendur rakendab kõik abinõud, et peituda prožektori kiire eest.

Kuid lendur teab, et prožektoreid käsutab raadiolokatsioon, peituda pole võimalik. Siis otsustab ta puistata vaenlase raadiolokaatorile «puru» silma ja pikeerib järsult, loopides välja pakke lintidega. Kuni prožektor valgustab allalangevaid metalliga kaetud linte, arendab lennuk kiirust ja lendab minema.

«Sõda eetris», kõnelevad raadio-eriteadlased. Ja tõepoolest, möödunud sõjas oli eeter samasuguseks «lahingupaigaks» nagu maismaa, meri ja õhk.

Raadiolokatsioon on ähvardav relv ja seetõttu peeti temaga ägedat võitlust.

Kuid raadiolokatsiooni-tehnika täieneb pidevalt. Ta püüab vallutada kõige lühemaid raadiolaineid. Mida lühem aga laine on, seda hõlpsam on saada peeneid raadiolainete kiiri. See teeb raadiolokatsiooni palju vägevamaks, võitluse temaga aga palju raskemaks.

Raadiolokatsioon pole aga ainult relv, ta ei kaotanud enda tähtsust ka pärast sõja lõppemist. Nüüd leiab ta oma kaugenägelikkuse tõttu iga päevaga üha uusi ja uusi kasutamisalasid.

---

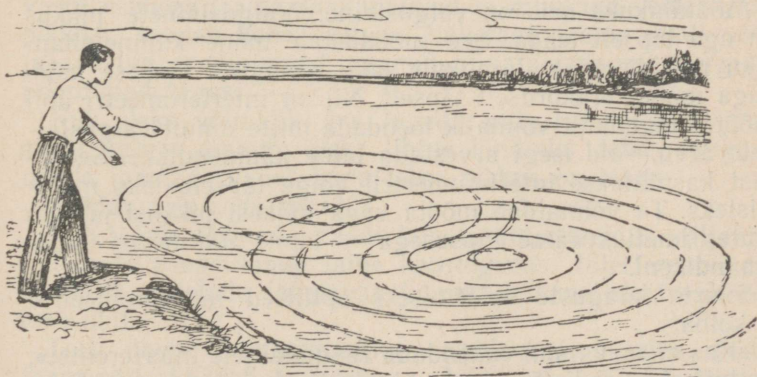
## RAADIOLOKATSIOON RAHUAEGSES ELUS

## Nõukogude raadiokaugusemõõtjad

Raadiolokatsioonis tehakse kaugust kindlaks raadiokaja hilinemise järgi. Mida rohkem kaja hilineb, seda kaugemal on tõke. Mida kiiremalt ta jõuab tagasi, seda ligemal asetseb tõke.

Kuid on veel teine viis raadiolainete abil kauguse mõõtmiseks. See põhjeneb äärmiselt huvitaval nähtusel, mida nimetatakse interferentsiks.

Kui visata vette kaks kivi nii, et need langeksid teineteisest teatud kaugusele, siis tekib veepinnale kaks keskpunkti hajuvate laineringidega. Ringid suurenevad pidevalt niivõrd, et lained ristuvad. Siin tekibki interferentsi nähtus, s. o. ühe laine liitumine teisega. Neis kohtades, kus mõlema laine harjad ja orud ühtivad, tugevdab üks laine teist. Neis



Kui lained ristuvad, siis tekib interferents — ühe laine liitumine teisega.



LEONID ISSAKOVITS MANDELSTAM  
(1879—1944).

kohtades aga, kus ühe laine org kohtub teise harjaga, tekib ebakõla ja lained vastastikku hävinevad.

Niisuguse omadusega on mitte ainult veepinnal tekkivad lained, vaid ka kõik teistliiki lained: heli-, valgus- ja raadiolained.

Me oleme harjunud sellega, et kui valgusele lisandada valgust, siis muutub valgemaks. On aga võimalik tekitada sootuks vastupidist: valgusega kustutada valgust. Selleks on vaja, et kohtuksid kaks ühesugust valguslainet. Sel juhul võivad nad teineteist kustutada täpselt samuti nagu lained veepinnal.

Valguse interferentsi nähtuse ärakasutamine võimaldas ehitada täiesti ebatavalisi mõõteriistu — interferomeetreid.

Mõõtühikuks neis on valguslaine. Valguslainete pikkus on aga täpselt teada. See moodustab mõne kümnetuhandiku millimeetrist. Järelikult saab niisuguse väikese mõõduga mõõta erakordselt täpselt. Nii on interferomeetri abil mõõtes tegelikult võimalik loendada mitte ainult valguslainete arvu, vaid isegi arvestada laine kümnendikke. Seepärast kasutatakse interferomeetrit kõige täpsemateks mõõtmisteks. Ta võimaldab mõõta väga väikesi pikkusi ja seejuures imetlusväärse täpsusega — kuni millimeetri sajatuhandikeni.

Suurte kauguste mõõtmiseks optilised interferomeetrid ei kõlba.

«Kas ei saaks siin rakendada raadiolainete interferentsi», kaalutlesid raadiofüüsikud. Ainult kuidas seda avastada, sest raadiolained pole ju nähtavad?

Suured nõukogude teadlased Leonid Issakovitš Mandelš-

tam ja Nikolai Dmitrijevitsš Papaleksi lähendasid hiilgavalt selle teaduse ees seisva ülesande. Juba 1930. aastal tegid nad ettepaneku kasutada raadiolainete interferentsi kauguste mõõtmiseks ja varsti pärast seda ehtasid sootuks omapärased mõõteriistad — raadio-kaugusemõõtjad.

Raadiokaugusemõõtja on raadiolokaatori lähedane «sugulane». Kuid ta mõõdab teisiti. Selleks on vaja kahte saate-vastuvõtu raadiojaama, mis tegutsevad omavahel rangelt kooskõlastatult.

Üks neist on lähetav. See kiirgab pidevalt raadiolaineid välja.

Teine on peegeldav. Ta tegutseb nagu vastaja: võtab vastu esimese jaama raadiolaineid ja muutnud veidi nende pikkust, saadab kohe vastuse. Lähetava jaama poolt väljasaadetud raadiolained, saanud siin täiendavat energiat, pöörduvad tagasi.

Kui oleks võimalik ära lugeda, mitu raadiolainet jaamade vahele mahub, oleks lihtne kindlaks teha kaugust nende jaamade vahel, kuna laine pikkus on teada.

Kuidas aga seda teha?

Siin saab abistada raadiolainete interferents: väljakirratava ja peegeldunud laine koostegevus. Interferentsi on võimalik avastada lähetavas jaamas leiduva elektronkiiretoru abil.

Toru ühele kallutusplaatide paarile mõjub laine, mida jaam välja kiirgab, ja teisele — laine, mis pöörduv tagasi ning võetakse vastu raadiovastuvõtjaga.

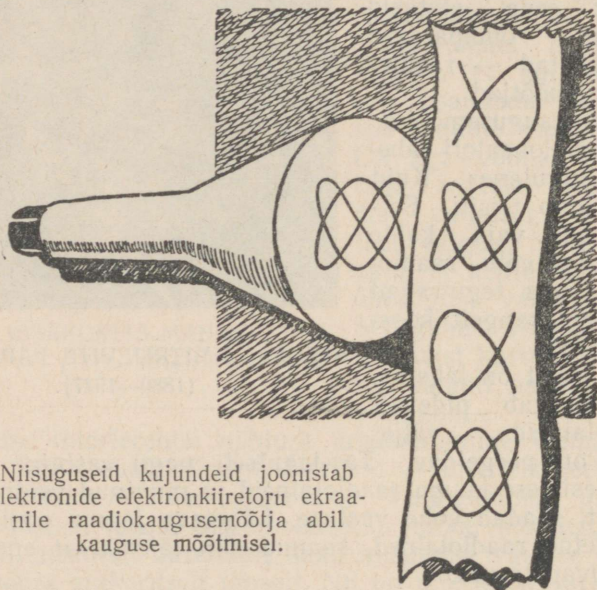
Kui need lained mõjutaksid elektronide kiirt kumbki eraldi, siis tekiks ekraanile ainult valge sirge ribakene:



NIKOLAI DMITRIJEVITSŠ PAPALESKI  
(1880—1947).

ühest lainest horisontaalne, teisest — vertikaalne. Lained mõjuvad aga üheaegselt ja kiir joonistab ekraanile keerukaid kujundeid.

Iga lainepaar joonistab erisuguse kujundi ja seetõttu on lihtne kindlaks teha, missuguste lainete poolt nad on ekraanile joonistatud. Nende kujundite käitumine peegeldab eriti täpselt raadiolainete koostööd. Seetõttu on võimalik, vaadates ekraanile, jälgida raadiolainete interferentsi ja teostada vajalikku mõõtmist.



Niisuguseid kujundeid joonistab elektronide elektronkiiretoru ekraanile raadiokaugusemõõtja abil kauguse mõõtmisel.

Kui radiojaamad on paiksed, siis mahub nende vahele alati üks ja seesama arv laineid. Sel puhul väljakiiratava laine koostegevus peegeldunuga ei muutu ning ekraanile joonistub üks ja seesama kujund.

Kui aga jaamad hakkavad lähenema või kaugenema, hakkab muutuma ka raadiolainete koostegevus ja ekraanil asendab üks kujund teist. Vastavalt kauguse muutumisele hakkavad kujundid korduma. Neid kordumisi on hõlbus loendada ja nende arv näitab, mitme lainepikkuse võrra muutus jaamadevaheline kaugus.

Mingisuguste punktide vahelise kauguse mõõtmisel seisab üks jaam paigal, teine aga liigub esimesest punk-

tist teise. Lähetavas jaamas jälgitakse sel ajal kujundite kordumist. Liikuv jaam laotab enda taha nagu möödulindi pika rodu raadiolaineid, lähetav jaam aga loendab neid.

Kujundite alusel saab loendada mitte ainult kahe punkti vahele mahtuvate täislainete hulka, vaid arvestada ka laine osi. Seetõttu on niisugused mõõtmised erakorralise täpsusega. Kümnete kilomeetrite pikkust vahemaad saab mõõta mõne detsimeetri täpsusega.

Vahel kasutatakse ka teist mõõtmisviisi. See võimaldab mõõtejaamade vahelise kauguse kindlaksmääramist otsekohe, nende asukohta muutmata.

Sel puhul minnakse jaamade ümberpaigutamise asemel üle ühelt lainepikkuselt teisele.

Lainepikkuse muutudes muutub ka jaamade vahele mahtuvate lainete arv. Seda muutust on hõlbus loendada kujundite muutumise kaudu.

Teades aga, kui palju muutus lainepikkus ja kui palju muutus seejuures lainete arv mõõdetavas piirkonnas, pole raske arvutada ka kaugust.

Raadiokaugusemõõtja abil saab mõõta mõnesajakilomeetrilisi vahemaid kahe-kolme minuti jooksul. Nõukogude teadlaste poolt välja töötatud uus mõõtmisviis paistab silma täpsuse ja kiirusega. Tal on suur tähtsus teadustes, kus on tegemist suurte vahekauguste mõõtmisega: raadiolokatsioonis, geodeesias, hüdrograafias ja navigatsioonis.

## Maismaal ja merel

Iga rändur — turist või geoloog — laotab enne teele asumist lahti geograafilise kaardi. Ta uurib linnade asukohti, õpib tundma jõgede pikki, looklevaid joonekesi, järvede siniseid laigukesti, küngaste ja mägede pruune ribakesi, madalike ja soode rohelisti piirkondi. Tema ees on siin kõik, mida võib teekonnal kohata. Võib arvestada, kus tuleb sõita rongiga, kus jala rännata, kus liikuda laeva või lootsikuga. Vaadeldes kaarti, saab rändur juba aegsasti kogu oma teekonna pikkuse ära mõõta.

Ilma geograafilise kaardita ei tule toime ükski komandör. Lahingu eel uurib ta lahingu tegevuse piirkonna kaarti. Sellele märgitakse ära vastase lahingukord, kantakse pealöögi suund. Enne lahingu alustamist kavandatakse see kaardil.

Kaarte valmistatakse kõige mitmesugusemateks otstarveteks. Neilt saab nagu omapärasest peeglist näha mistahes rajooni, riiki, mandrit. Geograafilist kaarti laiiali laotades unustame me sageli, millist hiiglasuurt tööd on nõudnud selle koostamine.

Kui on tarvis teada saada kaugust linnade vahel, mõõdame kauguse kahe punkti vahel kaardil. See on hõlbustaja lihtne.

Me peame aga meenutama, et kunagi tuli iga tükk maad, iga saarekene, laht või järv esialgu ära mõõta ja alles siis kanda geograafilisele kaardile.

Kaarte valmistatakse kõige mitmesugusemates mõõtkavades. Mida suurem on aga mõõt, seda täpsem on kaart ja seda rohkem tuleb teostada mõõtmisi.

Kaartide koostamine ja täpsustamine toimub pidevalt. Iga aasta lähetatakse kõikjale meie maal hulgalisi geodeetide ja topograafide ekspeditsioone. Nad teostavad mõõtmisi maastikul, et seda hiljem kanda kaardile.

Geodeetid ja topograafid kasutavad optilisi mõõteriistu. Nad peavad nägema seda punkti, milleni kaugust mõõdetakse. Et mõõta suuri vahemaid, tuleb ehitada kõrgeid torne. Mõõtetööd katkevad sageli halva ilmastiku tõttu. Siin võib aga osutada suurt abi raadiokaugusemõõtja.

Pole vaja pingutada nägemist ja oodata head ilma. Tarvitseb vaid häälestada mõõtejaamad. Raadiolainete abil saab teostada mõõtmisi mistahes ilmaga ja igal kellaajal.

Raadiokaugusemõõtja kiirendab mõõtmisi ja teeb need palju odavamaks. Laialdasel kasutamisel hõlbustab ta maa-alade kaardistamist tunduvalt. See on aga määratu tähtsusega meie Kodumaale, mille maa-alad on ääretud.

Raadiokaugusemõõtja on kasutatav ka merel.

Meresõitjaile on tavalisest kaardist vähe. Sellelt saab eristada mere ja maismaa piire, hõlpsasti üles otsida vajalikku väina või sadamat. Kapteneile on aga vaja erilisi merekaarte, millel on näidatud sügavused. Niiisuguseid kaarte koostavad hüdrograafid. Nad sõidavad laeval ja määravad mõõduriistadega kindlaks sügavuse. Iga mõõtmine tuleb kanda kaardile: panna punkt ja arvuga tähistada sügavus. Selleks on aga vaja teada laeva täpset asukohta.

Seda on hõlbustaja kindlaks teha raadiokaugusemõõtja abil.

Püstitatakse kolm kauguse mõõtmise raadiojaama: lähetav jaam laevale, kaks peegeldavat jaama aga rannale erinevaisse tugipunktidesse. Lähetav jaam saadab kogu aeg signaale rannajaamadele ja selletõttu on igal hetkel teada nende kummagi kaugus. Kui aga need kaugused on teada, siis saab ilma vaevata leida ka enda asukohta.

Tõmmake kahest punktist, mis kaardil tähistavad liikumatuid jaamu, kaks vahekaugustele vastavate raadiustega kaart. Kaarte lõikepunkt ongi laeva asukoht.

Rand kadus juba ammu silmist. Temani on üle 200 kilomeetri, raadiokaugusemõõtja aga määrab täpselt, kus laev asetseb.

Mõõtmisi saab teostada kogu ööpäeva vältel mistahes ilmaga. Hüdrograaf mõõdab sügavuse ja kaugusemõõtjad näitavad koha kaardil, kuhu see märkida. Nii tekib täpne merekaart — meremeeste truu teejuht.

Nõukogude hüdrograafid kasutavad raadiokaugusemõõtjaid juba hulk aastaid.

Raadiokaugusemõõtjaid saab kasutada ka navigatsioonis — laevade juhtimiseks.

1937. aastal oli järgmine juhtum. Raadiokaugusemõõtja kontrollimise ajal laskus merele ootamatult udu. Aurikul «West» asunud nõukogude kaugusemõõtjad kaotasid silmist peegelduvad rannajaamad. See ei seganud küll kauguse mõõtmist raadiokaugusemõõtjaga, kuid selle mõõtetulemuste kontrollimine optiliste riistadega muutus võimatuks ja otsustati minna peatuskohta.

Tüürimehed juhtisid laeva sadama poole enda arvutuste alusel. Kaugusemõõtjad aga märkisid raadiokaugusemõõtja abil iga kahe minuti järel laeva asukohta kaardile. Kujunes punktjoon, mille järgi oli näha, kuhu laev suundub. Peagi selgus, et tüürimeeste kursi arvutus ei ühti raadiokaugusemõõtja järgi teostatud arvutusega. Tekkis suur erinevus, kuid tüürimehed ei sõandanud üsaldada kaugusemõõtjate arvutusi ja jälgisid kurssi ainult oma seadmete abil.

Mõne aja pärast muutusid kaugusemõõtjad tõsiselt rahutuks: nende arvutuse kohaselt liikus laev otse saare suunas, tüürimeestele aga näis, et nad juhivad seda lahte. Järsku kostus roolimehe hädakisa:

«Saar on vööri ees!»

Udust ujus välja kaljuse ranna tume rüngastik.

Veel paar-kolm minutit ja laev oleks veealustele kividele puruks jooksnud. See oli saar, mille eest hoiatasidki kaugusemõõtjad.

Tüürimeestel tuli alistuda. Nad juhtisid laeva peatuskohani raadiokaugusemõõtja abil, nägemata midagi ümberingi, ja jõudsid täpselt sadamasse.

### Kaugnavigatsiooni teenistuses

Raadiolokatsiooni arenemine tõi meremeestele ja lenduritele uue, raadiosignaali abil orienteerimise vahendi, mis osutus palju täpsemaks kui raadiopeilimine. Ta põhjeneb mitte suuna kindlaksmääramisel, vaid kauguste mõõtmisel.

Raadiolokatsioon, nagu me nägime, põhineb ultralühilainete rakendamisel, millede toime horisondi taga väga kiirelt nõrgeneb. Et kindlustada kaugsõite ja -lende, kasutatakse palju pikemaid laineid.

Rannale paigutatakse üksteisest suure vahemaa taha kolm raadiojaama. Need nagu raadiolokaatoridki saadavad eetrisse lühikesi raadiosignaale. Laineid kiiratakse välja mitte kimpudena, vaid ringikujuliselt igas suunas, nii et neid saaks mistahes suunas vastu võtta. Nende signaalide abil teevad kindlaks enda asukoha lennukid ja laevad.

Kolmest raadiojaamast üks on peamine ehk juhtiv. Talle alluvad teised kaks. Nad asetsevad nii, et peajaam on alluvate (juhitavate) vahel.

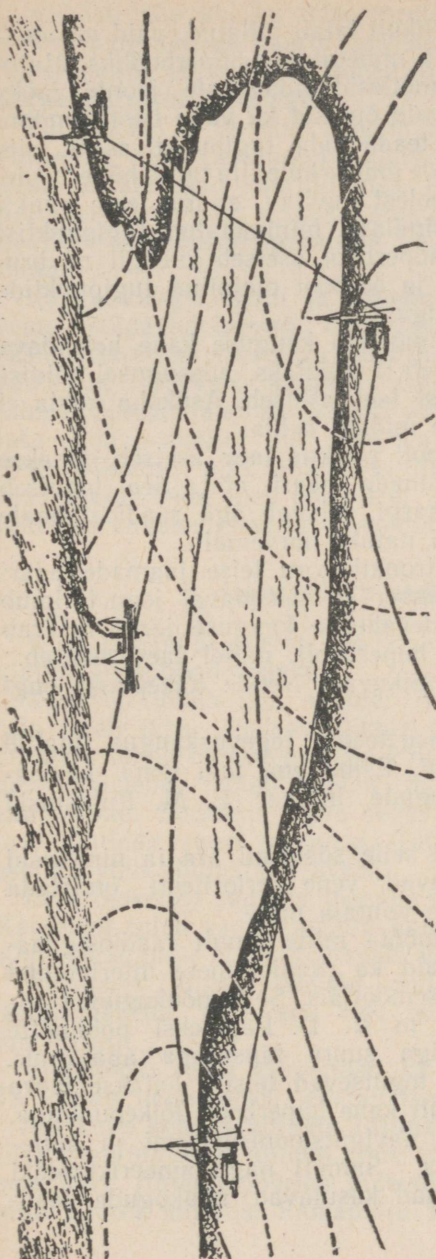
Peajaamas on kaks raadiosaatjat. Kumbki neist tegutseb paaris ühega alluvaist jaamadest. Kujuneb kaks paari jaamu. Kumbki paar tegutseb teisest sõltumata, nende ülesanne on aga ühine.

Vaatleme ühe jaamapaari tegevust.

Juhtiv jaam lähetab lühikese raadiosignaali, mille võtab vastu juhitav jaam. Vastuvõetud signaal lülitab automaatselt sisse juhitava jaama raadiosaatja, mis lähetab sellelsamal lainel enda signaali.

Niiviisi jõuavad laeva juurde kaks lühikest signaali. Need ei saabu aga üheaegselt, vaid alluva jaama signaal alati veidi hilineb.

Raadiosignaalid mõjutavad elektronkiiretoru. Selle ekraanile ilmuvad valgusmärgid: üks — juhtiva ja teine — alluva jaama signaalist.



Et kindlustada kaugsõite ja -lende, paigutatakse rannale üksteisest suure vahemaa taha kolm raadiojaama.

Peajaam lähatab signaale mitu korda sekundis. Samapalju kordi sekundis tekiavad ekraanile mõlema jaama signaalide poolt tekitatud helen-davad märgid. Ku-jundub kahe terava, teatud vahemiku võrra eraldatud, ham-ba kustumatu kuju-tis.

Mida siis selle vahemaa pikkus kind-laks määrab? Võib-olla kauguse mingi raadiojaamani?

Ei.

Raadiovastuvõtja registreerib ainult selle hetke, millal signaal jõuab laeva-ni. Hetke, millal sig-naal välja saade-takse, ta kindlaks määrata ei saa ja seetõttu ei saa vahe-tult kindlaks teha ka kaugust raadiojaa-mani.

Hammaste vahe-kaugus näitab, kui palju asetseb üks jaam teisest kauge-mal. Merepinnal võib leida loendamatu arvu niisuguseid punkte, mis omavad samasu-gust kauguste vahet rannajaamade suhtes nagu laevgi.

Selgub, et need

punktid pole mitte juhuslikult laiali pillatud, vaid moodustavad sujuva joone, mida nimetatakse hüperbooliks. Matemaatikud mitte ainult mõtlesid niisuguste joonte jaoks välja kõlava nimetuse, vaid õppisid ka väga hästi tundma nende omadusi. Kui on teada kahe tugipunkti asend, siis on lihtne kujundada nende ümber kuupalju tahes hüperboole.

Hüperbool on selle poolest huvitav, et iga tema punkti kauguste vahe kahest kindlast, niinimetatud tugipunktist on jääv suurus. Teine hüperbool asetseb kusagil naabruses, kuid tema punktide ja eespool mainitud tugipunktide kauguste vahe on teistsugune.

Niisiis, kui tüürimees mõõdab kauguse kahe helendava hamba vahel ekraanil, teeb ta kindlaks, missugusel kõigist võimalikest hüperboolidest laev asetseb. Asukoha kohta ei saa ta aga esialgu mitte midagi öelda.

Millises leitud hüperbooli punktis laev asetseb, tehakse kindlaks teise raadiojaamade paari abil. See tegutseb samuti nagu esimene paargi, lähetab aga raadiosignaale kas veidi sagedamini või natuke harvemalt.

Operaator lülitab elektronkiiretoru teise jaamade paari signaalide vastuvõtule ümber ja helendaval joonel ilmub kaks uut hammast. Nendevahelise kauguse järgi määrab operaator kindlaks teise hüperbooli, millel laev asetseb.

Mõlemad hüperboolid löikuvad. Nende löikepunkt ongi laeva asukoht.

Mainitud navigatsioonisüsteemi tegevuskaugus ulatub kahe tuhande kilomeetrini. Esimesena tegi tema kasutamiseks ettepaneku nõukogude insener E. M. Rubtšinski (1938. a.).

Ameeriklased kasutasid selle süsteemi ära ja nimetasid ta Loraniks. Nad püüavad vene prioriteeti omistada endale ja varjavad tõelise leiutaja nime.

Kauguste vahet saab mõõta mitte ainult raadiosignaalide hilinemise kaudu, vaid ka raadiolainete interferentsi kaudu nagu raadiokaugusemõõtjais. Selle nõukogude teadlaste L. I. Mandelštami ja N. D. Papaleksi põhimõtte alusel on kujundatud väga suure täpsusega aparatuur. Kuigi jaamad sel puhul tegutsevad teisiti, leitakse laeva või lennuki asukoht samuti kahe hüperbooli löikepunktina. Inglased kopeerisid seda navigatsioonisüsteemi ja nimetasid ta Dekka-süsteemiks. Samuti nagu ameeriklasedki vaikivad nad sellest, et nad kasutavad nõukogude teadlaste avastusi.

Niihästi ühe kui ka teise meetodi jaoks valmistatakse erilisi geograafilisi kaarte, millele on trükitud kahekordne hüperboolide võrk. Need jooned lõikavad jaamade tegevuspiirkonda pikuti ja põigiti.

Tüürimehel ei tarvitse teha mingeid arvutusi. Vaadanud ekraanile, teeb ta kindlaks kahe hüperbooli numbrid ja leiab seejärel nad kaardilt üles. Punkt, kus nad lõikuvad, näitabki laeva või lennuki asukohta. Niisugusele koordinaatide kindlaksmääramisele ei kulu üle kahe-kolme minuti.

Kaugel-kaugel, sadu ja tuhandeid kilomeetreid rannast eemal, sõidavad laevad, lendavad lennukid. Nad ei saa eksida ääretuis mere- ja taevaavarustes. Nende juurde saavad pidevalt kaugete raadiojaamade nähtamatud lained. Nende jaamade kaudu saab tüürimees teha kindlaks enda asukoha. Tal pole vaja «püüda» päikest või tähti. Mistahes ajal, mistahes ilmastiku puhul saab ta raadio abil leida üles enda tee. Rannalt kanduvad teedjuhtivad raadiosignaalid ei võimalda tal teelt eksida.

### Laev sõidab sadamasse

Kui aurik on avamerel, siis laiub tema ümber silmapiirini ulatuv ühesugune veepind.

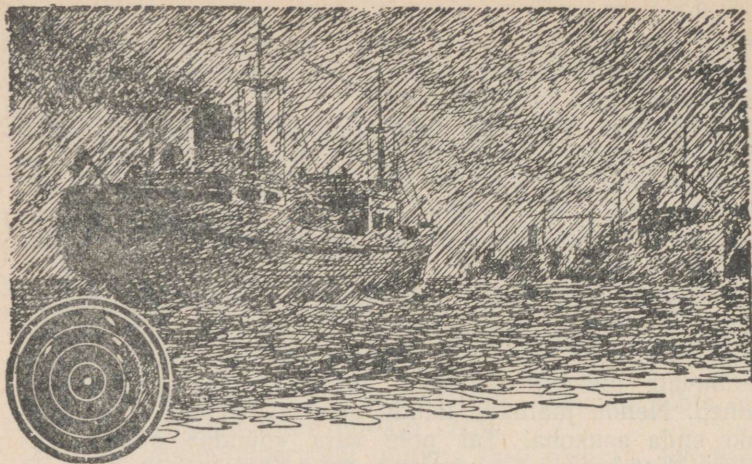
Kaugsoit jõuab aga lõpule. Aurik läheneb sadamale. Siin tuleb juba tähelepanelikult jälgida, et mitte kokku põrkuda teiste laevadega ega kinni sõita madalikule. Kaldale lähenedes võtab kapten mõnikord laeva juhtimise enda kätte. Sissesõit elava tegevusega sadamasse nõuab laevajuhtidelt suurt vilumust. Tüürimehe kõige väiksemgi eksitus võib põhjustada avarii.

Eriti raskeneb sadama tegevus sompus ja uduse ilmaga. Kapitaneil tuleb sageli oodata kuni udu hajub, enne kui sõita sadamasse sisse või sealt välja.

Avamerel piisab laevale enda asukoha teadmisest. Ranna lähedal peab aga veel seda nägema, mis toimub ümberringi.

Raadiolokatsioon kergendab ka siin meresõitjate tööd. Ta annab neile teised, ebatavaliselt terased silmad.

Aurikule, kuhugi kõrgele (esimasti külge või roolikambri), paigutatakse antenn, mis tekitab peent raadiolainete kiirt. Antenn pöörleb pidevalt püsttelje ümber, tehes mitu pööret minutis. Samapalju kordi minutis läbib raa-



Laeva raadiolokaator on tüürimehe truu abiline.

diolainete kiir laeva ümbritseva ala. Ja samapalju kordi saadavad ümbritsevad esemed raadiokaja, mis antenni poolt nüüd vastu võetakse.

Roolikambrisse on paigutatud raadiolokaator ringvaatekraaniga. Elektronide kiir kannab peegeldunud raadiosignaali toimet raadiolokaatori ekraanile kõik, mis auri-  
kut ümbritseb. Ekraanile joonistub looklev rannajoon, lii-  
kuvad ja ankrusseisvad laevad, kaljud, merepaagid. Tüü-  
rimees, kelle silme ees on see ebatavaline kaart, näeb  
ümberringi mõnekümne kilomeetri kaugusele.

Võib teha ümberlülituse ja saadakse palju suurema mõõtkavaga kaart. Siis raadiolokaatori vaateväli vähe-  
neb, selle-eest hakkavad aga lähedasemad esemed selge-  
mini eralduma. Kaugust nendeni saab palju täpsemalt  
kindlaks määrata.

Ringvaate-raadiolokaator abistab laeval mistahes näh-  
tavuse puhul sadamasse sisse ja sealt välja sõitmist, jõesuudme ülesotsimist, kitsa väina läbimist.

Sageli tähistatakse tee, mida mööda laevad peavad lii-  
kuma, poidega, mis näitavad laevadele teed ohtlikes koh-  
tades ranniku läheduses. Kui niisugused poid varustada  
raadiolainete peegeldajatega, siis raadiolokaator avastab  
nad. Ja tüürimees, vaadates heledatele poide märgikestele

ekraanil, saab juhtida auriku, nagu väikeste majakate abil, sealt läbi, kust vaja.

Laeva raadiolokaatori proovimisel tehti järgmine katse.

Suur aurik läks jõesuudmesse. Aurikut juhtiv tüürimees asus suletud ruhvis ja jälgides raadiolokaatori ekraani andis sealt korraldusi roolimehele.

Järsku ilmus ekraanile otse laeva kursil hele tähn. See muutus üha suuremaks ja suuremaks.

Pööramata tähelepanu ekraanilt, võttis tüürimees kõnetoru.

«Rool kaks kraadi paremale,» käsutas ta roolimeest.

Aurik pöördus kuulekalt ja hele tähn nihkus kohe vasemale. Tekilviibijad nägid mõne aja pärast suurt laeva, mis vasakult poolt möödus aurikust.

Terve tunni sõitis aurik raadiolokaatori juhiste kohaselt. Kordagi ei lähenenud ta ohtlikule kaugusele mingist laevast või navigatsioonimärkidega tähistatud leetseljakust (kehvlist).

Raadiolokatsioon saab aurikut abistada isegi sel juhul, kui temale raadiolokaatorit paigutatud ei ole. Sel puhul abistab sadamasse paigutatud raadiolokatsioonijaam. Selle antenn asetseb kõrge masti otsas kusagil rannal, kust ta «vaatleb» kogu sadamat.

Sadama dispetšer näeb ringvaateekraanil kõiki laevu, mis lähenevad sadamale või lahkuvad sealt. Ta peab radio teel sidet kõigi laevadega ja võib tulla appi igale raskest olukorras olevale tüürimehele, andes temale vajalikke juhiseid.

Kasutades raadiolokatsioonijaama, juhib dispetšer ilma vaevata laevade liiklust suurel veealal. Ta ei lase tekkida mitte ühtegi kokkupõrget, mitte ühtegi avariid.

Ei päeval ega udus ei kaota raadiolokaator enda kaugnägelikkust. Ta näitab teed küll avamerel, küll kalda läheduses. Tüürimehed viivad täie kindlusega oma laevad sadamasse, et mõne aja pärast jällegi merele minna.

### Lendurite truu sõber

Lennuasjandus annab inimesele kõige kiirema liiklusvahendi. Mitte ükski teine masin pole suuteline liikuma niisuguse suure kiirusega. Kuid vaatamata sellele mõtlevad lennuasjanduse eriteadlased lakkamatult lennukiiruse

suurendamisele. Nad unistavad juba lennukeist, millised kihutaksid helist kiiremini.

Konstruktoereid erutab alati küsimus: kuidas suurendada lennuki võimsust, parandada tema voolujoonelisust, et ta lendaks kiiremini.

Võitlust kiiruse eest jätkab piloot, kui masin tõuseb õhku. Lendur ei saa aga lennata suure kiirusega, kui ta pole veendunud lennusuuna õigsuses, ei tea enda asukohta ega kujutle, kus asetseb lennuväli.

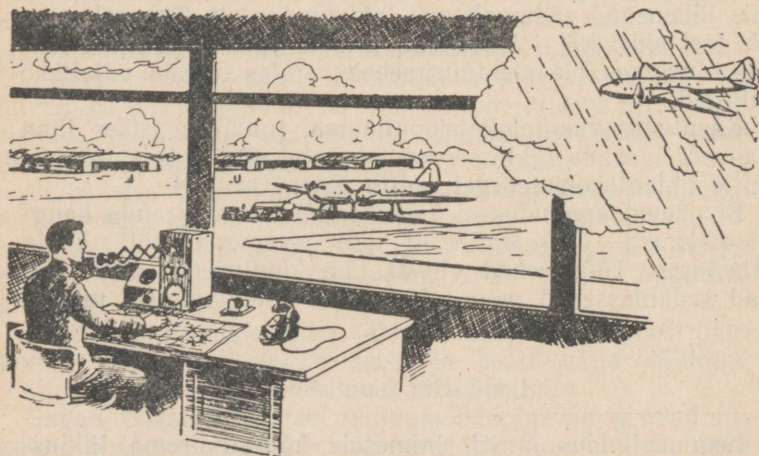
Eriti raskeks muutub lend halva ilma puhul. Siis on võimalik mitte ainult teelt ära eksida, vaid võib isegi kokku põrkuda teiste lennukitega.

Raadiolokatsioon on lendurite truu sõber. Võitluses kiiruse ja ohutuse eest lennuasjanduses etendab ta väga tähtsat osa.

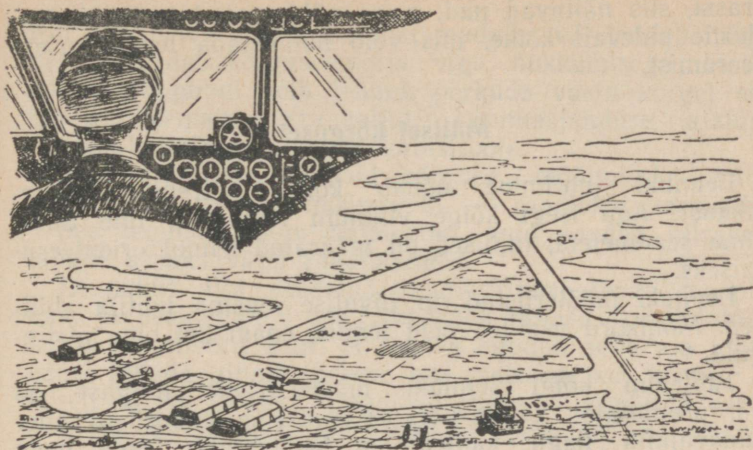
Kui lennukile on paigutatud raadiolokaator, siis leiab lendur ise üles enda asukoha ja määrab kindlaks kauguse lennuväljani. Kui tal aga raadiolokatsioonijaama pole, küsitleb ta raadio teel lennujaama.

Dispetšeril on silme ees raadiolokaatori ekraan. Ekraanil paistab äraeksinud lennukit kujutav hele tähnikene. Dispetšer juhib lennuki lennuväljale.

Maapealne raadiolokatsioonijaam teostab ringvaatlust.



«Teie lennuk on lennuväljast saja kahekümne kilomeetri kaugusel,» teatab raadio teel dispetšer äraeksinud lendurile. «Võtke kurss kaks-sada kolmkümmend kraadi ja te jõuate otse maandumisteele.»



Lennuki televiisori ekraanil on näha lennuvälja ja maandumisteede lihtsustatud joonis.

Tal on ekraan, millel väikeste heledate laigukestena avalduvad kõik jaama tegevusraadiuse piirkonnas olevad lennukid. Seda kujutist näeb mitte ainult maapeal asuv operaator, vaid näevad ka kõik piloodid, kes antud hetkel lendavad jaama tegevuspiirkonnas. See kantakse lennukeile üle täpselt samuti nagu kantakse üle kujutisi kaugnägemises.

Igale lennukile on paigutatud kaugnägemisvastuvõtja, mis võtab vastu maapealse kaugnägemisjaama raadiosignaale. Kaugnägemisvastuvõtja ekraanile tekib täpselt samasugune kujutis nagu maapealse raadiolokatsiooni-jaama indikaatorilgi ja piloot näeb oma lennuki tähnikest kõigi teiste tema läheduses lendavate lennukite märgikeste seas.

Vahel liidab kaugnägemisjaam ülekantava kujutisega ka ümbritseva maa-ala lihtsustatud kaardi koos teiste lenduritele vajalike tingjuhistega.

Sel moel on lennuki televiisori ekraanil peale lennukite paiknemise näha ka linnade, õhuteede, lennuväljade, maandumisteede asendid ja isegi tuule suuna ning kiiruse tingmärgid.

Kui paigutada niisugused raadiolokatsiooni-kaugnägemisjaamad teatud vahemaade taha piki õhusõidu

trassi, siis näitavad nad, nagu nähtamatud teejuhid, lendurile pidevalt kõike, mis võib hõlbustada lennul orienteerumist.

### Millisel kõrgusel

Lennuki juhtimine nõuab kõige suuremat meisterlikkust. Aga isegi kõige vilunum lendur ei tule toime ilma seadmeteta, millised on määratud lennul orienteerumiseks.

Lennuki mõõteriistad on tiivulise masina juhtija abiliised. Mõnikord usaldab neid lendur enam kui oma aistinguid.

Tähtsaim kõigi lennuki mõõteriistade hulgast on kõrgusenäitaja. Teada kõrgust maast on lenduril niisama hädavajalik nagu kaptenil on hädavajalik teada mere sügavust.

Sügavuste mõõtmiseks kasutatakse laeva veealuse osa külge seatud kajaloodi. Nagu terane kõrv kuulatab see mere sügavust ja hoatab meresõitjat veealuste ohtude eest. Kajalood saadab kogu aeg ultraheli signaale alla. Jõudnud põhja, peegelduvad need ja satuvad veealusesse telefoni, mis on kinnitatud auriku põhja külge.

Ultraheli poolt põhja ja sealt tagasi liikumiseks kulutatud aeg mõõdetakse. Aja kaudu määratakse aga kindlaks sügavus.

Kuhu ka aurik ei pöörduks, kajalood märgib alati ära mere sügavuse. Kapten on rahulik: aurik ei jookse kinni madalikule, ei purune vastu veealuseid kive — kajalood hoiatab niisuguse ohu eest.

Lennukõrguse mõõtmiseks kasutatakse teisi mõõteriistu, mida nimetatakse kõrgusemõõtjaiks. Tavaline kõrgusemõõtja kujutab endast teatud liiki baromeetrit, mille peaosaks on õhust tühjaks pumbatud metallkarp.

Kui lennuk tõuseb üles, satub ta hõredamatesse õhukihtidesse, kus atmosfääri rõhk langeb. Rõhumuutus mõjutab kõrgusemõõtjat. Selle osuti pöördub. Osuti asend aga määrab kindlaks kõrguse.

Niisugune mõõteriist on lennukil ülimalt hädavajalik, kahjuks ei saa teda aga alati usaldada. Kõrgusemõõtja viga on suur ja kõige vastutusrikkamal hetkel võib ta lendurit petta.

Kui lennuk lendab kõrgel, ei ole sel veal suurt tähtsust.

Kui aga lendur juhib masinat madalas või lendab mägedes, ähvardab kõrgusemõõtja viga hukkumisega. Halva nähtavuse puhul võib lennuk põrkuda vastu kõrget ehitist või tormata vastu kaljut. Lennuasjanduse ajalugu tunneb küllalt niisuguseid katastroofe.

Raadioinsenerid töötasid kõrguse mõõtmiseks välja palju usaldatavama mõõteriista — raadiokõrgusemõõtja.

See tegutseb nagu kajaloodki, kuid saadab ultrahelilainete asemel välja raadiolaineid.

Lennukilt alla saadetud raadiosignaal jõuab maapinnale ja peegeldunud sealt, pöördub tagasi. Raadiolainete kiirus on niivõrd suur, et lennuk suudab selle aja vältel edasi liikuda ainult väikese osa meetrist, kui kõrgel ja kiirelt ta ka lendaks. Raadiokõrgusemõõtja näitab seega kaugust just lennuki all asuva maapinnani. See on aga väga tähtis, eriti suure kiiruse puhul: lendur teab mistahes hetkel tõelist lennukõrgust.

Suurte kõrguste mõõtmiseks määratud raadiokõrgusemõõtja tegutseb samuti nagu kaugust kindlaksmäärav raadiolokaator. Ta lähetab lühikesi raadiopulse, mis pärast maapinnalt peegeldumist püütakse vastuvõtja poolt kinni ja mõjutavad elektronkiiretoru.

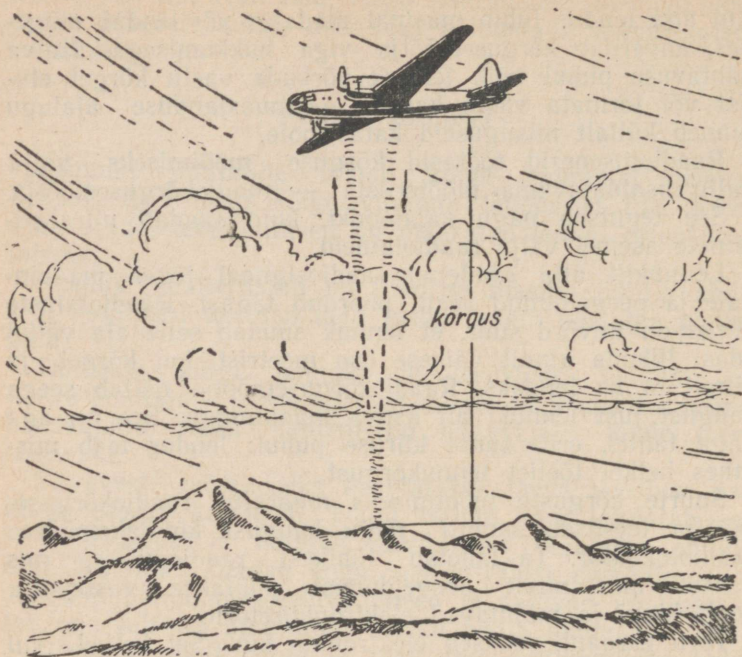
Toru ekraanil jookseb elektronide kiir. Sel hetkel, kui saatja kiirgab välja raadiosignaali, kaldub kiir kõrvale ja ekraanile ilmub nulljaotuse kohal helendav hammas. Kiir ei peatu, vaid jookseb edasi. Kui peegeldunud raadiosignaal pöördub tagasi, teeb kiir uue hüppe kõrvale. Silmapilk tekib teine helendav hammas. Selle kohal olev arv näitabki lennukõrgust. Mida kaugemal on teine hammas esimesest, seda suurem on kõrgus.

Raadiokõrgusemõõtja abil on võimalik teha kindlaks isegi maa-ala reljeefi, mis on lendurile väga tähtis, kui maa on tema silme eest udu või ööpimedusega varjatud.

Tasandiku kohal lennates teine hammas ekraanil ei nihku ja lendur näeb, et maapind on tasane. Kui aga hamba asend hakkab järsult muutuma, siis teab lendur, et all on mäed.

Niisugune raadiokõrgusemõõtja on hea suurte kõrguste mõõtmiseks. Kui aga lennuk lendab madalal või hakkab maanduma, tekib kõrguse mõõtmisel väga suur raskus.

Te olete arvatavasti märganud, et asudes kaugel suu-  
rest seinast või kaljust tarvitseb vaid kõvasti karjatada,



Raadiokõrgusemõõtja mõõdab lennuki kõrgust maast.

et kostuks kaja, kui aga minna lähemale, siis kaja enam ei kuuldu.

Ärge arvake, et kaja täiesti kaob. Ei. Sest ka lähedased esemed peegeldavad heli. Kuid sel juhul pöördub kaja tagasi nii kiirelt, et algheli ja peegeldunud heli kostuvad peaaegu üheaegselt. Nad sulavad ühte ja me ei saa kaja eristada.

Samuti pole ka raadiolokaator võimeline lähetatud radiosignaalist kaja eraldama, kui mõõdetav vahemaa on väga väikene. Saatja suudab raadiopulsi vaevalt välja saata, kui juba pöördub tagasi selle peegeldus ja teine hammas toru ekraanil langeb kokku esimesega; sel juhul pole võimalik kõrgust kindlaks teha.

Raadiotehnika saab aga selle takistuse ületada. Väikeste kõrguste mõõtmiseks kasutatakse teisiti tegutsevat raadiokõrgusemõõtjat.

Lennuki saatja kiirgab endiselt välja ultralühikesi

raadiolaineid, mitte aga üksikute pulssidena, vaid pidevalt, kusjuures lainepikkus pidevalt muutub.

Siiasamasse lennukile on paigutatud raadiovastuvõtja. Teda mõjutavad igal hetkel kaks signaali: saatja antennist just lahkunud algsignaali ja signaali, mis selleks hetkeks, pärast maast peegeldumist, jõudis tagasi pöörduda. Need signaalid on teineteisega väga sarnased, kuid nende vahel on siiski erinevusi.

Kuni peegeldunud signaal «rändas» alla ja üles, jõudis raadiosaatja laine muutuda. Selle tõttu see signaal, mis satub saatjast otsekohe vastuvõtjasse, veidi erineb sageduse poolest peegeldunud signaalist.

Mida pikem on teekond maapinnale, seda suurem on sageduste erinevus. Vastuvõtjas tekitab sageduste erinevus uue sagedusega võnkumise, mis võimaldab väga suure täpsusega mõõta seda erinevust ja sellega teha kindlaks lennuki kõrguse.

Piki ümmargust lennukit liigub osuti, mis näitab meetrites kaugust maani. Lenduril ei ole tarvis teha mingeid arvutusi. Mõõteriist arvutab erakordse täpsusega vähimadki lennukõrguse muutused. Ta peaaegu otseses mõttes «tunnetab» maad ja võimaldab juhtida masinat kõige tühisemal kõrgusel. See on eriti oluline madalal niitevlennul ja maandumise puhul. Olgugi et maa on silme eest varjatud, aitab raadiokõrgusemõõtja osuti lenduril hoiduda vajalikul kõrgusel ja hoiatab teda õigeaegselt ohu eest, kui lennuk laskub liiga madalale.

### Maandumisteele siirdudes

Raadiolokatsioon on tänapäeva lennuväe silmaks. Kuhu ka lennuk ei lendaks, raadiolokaator on lendurile kõikjal hädavajalik. Ta tuleb lendurile appi ka lennu lõpul, kui masin läheneb lennuväljale.

Lennuväli on õhulaevade sadam. Siia lendab lennukeid kokku igalt poolt. Õhuliiklus suure lennuvälja läheduses meenutab laevade liikumist elava liiklusega meresadamas. Ühed lennukid, lõpetanud teekonna, asuvad maanduma, teised, lahkunud maapinnalt, arendavad kõrgust. Siin peab lendur olema ettevaatlik, mitte sugugi vähem kui kapten, kes juhib oma laeva sadamasse.

On aga siiski suur vahe nende raskuste vahel, mis esinevad kaptenil ja lenduril.

Halva ilmaga, kui sadamasse sissesõit on ohtlik, ootab kapten head ilma avamerel. Lendur aga ei saa seda teha. Lennuk ei saa rippuda õhus ja oodata, millal udu hajub. Ta peab lendama.

Tavaliselt pärivad lendurid raadio teel andmeid lähima piirkonna üle, kus pole udu ja maanduvad sinna.

Niisugune juhtum leidis aset kuulsa nõukogude lenduri V. Kokkinakiga.

28. aprillil 1939. aastal asus ta vahemaandumisteta kiirlennule Moskvast New-Yorki.

Kakskümmend tundi järjest lendas Nõukogude lennuk läände. 7000 kilomeetrit jäi talle seljataha. Kurnatud lendur mõtles juba maandumisele. Raadio tõi aga mitterõõmustava teate: New-York on mattunud udusse ja mitte ükski lennuväli ei saa lennukit vastu võtta.

Kaugemale lennata polnud mõtet: lõuna pool oli udu veelgi tihedam. Julge lendur pöördus tagasi, otsides kohta maandumiseks ja lõpuks maandus.

Kui paagis kütust jätkub, siis võib lendur niisugust kõverikku teha. Kui aga bensiin on juba lõpukorral, siis tuleb tahestatmata maanduda.

Selge ilmaga pole lenduril abi peaaegu vajagi. Ta näeb maad ja maandub kindlalt. Kui aga all-lendavaid lennukeid on palju ja maa on silme eest varjatud, siis on abi maa pealt hädavajalik. Ja siin tulebki appi raadiolokatsioon.

Lennuvälja õhuümbruskonna kontrollimiseks seatakse üles raadiolokatsioonijaam. See jälgib kõike ümberringi ja lennuvälja dispetšer näeb ekraanil kõiki lennuväljale suunduvaid lennukeid.

Õhus ilmus nähtavale uus masin. Dispetšer annab raadio teel lendurile juhise minna ootepiirkonda. Lendur suundub juhutatud kohta ja lendab ootepiirkonnas, kuni saabub tema järjekord maandumiseks.

Kui lennujaamas on peale raadiolokaatori ka kaugnägemisjaam, lülitab piloot sisse oma televiisori. Selle ekraanile ilmub samasugune kujutis, mis tekib raadiolokaatori ekraanil dispetšeri silme ees. Lendur näeb lennuvälja ümbruskonna kaarti, mis on üle külvatud valgete tähnikestega. Need on lennujaama suunduvad lennukid. Lendur lülitab oma televiisori ümber ja ekraanile

ilmub maandumisteede joonis. Sellest allapoole kulgeb sirgjoon, mis näitab lennusuunda just enne maandumist.

Sellest pole aga veel küllalt. Lenduril tuleb enda lendu kontrollida. Ta peab igal hetkel teadma, kas tema masin liigub õigesti. Selgub, et see on juba ette nähtud. Lennuki televiisori ekraanile kiiutatakse ju ka lennuk ise heleda tähnikesena. Ja see näitabki lendurile, kuidas masinat juhtida.

Tähnikese ümberpaiknemine ekraanil kordab täpselt lennuki liikumist õhus. Kuhu liigub lennuk, samas suunas liigub ka tähnikene. Lendur näeb nagu peeglist oma masina asendit. Igal hetkel teab ta kaugust maandumisteeni ja saab suunata lennukit täpselt seda joont mööda, mida näitab talle lennuvälja maandumisaam.

Vähe on aga sellest, kui teada enda liikumist horisontaaltasapinnas. Peab ka nägema, kas laskumine toimub õigesti.

Televiisor joonestab ekraanile veel teise, esimesega risti oleva joone. See, nagu lennuki tähnikene, nihkub maandumistee alguse poole. See on lendurile uus juhtmärk, mis näitab kui kõrgel peab lennuk asetsema mistahes maandumishetkel. Kui lennuki kujutis läheb teisest joonest ette, tähendab, masin liigub liiga kõrgel. Kui aga tähnikene jääb temast maha, liigub lennuk liiga madalal.

Lendur jälgib kogu aeg ekraani. Ta reguleerib lennukõrgust ja tähnikene ekraanil ujub sellele joonele. Nüüd sattus ta just suundaosutava joone ja kõrgust äramäärava joone lõikepunkti. Tähendab, masin liigub täpselt maandumist juhtiva raadiolokaatori juhise kohaselt.

Vahemaa maandumisteeni lüheneb kiirelt. Viimased kümned meetrid õhus. Uduvinest hakkas paistma maa. Julgelt liugleb lendur alla ja sujuvalt maandab masina.

Niisuguse maandumise ohutus pole sugugi väiksem kui selge ilmaga, kui lendur näeb maad selgesti.

Nii aitab raadiolokatsioon võidelda lennuasjanduse vaenlase — halva nähtavusega. Kasutades raadiolokaatori teenuseid, juhivad lendur lennukit õhus täie kindlusega ja sooritab maandumise ilma riskita.

## Raadiolokatsioon ja meteoroloogia

Näib, et pole midagi raskemat kui ilmastiku ettenägemine. Sellele vaatamata kuuleme iga päev raadiost ilmateadet, mis põhjeneb mitte oletustel, vaid teaduslikel vaatlustel.

Ilmastiku ja kõigi tema muutuste uurimisega tegeleb meteoroloogia.

Et ette näha ilmastiku kujunemist, on vaja jälgida, kuidas ta muutus viimastel päevadel ja tundidel kogu maa territooriumil ja isegi väljaspool seda. Selleks otstarbeks on erinevates maakera punktides püstitatud meteoroloogiajaamad, mis teostavad ilmastiku vaatlust.

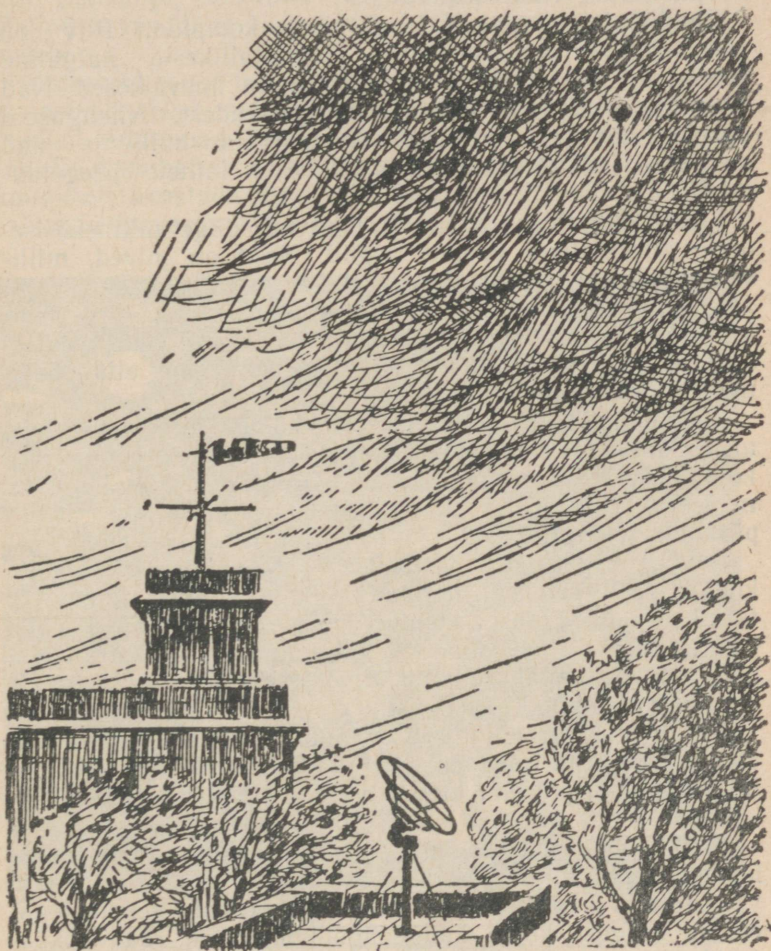
Jaamad on kõikjal laiali paigutatud: kõrbedesse, mäetippudele, Arktikasse ja isegi asustamata saartele. Meteoroloogid ei piirdu aga ainult maapealsete vaatlustega, vaid nad püüavad heita pilku võimalikult kõrgemale. Ohku tõusevad õhupallid, lennukid, aerostaadid ja suur-tükimürsud, mis on varustatud meteoroloogiliste mõõteriistadega. Need on ilmastiku luurajad, kes läkitavad meteoroloogidele väärtuslikke andmeid atmosfääri seisundist kõrgel maapinna kohal.

Meteoroloogid huvitavad eriti õhuvoolud. Tuul on ilmastiku tiibadeks. Tema suuna ja kiiruse järgi saab otsustada, kuidas ilmastik muutub.

Tuule uurimiseks lähetatakse õhuteekonnale väikene kummipall, mis on täidetud kõige kergema gaasi — vesinikuga. Niisugune pall tõuseb kiirelt üles, tuul aga kihutab teda kõrvale. Vaatlejad jälgivad palli eriliste seadmete torude kaudu ja teevad kindlaks tuule kiiruse ning suuna mitmesugusel kõrgusel. Pall-piloot peitub aga mõnikord pilvede taha. Nüüd pole inimese silm enam suuteline jälgima tema liikumist. Appi tuleb raadiolokaator.

Kui palli külge riputada metallist peegeldaja ja saata talle järele raadiolainete pulsse, siis ei saa õhupõgenik enam kuhugi peituda. Igale maa pealt saadetud raadiosignaale vastab ta raadiokajaga. Kuhu ka pall-piloot õhuvooluga kanduks, raadiolokaator jälgib teda lakkamatult. Asimuut, kohanurk ja kaugus pallini, kõik märgitakse ära elektronkiiretoru ekraanile ja meteoroloog loob endale nende andmete alusel selge pildi tuule käitumisest mitmesugusel kõrgusel. Ning tuule kohta saadud andmed võimaldavad ette näha ilmastiku muutumist.

Üsna hiljuti avastati, et raadiolokaator on suuteline kinni püüdma raadiolainete peegeldumist vihmapiiskade massidelt, kui tegutseda väga lühikestel — kolme sentimeetri pikkustel ja lühematel lainetel. Mida suuremad on vihmapiisad ja mida lähemal nad üksteisele on, seda tugevam on raadiokaja. Peegeldunud raadiosignaali järgi avastab raadiolokaator vihma mitmekümne ja isegi



Kuhu ka pall-piloot kanduks, raadiolokaator jälgib teda lakkamatult.

mitmesaja kilomeetri kauguselt. Kui aga vihm on avastatud, pole raske kindlaks teha, millise kiirusega ta liigub vaatluskoha poole.

Raadiolokaatori ringvaate-ekraanile ilmuvad eredad tähnid, mis tähistavad vihmarinnet. On näha, kuidas tähnid kasvavad ja liiguvad keskpunkti poole. See näitab, et vihmapiirkond laieneb ja peagi jõuab sellesse kohta, kuhu on püstitatud raadiolokaator.

Raadiolainetega saab isegi pilvi kompida. Pilv on vähimate veepiisakeste või jääkristallikeste hulgaline kuhjum. Piisakeste mõõted pilvedes on imeväikesed. Nad on sadu kordi väiksemad vihmapiiskadest. Niisuguseid piisakesi on aga pilvedes loendamata hulk ja nad on suutelised tekitama väga lühikeste lainete peegeldumist.

Elektronkiiretoru ekraanile ilmuvad kõige mitmekesisemate piirjoontega valged laigud. Need on pilved, millised raadiolokaator hiiglasuurest kaugusest avastas. Nagu arsti kogenud silm saab röntgenülesvõtte järgi teha kindlaks haiguse, nii suudab meteoroloog elektronkiiretoru ekraanil kujunduvate laigukeste põhjal ette näha ilmastiku muutuvat pilti.

Raadiolokatsioonijaama abil on hõlbus atmosfääri mitmete kümnete kilomeetrite kauguses ümberringi «läbi kompida». Nende vaatluste abil pole aga raske kindlaks määrata, kuidas ilmastik lähemal ajal ühes või teises piirkonnas muutub.

See on väga tähtis laevadele ja lennukitele. Raadiolokaator saab aegsasti hoiatada äikese, vihma, lume või tormi ilmumise eest. Lendur saab raadiolokaatori abil teha kindlaks ilma oma tee piirkonnas. Ta saab teada, mis teda ees ootab ja võib õigeaegselt pöörduda kõrvale või valida vajalikku kõrgust.

Kui lennukil raadiolokaator puudub, siis küsitleb lendur raadio teel maapealset raadiolokatsioonijaama ja talle antakse juhiseid, kuidas vältida lennus ohtlikke piirkondi.

Nõukogude meteoroloogid püstitasid kogu meie maad mööda laiali hulga vaatluspunkte ja jälgivad ilmastikku, varustatuna kümnete tuhandete mitmekesiste seadmetega. Nende hulgast kõige kaugenägelikumad on raadiolokaatorid. Võimaldades läbi kompida kõik atmosfääri kihid paljude kilomeetrite kauguselt ümberringi, aitavad nad

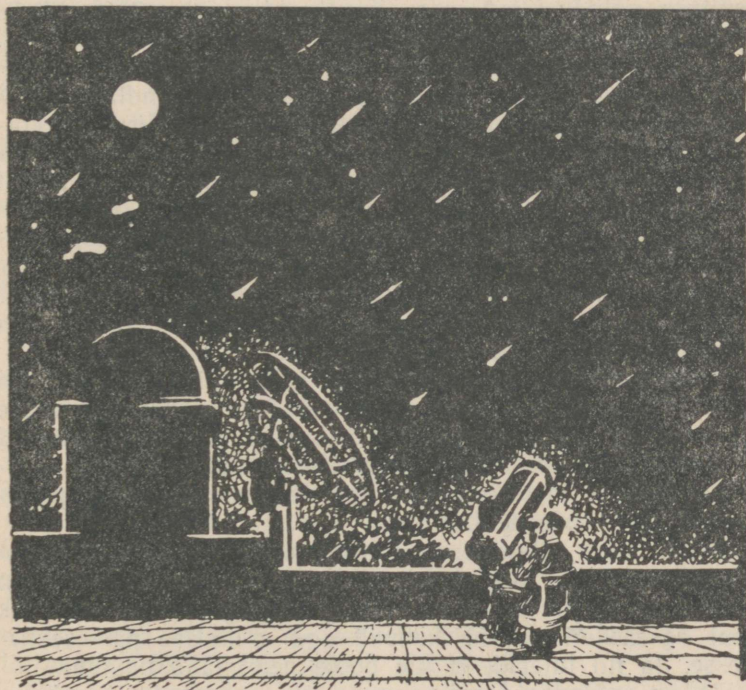
meteoroloogidel õppida tundma õhuookeani ja mõistatada ilmastiku seadusi. Sellel on aga meie maale määratu suur tähtsus.

### Meteoore jälitamas

Vahel süttib hulga tähtede seas öises taevas uus helen-dav punkt ja, sööstnud paigalt, joonistab ereda joone. Paljud arvavad, et langeb täht. See pole aga täht, vaid meteor.

Meteoorid on taevakehad, mis tungivad maakera atmosfääri. Nad on väga väikesed. Enamasti pole nende mõõted suuremad kui nõõpnõela peal. Tundub olevat täiesti uskumatu, et niisuguseid liivateri saab selliselt kauguselt avastada. Siin pole aga midagi mõistatuslikku.

Nende taevarändurite mõõted on küll väikesed, see-eest



Radiolokatsioonijaamade abil jälgivad astronoomid meteore.

arendavad nad aga tohutut kiirust. Nad lendavad atmosfääri kuulist kümneid kordi kiiremalt. Niisuguse peadpööritava kiiruse tõttu hakkab meteor hõõguma. Taevale tekib ere tulejalg, mis näib langeva tähena.

See nähtus kulgeb ülikiirelt. Meteoori kohtumine maa-kera atmosfääriga saab talle saatuslikuks. Ta hukkub nagu lõkke leegi sisse lennanud liblikas. Ja me näeme meteoori tema «elu» viimsetel hetkedel.

Maailmaruumist meie juurde sattunud väikese taeva-keha efektne hukkumine toimub maapinnast väga kõrgel. Enamik meteore süttib umbes 100 kilomeetri kõrgusel ja juba ligikaudu 80 kilomeetri kõrgusel nad kustuvad.

Võib arvata, et meteoori langemine on ainult ilus vaatepilt. See pole aga nii. Meteore jälgivad lakkamatult astronoomid. Nad ei tee seda lõbu pärast. Astronoomid uurivad meteore selleks, et mõistatada maailma ehituse saladusi. Nende vaatlused on väärtuslikuks materjaliks teadusele.

Astronoomidele on oluline mitte ainult langevate meteooride loendamine, vaid sama vajalik on kindlaks määrata ka nende heledus, spektraalne koostis, kiirus ja kõrgus. millisel nad süttivad ja kustuvad. Kõike seda teada saada on väga raske, sest meteor ilmub taevasse ainult üheks silmapilguks.

Üsna hiljuti hakati meteooride langemist fotograferima.

Hele ribakene, mis süttib taevas, jätab fotoplaadile heleda joone. Seda joont saab uurida kiirustamata, ega tarvitse karta, et ta kustuks.

Kuid mitte iga meteoori ei saa näha või pildistada isegi tähisel ööl. Mõned neist tekitavad õige nõrga sähvatuse ja neid on raske märgata. Niisugused meteoorid lähevad vaatlejale kaotsi. Selgel kuupaistesel ööl on raske märgata heledat meteoori. Kui aga taevas on kaetud pilvedega, siis ei näe neid üldse.

Peale selle lähevad meteooride «küttijaile» kaotsi päevased tunnid — pool kogu ajast. Kui aga meie kohal on Päike, pole ju meteooride voog sugugi vähem rikkalik kui öösel. Meteoorid kaovad aga eredaisse päikesekiirtesse. Ja nii tulebki, et üle poole neist jääb nägemata.

Hiljuti pöördusid astronoomid abi saamiseks raadiolokatsiooni poole. Selgus, et raadiolokaator saab edukalt

jälgida ka meteore, ja mitte ainult öösel, vaid ka päikesevalguses — päeval.

Astronoomide arvutuste kohaselt pidi Maa ööl vastu 10. oktoobrit 1946. aastal läbima meteoride parve, mis liiguvad ühe komeedi kannul. Meteorivooga kohtumise ootus ennustas «tulevihma» — erakordset ilusat nähtust, mis ilmub ainult mõni kord sajandi vältel.

Astronoomid ja geofüüsikud ootasid seda kuupäeva kärsitusega. Nad lootsid teostada teadusele vajalikke ülitähtsaid vaatlusi. Kahjuks paistis sel ööl peaaegu täiskuu ja lisaks sellele algas «tulevihm» liiga hilja. Meteoride arv hakkas märgatavalt suurenema alles pärast kella 3 Moskva aja järgi. Kuuvalguse tõttu polnud nõrgad meteorid märgatavad ja sai arvestada ainult kõige heledamaid. Selle tagajärjel oli nähtavate meteoride arv mitu korda väiksem kui neid tõeliselt taevasse ilmus.

Enne koidikut hakkas meteoride hulk järsult suurenema. Lähenes kõige huvitavam hetk. Päikesevalgus ähvardas katkestada kõik vaatlused. Ja tõesti, kui hakkas koitma, kadusid meteorid silmist, ehkki astronoomid teadsid, et meteoride vihm tugevnes.

Ja siin näitas raadiolokatsioon veel kord oma hämmastavaid võimeid.

Sel ajal, kui inimeste silmad ega ka fotoaparaadid polnud enam võimelised meteore jälgima, jätkasid raadiolokaatorid nende loendamist, nagu poleks midagi juhtunud. Sel ööl kasutati raadiolokatsiooni esmakordselt ulatuslikumalt meteoride vaatlemiseks. Ja ta sai astronoomide täieliku tunnustuse osaliseks.

Raadiolokaatorite abil teostasid nõukogude teadlased meteoride vaatlust ligi keskpäevani ja tegid kindlaks, et meteoride sadu saavutas suurima tugevuse kell 7 hommikul.

Kuidas on aga raadiolokaatoril võimalik avastada niisugust väikest taevakeha nagu on meteor?

Kui meteorid liiguksid aeglaselt, jääksid nad Maalt teostatava vaatluse puhul tähele panemata: liiga väikesed on nende mõõted, et tekitada märgatavat päikesevalguse või raadiolainete peegeldust. Suure kiiruse tagajärjel muutub aga meteor ise hetkeks väikeseks täheks ja see tõttu saab teda näha suurelt kauguselt.

Raadiolokaatorile läheb aga valguse sähvatus jäljetult kaotsi. Valguskiiri ta vastu võtta ei saa. Ja siiski ei saa

meteoor raadiolokaatori eest peituda. Selgub, et meteoori langemisega kaasneb peale helendamise veel üks ülimal määral huvitav nähtus.

Kui meteoor tormab maakera atmosfääri, laguneb ta ise ja lahutab ka ettesattuvad õhumolekulid positiivselt ja negatiivselt laetud osakesteks. Need osakesed moodustavad pika ioniseeritud gaasi riba, mis lindina liigub meteoori taga.

Ehkki raadiolokaator pole võimeline kompima meteoori väikest keha, avastab ta siiski ilma vaevata selle pika «saba». Raadiolained peegelduvad ioniseeritud «pilvekeselt» nagu tõkkelt ja elektronkiiretoru ekraanile ilmuvad eredad tähnid — meteoride jäljed. Tähni asendi kaudu saab määrata kindlaks meteoori kõrgust, peegeldunud signaali tugevuse järgi aga — tema massi.

Need vaatlused rikastavad mitte ainult astronoomiat. Nad laiendavad meie teadmisi kõige kõrgematest atmosfäärikihtidest, millede vastu juba ammu tunnevad huvi mitmesuguste erialade teadlased.

Kohtudes Maaga, muutuvad meteorid tahtmatult stratosfääri luurajaiks. Nad jutustasid meile juba palju selle ehitusest ja omadustest. Aga tunduvalt rohkem tuleb meil neilt veel teada saada.

Raadiolokatsioon hõlbustab suurel määral meteoride vaatlust, aga koos sellega annab võimaluse põhjalikumalt uurida Maa õhukatet ja avastada uusi universumi saladusi.

### Väljaspool maa piire

Loodus varustas raadiolained suurima kiirusega. See kiirus on nii suur, et teda on raske kujutleda.

Heli lendab ühes sekundis 330 meetrit. See moodustab 1200 kilomeetrit tunnis. Raadiolained tormavad aga miljon korda kiiremalt. Mistahes kaugus Maal on nende jaoks liiga väikene. Nad rebivad end välja kosmilisse ruumi, kus on suuremad avarused.

Pole aga nii lihtne end Maast lahti rebida ja tormata planeetidevahelisse maailma. Maa on mähitud paksu õhkkattesse. Ülemised atmosfäärikihid on aga ioniseeritud. Ionosfäär ümbritseb maakera igast küljest ja ülespoole kiiratud raadiolained peegelduvad temalt tagasi.

Aga mitte kõik lained pole sunnitud jääma Maa van-

gistus. Juba ammu on teada, et mõne meetri pikkused raadiolained Maale tagasi ei pöördu. Ionosfäär — see pikkade ja lühikeste lainete valvur — on jõuetu ultralühikeste lainete Maale tagasi pööramiseks.

Kuidas aga tõestada, et need raadiolained, suundudes üles, lahkuvad maailmaruumi? Võib olla kulutavad nad kogu enda energia atmosfääri ülemistes kihtides ära ja hääbuvad seal, olles jõuetud kiskuma end maakera van-  
gistusest lahti?

Esimesel pilgul näib, et seda polegi võimalik kontrol-  
lida. Kui raadiolained on võimelised atmosfäärist läbi  
tungima, kuidas saaks siis teada, et nad tõesti jõudsid  
Maa piiridest välja?

Niisuguse teatise võivad meile tuua ainult raadiolained  
ise. Nad peavad enda kosmiliselt rännakult pöörduma  
tagasi, peegeldudes mingisuguselt taevakehalt. Kõige  
sobivam on selleks ära kasutada lähimat taevakeha —  
Maa reisikaaslast.

Nii tärkas mõte Kuult raadiokaja saamiseks.

Raadiofüüsikud tahtsid juba ammu saata raadiosig-  
naale kuule. Raadiotehnika oli aga liiga nõrk, et teha  
niisugust hiiglaslikku hüpet. Ta kogus jõudu ja arenes.  
Raadiolokatsiooni ilmumine ja tema edusammud sisenda-  
sid lootuse, et see saab lõpuks teostatud.

1943. aastal otsustasid nõukogude raadiofüüsikud  
L. I. Mandelštam ja N. D. Papaleksi arvutuste teel teha  
kindlaks, kas raadiokaja saamine Kuult on võimalik.

Meie teadlaste poolt edukalt teostatud keerukad arvutu-  
sed näitasid, et maapealseil raadiosignaalidel pole sugugi  
nii lihtne teha rännakut Kuule ja tagasi.

Teel Kuule peab raadiolaine eelkõige läbi tungima  
maakera ümbritsevast õhukihist. See ei saa aga toimuda  
raadiolainele jälgi jätmata. Ta kaotab osa enda ener-  
giast ja jõuab atmosfääri piiridest välja osaliselt nõrgene-  
nuna.

Kohtumine Kuuga ähvardab tuua veelgi suuremat  
energiakaotust. Sest Kuu pind pole ju peegel. Astronoo-  
mid on teleskoopidega üksikasjaliselt uurinud Kuu palet.  
Ta on nagu rõugetega kaetud tohutu hulga Kuu kraateri-  
tega, sisselõigatud sügavate ja pikkade mäekurudest kort-  
sudega, ülekülvatud tuha ja kosmilise tolmuaga.

Raadiolaine kaotab Kuu pinnale langedes umbes  
ühiksa kümnendikku kogu energiast ja ainult üks küm-

nendik osa laine energiast peegeldub kõigis suundades laiali.

Pärast kuult peegeldumist seisab raadiosignaali ees tagasiteekond. Uus kohtumine Maa atmosfääriga kutsub esile uue energia neeldumise ja laine saabub tagasi uskumatul määral nõrgenenuna.

Rajuga võrreldav väljakiirgunud raadiosignaal saabub pikalt rännakult tagasi vaevu märgatava tuulekesena.

Nõukogude teadlased tulid järeldusele, et on vaja lähetada võimalikult peenem suure võimsusega raadiolainete kiir ja nõrgenenud raadiosignaali energiat koguda kokku võimalikult suuremalt pinnalt — ainult siis võib loota kuulda Kuult saabunud radiokaja.

Kolm aastat hiljem leidsid need arvutused hiilgava tõestuse radiolokatsiooni tegelikkuses.

Ükskord, kui Kuu ilmus silmapiirile, saadeti tema suunas võimas raadiolainete voog. Raadiooperaatorid jälgisid aparati. Kahe ja poole sekundi pärast kargas ekraani parempoolses osas üles valgushammas — radiokaja oli avastatud. Kuu oli vastanud! Raadiolained läbisid 768 000 kilomeetri pikkuse teel! Nii mõõdeti raadio abil kaugus taevakehani.

See oli Maa esimene kõne oma vaikiva teekaaslasega.

Raadiosignaali saatmine Kuule toimus tavalise radiolokatsioonijaama abil, mille võimsust tuli tunduvalt tõsta. Selle võimsus suurendati mitmekordseks. Et tekitada peenemat raadiolainete kiirt, suurendati antenni pind kahekordseks. Väljakiiratud energia koondamine ühes suunas tugevdas raadiosignaali 200 korda.

Kuna raadiosignaal kulutas rännakuks Kuule ja tagasi kaks ja pool sekundit, siis tegutses radiolokaator suhteliselt aeglaselt: tavalise mitme tuhande pulsi sekundis väljakiirgamise asemel lähetas ta iga viie sekundi vältel ainult ühe pulsi. Seevastu suurendati tunduvalt pulsi kestust. Varem moodustas see ainult mõne miljondiku osa sekundist, nüüd oli aga sadu tuhandeid kordi suurem ja moodustas pool sekundit. Niisugune viivitatud «raadio-kogupauk» võimaldas saada palju tugevamat peegeldust.

Ürituse edu otsustas aga raadiovastuvõtja. Avastada Kuu poolt tagasipeegeldatud uskumata nõrka raadiosignaali on väga raske. Vastuvõtja peab olema eriti suure tundlikkusega, et püüda kinni sumbunud kaja, mida Kuu

meile saata saab. Raadiovastuvõtja kujutas endast väga keerukat raadioaparaati. Ta oli niivõrd tundlik, et oleks võinud avastada raadiolokaatorist 3000 kilomeetri kaugusel olevat lennukit.

See, et kaugust Kuuni õnnestus mõõta täiesti uudsel viisil — raadiolainete abil, pakub suurt teaduslikku huvi.

Tavaliselt määratakse seda kaugust kindlaks astronoomiliste mõõtmistega. Maa erinevaise külgedesse suunduvad kaks ekspeditsiooni. Nad asetuvad ühele meridiaanile, kuid teineteisest väga kaugele.

Ekspeditsioonid peavad rangelt üheaegselt mõõtma nurgad, millede all Kuu antud punktides paistab. Seejuures moodustub hiiglaslik kolmnurk, mille tipuks on Kuu, aluseks aga vaatluspunkte ühendav joon. Lahendades seejärel trigonomeetrilise ülesande, leitakse kaugus Kuuni. Astronoomid olid vahemaa Kuuni teinud kindlaks mitte suurema kui 20—30 kilomeetrise veaga. Aga millist suurt tööd nõuab see mõõtmine! Kuivõrd keerukas ja vaevanõudev ta on!

Mõõtmine raadiolainete abil on hulga lihtsam, täpsus seejuures võib aga olla suurem. Raadiolokaator mõõdab kaugust Kuuni ühest punktist ega nõua täiendavaid arvutusi. Vaadates elektronkiiretoru ekraanile, võivad astronoomid nüüd ilma vaevata jälgida, kuidas muutub vahemaa Kuuni ja joonestada tema orbiidi.

Ajajooksul aga, kui kasvab raadiolokatsiooni täpsus, saab võimalikuks raadiolainete abil õppida tundma Kuu reljeefi ja mõõta kuupealsete mägede kõrgust.

Võib olla võimaldavad raadiolokaatori kiired heita pilku ka teistele planeetidele. Palju saladusi avaneb siis meie pilgule.

Kõigi tehnika-alade hulgast esimesena lahkus raadiolokatsioon Maa piiridest maailmaruumi. Maailmaruum kuulis inimese häält, ja seda häält kandsid raadiolained. Sida teiste planeetidega, millest me lugesime fantastiliste romaanide lehekülgedelt, pole tänapäeval enam fantaasia, vaid reaalne võimalikkus.

## ULTRALÜHILAINED JA NENDE TULEVIK

## Uued lained — uued võimalused

Kui te võtate kinni raadiovastuvõtja häälestusnupust, siis avaneb teie ees üks nähtamatusse eetrimaailma. Vaevalt märgatavalt pöörasite nuppu ja vastuvõtja häälestus ühele raadiojaamadest: valjuhääldajast kostus loengut ettekandva teadlase hääli; te pöörasite häälestusnuppu veel natuke ja kuulsite raadioreportaazi jalgpalliväljakult; te pöörasite nuppu edasi — ja teid haarasid nõidusliku muusika helid.

Pöörates vastuvõtja häälestusnuppu, teostate te rännakut eetris ja võite kuulda väga kaugeid raadiojaamu.

Mitte alati ei kulge aga see rännak õnnelikult. Mõnikord tungib mõõdukalt hõljuvaisse valsihelidesse kõrvaline saade või raadiotelegraafi tähestiku sage põrin. Tahtmata muutute üheaegselt kahe või isegi kolme jaama kuulajaks. Selles ei tule süüdistada raadiovastuvõtjat: tema täidab oma ülesannet korralikult. Selle põhjustajaks raadiovastuvõtul on «kitsikus eetris».

Arge arvake, et raadiolaineil on tõesti kitsas. Ei. Ühe laine levimine ei sega mingil määral teiste lainete levimist. Nad lähevad üksteisest läbi, üksteist «märkamata». Selles mõttes on eetris alati avar. Me võiksime püstitada raadiojaamu igasse majja ja need kõik sisse lülitada, ja nad tegutseksid eeskujulikult — kiirates välja miljoneid ja miljardeid kõikvõimalikke raadiolaineid. Ei tule aga unustada raadiovastuvõttu. Raadiojaamad töötavad selleks, et keegi neid kuulaks. Raadiosaadet võib teostada, kas võib aga kuulda ja aru saada, mida saadetakse?

Kõneldes «kitsikusest eetris» tahetakse öelda, et üheaegselt tegutseb ääretult palju raadiojaamu ja raadiovas-

tuvõtt on väga raskendatud. Kõige paremini teavad seda telegramme kuulamise teel vastuvõtavad radistid. Vahel lõövad vastuvõetava raadiojaama signaalidest niivõrd tugevasti läbi kõrvalised jaamad, et ainult terav kuulmine ja suured kogemused aitavad välja radisti ning võimaldavad tal telegrammi moonutusteta vastu võtta. Teda võivad segada mitte ainult tema enda lainel ülekannet teostavad jaamad, vaid ka need, mis tegutsevad lähedastel lainetel.

«Kitsikus eetris» on üks keerukamaid raadiotehnika ees seisvaid ülesandeid.

Raadio arenemise algperioodil oli saatejaamu vähe ja nad ei seganud üksteist. Ajajooksul nende hulk üha suurenes ja suurenes, vabade raadiolainete arv aga vähenes. Raadiotehnikuil tuli hakata mõtlema õigemale ja ökonoomsemale «eetri kasutamisele». Raadiolainete jaotamiseks riikide vahel hakati kokku kutsuma rahvusvahelisi konverentse. Ilmusid ranged piiramised, mis ei lubanud raadiojaamadel neile määratud lainepikkustelt kõrvale kalduda.

«Kitsikuse» tõttu eetris muutub uute jaamade avamine üha raskemaks ja raskemaks. Iga uus raadiosaatja on mitte ainult uus «hääli eetris», vaid see on ka uus häireallikas teiste raadiojaamade tegevusele. Vajadus raadioside järele on aga väga suur. Ja tänapäeval on eeter raadiolaineid ülemäära «täis kiilunud».

Kui me seaksime üles niivõrd tundliku raadiovastuvõtja, et saaksime kinni püüda kõiki maailma raadiojaamu, kuuleksime me peaaegu igal lainel mitut saatet üheaegselt. Nii tegutseb raadiolainete alas 100 kuni 50 meetrini igal lainel keskmiselt üheksa raadiojaama, mõnedel teistel lainetel aga veelgi rohkem.

«Kitsikus eetris» segab juba ammu raadioside ja ringhäälingu arengut. Just seepärast püüavad raadiotehnikud juba hulk aastaid laiendada tegelikult kasutatavate raadiolainete ala piire.

Alustanud enda ajalugu keskmiste ja pikkade lainete kasutamisest, läks raadiotehnika 25 aastat tagasi üle lühilaineala tundmaõppimisele, mis haarab laineid pikkusega 50 kuni 10 meetrini ja võimaldab mahutada mitu korda rohkem raadiojaamu kui kogu pikemate lainete ala. Peagi muutus aga ka selles alas kitsaks.

Nüüd õnnestus õppida tundma ultralühilaineid. Raadio-

tehnikute ees avanes enneolematu avarus. Ultralühilainete aia mahutab ebatavaliselt suure hulga sagedusi. Lainele 10 meetrist kuni 1 sentimeetrini saab mahutada sadu kordi rohkem raadiojaamu, kui pikkadele, keskmistele ja lühikestele lainetele kokku!

Sageduste avarus ultralühilainete alas võimaldab mitte ainult suurendada raadiojaamade arvu, vaid täiesti uudselt teostada ka raadiolevi, kandes üle palju suuremat sagedusriba. See aga muudab ülekande kvaliteedi paremaks.

Nagu raadiofüüsikud selgitasid, kiiratakse igasuguse raadioülekande puhul eetrisse mitte mingisugune üks sagedus, vaid terve sagedusriba. Raadiotelegraafilisel ülekandel tekib kitsas sagedusriba, mis «võtab eetris enda alla» suhteliselt väikese sageduspiirkonna. Kõne ülekandmisel on väljakiiratavate sageduste riba suurem, muusikaülekande puhul aga veelgi suurem. Seejuures enda helilise koosseisu poolest rikkam saade nõuab ka laiemat sagedusriba. «Kitsikus eetris» piirab aga raadiojaamade vajadusi. Igale ringhäälingujaamale eraldatakse palju kitsam sageduspiirkond, kui on kunstilise saate jaoks vaja. Seetõttu me ei kuule paljusid helisid kõrgemate helide sageduspiirkonnast — raadiojaam ei



Ultralühilainetel muutuvad raadiojaamad palju kompaksemateks ja kergemateks.

lase neid tahtlikult läbi, et mitte segada oma «eetrinaabrite» tegevust.

Ultralühilainetel niisuguseid piiramisi pole vaja. See ala võimaldab kanda saadet üle kõige laiema sagedusribaga, millist aga kunagi tarvis võiks minna.

Ultralühilainete paremus seisab veel selles, et nad võimaldavad suhteliselt väikeste ja lihtsate antennide abil saada peeneid raadiolainete kiiri. See on oluline mitte ainult raadiolokatsioonis, vaid ka sidetehnikas. Kui raadiolained koondatakse kiireks ja suunatakse just sinna, kus toimub meie saadete vastuvõtt, raskeneb raadiosaadete kinnipüüdmine vastase poolt ja suureneb saadete saladuse säilimine. Peale selle ei haju energia suunamise tõttu raadiolaine kasutult kõrvale ja seetõttu vajatakse sidepidamiseks vaid õige väikest võimsust. See aga soodustab saatejaamade mõõdete vähendamist.

Ultralühilainetel kujunevad raadiojaamad kompakseteks ja kergeteks. Nende jaoks leidub juba ilma vaevata ruumi niihästi lennukis, tankis kui ka mootorrattal. Eriti oluline on kantavate raadiojaamade kaalu ja gabariitide vähenemine. Kerge jaam koormab radisti palju vähem ja suurendab tema liikuvust lahingu olukorras.

Lainepikkuse vähenemine põhjustab mitte ainult aparaatuuri, vaid ka raadiolainete levimisseaduste muutmise.

Kui pikad ja lühikesed lained suudavad levida kaugele, siis ultralühilainete tegevusulatus piki maapinda on väga piiratud. Nagu teada, ei peegeldu nad ionosfäärilt, vaid läbivad selle<sup>1</sup>, seetõttu on ultralühilaineside maa peal võimalik ainult «maapinnakiire» arvel. Väikese pikkuse tõttu aga need lained peaaegu ei paindu maa-kera pinda mööda nagu pikad lained, pealeselle neelduvad väga tugevasti pinnases ja kohalikes esemetes. Seetõttu saab ultralühilainetel tagada kindlat vastuvõttu ainult nähtavuse piires, s. o. ligikaudu kuni horisondini.

Et laiendada horisonti, tõstetakse antennid võimalikult kõrgemale. See ei suurenda aga raadioside kaugust kuigi palju: ligikaudu kuni 50 kilomeetrit. Võib kerkida küsimus: kas tasub üldse tegelda niisuguste mitte kaugele ulatuvate lainetega?

Raadiotehnika koidikul ei huvitanud ultralühilained

<sup>1</sup> Sellele seadusele alluvad lained pikkusega alla 6 meetri.

tõepoolest peaaegu mitte kedagi. Siis käis võitlus raadiojaamade tegevuskauguse suurendamise eest. Raadiotehnikud püüdsid kasutada võimalikult pikemaid laineid. Ehitati jaamu, mis töötasid 30 kilomeetri pikkustel lainetel! Kui aga õnnestus avastada lühilainete kauguleulatuvus, siis hakati kaugside jaoks kasutama lühilaineid.

Nüüd aga huvitab raadiotehnikuid ultralühilainete ala. See ei tähenda, et nad pikkade ja lühilainete kasutamisest on loobunud. Ei. Nüüd on raadiotehnika areng nii võimas, et teda huvitab mitte ainult sadade ja tuhandete kilomeetrite taha ulatuv side, vaid ka raadioside üle väikeste vahekauguste — kohaliksides. See aga põhjustab raadiojaamade arvu tohutut kasvu. Nii näiteks tegutseb lahingutegevuse kestes suhteliselt kitsaste rindelõikude ulatuses tuhandeid jaamu. Niisugusel juhul osutub ultralühilainete mittekauguleulatuvus suureks eeliseks. Sest kui raadiolained levivad ainult horisondini, siis tähendab see, et horisondi taga võib teostada raadioülekan- deid neilsamadel lainetel, oma naabreid segamata. See võimaldab ühte ja sedasama raadiolainete ala mitmekordselt ära kasutada ja mitmekordselt suurendada raadiojaamade koguarvu.

Ultralühilainete laialdase rakendamise valmistasid ette nõukogude raadiofüüsikute mitmeaastased uurimused.

Ultralühilainete levimise põhiliste seaduste avastamise au kuulub akadeemikutele B. A. Vvedenskile, V. A. Fokile ja teistele meie teadlastele.

Esimese katse raadioside loomiseks ligikaudu 4 meetri pikkusel lainel teostas B. A. Vvedenski koos A. I. Danilevskiga juba 1922. aastal. Tol korral õnnestus teostada raadioülekan- net ainult mõnekümne meetri kaugusele. Kuid juba 1933. aastal korraldas rühm<sup>o</sup> teadlasi B. A. Vvedenski juhendusel katseid 60-sentimeetristel lainetel ja lõi side üle umbes 100-kilomeetrise vahemaa.

Ultralühilainete tundmaõppimine annab võimaluse laiendada raadio kasutamise ala ja lahendada hulk raadiotehnika ees seisvaid raskeid ülesandeid.

### Raadiovastuvõtu nuhtlus

Paljud raadiokuulajad ei aimagi, kui oluline on elektrisädeme osa raadiotehnika ajaloos.

Elektrisäde — välgust kuni tillukese sädemekeseni

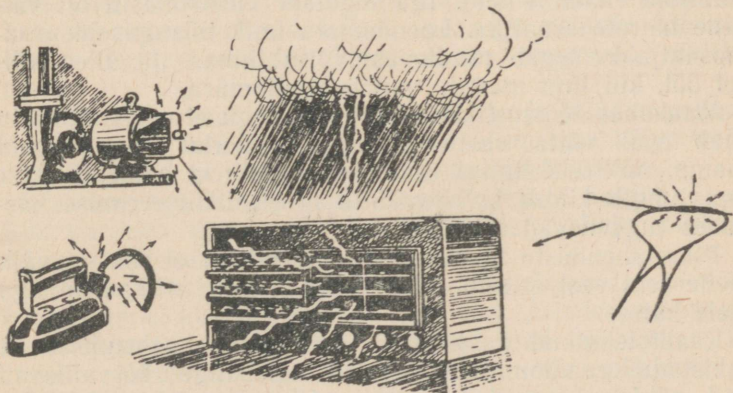
lahendi kuulikeste vahel — etendas suurt osa raadiotehnika sündimisel ja esialgsel arenemisel. Välk oli radio leiutaja A. S. Popovi poolt kaugelt vastu võetud esimeste raadiosignaali allikaks. Radistid tekitasid enda juures raadiojaamades väikesi kunstlikke välke, et radio teel kanda üle teadete signaale.

Peagi leiti aga palju täiuslikumad raadiolainete saamise viisid. Elektrisäde kaotas endise tähtsuse ja nüüd ta ainult segab radio arenemist. Sädemete tekkimine risustab eetrit. Elektrisäde on tekkimise koldeks raadiolainetele, mis jõuavad vastuvõtuantennini ja rikuvad radiovastuvõtu.

Kõige tugevamate raadiohäirete allikate hulka kuuluvad elektrilahendused atmosfääris. Nad mõjutavad peaaegu kõiki laineid ja nende tekkimist pole võimalik vältida. Raadiovastuvõtjasse tunginud häired võimendatakse koos kasulike signaalidega ja raadiosaade toimub tugevate raginate taustal. Vahel saavutavad kahinad ja raginad niisuguse tugevuse, et vastuvõtja tuleb välja lülitada.

Atmosfäärilisi raadiohäireid tekib pidevalt. Igas sekundis tekib maakeral vähemalt sada pikselahendust. Sada korda sekundis sähvatab taeval hiiglasuur säde — välk, ja samapalju kordi sekundis lülitub sisse välgu häireid tekitav «raadiojaam».

Üksteise järel kajavad eetris elektrilised «plahvatused».



Pikselahendused ja elektriaparaatide tegutsemine põhjustavad raadiovastuvõtjas müra, kahinaid ja raginaid, mis segavad raadiosaate kuulamist kõigil lainealadel, ainult ultralühilainetel väheneb nende häirete toime tunduvalt.

Nende võimsus on väga suur ja nende mõju ulatub sadade, tuhandete ja isegi kümnete tuhandete kilomeetrite kaugusel asetsevaile raadiovastuvõtjaile.

Eriti tugevasti segavad atmosfäärilised häired pikkadel lainetel. Talvel nende toime väheneb, kuna puuduvad kohalikud äikesed, häired kaugetest äikestest saabuvad aga suurte vahemaade tõttu nõrgenenutena.

Erilise liigi raadiovastuvõtu häiretest moodustavad tööstuslikud häired. Nendega on kõige rohkem tuttavad linna raadiokuulajad.

Elektrifitseerimine on haaranud kõik linnaelu alad. Tarvitseb astuda vaid kümme-kakskümmend sammu, et kohata mingisugust elektriaparaati. Kui aga jälgida selle tegevust, selgub, et ta on raadiohäirete allikas. Seal, kuhu niisugune aparaat on paigutatud, tekivad paratamata sädemed elektrivooluringide sulgumisest ja avanemisest, ja tugevamate või nõrgemate raadiolainete vood levivad igas suunas.

Vastuvõtja võtab need lained vastu. Valjuhääldajast kostuvate kahinate ja raginate järgi võib teha kindlaks, millisel silmapilgul möödus teie majast trollibuss, millal lähimas polikliinikus lülitati sisse meditsiiniline elektriaparaat, ja isegi mitu korda naaberkorterisse helistati.

Raadiohäired ilmuvad mitte ainult elektrisädeme tekkimisel, vaid igasugune järsk voolu muutus vooluringis sünnitab raadiolaineid. Iga tegutsev elektrimasin on väikene häirete «saatja». Loendamatu hulk niisuguseid «raadiosaatjaid» segab raadiovastuvõttu linnas. Ja alles hiliisel ööl, kui linn magab, vaikib raadiomüra.

Maakohas tööstuslikke häireid peaaegu ei olegi, seetõttu saab seal võtta vastu niisuguseid nõrku ja kaugeid jaamu, milliseid linnas raadiomüra tõttu ei kuule. Elekter aga tungib kiirelt kolhoosikülla ja elektrifitseerimise kasvades tugevnevad raadiohäired.

Pikselahenduste tugevust me vähendada ei saa — välk meile seni veel ei allu. Tööstuslike häirete allikad on aga meie kätes.

Raadiotehnikud kasutavad väga palju vahendeid, et takistada raadiomüra tekkimist. Eelkõige kõrvaldavad nad põhjused, millede tõttu elektriaparaat «sädeleb», juhtmeisse ühendatakse aga segavate elektrivõngete levimist takistavad elektrifiltrid. Kui aga aparadi töötamine põhjeneb sädeme tekitamisel (nagu näiteks magnee-

tos) või elektriikaare saamisel, siis paigutatakse ta metallist katte sisse. Niisugune kate neelab raadiolaineid ja summutab häired juba nende allika juures.

Häirete toimet vastuvõtule peavad arvestama isegi raadiosaatejaamade ehitajad.

Ajakohased raadiovastuvõtjad on niivõrd suure tundlikkusega, et näib nagu oleks asjata ehitada võimsaid raadiojaamu, milliste maksumus on väga suur; vastuvõtja võib võimendada igasugust nõrka signaali niimitu korda, kuumitu korda see on vajalik, et seda kuulda. Võimalik, et nii olekski talitatud raadiovastuvõtu häirete puududes, häired muudavad aga kogu asja. Et neile «lõppu teha», tuleb suurendada raadiojaamade võimsust, samuti nagu me müra sees kõneldes «tõstame» häält.

Ringhäälingusaadete normaalseks vastuvõtuks peavad vastuvõtjasse sattuvad raadiosignaalid olema raadiohäiretest vähemalt 50 korda tugevamad. Niisugust suhet on väga raske saavutada kunstilise raadiosaate puhul, kus on olulised mitte ainult tugevad, vaid ka kõige vaiksemad helid. Ja neid just summutavadki häired. Kui me orkestri tugevaid helisid kuuleme hästi, siis hääbuvad meloodiad kaovad sageli raadiohäirete müra taustal.

Raadiovastuvõtu häirete uurimine näitas, et nende tugevus muutub sõltuvalt laine pikkusest. Kõige rohkem kannatab nende all raadiovastuvõtt pikkadel lainetel. Lühilainete alas on häired tunduvalt nõrgemad. Ultralühilainel kaovad atmosfäärilised häired peaaegu täiesti, tööstuslikest häiretest avaldub kõige enam magneeto sädelemine.

«Rännates» raadiovastuvõtjaga eetris ja püüdes peituda raadiohäirete ärritava ragina eest, satume me kõige vaiksasse eetri piirkonda — ultralühilainete alasse.

Kas me aga siin naudime raadiovaikust? Selgub, et ei. Siin varitseb meid uus häirete allikas. Selleks allikaks on... raadiovastuvõtja ise.

Ei tule unustada, et vastuvõtja raadiolampides ja võnkeringides elektronid pidevalt liiguvad. Alludes saabuvate raadiosignaalide toimele, teostavad nad sealjuures ka täiesti juhuslikke ümberpaiknemisi, mis põhjustavad segava elektripinge kujunemist.

See pinge on nii tühiselt madal, et ei ületa isegi miljondikke osi voldist, vastuvõtja hiiglasliku võimenduse tõttu võimendub ta aga sadu tuhandeid ja miljoneid kordi. Selle

tulemusel kostub valjuhääldajast iseloomulik sahin — see on elektronide müra.

Võib vähendada võimendust, siis segava tausta tugevus väheneb, kuid väheneb ka raadiovastuvõtja tundlikkus ja kõige nõrgemaid raadiosignaale ta enam vastu ei võta.

Sel moel on vastuvõtjas tekkivad elektronide häired sama kahjulikud nagu vastuvõtuantennile toimivad häired. Niihästi need kui ka teised rikuvad raadiovastuvõttu ja takistavad raadiotehnika arenemist — mitte asjata ei nimetata neid raadio peamiseks vaenlaseks.

### Võitlus raadiohäiretega

Häiretega peetakse võitlust sellest ajast alates, kui raadio üldse tekkis. Enda olemuselt on häired sarnased raadiosignaalidega ja just seetõttu ongi nii raske tõkestada nende teed raadiovastuvõtjasse ning neid vastuvõtja sees maha suruda.

Vaatamata sellele peavad nõukogude teadlased edukat võitlust häiretega. On välja töötatud hulk vahendeid, mis parandavad raadiovastuvõttu ja suurendavad raadioside stabiilsust.

Mitu aastat tagasi võtsid raadioinsenerid kasutusele täiesti uue vahendi võitlemiseks raadiohäiretega — sagedusmodulatsiooni. Nad otsustasid muuta raadiosignaalide füüsikalist loomust, et nõrgendada häirete toimet, ja saavutasid hiilgavaid tulemusi, mis tõendasid, et «mürata raadio» on juba teostatav.

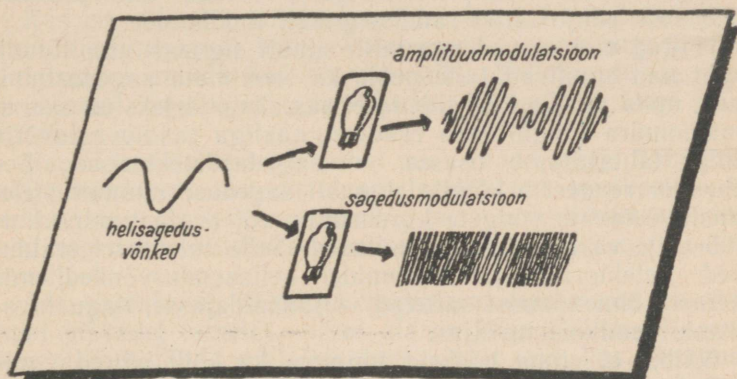
Modulatsioon on teatavasti üks põhilisi protsesse iga raadiosaatja tegevuses. Ülekantavate helide tugevuse muutumine kutsub esile raadiolainete amplituudi vastavat muutumist, mille tulemusel muutub raadiojaama poolt välja kiiratatavate võngete võimsus. Just nende kõiki helimuutusi kordavate võimsuse muutuste järgi saabki raadiovastuvõtja «lugeda» seda, mida saadetakse. Nii teostub amplituudmodulatsioon, mida seni kõigis raadiojaamades kasutati.

Sagedusmodulatsiooni puhul moduleerib heli mitte amplituudi, vaid lainepikkust. Kõrgsageduslikud võnkumised kord kiirenevad, kord aeglustuvad. Need muutused toimuvad heli muutuste rütmis. Tugevam heli põhjustab ka suuremat sageduse muutumist ja vastupidi. Muutub sagedus

ja koos sellega ka raadiojaama lainepikkus, kuid väljakiiratavate võngete tugevus või võimsus jääb muutumatuks.

Niisugune moduleerimisviis annab eelkõige võimaluse luua raadiosaatjale palju soodsamad tegutsemistingimused.

Kui amplituudmodulatsiooni puhul väljakiiratavad võnked saavutavad täie võimsuse ainult väga harvadel hetkedel (kõige tugevamate helide saatmise puhul), siis sagedusmodulatsiooni puhul võib saatja kiirata niisuguse



Sagedusmodulatsioonil muutub mitte võngete amplituud, vaid sagedus: helimuutuste rütmis nad kord kiirenevad, kord aeglustuvad.

võimsusega võnkeid kogu ülekande kestel, kuna antud juhtumil võimsus ei pea muutuma, vaatamata helitugevuse muutumisele. See suurendab raadiosignaalide tugevust. Sagedusmodulatsiooni peamised eelised ilmnevad aga raadiovastuvõtul.

Sagedusmoduleeritud võngete vastuvõtu teooria osutub väga keerukaks. Esimesena töötasid selle välja nõukogude raadioeriteadlane V. I. Siforov ja rida teisi nõukogude teadlasi.

Kui me katsuksime sagedusmoduleeritud saadet vastu võtta tavalise vastuvõtjaga, ei kuuleks me mitte midagi, sest viimane on sobitatud niisuguste raadiosignaalide vastuvõtuks, millede amplituud muutub, kuna aga sagedusmodulatsiooni puhul on võngete amplituud konstantne.

Sagedusmoduleeritud võngete vastuvõttu teostatakse

erilise raadiovastuvõtjaga. Tavalise detektori asemele on sellesse paigutatud sagedusdetektor, ja lisaks sellele veel eriline elektriseadis — piiraja. Piirajal lasub õige tähtis ülesanne. See on omapärane häirete tõkestaja.

Häired, «rännates» radiojaama poolt lähetatud raadio-signaali, moonutavad seda — põhjustades vastuvõetavate võngete amplituudi muutumist. On selge, et amplituudimuutused antud juhul võivad ainult segada raadiovastuvõttu ja neist tuleb lahti saada. Seda ülesannet täidabki piiraja. Iga kõrgsagedusvõnkumine allub tema kontrollile. Piiraja ühtlustab amplituudid ja kõrvaldab ühe peamise häiretest põhjustatud raadiosignaali moonutuse.

Häired mõjustavad aga mitte ainult signaali amplituudi, vaid nad sunnivad talle peale ka soovimata sagedusmuutusi, mida piiraja kõrvaldada ei saa. Tagajärjeks on see, et raadiomüra tungib koos raadiosignaali raadiovastuvõtja kõige tähtsamasse osasse — sagedusdetektorisse. See detektor reageerib kõigile signaali sageduse muutumistele. Vastuvõetavate võngete kiirenemine või aeglustumine kutsub esile vastavad voolumuutused. Selle tulemusel eralduvad detektori väljandklemmidel helisagedusvõnked, mis pärast võimendamist satuvad valjuhääldajasse, nagu tavaliseski raadiovastuvõtjas.

Näib, et sinna peaksid tungima ka kõik häired, mis mõjutasid signaali sagedust ja meil tuleb kuulata saadet koos tavaliste kahinate ja raginatega. Tegelikult aga seda pole. Sagedusmodulatsioon annab tugeva relva häirete allasurumiseks. Raadiojaamas toimivas modulatsiooniprotsessis põhjustab isegi vaevalt märgatav helitugevuse muutumine väljakiiratavate võngete sageduse suure muutuse. Ja just see annabki neile «jõu» häiretele vastupanemiseks.

Häiretest põhjustatud signaali sageduse muutused avaldavad vastuvõtjale märgatavalt nõrgemat toimet kui heli poolt tekitatud tunduvad sageduse kõikumised. Niisugustel tingimustel ei suuda häire tugevuse poolest võistelda signaaliga ja me teda peaaegu ei kuulegi. Nõrgenevad isegi vastuvõtja sisemürad, milledega võidelda tundus olevat võimatu.

Sagedusmodulatsiooni kasutamine amplituudmodulatsiooni asemel annab samasuguse tulemuse nagu oleks kõigi häirete elektripingeline alanenud 10—30 korda. Selle tõttu võib aga tunduvalt suurendada vastuvõtja tundlikkust.

Kui te asetate tavalise vastuvõtja helitugevuse regulaatori kõige valjemale vastuvõtule, siis võib valjuhääldajast kuulda kaugel suurtükilaskmist meenutavat tüminat. Tahtmata küünitute regulaatori järele ja vähese nupu pööramisega vähendate raadiovastuvõtja võimendust. Häirete müra vaikib, aga koos temaga hääbuvad ka raadiojaama helid. Seega, kui te tahate kuulata saadet, tuleb teil leppida ka häiretega.

Sagedusmodulatsiooni puhul olukord muutub. Kartmata võite asetada regulaatori kõige suuremale valjusele — ja raadiohäirete raginad ei sega vastuvõttu.

Kas on võimalik amplituudmodulatsiooni kasutades saavutada samasugust häirete nõrgenemist nagu sagedusmodulatsiooni puhul? See on võimalik. Selleks tuleks aga suurendada raadiojaamade võimsusi kümneid ja isegi sadu kordi.

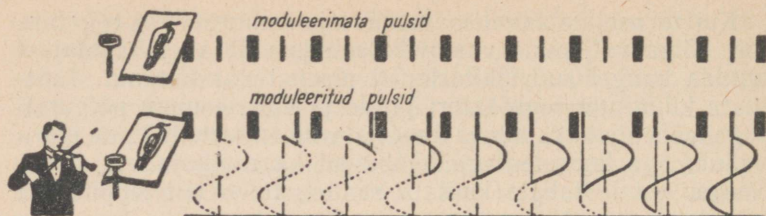
Sagedusmodulatsiooni puhul peab raadiosaatja kiirgama välja tunduvalt suuremat sagedusriba kui tavaliselt. Ja mida laiem on see sagedusriba, seda tugevamalt avalduvad sagedusmodulatsiooni eelised ja seda kõrgem on saate kvaliteet.

See asjaolu ei võimalda sagedusmodulatsiooni kasutamist pikkadel lainetel — see ala on liiga «kitsas» ja «üle koormatud». Teda saab kasutada ainult seal, kus niisugust piiramist pole. Seetõttu on sagedusmodulatsioon tihedalt seotud ultralühilainete alaga. Just siin võib ta täielikult avaldada enda võimalusi. Niiviisi parandab ultralühilainete kasutamine meie ringhäälingu kvaliteeti, aitab kaasa selleks, et raadiosaated toimuksid häirete ja moonutusteta ning säilitaksid saadete loomuliku kõlavuse täie võlu.

Sagedusmodulatsiooni kasutatakse laialdaselt ultralühilainetel sõjaväe raadiosides. Surudes alla autode, tankide ja lennukite süüteseadmete poolt tekitatud häired, suurendab ta seega raadiovastuvõtu kindlust. Ultralühilainesaatjad muutuvad sel juhul veelgi kompaktsemaiks, kuna neilt nõutakse täiesti tühist võimsust.

## Uus raadioside viis

Raadiosaate puhul toimub võngete eetrisse kiirgamine tavaliselt pidevalt. Isegi vaheaegadel saadab raadiojaam raadiolaineid välja. Kuigi sel ajal midagi ei saadeta, on



Pulssidevaheliste vaheaegade muutumine peegeldab ülimalt täpselt kõiki helimuutusi.

kuulda nõrka tausta — sahinaid, ja te taipate kergesti, et jaam töötab. Raadiolainete väljakiirgamine katkestatakse ainult saate lõppedes.

Raadiolokatsioon viis raadiofüüsikud mõttele kasutada sideks teistsugust kiirgamisviisi, mis sarnaneb tavalistes raadiolokatsioonijaamades kasutatavaga. Nagu raadiolokaatori tegutseb raadiosaatja lühikeste raadiopulssidega. Iga pulss kestab miljondiku või kümnemiljondiku osa sekundist, vaheajad nende vahel aga mitu korda kauem.

Kõnet üle kandes lähetatakse ligikaudu 10 000 pulssi sekundis. Kuigi kõne jaotatakse hiiglasuureks hulgaks osadeks, moonutusi ei teki. Pulsid järgnevad üksteisele nii kiirelt, et vastuvõtja «taastab» kergesti nendevahelise seose ja me kuuleme nagu alati pidevat saadet.

Raadiolokatsioonijaama ja sideraadiojaama tegutsemise vahel on suur erinevus. Raadiolokaator kellelegi teateid ei saada. Ta kiirgab välja raadiopulse ja võtab ise neid pärast esemelt peegeldumist jälle vastu. Moduleerimist pole siin vaja. Raadiolokaatori pulsside vahel tõepoolest mingit erinevust polegi, isegi vaheajad nende vahel on ühesugused.

Kui aga pulsid on määratud teadete ülekandmiseks, siis tuleb neid moduleerida. Võib muuta raadiopulsside tugevust, nii nagu toimub amplituudmodulatsioon — see on kõige lihtsam viis. Võib muuta pulsside kestust, jättes nende tugevuse muutumatuks. Kõige täiuslikum moduleerimisviis on aga pulssidevaheliste vaheaegade muutmine. Sel juhul ei muutu keskmine pulsside arv ega nende tugevus ning kestus, vaid muutuvad ainult vaheajad — ranges vastavuses ülekantavate helidega.

Elkõige tekitatakse raadiosaatjas alalisvoolu pulsid. See tähendab, et saatja teatud elektrivooluringis mingil hetkel

tekib alalisvool, mis miljondiku sekundi pärast katkeb. Siis tekib ta uuesti ja jällegi kaob. Tekivad täiesti ühesugused elektripulsid, mis kiirelt järgnevad üksteisele ühesuguste ajavahemike tagant. Niisugune ühesugune pulsside rida pole ülekantava heliga mingil määral seotud.

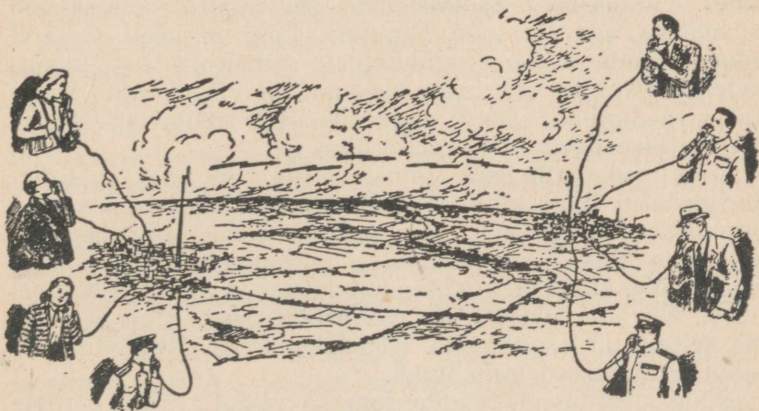
Siis satuvad aga pulsid modulaatorisse ja nende vaheldumises tekib muutus. Elektriliste helisagedusvõngete toime tõttu mõned pulsid nagu viivitused ja pärast modulaatorit järgnevad üksteisele juba hilinemisega, teised aga, vastupidi, tõttavad ette. Pulssidevaheliste vaheaegade muutmise peegeldab ülimalt täpselt kõiki helimuutusi.

Sellisel moduleeritud alalisvoolu pulsside rida tüürib raadiolainete kiirgumist. Iga pulss on käsklussignaal saatja lülitamiseks eetrisse. Kuimitu korda lülitub sisse saatja, niimitu raadiopulssi kiiratakse ka välja. Nende järgnevusest püüab vastuvõtja kinni helisaate rütmi koos kõigi helitugevuse muutustega.

Missugused eelised on siis niisugusel raadioside viisil?

Teatud mõttes on ta sarnane sagedus-moduleeritud raadiosaatega: ka siin ei muutu raadiosignaalide tugevus, ja tähendab, vastuvõtjasse võib paigutada piiraja ning sellega kõrvaldada suure osa raadiohäireid. Tema peamine omapära seisneb aga muus. Selgub, et ühe kõne pulsside vaheaegadel võib kanda üle teise kõne pulse ja teostada ühe raadiosaatjaga üheaegselt mitu ühte, vaid mitut ülekannet.

Igale ülekandele vastab oma pulsside rida koos oma



Pulssidega tegutsev radiojaam saab üheaegselt kanda üle mitut kaugkõnet.

modulatsiooniga. Neid on võimalik äärmiselt teravmeelsete elektriseadmete abil ühendada saatjas üheks üldiseks puls-side vooks, vastuvõtjas aga uuesti ära jaotada ja suunata erinevaisse telefoniaparaatidesse.

Sel moel saab kanda üheaegselt üle mitukümmend kõnet ilma et ükski kõne segaks teist. Samuti saab ühe raadiojaama kaudu üle kanda mitut ringhäälingusaadet. Eriliselt sobitatud raadiovastuvõtja võimaldab eraldada vajaliku pulsside sarja mistahes saate vastuvõtmiseks.

Kuna lühiajaliste raadiopulsside väljakiirgamisega tekitatakse eetrisse väga lai sagedusriba, on niisuguseid ülekandeid võimalik korraldada ainult ultralühilainete alas. Ja mida rohkem kõnesid on vaja üle kanda, seda lühemaid laineid tuleb kasutada. Pulsstraadiojaamad, mida teise maailmasõja kestes kasutati sõjaväesides, tegutsesid detsimeeter- ja sentimeeter-lainetel.

Üheaegselt ühest jaamast mitme ülekande teostamine on võimalik ka võngete pideva kiirgamise puhul, kuid selleks vajatakse väga keerukat aparatuuri. Raadioülekannete pulss-süsteem on aga palju lihtsamalt teostatav. Ta avab suured väljavaated side ja raadiolevi arendamisele ultralühilainetel.

### **Piki raadiojaamade ahelikku**

Kaua aega peeti ultralühilainete mittekaugeulatuvust ülepääsematuks takistuseks nende kasutamisele kaugraadiosides. Viimased raadiotehnika saavutused võimaldasid lahendada aga ka selle ülesande. Leiti ja võeti seejärel eduga kasutamisele ultralühilainete sadade ja isegi tuhandete kilomeetrite kaugusele ülekandmise viis. Selleks ehitatakse raadioliine, samuti nagu 100—150 aastat tagasi ehitati optilise telegraafi semaforliine.

Tollal püstitati kahe linna vahele rida kõrgeid torne ja iga torni tippu kinnitati liikuvatest lauakestest koosnev signaalseadis. Üks või teine lauakeste asend tähendas mingit tähte tähestikus. Vaadates missuguse märgi annab naaber üle, kordas signalist selle märgi ja andis ta sel teel edasi. Nii anti mingi teate sõnad täht-tähelt ühelt semaforilt teisele liini kaudu üle. Ühe telegrammi ülekandmiseks kulutati mõnikord mitu tundi.

Nüüd püstitavad raadioinsenerid samuti pikki kõrgete mastide ridu, mitte aga selleks, et taaselustada algelist teadete ülekandmise viisi, mida kasutati vanal ajal, vaid sel-

leks, et ära kasutada ultralühilainete kõiki paremusi sidepidamiseks üle suurte vahemaade.

Üksteisest kaugel asetsevad linnad ühendatakse saatevastuvõturaadiojaamade ahelikuga, mida nimetatakse raadioreleeliiniks. Iga jaama jaoks ehitatakse raadiomast, mille tippu paigutatakse suundantennid raadiolainete vastuvõtmiseks ja edasisaatmiseks. Kuna sidet teostatakse tavaliselt detsimeeter- ja sentimeeterlaineil, siis on raadiolokatsioonis kasutatavate taolised ja nõgusaid metallpinnakesi meenutavad antennid suhteliselt väikeste mõõdetega.

Kui algjaam lähetab raadiosignaali, siis tekitab saateantenn peene raadiolainete kiire ja suunab selle naaberjaama poole. Seal satub nõrgenenud signaal vastuvõtjasse, seejärel mõjutab saatjat ja pärast võimendamist kiirgub jällegi eetrisse. Tekitatakse uus raadiolainete kimp, mis suunatakse järgmise jaama poole. Nii kantakse liini algusest lähetatud raadiosignaal ühest vahejaamast teise kuni ta jõuab lõppjaama. Jaamad tegutsevad automaatselt ja signaalid kantakse üle tavaliste raadioülekannete kiirusega.

Väga lühikesed lained võimaldavad kasutada suuremal määral suundantenne ja pakuvad seega äärmiselt soodsaid tingimusi niisuguse liini tegutsemiseks. Saab pidada sidet raadiosaatjatega, millede poolt väljakiiratud võimsus ei ületa taskulambi pirnikese poolt vajatavat võimsust. See vähendab elektritoiteallikaist tarbitavat võimsust.

Raadioreleeside paistab silma suure tegevuskindluse ja stabiilsuse poolest. Ta ei sõltu kellaajast ega aastaajast, ning ei jää ses suhtes maha kõige paremaid traatliine kaudu peetavast sidest. Tänu täielikule automatiseerimisele tegutsevad vahejaamad edukalt ilma teenindava personaalita. Vahejaamade sisse- ja väljalülitamine toimub raadio teel lõppjaamadest.

Raadioreleeliin on sobitav kõige mitmekesisemate ülekannete jaoks. Seda liini kaudu saab ühel ja samal ajal kanda üle mitut raadiokontserti ja suurt hulka kaugekõnesid ning telegramme.

Raadioreleeliinid laiendasid tunduvalt ultralühilainete kasutusalasid. Aja jooksul hakkavad nad ühendama meie maa suurimaid linnu. Neid kaudu hakatakse kandma ühest linnast teise üle mitmesuguseid ringhäälingusaateid edasi-levitamiseks kohalike ultralühilainejaamade kaudu. Eri lin-

nade abonendid saavad üksteist telefoniteel välja kutsuda niisama hõlpsasti nagu linnasisese telefonivõrgu kaudugi.

Suurte kauguste ületamine ultralühilainete abil on raadiotehnika suureks saavutuseks. Mõõtmatult suurendab ta selle raadiolainete ala tähtsust ja tõendab veelgi rohkem, et ultralühilained muutuvad tähtsamaiks tuleviku side- ja raadiolevi vahendiks.

---

## KAUGNÄGEMINE

### Raadio omandas nägemise

Mis võiks olla veetlevam kui võimalus näha suurele kaugusele? Inimene unistas juba ammu sellest, et laiendada enda nägemise piire, unistas näha «mägede taha, metsade taha». Arvukas kogu muinasjutte on kandnud meieni selle inimeste iidse unistuse. Tänapäeva tehnika teostas selle unistuse. Kaugnägemise abil kantakse üle suurte vahe- maade igasuguseid liikuvaid kujutisi.

Raadiolokatsiooni ja kaugnägemise vahel on määratu suur erinevus. Nendest tehnika-aladest seisavad kummagi ees erinevad ülesanded, milliseid lahendatakse erisuguselt. Raadiolokaator teeb kindlaks mingisuguse eseme asukoha ja näitab ekraanil tema leppelist kujutist — valgusmärgikest; televiisor näitab meile ülekantavat elusündmust niisugusena nagu ta tõeliselt on kõigis oma üksikasjades.

Kaugnägemise leiutamiseega omandas raadio nägemise. Nüüd saab mitte ainult kaugelt kuulda, vaid ka kaugele näha.

Kaugnägemine astus ellu ringhäälingust hiljem, ja seda mitte juhuslikult. Liikuvate kujutiste ülekandmine on tunduvalt keerukam raadio teel heli ülekandmise protsessist.

Kujutlege, et te kuulate sümfooniaorkestri mängu. Orkestrandid mängivad kõige mitmekesisematel muusikariistadel. Iga muusikariist tekitab heli, mis tugevuse, kõrguse ja kõla poolest erineb teiste muusikariistade helidest. Kõik see moodustab keeruka helipildi. Kui mitmekesine ja rikas helipilt ka oleks, helilainete mõjud liituvad ja meie kõrv tajub igal hetkel mingisugust liitunud heli rõhku. Järgmisel hetkel muutub see rõhk kõrva trumminahale juba teistsuguseks, teda iseloomustab aga jällegi mingisu-

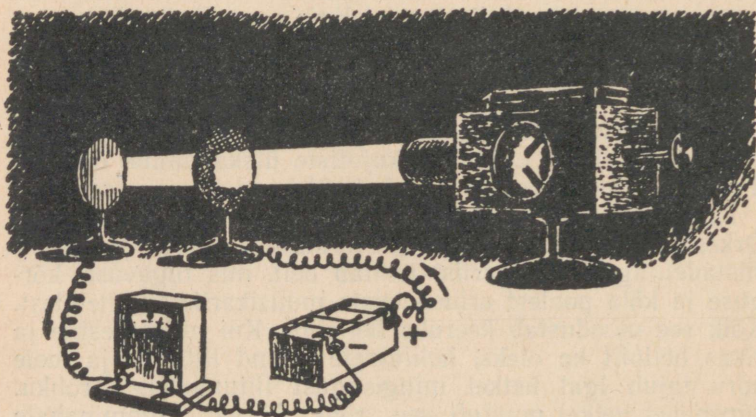
gune üks väärtus. Tähendab, selleks, et teostada raadio teel heliülekannet, on vaja hetk hetke järel järgimööda kanda üle ainult ühe suuruse — helirõhu — muutumist.

Kaugnägemissaate puhul aga muutub olukord põhiliselt. Vaadake hoolikalt ajalehe fotoülesvõtet ja te märkate, et see koosneb erineva heledusega tillukestest täpiketest. Need on kujutise elemendid. Kõik, mida meil elus tuleb näha, on hiiglasliku hulga taoliste elementide koostis. Igaüks neist mõjub silmale iseseisvalt ega segune teiste elementidega.

Kui meie ees on liikuv sündmus elust või liikuv kujutis, siis elementide heledus muutub. Kaugnägemises tuleb kõike seda arvestada ja kanda kujutise elemendid üle eraldi üksteise järel, et nad ei seguneks, ja korrata iga elemendi heleduse muutumist. Kui arvestada, et kujutise elementide arv on väga suur, siis on selge, miks niisugused ülekanded on palju keerukamad tavalisest ringhäälingust. Võrreldes kaugnägemisega on heli ülekandmine raadio teel niisama lihtne nagu kujutise mingisuguse üheainsa täpi helenduse muutumise ülekandmine.

### «Elektriline silm»

Selleks, et kujutist raadio teel üle kanda, on vajalik elektriseade, mis reageerib valgusele. Selliseks kõige lihtsamat tüüpi seadmeks on fotoelement. Tema tegutsemine põhi-



Stoletovi katse skeem.

neb tähelepanuväärsel füüsikalisel nähtusel, mille avastas ja mida üksikasjaliselt uuris 1888. aastal kuulus vene füüsik Aleksandr Grigorjevitš Stoletov.

Ilmneb, et metallid valguse toimel kiirgavad välja elektrone. Valgus, langedes metalli pinnale, nagu rebiks sellest pinnast elektrone välja ja need lendavad eemale. Mida suurem on langeva valguse tugevus, seda rohkem elektrone lüüakse metallist välja. Selle nähtuse ärakasutamisel, mille põhilised seaduspärased avastas A. G. Stoletov, põhjenebki fotoelemendi töötamine. Valguse toimel kiirgab vasakpoolne metallplaat välja elektrone, millised tõmbuvad paremale poole paigutatud positiivselt laetud võrgule. Selle tagajärjel sulgub selles vaheosas katkestatud elektrivooluring ja temas tekib vool. Esimese sellise seadise ehitas Stoletov ise.

Fotoelementide valmistamiseks kasutatakse metalle, mis omavad suurt tundlikkust valguse toimele. Kõige sagedamini kasutatakse tseesiumi ja selle ühendeid.

Fotoelement kujutab endast väikest õhutühja või hõrenдатud gaasiga täidetud klaaskolbi, mille sisepind on osaliselt kaetud metalli valgustundliku kihiga. See kiht moodustab fotoelemendi katoodi. Kui fotoelemendi sisemusse langeb valguskiir, siis vabanevad katoodi pinnast elektronid, mis lendavad kolvi sisse paigutatud positiivselt laetud anoodile. Tulemuseks on, et vooluringis, kuhu fotoelement on ühendatud, tekib elektrivool. Sellest pole häda, et tekkiv vool on väga nõrk, — teda saab radiolampide abil võimendada. Tähtis on aga see, et teda tekitab valgus.



ALEKSANDR GRIGORJEVITS  
STOLETOV  
(1839—1896).

Fotoelementi nimetatakse täie õigusega «elektriliseks silmaks». Ta on niivõrd tundlik, et toob ilmsiks kõige tühisemadki valgustugevuse muutused. Kui valguse heledus väheneb, siis nõrgeneb silmapilkselt ka vool; kui valguse heledus suureneb, tugevneb silmapilkselt ka vool. Nii saadakse valgussignaali asemele elektrisignaalid, mida saab üle kanda raadio teel.

### Kaugnägemisülekanne

Kaugnägemise teel ülekantavad kujutised jaotatakse väga väikesteks elementideks. Mida väiksemad on elemendid, seda täpsemalt ja suuremat arvu üksikasju sisaldavana saab kujutist üle kanda. Iga elemendi mõõdete vähenedes suureneb aga nende arv üha rohkem ja rohkem. Kõrge ülekandekvaliteedi saavutamiseks tuleb kujutis lahutada ligikaudu 500 000 elemendiks.

Igale kujutise elemendile vastab üks või teine heledus, mille määrab ära see, kuidas ta peegeldab temale langevat valgust. Sõltuvalt peegeldunud valguse tugevusest tekitab fotoelement ühe või teise tugevusega voolu ja sellega märgib ära kujutise teatud täpi heleduse.

Ühes esimestest kaugnägemise projektidest tehti ettepanek kanda kõik elemendid üle korruga, s. o. nii nagu neid silmgi tajub. Et aga kanda nad kõik üle korruga ja üksteisega segi ajamata, oleks tulnud kujutise iga elemendi ülekandmiseks kasutada eri fotoelementi ja ühendada see kokku eri saatjaga. Selleks oleks olnud vaja 500 000 fotoelementi ja samapalju raadiosaatjat. On selge, et niisugust projekti pole võimalik teostada.

Kaugnägemise areng läks teist teed. Kujutis jaotatakse elementideks, millised kantakse üle mitte korruga, vaid järgimööda. Igal hetkel kantakse üle ainult üks element ja seetõttu on ülekandeks vaja ainult ühte raadiojaama.

Ülekantav kujutis muudetakse reaks lühikesteks elektrisignaaliideks. Need järgnevad üksteisele nii kiirelt, et kujutise kõigi elementide ülekandmine vajab sajandikke osi sekundist. Selletõttu, et seda protsessi korratakse, avaneb võimalus kõik ülekantava pildi muutused kinni püüda ja tajuda teda liikuvana.

## Kujutis tekib uuesti

Raadio teel ülekantavad kujutise elektrisignaalid võetakse vastu erilise vastuvõtjaga — televiisoriga (kaugnägemisvastuvõtjaga). Selle ekraanil muunduvad vastuvõetud raadiosignaalid valgussignaalideks. Iga signaal tekitab ekraanil valgustäpi ja taastab ülekantava kujutise ühe elemendi.

Meie nägemise loomus võimaldab meile üksikutest täpidest luua ühtevalguv kujutis.

Kui me võtame hõõguva söetükikese ja hakkame sellega kiirelt õhus ringe joonistama, siis näeme helendavat joont. Me teame, et niisugust joont pole, vaid on ainult üks helendav punkt. Seda joont näeme nägemistaju inertsinähtuse tõttu. Nägemisaisting säilib umbes ühe kümnendiku sekundi vältel pärast seda, kui valgustoime on lakanud.

Sellele meie nägemise lihtsale omadusele põhinedes tekkis kino.

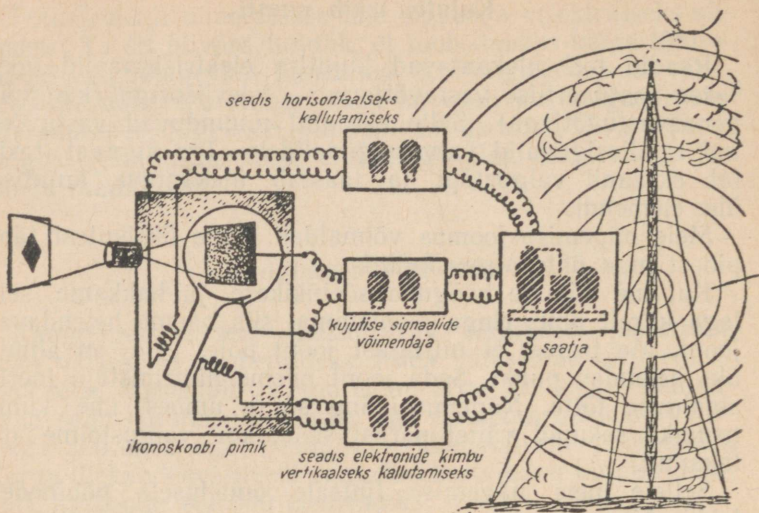
Meile näidatakse 24 kujutist sekundis. Iga kujutis on liikumatu ja näitab eseme mingit ühte, teistest veidi erinevat asendit. Kuid seetõttu, et kujutised järgnevad üksteisele kiirelt, ei märka me vilkumist. Tekib kujutus, et kujutatav ese liigub pidevalt.

Kaugnägemisülekandeks kasutatakse sedasama põhimõtet. Kaugnägemine läheb aga selles suunas tunduvalt kaugemale kui kino, kandes kujutise üle mitte korraga, vaid element-elementi haaval.

Televiisori ekraanile tekkiv valgustäpp muudab enda heledust ja asetub kiirelt ümber. Igal hetkel kujundab ta ainult ühe elemendi. Üksteise järel ilmuvatest üksikutest elementidest liitub ekraanile omapärane valgusmosaiik, mida nägemise inertsitõttu tajutakse kokkusulanud kujutisena. Et kogu kujutis kordub ligikaudu samasuguse kiirusega nagu kinoski, näeme pidevalt liikuvat pilti — just sedasama, mida sel ajal kaugnägemise raadiojaam saadab.

## Elektronkaugnägemine

Liikuvate kujutiste saatmiseks ja vastuvõtmiseks kasutati algul mehaanilisi seadiseid. Hiljem tuli aga kaugnägemise mehaanilisest süsteemist loobuda, kuna ta ei või-



Kaugnägemis

maldanud kõrgekvaliteedilist kujutiste ülekandmist. Leiurite visa töö viis elektronkaugnägemise loomiseni, mis võimaldab kanda kujutisi üle peaaegu samasuguse täpsusega nagu kinos.

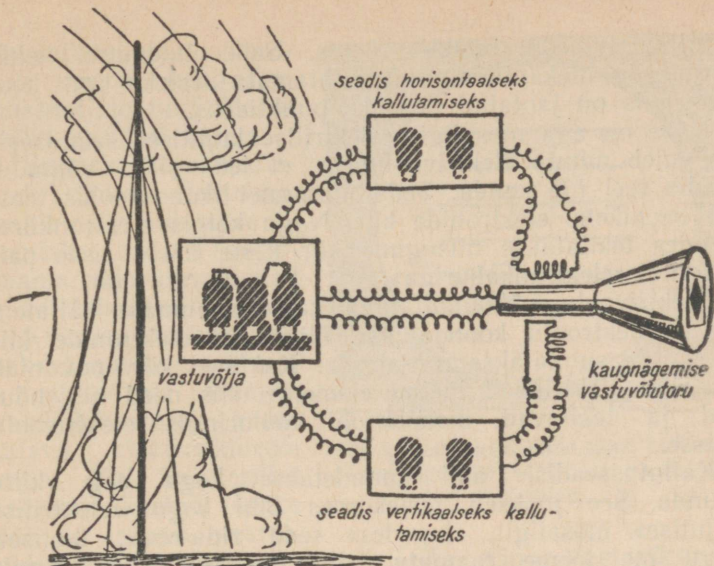
Kaugnägemise elektronsüsteemile pani aluse vene teadlane B. L. Rosing. Teda innustas palju aastaid julge ja järelejätmatu unistus liikuvate sündmuste kujutiste elektrilisest ülekandmisest. Pikaajaste loominguiliste otsingute tulemusena avaldas Rosing 1907. aastal «elektriteleskoobi» — nagu ta nimetas oma televiisorit — ehituse kirjelduse, ja 1911. aastal ehitas selle mudeli ning sai esimese lihtsaima kujutise.

Rosingi ideed ennetasid tehnika toleaegse arengutase. Neid õnnestus kaugnägemise praktikas täielikult teostada alles 20 aastat hiljem.

1931. aastal töötas nõukogude insener S. I. Katajev välja kujutiste ülekandmiseks kasutatava elektroniiretoru kavandi, mida hiljem hakati nimetama ikonoskoobiks<sup>1</sup>.

Ikonoskoop kujutab endast suletud õhutühja klaaskesta pika silindrilise kaelakesega. Kesta laia osasse on paigu-

<sup>1</sup> Kreeka sõnadest: «ikonos» — kujutis ja «skopio» — vaatlemine.



ülekande skeem.

tatud plaadikene, mida nimetatakse mosaiikfotokatoodiks ehk lihtsalt mosaiigiks.

Ohukesele vilgust plaadile kantakse kiht üksteisest isoleeritud mikroskoopiliselt väikeseid hõbedatükikesi, millede läbimõõt on alla sajandiku millimeetrist. Niisuguseid hõbedaosakesi on mosaiigi plaadikesel kümne miljoni ümber. Tseesiumiga töötlemise tõttu omavad nad valgustundlikkust, s. o. osutuvad üksikute fotoelementide miniaturseiks katoodeks. Oma ehituselt meenutab mosaiik inimese silma võrkkiilet, mis omab tohutut arvu valgustundlike elemente.

Kui ikonoskoobi mosaiigile projekteeritakse ülekanrav kujutis, siis eritavad valguskiired tema elementidest elektrone. Kaotades negatiivseid elektrilaenguid laadub iga element positiivselt.

Kui mosaiigi elementidel tekiksid ühesugused laengud, siis ei saaks neid kujutise elektriliseks ülekanamiseks kasutada. Selles aga asi seisnebki, et mosaiigi elemendid laaduvad erinevalt. Iga elemendi laeng sõltub sellest valgustugevusest, mis mõjub tema ulatusel. Kui mosaiigi elemendile langeb valgus kujutise heledast punktist, siis laadub ta tugevamalt kui see element, mis asetseb selle

kujutise tumeda punkti vastas. Selle tulemusel tekib mosaiigile ülekantava pildi nähtamatu «elektriline koo-  
pia», mis on jaotatud hulgak punktideks.

Vähe on aga mosaiigil «elektrilise kujutise» saamisest: see tuleb muuta elektrivooludeks, et teda oleks võimalik raadio teel üle kanda. Seda ülesannet ikonoskoobis teostab peenikene elektronide kiir. Nagu kõigis elektronkiiretorudes tekitatakse niisugune kiir kesta kaela sisse paigutatud «elektronkahuriga».

Elektrivooluga kuumutatava katoodi pinnast väljalendavad elektronid koondatakse ülikitsaks elektronide kiireks, mis suunatakse mosaiigile. Kui see kiir puudutab mosaiigi elektriliselt laetud elemente, siis need tühjenduvad ja tekitavad ikonoskoobi vooluringis elektrivoolu pulsse.

Kallutusseadise abil muudetakse kogu aeg kiire suunda. See jookseb järjekorras läbi kogu «elektrilise kujutise» mosaiigil, «lugedes» seda rida-realt, taoliselt nagu me loeme raamatu lehekülge. Elektrivooluringis tekivad seejuures üksteisest erinevad elektrisignaaliid. Nõrgalt valgustatud mosaiigi element, omades väikest elektrilaengut, tekitab nõrga signaali, rohkem valgustatud element, mis omab suuremat laengut, lähetab tugevama signaali. Nii saadetakse range korrapärasusega üksteise järel elektripulsid kujutise kõigilt elementidelt. Heleduse muutumine muundatakse elektrivoolu muutumiseks.

See ülekanne kordub 25 korda sekundis ja samapalju kordi jookseb elektronide kiir üle kogu mosaiigi. Kui kujutis jaotatakse 5 000 000 elemendiks<sup>1</sup>, siis saadab ikonoskoop sekundis 12 500 000 üksikut elektrisignaali.

Jooksva elektronide kiire kohtumine iga mosaiigi elemendiga on äärmiselt lühiajaline: see vältab alla kümne miljondiku sekundi. See on ajavahemik, mille kestel mosaiigi element tühjendub. Ülejäänud aja vältel, kui kiir jookseb teisi elemente pidi, laadub ta valguse toimel.

Laadimisaeg on tühjenemisajast 500 000 korda pikem. Energia, mis koguneb suhteliselt kaua, tarbitakse ära hetkeliselt, mis suurendab elektrisignaali tugevust. Selle tõttu omab ikonoskoop suurt valgustundlikkust. See üle-

---

<sup>1</sup> Elektronide kiir katab üheaegselt terve rühma mosaiigi valgustundlikke osakesi, mistõttu kujutise elementide arv on nende osakeste arvust mitu korda väiksem.

tab mitme tuhande kordselt nende kaugnägemissaatjate tundlikkuse, mida kasutati varem.

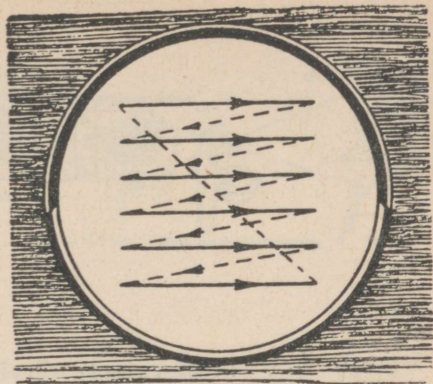
Ikonoskoobiga tekitatud kujutise elektrisignaale võimendatakse ja kantakse nad siis raadiojaama, mis kiirgab nad raadiolainete näol ruumi.

Kujutise vastuvõtmi- seks kasutatakse kineskoopi<sup>1</sup> — mis sarnaneb raadiolokaatoreis kasutatava elektronkiiretoruga. Kui toru erilise seguga kaetud laiale põhjale langeb elektronide kiir, siis ilmub sinna helendav täpp. Vastuvõetavad signaalid mõjustavad kiire tugevust ja täpi helendus muutub.

Elektronide kimp — see kuulekas «elektrisulg» — täidab hämmastava kiiruse ja täpsusega kõik «käsklused», mida toovad raadiosignaalid. Kaugnägemise raadio saatjaam juhib selle «sule» survet ja jälgib, et ta ei eksiks teelt kõrvale.

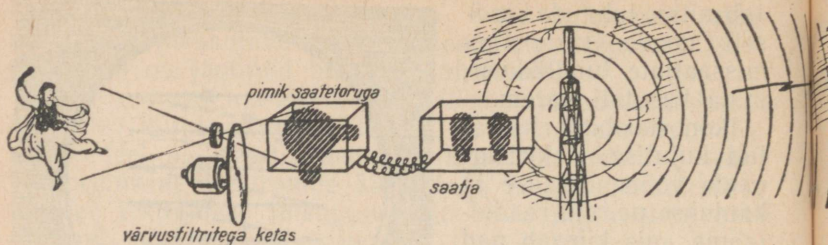
Sel hetkel, millal jaam kannab üle kujutise tumedat elementi, nõrgeneb elektronide voog ja valgustäpp ekraanil tuhmub. Kui kantakse üle kujutise heledat elementi, tugevneb elektronide voog ja valgustäpp ekraanil muutub eredamaks. Elektri- või magnetvälja toimel elektronide kiir liigub kiirelt, korrates kõiki ikonoskoobi mosaiigil jooksva elektronide kiire liigutusi. Koos elektronide kiirega liigub ka valgustäpp ekraanil. Samas järjekorras nagu toimub kujutise elementide saatmine, joonistab ta rea rea järel, ja kujundab 25 korda sekundis kogu pildi.

On huvitav, et ekraanile ei teki mingit kujutist kui ta ei oma järelhelendust. Mistahes hetkel helendab ainult üks punkt. See tormab aga mööda ekraani niisuguse kiirusega, et me nägemise inertsuse tõttu näeme mitte üksikuid erineva heledusega punkte, vaid kokkusulanud liikuvat kujutist.



Nii toimub elektronide kiire laotamine kaugnägemise saate- ja vastuvõtutorudes.

<sup>1</sup> Kreeka sõnadest: «kinema» — liikumine ja «skopio» — vaatamine.



Värvilise kaugnagemisülekanne

## Must-valgest värvilise kujutiseni

Kui vaadata televiisori ekraanile, siis tundub nagu oleks silme ees väikene kinoekraan. Sellel on samasugused kujutised, mida me näeme kinos, ainult mõõdetelt tunduvalt väiksemad.

Tavalise kaugnagemisülekande puhul tekib nagu tavalises kinoski must-valge pilt, mis kujutab endast tumedate ja heledate punktide mosaiiki. Esemete värvusi sel juhul ei kanta.

Värvuse kaotus on aga suur kaotus. Tuletage meelde millist sügavat muljet tekitab värviline foto võrreldes lihtsa ülesvõttega või värviline kinofilm võrreldes tavalisega.

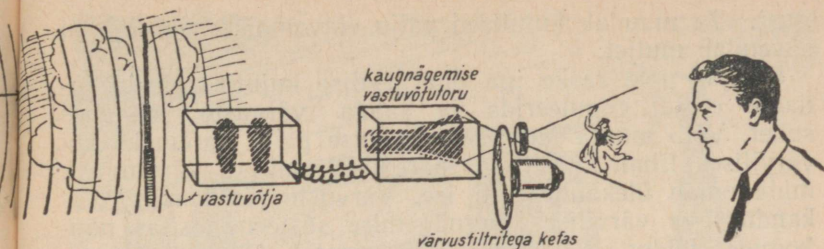
Kino läheb üle värvilistele filmidele ja mõne aja pärast unustame must-valged kinofilmid, samuti nagu oleme unustanud tummfilmid.

Kaugnägemine püüab saavutada kujutiste raadio teel ülekandmisel samasuguseid tulemusi. Tegelikult ongi juba õnnestunud teostada värviliste kujutiste kaugnagemise teel ülekandmist.

Juba ammu on teada, et kõiki meile nähtavaid värvusi on võimalik saada kolme põhivärvuse — punase, sinise ja rohelise — segunemise teel. Sellel põhinebki värviline kaugnägemine.

Värvilise ülekande puhul on vaja kujutis mitte ainult elementideks jaotada, vaid lahutada iga elemendi värvus osavärvusteks ja vastuvõtul uuesti taastada iga elemendi loomulik värvus ning koostada neist värviline kujutis.

Saadetava sündmuse ja saatja kaugnagemistoru vahele



ansustatud skeem.

paigutatakse kolmele põhivärvusele vastavatest valgusfiltritest koosnev ketas. Ülekande kestel ketas pöörleb kiirelt väikese elektrimootori abil. Ülekantavalt esemelt peegeldunud valguskiirte teele ilmuvad üksteise järel kõik filtrid.

Kui mosaiigi ees asetseb punane filter, siis pääsevad temale ainult kujutise punased kiired, kuna aga ülejäänud tõkestatakse. Kui punase kohale ilmub sinine filter, siis langevad mosaiigile ainult sinised kiired, ja lõpuks, roheline filtri puhul — ainult rohelised. Nii lähetab kaugnägemisjaam kordamööda signaale, mis vastavad ülekantava kujutise põhivärvustele.

Vastuvõtuks kasutatakse tavalist televiisorit, mille ekraani ees pöörleb samuti kolme värvusfiltriga ketas. Selle ketta pöörlemine on rangelt kooskõlastatud värvusketta pöörlemisega saatjas ja tema pöörlemist reguleeritakse saabuvate raadiosignaalidega.

Selleks hetkeks, millal kantakse üle kujutise punast värvust, ilmub televiisori ekraani ette punane filter, sinise värvuse ülekandmise ajaks — sinine filter, ja lõpuks — roheline. Vaatleja vaatab ekraanile nagu läbi erinevate prillide, võttes kordamööda vastu kolm ühesugust, kuid erineva värvusega kujutist. Ülekandmise suure kiiruse tõttu ei märka silm värvuste vahetumist, ülekantavad värvused segunevad ja tekib ühtne mitmevärviline kujutis kõigi värvivarjunditega.

On võimalikud veel ka teised värvilise ülekande teostamise viisid, need aga pole veel lõplikult välja töötatud.

Värvilised kujutised pole võrreldavad ühevärvilistega. Värving mitte ainult suurendab väikeste üksikasjade sel-

gust. Ta muudab kujutised palju elavamaiks, rikastab ja süvendab muljet.

Saatjas pole raske iga ühevärvilise kujutise elektrisignaale eraldi reguleerida ja saada värvuste mistahes suhet. Võib muuta kujutise värvikuse palju paremaks kui värvilises filmis ja isegi paremaks sellest värvingust, mida omab ülekantav pilt ise. Värvuste järjekorras ülekandmisega värvilise kaugnägemise süsteemi esitas nõukogude leidur Adamian 1925. aastal. Tema süsteem ennetas välismaise mitme aasta võrra.

Värviline kaugnägemine on tavalisest keerukam. Tema head omadused õigustavad aga palju keerukama tehnika rakendamist. Ajajooksul asendab ta must-valge kaugnägemise ja me näeme televiisorite ekraanidel kujutisi kõigis vikerkaare värvustes.

### Põhiline raskus kaugnägemises

Kvaliteetse kaugnägemise põhiline omapära seisneb selles, et ta on teostatav ainult ultralühilainetel. Pikad ja lühikesed lained niisuguseks ülekandeks ei sobi. See tuleb kaugnägemisülekande põhimõttest, — sellest, et kujutis jaotatakse elementideks, mis väga kiirelt üksteise järel üle kantakse.

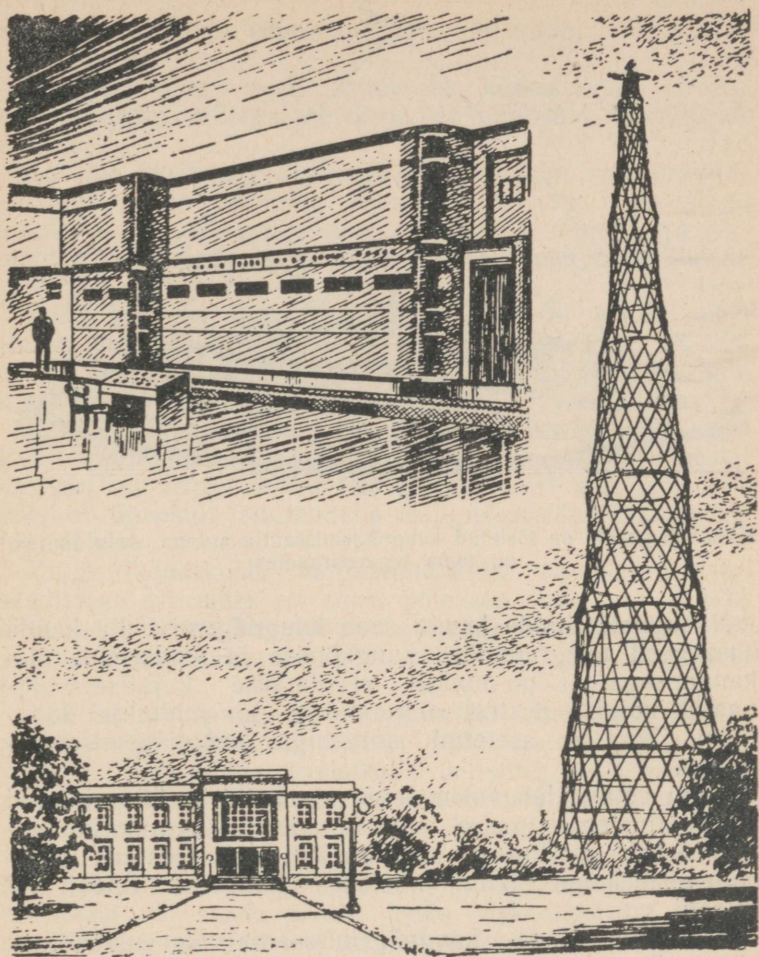
Ikonoskoop lähetab miljoneid elektrisignaale sekundis ja tekitab sellega erakordselt kiireid elektrivoolu võnkeid. Et neid raadio teel üle kanda, on vaja kiirata eetrisesse raadiolainete kujul veel palju kiiremaid võnkeid, s. o. teostada ülekannet ultralühilainetel.

Ultralühilainel tegutsevate raadiojaamade tegevuspiirkond on aga, nagu me nägime, piiratud horisondiga ja moodustab ainult mõnikümmend kilomeetrit.

Kaugnägemisantennide jaoks tuleb ehitada kõrgeid maste või paigutada nad kõrgetele hoonetele. Nii kasutatakse Moskvast kaugnägemisülekanne jaoks tuntud 150 meetri kõrgust Šuhhovi torni. Aga ka sel juhul moodustab ülekannete suurim kaugus 50—60 kilomeetrit.

Seega suudab kaugnägemissaatja haarata ainult suurt linna ja selle ümbrust. Et teenindada laialdast maa-ala, oleks vaja väga palju raadiojaamu. Selles seisab kaugnägemise arengu põhiline raskus.

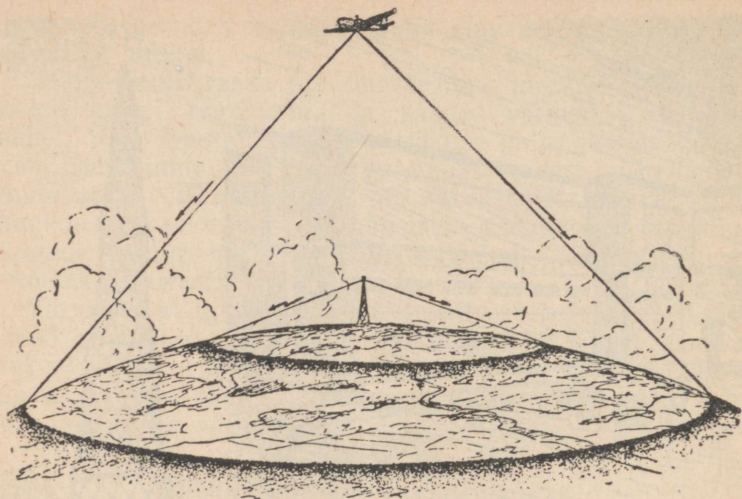
Pikemat aega arvati, et niisugused vahemaad, milliseid ületavad pikad ja lühikesed lained, on kõrgekvali-



Moskva kaugnägemiskeskus.

teetsele kaugnägemisele kättesaamatud. Ultralühilainete-  
tehnika arenedes avanesid aga ka siin uued võimalused.

Tänapäeval on kaugete kaugnägemisülekannete teosta-  
miseks võimalikud kaks viisi: kujutise elektrisignaale  
võib kanda üle kas erilist juhet — kontsentrilist kaab-  
lit — kaudu või raadioreleeliini abil.



Mida kõrgemale on tõstetud kaugnägemissaatja antenn, seda suurem on tema tegevusraadius.

Niisuguste liinide kaudu saab kaugnägemist üle kanda üheaegselt telegrammide, kaugkõnede ja kontsertide ülekandmisega. Lõpp-punktis eraldatakse kujutise signaalid kõigist teistest signaalidest ja juhitakse kohalikku, kõrgele asetatud antenniga kaugnägemissaatejaama.

Jaam võimendab vastuvõetud signaalid ja kiirgab need raadiolainetena igasse suunda, haarates mõnekümnekilomeetrise raadiusega maa-ala. Nii saab teostada kaugnägemisülekanne riigi mistahes kaugesse linna või rajooni.

Et suurendada kaugnägemisjaama tegevusraadiust, võib selle paigutada õhulaevale või lennukile. Asetsedes suurel kõrgusel võtab ta raadiosignaale saatekohast vastu ja lähatab neid automaatselt maapinnale. Niisugune lendav jaam on võimeline teenindama ultralühilaineil teostuva kaugnägemisega ja ühtlasi ka ringhäälinguga väga suurt piirkonda. Lennates 10 kilomeetri kõrgusel asendab ta ligikaudu sadu maapealseid raadiojaamu. Kuna selline jaama tegevuspiirkonna laiendamise viis on teistest tunduvalt odavam, võib ta tulevikus leida laialdast kasutamist.

## Mida võimaldab kaugnägemine

Kaugnägemine avab inimesele kütkestavad võimalused. Raadio, millega me oleme nii harjunud, muutub ka nähtavaks.

Kui me teostame tavalise vastuvõtja abil raadiorännakut eetris, siis rändame «kinnisilmi», kuna me võime ainult kuulda. Kaugnägemine «avab meie silmad» ja võimaldab näha seda, kelle hääle raadiolained meie juurde kannavad.

Kaugnägemise tõttu «tulevad» kino ja teater meie juurde koju. Televiisori ekraanil võib näha filmi, näidendi ja ooperit, võib «viibida» pidulikult koosolekul, mida kantakse üle kaugnägemisjaama poolt.

Tehnika täienedes muutuvad kaugnägemissaated oma sisult üha rohkem ja rohkem mitmekesisemaks. Viimastel aastatel on selles suhtes saavutatud suurt edu tänu sellele, et õnnestus suurendada kaugnägemise saatetorude tundlikkust.

Kuigi ikonoskoobi valgustundlikkus varemate saate-seadistega võrreldes on suur, pole see siiski veel küllaldane selleks, et korraldada kaugnägemissaateid tavalise valgustusega. Valgustus peab olema 5 korda tavalisest tugevam.

Kui toimub saade, siis valgustatakse näitlejaid eriliste projektoritega. Valguse külluse tõttu eraldub palju soojust. Et kõrvaldada troopikalist kuumust, mis seejuures stuudios tekib, tuleb kasutada kunstliku kliima seadmeid.

Peamine aga, milleni viib vajadus heleda valguse järele, on raskused mitmesuguste sündmuste ülekandmisel. Sest ei saa ju igalepoole paigutada tugevaid valguseallikaid või saada nende jaoks elektrienergiat. Väga sageli tuleb niisugustest saadetest loobuda, kui huvitavad nad ka võiksid olla.

Hiljuti töötati kaugnägemise jaoks välja uut süsteemi saatetorud. Nende valgustundlikkus on mitu korda suurem kui tavalisel ikonoskoobil. Nad võimaldavad töötada mitte ainult tavalisel päevalgusel, vaid isegi kuupaistesel ööl.

Niisuguse suure tundlikkusega torude abil on võimalik luua väga mugavaid kohtmuutlikke saatjaid ja korraldada saateid mistahes kohast.

Auto, millele on paigutatud kaugnägemissaatja, sõidab mingisuguse huvitava sündmuse kohale. Kujutise signaa-

lid kantakse sealt kaugnägemisjaama, mis võtab need vastu ja pärast võimendamist kiirgab välja eetrisse.

Nii saab kanda üle sõjaväe- või kehakultuurlaste paraadi, pidustusteaegset demonstratsiooni või jalgpalli-võistlust.

Kaugnägemisjaam võimaldab igal raadiovaatajal heita pilku teadlase laboratooriumi ja koos teistega jälgida huvitavat teaduslikku katset. Ta suudab korraldada oma vaatajaile «rännakut» linna või mingisse huvitavasse rajooni, suudab tutvustada neid kuulsate muuseumide aaretega ja isegi teostada eriliiki kaugnägemisaparaadi abil saadet merepõhjast ning näidata mere elu suurtes sügavustes. Kaugnägemissaadete mitmekesisus on ammendamatu.

Kaugnägemine peab avaldama suurt mõju ka telefoni-side arenemisele. Kui me praegu telefonikõne puhul ainult kuuleme oma kaasvestlejat, siis ajajooksul muutub side ka nähtavaks. Pole enam tarvidust enda nime nimetamiseks — viideo-telefoni kaudu näevad kõnelejad teineteist. See saab olema kõige täiuslikum side, mida üldse on võimalik kujutleda.

### Nõukogude kaugnägemine on parim maailmas

Esimene kaugnägemissaade meie maal toimus üheksateist aastat tagasi. Algul kasutati selleks kaugnägemise mehaanilist süsteemi, s. o. kujutis jaotati elementideks pöörleva ketta abil. Ta jaotati 30 reaks, igas reas 40 elementi. Vastuvõetav kujutis oli tikutoosi suurune, ja kuna ta koosnes ainult 1200 elemendist, siis oli ta kvaliteet madal. Selle-eest sai aga neid ülekandeid teostada pikkadel lainetel ja sellega tagada kujutiste vastuvõttu samasuurtel kaugustel, milliseid ületavad pikal lainel tegutsevad ringhäälingujaamad.

1938. aastal astus nõukogude kaugnägemine oma arenemise kõrgemale tasemele. Moskva ja Leningradis avati kaugnägemiskeskused kõrgekvaliteetse kaugnägemise ülekandmiseks ultralühilainetel.

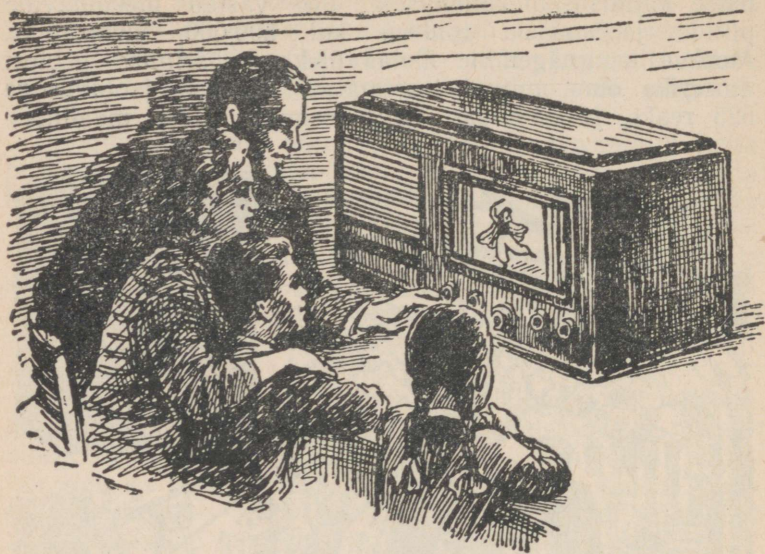
Nõukogude valitsus omistab kaugnägemise arendamisele meie maal suurt tähtsust. On koostatud laialdane kaugnägemislevi arendamistöode plaan.

Käesoleval ajal laiendatakse ja rekonstrueeritakse Moskva kaugnägemiskeskust. Hiljuti läks ta üle 625-rea-

lisele kujutiste ülekandmisele. See vastab ülekantavate piltide jaotamisele rohkem kui 500 000 elemendiks. Moskva kaugnägemine ületas ülekande selguse poolest ameerika oma, millist teostatakse kujutise jaotamisega 525 reaks, ja omandas nüüd esimese koha maailmas.



Saade kaugnägemiskeskuse stuudiost.



Televiisori ekraani ees.

Uue kõrgekvaliteedilise suure selgusega kaugnägemise saatesüsteemi loomise eest määrati 1950. aastal suurele V. L. Kreitseri poolt juhitud nõukogude raadio-eriteadlaste rühmale Stalini preemia.

Juba lähemas tulevikus hakkab Moskva kaugnägemiskeskus levitama üheaegselt kahte saadet. Häälستades televiisori ühelt lainelt teisele, saab raadiovaataja valida vaatamiseks selle saate, milline teda rohkem huvitab.

On nähtud ette uute kaugnägemiskeskuste ehitamine Leningradi, Kiievisse ja Sverdlovskisse. Need peavad kandma kujutisi üle samasuguse kõrge kvaliteediga nagu seda tagab Moskva kaugnägemiskeskus. Kaugnägemissaadete vastuvõtmiseks toodavad raadiotehased suurel arvul televiisoreid.

Suurt osa nõukogude kaugnägemise arengus peavad etendama meie raadioamatöörid. Raadioentusiastide ees avanes uus loominguuala. Raadioamatööridelt võib oodata mitte ainult televiisorite originaalseid konstruktsioone. Raadioinseneride toetusel on nad võimelised ka kaugnägemissaatja ja isegi väikese kaugnägemiskeskuse väiksema linna teenindamiseks valmis ehitama.

Kaugnägemistehnika areneb kiirelt. Selle oivalise leiutise täiustamise kallal töötab viljakalt mitmete aastate vältel suur hulk nõukogude teadlasi ja leidureid: S. I. Katajev, P. V. Šmakov, P. V. Timofejev, N. V. Kuznetsov, N. M. Gopštein, G. V. Braude ja teisi. Nende tööd tagasid selle kõrge arengutaseme, mille kaugnägemine on saavutanud. Pole kahtlust, et me seisame sel alal uute tähelepanuväärsete saavutuste lävel.

Käesoleval ajal töötatakse välja televiisoreid, mis võivad tekitada sama suurte mõõdetega kujutisi nagu kinogi. Ajajooksul ilmuvad kaugnägemisteatrid, kus raadiovaatajatele näidatakse suurel ekraanil tähtsamaid sündmusi samal ajal, kui nad toimuvad, ja kus hakatakse demonstreerima raadio teel ülekantavaid stereofilme.

Reljeefne kujutis loomulikes värvustes — seda töötab meile kaugnägemine. Tulevikus ühendab ta üheks tervikuks kõik need omadused, mida omavad raadio, kino ja teater. Sellel on määratu suur tähtsus meie rahva kultuuri edasises arengus.

Peale avalike saadete kogu elanikkonnale ja peale side leiab kaugnägemine kasutamist mitmesugustel teaduse- ja tehnikaaladel, tööstuses, transpordis ja lennuasjanduses. Ühenduses raadiotelemehaanikaga annab ta võimaluse teostada kõige julgemaid tehnilisi kavatsusi, mis praegu võivad tunduda fantastilistena.

---

## KÜMNES PEATÜKK

### RAADIOTELEMEHAANIKA

#### Mehhanismide kaugelt juhtimine

Telemehaanika on üks huvitavamaid alasid tänapäeva tehnikas. Ta tagab mehhanismide kaugelt juhtimise. Juhitava masina võib eemaldada inimesest paljude kilomeetrite kaugusele, ta täidab aga ikkagi kuulekalt kõik käsklused nagu asetseks ta inimese kõrval.

Telemehaanika on kutsutud aitama inimest täielikult vallutama loodusjõude ja kergendama tema tööd. Ta suurendab meie maa tootlikke jõude, annab võimaluse automatiseerida raskeid ja ohtlikke tootmisprotsesse ning kiirendab tehnika ja tööstuse arenemist.

Kaugjuhtimist teostatakse kõige sagedamini elektrisignaalide abil. Masin varustatakse erilise elektriseadise-ga, mis võtab saabuvad signaalid vastu ja paneb masina tegevusse, sundides seda täitma kõige mitmekesi-semaid operatsioone.

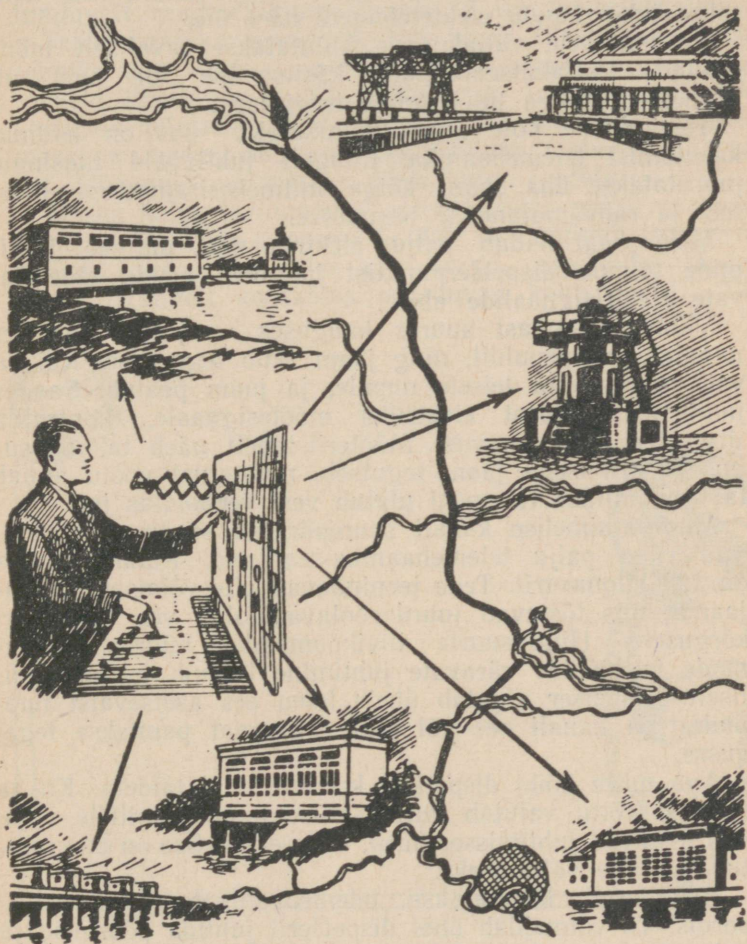
Meie maa suurematesse linnadesse on üles seatud automaattelefonijaamad. Need on tähelepanuväärsed seadised, mis asendavad telefoniste ja säästavad meie aega. Te võtate toru automaattelefoniparaadi hargilt. See on kõige lihtsam toiming, mida võib kujutleda. Ta põhjustab aga väga huvitavaid tehnilisi nähtusi.

Võtnud telefonitoru, vabastasite aparadi hargi ja saatsite juheta mööda telefonijaama elektrisignaali — teate selle kohta, et tahate kõnelda. Te ootate vastussignaali hetkegi kahtlemata, et jaam teile kohe vastab. Tõepoolest, kahe-kolme sekundi pärast kostab pidev undamine — jaam signaliseerib, et ta on valmis täitma teie tellimust ühenduse saamiseks mistahes tema abonendiga.

Nüüd jääb ainult üle teatada, kellega te nimelt kõnelda

tahate. Te pöörate ketast, valides soovitud abonendi telefoninumbri. Iga kord, kui ketas pöörub tagasi, saadetakse liini mõned elektripulsid, mis vastavad valitavale numbrile. Need panevad tegevusse jaama paigutatud keerukaimad mehhanismid.

Pole kerge ülesanne otsida telefonijaama mitmete tuhandete abonentide hulgast üles üks teatud abonent ja



Moskva-nimelise kanali seadmeid juhitakse telemehaaniliselt.

ühendada temaga teie telefoniaparaat. Automaatsed telefonivalijad teevad aga seda kiiresti ja eksimata ilma igasuguse inimabita.

Valinud vajaliku numbri, kuulete mõninga arvu kestvamaid undamisi. Jaam teatab, et ta täitis teie korralduse. Peale selle helistas ta aga ka teie abonendile, andes talle teada, et temaga tahetakse kõnelda. Abonent võtab samuti telefonitoru ja te kuulete tema häält, mis kantakse juhet kaudu elektrivõngete näol üle.

Telefonilisele väljakutsele kulutatakse tavaliselt mõni sekund. Väljakutseaparaadi käsitsemine on aga nii lihtne, et sellega tuleb toime isegi laps.

Telefoniside pole ainus tehnika-ala, kus on leidnud kasutamist telemehaanika. Kaugelt juhitavaid masinaid juurutatakse üha enam kõige mitmekesisematesse tööstus- ja rahvamajanduse harudesse.

Meie maal leidub palju elektrijaamu, millede juhtimine toimub dispetšerpunktist juhtmeid kaudu lähetatavate elektrisignaalide abil.

Viibides jaamast suures kauguses, vajutab dispetšer nupule juhtimispuldil, ning jaam asub tegevusse. Kui on vaja, vajutab ta teisele nupule, ja jaam peatub. Saades juhitud jaamast elektrilisi mõõtesignaale, kontrollib dispetšer tema tegevust. Mõõteriistadelt näeb ta, missuguse koormusega jaam tegutseb, missugust voolu annab ta liini, millise tasemeni ulatub vesi veehoidlas jne.

Moskva-nimelise kanali suurepärased seadmed sisaldavad väga palju telemehaanika-seadiseid. Kanali pikkus on 128 kilomeetrit. Teda teenindavad viis võimsat pumba-jaama, mis tõstavad juurdevoolava Volga vee 40 meetri kõrgusele. Hiiglasuurte tiivikpumpade, hüdroelektrijaamade ja lüüside väravate juhtimine toimub telemehaaniliselt. Dispetšer vajutab ühele tema ees asetsevaist nupudest ja kanali see või teine agregaat pannakse tegevusse.

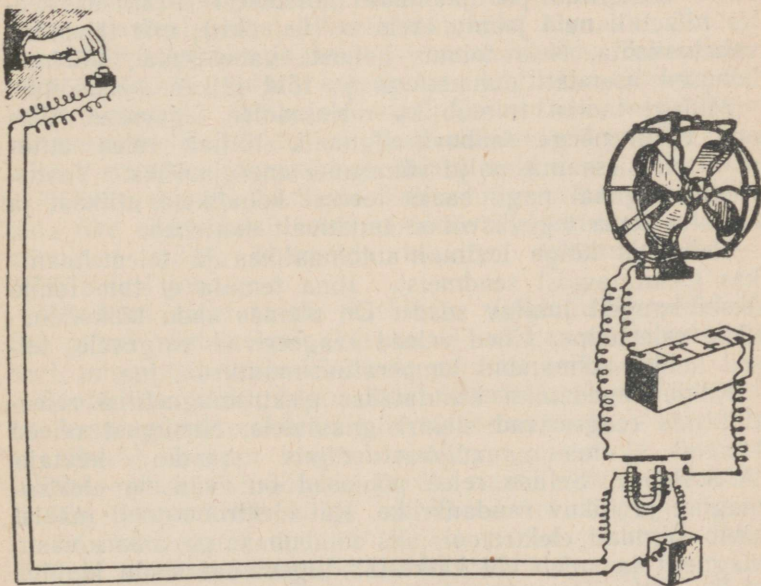
Aga mitte kõiki dispetšeri korraldusi ei täideta. Kui ta eksituse tõttu vajutab mitte sellele nupule, millele vaja, siis teatavad juhtimisseadmed, et ta eksis. See on ette nähtud avariide vältimiseks.

Laialdaselt kasutatakse telemehaanikat raudteetranspordis. Ta võimaldab ühel dispetšeril juhtida pöörmeid ja valgusfoore raudtee piirkondades, mis ulatuvad paljude kilomeetrite kaugusele.

Kõik rongid, mis liiguvad selles või teises teepiirkonnas, on kujutatud helendavate märgikestena dispetšeri ees oleval skeemil. Sellel on näidatud ka kõigi pöörmete asend. Valgusmärgikesed sellel miniatuursel raudteeliinil näitavad täiesti täpselt rongi asendit. Jälgides «elavat» skeemi, juhib dispetšer rongide liiklust. Ta saab rongid antud piirkonnas kõige otstarbekohasemalt paigutada ja vähendada miinimumini seisuaega. Selletõttu suureneb tunduvalt raudteeliikluse ohutus ja tee läbilaskevõime.

Telemehaanika arenemine on kõige tihedamalt seotud tehnika teise alal — automaatika — arenemisega. Mida rohkem ilmub masin-automaate, seda laialdasemalt saab kasutada telemehaanikat. See on ka arusaadav. Automaat on masin, mis iseseisvalt täidab teatud tööülesannet. Niisugust masinat on väga lihtne juhtida.

Üheks kõige levinumaks automaadiks, mida me kasutame, on kell. Me keerame ta üles ja ta liigub iseseisvalt terveid ööpäevi ja vahel ka kauemgi, arvestades täpselt aega. Rangelt kooskõlas pöörduvad kolm osutit. Üks



Elektromagnetilise rele abil on võimalik elektrivooluringi kaugelt sisse lülitada.

neist teeb ööpäevas ainult 2 pööret, teine — 24 pööret, kolmas aga — 1440 pööret. Nende osutite asendite järgi jälgime aega.

Kellad leiutati väga ammu ja meie päevil on nad saavutanud suure täiuslikkuse. Kellade kasutamine viis leidurid mõttele luua automaatseid masinaid, mis saaksid tegutseda iseseisvalt ja asendada inimest.

Tänapäeva tehnika võimaldab ehitada masin-automate, mida saab juhtida suurest kaugusest ja jätta ilma järelevalveta.

Automaadile saadetakse see või teine signaal. See on käsklus, mida tal tuleb täita. Signaal mõjub nagu tõuge. Ta lülitab sisse riistade keeruka kombinatsiooni ja paneb liikuma ühed või teised masina osad. Igale lähetatud signaalile vastab täitevmehhanismide kindlaksmääratud tegevus.

Automaadi sisse- ja väljalülitamiseks ja tema tegevuse juhtimiseks kasutatakse erakordselt tundlikke riistu — releesid. Sõna «relee» on tulnud vanal ajal suurte teede ääres asetsenud postijaamade nimetusest. Prantsuse keeles nimetati neid jaamu «relais» (l.: relee), mis tähendab vahetuskohta. Neis toimus hobuste vahetamine. Väsinud hobused asendati puhanutega ja tõld jätkas edasisõitu.

Midagi taolist toimub ka releeseadise tegevuses. Võetud vastu nõrga saabuva signaali, lülitab relee automaatselt sisse uue palju võimsama energiaallika. Vastuvõetud signaal nagu saaks toetust kohalikust allikast ja seetõttu tema tegevusvõime tunduvalt suureneb.

Relee on kõige levinum automaatikas ja telemehaanikas kasutatavaist seadmeist. Ilma temata ei tule toime ükski kaugelt juhitud seade. On olemas sadu kõikvõimalikke releetüüpe. Ühed releed reageerivad valgusele, teised helile, kolmandad temperatuurimuutusele jne.

Kõige sagedamini kasutatakse elektromagnetilisi releesid, mis reageerivad elektrisignaalidele. Niisugust releed kasutas oma raadiovastuvõtjais raadio leiutaja A. S. Popov. Sellise relee põhiosad on: väikene elektromagnet ja liikuv raudankruke. Kui elektromagneti mähist läbib signaali elektrivool, siis tõmbub kerge ankur vastu magnetit ja suleb või katkestab tugevamat voolu kandva ringi, millesse on ühendatud mingisugune elektriaparaat, näiteks mootor. Nii saab relee abil teostada igasuguseid ümberlülitamisi juhitava masina vooluringides.

Relee elektromagneti mähist läbivad voolud pole tavaliselt kuigi tugevad ja on mõõdetavad ampri väikeste osadega. Niisugused nõrgad voolud sunnivad aga releed rakenduma ja sulgema või katkestama ringi, mida võivad läbida kümnete ja sadade amprite tugevused voolud. Väikene «nõrgajõuline» riist käsutab kohalike vooluallikate elektrienergia hiiglasuuri varusid ja paneb nende abil masina tegevusse.

Veelgi täiuslikumaks osutub elektronrelee. Selles kasutatakse kolme elektroodiga raadiolampi. Lambi võrele kantakse saabuva signaali pinge ja lamp muudab samal hetkel voolu enda anoodringis. See on kõige kiiremalt tegutsev relee. Siin pole liikuvaid osi ja seetõttu saab ta tegutseda niisuguse kiirusega, milline pole kättesaadav elektromagnetilisele releele.

Elektronrelee rakendusaeg moodustab tähtsuseta osa sekundist. Vajades tühist võimsust, saab raadiolambi abil tüürida küllalt võimsa elektriallika (näiteks anoodipatarei) energiat.

Kõige lihtsam masina juhtimine on niisugune, mille puhul masinale lähetatakse ainult kaks signaali: üks — tema käivitamiseks ja teine — peatamiseks. Telemehaanika lahendab palju keerukama juhtimise ülesandeid, milliste puhul juhitavale masinale antakse terve hulk mitmesuguseid «käsklusi». Need «käsklused» peavad üksteisest erinema, et masin ei «ajaks neid segi».

Näiteks esimese käskluse ülekandmise puhul võib lähendada ühe elektripulsi, teise käskluse ülekandmisel — kaks niisugust pulssi, kolmanda käskluse ülekandmisel — kolm pulssi jne.

Mõnikord lähetatavate käskluste signaalid šifreeritakse. Sel puhul vastab igale käsklusele eriline elektripulsside sari, mis erineb teiste käskluste pulsside sarjadest.

Saabuvate käsklussignaali täitmisele ülekandmiseks on kasutamisel erakordselt teravmeelne seadis — selektor.

Lihtsaim selektor koosneb elektromagnetist ja ümberlülitist, mis saab pöörelda ja üle minna ühelt kontaktilt teisele. Kontaktide külge on ühendatud kõigi juhitava masina täitevmehhanismide küljest toodud juhtmed. Iga kontakt on ühendatud ühe teatud mehhanismiga.

Kui juhtseadis võtab vastu käsklussignaali, läbib selektori elektromagneti mähist nõrk elektrivool. Elektromagnet tõmbab liikuva ankru ligi ja nihutab selektori

ümberlülitati kindlaksmääratud kontaktile. Sellejuures sulgub antud kontaktiga ühendatud täitevmehhanismi vooluring ja masin teostab ettenähtud ülesande.

Selektor on valija. Temaale on pandud ülesanne leida üles täitevring.

Kui lähetada üks elektripulss, siis nihkub selektori ümberlülitati ühe kontakti võrra edasi ja lülitab sisse masina esimese mehhanismi, kaks pulssi nihutavad ümberlülitit edasi kahe kontakti võrra ja lülitavad sisse teise mehhanismi, kolm pulssi lülitavad sisse kolmanda mehhanismi jne.

Selektorist, nagu keskusest, jooksevad vastuvõetavad käsklused laiali kõigisse juhitavatesse mehhanismidesse, pannes masina tegevusse, reguleerides selle töötamist või peatades tema. Alludes juhtsignaalidele, täidab masin inimese tahet sama alistunult nagu juhiks viimane teda enda kätega — muutes hoobade asendeid või regulaatorite tegevust.

### Kaugjuhtimine raadio teel

Kõige lihtsam on masinatele elektrilisi juhtsignaale saata juhtmeid kaudu. See on eriti sobiv siis, kui käskluspunkt ei asetse juhitavaist mehhanismidest kaugel. Kui aga kaugus on suur ja lisaks sellele ka muutuv, siis võib niisugusel juhul kasutada raadiot.

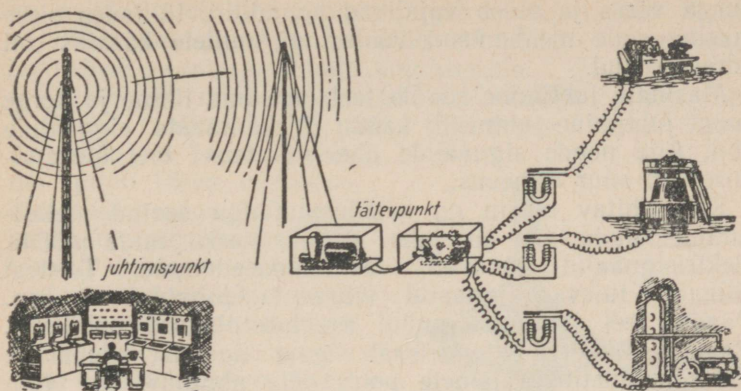
Me teame, et kui elektrisignaale lähetatakse raadiolainete kujul, siis vallutab inimene ruumi ja võib kaugused unustada.

Raadiolainete kasutamine kaugjuhtimiseks sünnitas iseseisva tehnika-ala — raadiotelemehaanika. Sellel on suurepärased väljavaated, mida praegu on raske kujutledagi.

Raadiotelemehaanika tekkis raadio ilmumisega peaaegu ühel ajal. Tema arenemine põhjeneb raadiotehnika edusammudel.

Me oleme harjunud sellega, et raadio kannab meie juurde telegraafiliste teadete signaale, näitlejate häält, muusikaheliseid. Raske on aga uskuda, et raadiolained saavad juhtida masinaid. Aga see on siiski nii.

Ei tule unustada, et igasugune raadioülekanne on teatud hulga energia ülekandmine. Tõsi küll, raadiovastuvõtja antenniga kinnipüütava energia hulk on tühiselt



Raadio teel kaugjuhtimise skeem.

väikene. Ta paneb aga liikuma vastuvõtja valjuhääldaja membraani ning sunnib seda tekitama heli. Tähendab, raadiolaineid saab kasutada kaugjuhtimiseks.

Raadiotelemehaanilise seadme vastuvõtjaga vastuvõetav energia on täiesti küllaldane selleks, et mõjustada mehhanisme, mis juhivad tegevust, kusjuures nad ise aga mingit tööd ei soorita. Siin aitavadki olukorrast välja reled. Nõrkade signaalide toimel lülitavad nad sisse täitevmehhanisme toitvad kohalikud energia-allikad.

Raadio teel masinate juhtimiseks määratud raadiojaam sarnaneb tavaliste jaamadega. Tema ainus erinevus viimastest on ainult selles, et ta lähatab mitte teadustussignaale inimestele, vaid käsklussignaale masinatele.

Neid käsklusi võib lähutada kõige mitmekesisematel viisidel. Võib näiteks vajutada nupule või hoovale nagu telegraafivõtmele ja sellega sulgeda raadiosaatja vooluring. Iga vajutuse puhul kiirgab jaam ruumi raadiopulssse. Raadiopulsside lähendamist pole raske nii kombineerida, et igale käsklusele vastaks eriline pulsside rida, et vastuvõtja ei ajaks seda segi teiste käsklustega.

Raadiosignaalid ulatuvad masinani ja satuvad raadiovastuvõtjasse. Siin alluvad nad tavalistele muundustele ja pärast võimendust panevad tegevusse relee. See relee on seotud selektoriga. Ta lülitab voolu selektori elektromagneti mähisesse ja ümberlülitati hakkab pöörduma. Sõltuvalt vastuvõetud signalist pöördub ümberlülitati kindla

nurga võrra ja suleb vajalikud kontaktid, lülitades sisse masina selle mehhanismi vooluringi, millele käsklus oli adresseeritud.

Masinate juhtimine raadio teel on sama lihtne ja kerge nagu juhtimine juhtmeid kaudu ülekantavate signaalide abil. Aga nende signaalide ühel või teisel teel ülekandmisel on suur erinevus.

Kui juhitud masin on käskluspunktiga seotud metalljuhtme kaudu, siis on juhe ainsaks teeks, mida mööda elektrisignaalid jõuavad vastuvõtuseadmesse. Teistest allikatest tulevad signaalid viimasele toimida ei saa. Raadio teel juhtimise puhul muutub olukord põhiliselt. Raadiovastuvõtja antenn saab igast suunast saabuvate elektromagnetiliste lainete poolt «üle uhutud». Ja võib juhtuda, et täiesti kõrvaliste allikate raadiolained moonutavad või sootuks summutavad ära käsklust kohale toimetavad raadiolained ja vastuvõtja ei «taipa» käsklust. Vähe sellest, ta võib anda täitmiseks vale käskluse.

Raadiol, nagu teada, on palju häireid. Siin on niihästi teiste jaamade lained kui ka atmosfääri elektri lahendused ja kõikvõimalike elektriaparatuuride segavad kiirgused. Masina juhtimine muutub äärmiselt raskeks ja isegi võimatuks, kui raadiohäirete toime vastuvõtjale muutub väga tugevaks. Selles peitub raadiotelemehaanika arenemise peamine raskus.

Juba on aga välja töötatud kindlad vahendid raadiohäiretega võitlemiseks. Sagedusmodulatsioon, mis nõrgendab häireid, on eduga kasutatav ka siin. On selge, et sellega asi ei piirdu. Raadiotehnika arenemine loob telemehaanikale uusi teid ja kindlustab üha rohkem inimese võimu raadio teel juhitud masinate üle.

### Raadiosignaalidele alluv laev

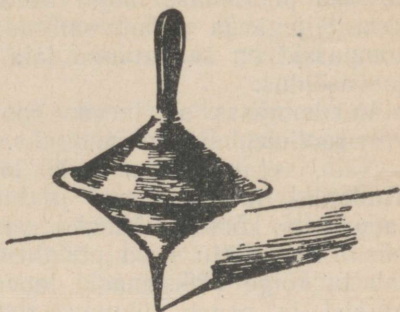
Kõige huvitavam rakendusala raadiotelemehaanikale on liikuvate objektide juhtimine. Liikuvate masinate kaugelt juhtimine on aga tunduvalt keerukam kui paigal-püsivate seadmete juhtimine.

Tänapäeval saab laeva niivõrd automatiseerida, et kogu töö, mille tavaliselt teevad ära meeskonna liikmed, teostavad automaadid. Niisugust laeva suudab juhtida üksainus inimene. Ta ainult jälgib automaatide tegevust

ja, seistes rooliratta juures, jälgib seda, et laev liiguks vajalikus suunas. Aga ka selle kohustuse — roolimehe kohustuse — võib usaldada automaadile.

Kui laevale on üles seatud vurr-roolija (vurri abil tegutsev roolimisese), siis säilitatakse laeva kurssi automaatselt. Inimese asemel juhib laeva vurr-roolija. Selle automaadi peaosaks on güroskoop<sup>1</sup> ehk lihtsalt öeldes — vurr.

Kes ei tunneks seda lihtsat mängukanni, mis röömustab lapsi ja paneb enda omadustega imetlema täiskasvanuid. Kiirelt pöörlema pandud vurr üllatab enda püsilikusega. Ta pöörleb enda telje peenel otsakesel ja tahtmatult tuleb teil soov kontrollida,



Vurr pöörleb enda telje peenel otsakesel ega kuku.

kas ta hoidub kinni, kui teda kiire tõukega kallutada küliti. Aga vurri pikali ei löö. Ta vaevalt-vaevalt kõigub ja, joonistanud koonilise pinna, ajab end püsti ning pöörleb endiselt edasi.

Mida kiiremalt vurr pöörleb, seda «jonnakam» ta on. Kiire pöörlemise tõttu paneb ta energiliselt vastu jõududele, mis püüavad muuta tema telje asendit. Seda vurri-güroskoobi tähelepanuväärset omadust — säilitada muutmatusena enda telje asend ruumis — kasutataksegi tehnikas.

Püsside, kuulipildujate ja suurtükkide rauaõõnesse tehakse vintsooned, et lasu puhul anda kuulile või mürsule kiire pöörlemine ja sellega suurendada nende stabiilsust lennul ja, tähendab, ka lennukaugust ning lasu tabamust.

Tehnilistes riistades kasutatakse vurrina massiivset kettataolist pöörlevat osa, mis paigutatakse erilisele ripupvale alusele. See hoorattake pannakse õhutorbiini või väikese elektrimootori abil kiirelt pöörlema. Mõnedes güroskoopides teeb ta mitusada pööret sekundis.

<sup>1</sup> Kreeka keeles: — «güros» — ring, rõngas; «skopio» — vaatlemine.

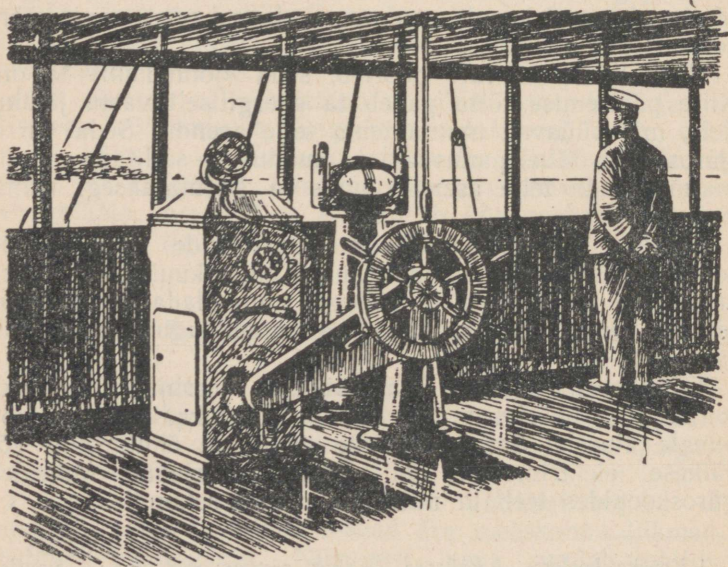
Vurr-riistad on ehituselt ja otstarbalt väga mitmekesised. Neid kasutatakse laevadel ja lennukitel.

Vurri põhimõttel konstrueeriti eriline vurrkompass. Magnetilise kompassiga pole tal midagi ühist peale selle, et ta samuti näitab põhja-lõuna suunda. See tuleb sellest, et Maa pöörlemise mõjul asetub vurri telg rööbiti maa-keraga teljega ja püüab säilitada niisugust asendit. Vurrkompassid on saavutanud laia leviku lennuasjanduses ja laevasõidus.

Vurrkompass on laeva rooli juhtimiseks määratud vurr-roolimehhanismi peaosaks.

Näib, et on hõlbus viia laeva antud kursist välja. Tuuleiilid, merehoovused ja lainete löögid võivad kallutada teda kõrvale. Vurrkompass aga tõrjub vurri telje püsikkuse tõttu need püüdlused tagasi. Viibimata avastab ta kõige väiksemadki laeva kõrvalekaldumised antud kursist ja paneb liikuma rooliga seotud mehhanismi. Rool pöörduv vajalikule poole ja laev liigub uuesti otse antud suunas.

Vurr-roolija on niivõrd tundlik automaat, et säilitab laeva kurssi tunduvalt täpsemalt kui seda suudab teha



Vurr-roolija juhib laeva ilma inimese abita.

inimene. Vurr-roolija ei saa aga täielikult asendada inimest. Ta juhib ju laeva ühesuguse kursiga. Tegelikult peab aga laeva kurss muutuma. Kui on vaja kurssi muuta, siis pööratakse vurr-roolija rooliratast käsitsi.

Kui aga laev on täielikult automatiseeritud ja sobitatud raadio teel juhtimiseks, siis võib ta sõita ja teostada kõige mitmesugusemaid manöövreid ilma ühegi inimeseta pardal. Raadiolained asendavad sel puhul edukalt laeva kaptenit.

Laev sõidab vurr-roolija «järelevalve all». Kui on vaja laeva pöörata, saadetakse signaal rooli pööramiseks. Vastuvõetud signaal mõjutab raadiojuhtimisseadme selektorit. Sellejuures muutub kursi säte vurr-roolija mehhanismides, lülitub sisse rooliga seotud elektrimootor. Pöörlev mootor pöörab rooli ja laev muudab kuulekalt enda kursi. Niipea aga, kui pööre on lõppenud, pöördub rool taas keskasendisse.

Niiviisi teostab laev mistahes manöövri ja täidab iga-suguse käskluse. Ta võib pöörduda paremale, vasakule või saada tagasikäigu. Mõjustades kiiruseregulaatorit, saab aeglustada või kiirendada laeva liikumist või, lõpuks, teda peatada.

Tänapäeval on võimalik iga laeva sobitada raadio teel juhitavaks. See kõneleb sellest, et aja jooksul hakatakse raadiotelemehaanikat merel kasutama kõige mitmeke-sisemate üiesannete täitmiseks ja ta hakkab etendama merelaevanduse arengus suurt osa.

## Raadio asendab pilooti

Raadiojuhtimisseadmeid väljatöötavad leidurid ja insenerid ei piirdunud raadio teel suunatavate laevade juhtimisega. Neid võlus palju ahvatlevam ja ühtlasi palju raskem eesmärk — allutada lennukid raadiosignaali-ledele.

Lendurita lendu teostav lennuk muutub täies mõttes iselendajaks<sup>1</sup>. Piloodi asemel suunavad tiivulist masinat inimese poolt kaugelt saadatud raadiolained.

Raadio teel lennuki juhtimine osutus tunduvalt keeru-

<sup>1</sup> «Lennuk» on vene keeles «самолет» (сам — ise, летать — lendama), sellest ka autori väljendus «iselendaja». *Toimetaja.*

kamaks kui laevade selline juhtimine. Leidureil ei õnnestunud kaua aega allutada lennukit raadiosignaalidele niivõrd, et ta oleks saanud lennata iseseisvalt.

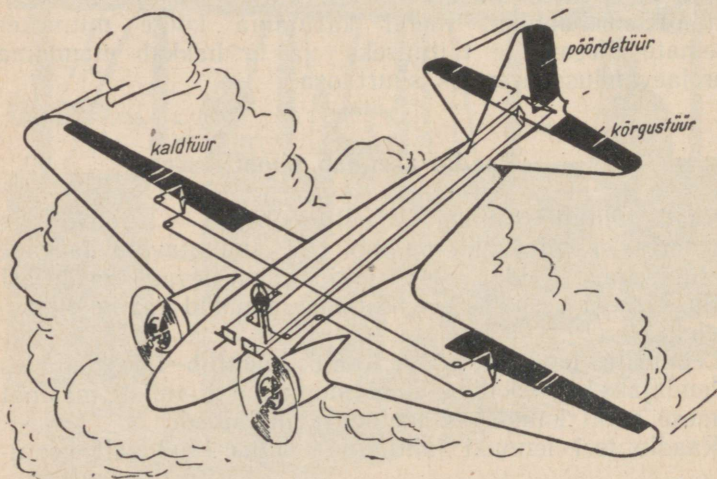
Laeva ja lennuki liikumise vahel on aga suur erinevus.

Teame, et suunatava laeva liikumine toimub ainult ühes (horisontaalses) pinnas; lennuki liikumine toimub aga kolmes vastastikku risti asetsevas pinnas. Laeva pöördumine toimub ainult ühe (vertikaalse) telje ümber: paremale või vasemale. Lennuk aga pöörduv ümber kolme telje: ümber vertikaalse (pööre paremale või vasemale) telje, ümber pikitelje (parem- või vasakpoolne kalle) ja ümber põiktelje (tõus või langus).

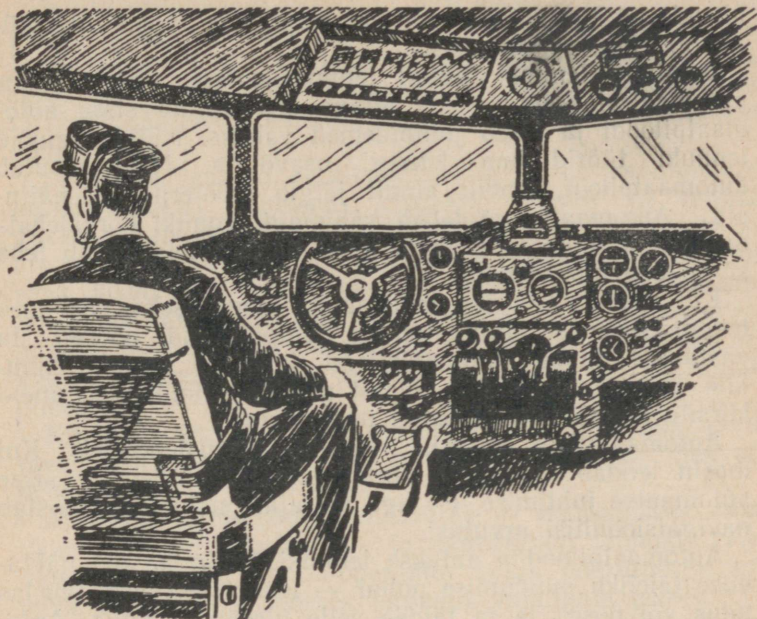
Suure tähtsusega on lennuki stabiilsus. Tuuleilid ja tugevad õhuhoovused püüavad seda rikkuda ja lenduril tuleb pöörata rooli, et taastada masina tasakaal.

On ilmne, et enne kui paigutada lennukile piloodi asendamiseks raadiojuhtimisseade, tuleb leiutada automaat, mis võiks ilma lenduri kaasabitada taastada masina stabiilsuse ja säilitada seda lennuasendit, mis talle on antud. Niisugune seadis loodigi. See on automaatpiloot (automaatne piloot).

Et hinnata automaatpiloodi suurepäraseid omadusi, tuleb meenutada kui kaua tulevane lendur õpib lennuki



Lennuki juhtimiseks on vajalikud: kõrgustüür, pöördetüür ja eleroonid.



Lenduri asemel juhib lennukit automaatpiloot.

juhtimist ja õhustiihia tujusid, enne kui talle usaldatakse masina juhtimine. Automaatpiloot on ilmekas näidis teaduslik-tehnilise mõtte tugevusest, mis suutis luua kiirelt reageeriva ja lennuki juhtimiseks harjutatud inimest asendava automaadi. Selle tähelepanuväärse aparadi leiutajaks on kuulus vene teadlane ja leidur Konstantin Eduardovitš Tsiolkovski.

Automaatpiloodi südameks on vaba vurr. Enamik tänapäeva automaatpiloodi sisaldavad kahte vurri: üks neist ei võimalda lennukil kõrvale kalduda ettemääratud kursist, teine on lennuki piki- ja põiksihis stabiliseerimiseks.

Kui masin kaldub antud kursist kõrvale, kaldub küliti, langetab või tõstab nina, siis muutub lennuki asend ruumis. Et aga vurr säilitab enda asendi muutumatuna, siis lennuk nagu pöörduks ümber tema. See põhjustab eriliste klappide ümberpaiknemise ja õhuhoovuste ümberjaotumise roolimasinakesega seotud seadmes. Selle tagajärjel nihkub roolimasinakese kolb, millega on

ühendatud tüür. Tüür kaldub vajalikule poole ja viib lennuki õigesse asendisse.

Seadnud lennuki teatud lennuasendisse, võib lendur automaatsele lennule üle minna. Ta lülitab sisse automaatpiloodi ja jätab juhtpidemed vabaks. Nüüd liiguvad lennuki tüürid ilma lenduri osavõtuta. Neid käsutab automaatpiloot, lendur ainult jälgib mõõteriistade näitusid. Automaatpiloot tabab vähimagi lennuki kõrvalekalandumise ja juhib teda sama hästi nagu seda suudab teha kõige kogenum lendur.

Kui saabub aga aeg lennusuuna muutmiseks, siis teeb lendur seda ise. Puudutamata juhtpidemeid, pöörab ta vastavaid nuppe automaatpiloodi kilbil ja annab lennukile uue lennuasendi. Pärast masina suundumist uuele kursile jätkab lennuk lendu uues suunas.

Automaatpiloot on eriti vajalik kestuslendudel. Kui masin lendab muutmata kursil, siis lülitab lendur sisse automaatse juhtimise, ise aga sel ajal puhkab või teostab navigatsioonilisi arvutusi.

Automaatpiloodile antakse lennuki juhtimine üle nähtavuse täieliku puudumise puhul — lennul pilvedes, tihedas udus või öösel, ja ta täidab selle ülesande eduga. Automaatpiloot on väsimust mittetundev lenduri abiline.

Raadio teel juhitud lennukis täidab ühe osa lenduri kohustustest automaatpiloot, teise osa — raadiojuhtimis-signaale vastuvõttev seade.

Raadiojuhtimisseade on määratud lennuasendi muutmiseks. Tavalises lennukis teeb seda lendur, pöörates automaatpiloodi kilbile paigutatud nuppe või muudab juhtpidemete asendeid. Raadio teel juhitud lennukis võib samasugust lennujuhtimise mehhanismide mõjustamist sooritada raadio teel, vajutades vastavatele nuppudele raadiojaama puldil ja lähetades raadiosignaale. Need signaalid püüab lennuki antenn kinni ja nad satuvad raadiovastuvõtjasse. Nad lülitavad sisse releesid ja suunavad lendu juhtivat automaatpilooti.

Raadio teel juhitud lennukite esimeste katsetamiste puhul suhtuti neisse umbusuga. Niisuguse lennuki rooli taha istus lendur, kes igal hetkel oli valmis võtma masina juhtimist endale. Seda tehti ettevaatuse pärast. Raadiojuhtimise täiustamine viis selleni, et piloodil polnud vaia viibida masinas, vaid ta võis seda juhtida maa pealt. Nii hakkasid lennukid lendama ilma lenduriteta.

Juhtiv raadiojaam võib olla püstitatud igale poole: maa peale, laevale või teisele lennukile. Jälgides raadio teel juhitavat masinat, surub juhtija-operaator ühele või teisele juhtimispuhli nupule ja lähetab käsklusraadiopulsse, millised saavad lennukisse ja lülitavad seal vajalikke mehhanisme.

Lendurita lennuki juhtija-operaator surub raadiojaama puldil mootori tegevust juhtivale nupule ja «annab gaasi». Liikumatuks seisnud masin nihkub paigalt ja arendab ruttu kiirust. Juhtija surub teist nuppu. Lennuki saba kisub end maast lahti ja masin, võtnud horisontaalse asendi, jätkab hoovõttu. Juhtija surub kolmandale nupule. Masina nina tõuseb üle horisondi — lennuk lahku maapinnalt. Nüüd antakse juhtimine üle automaatspilotile.

Kui on vaja, saadab juhtija raadiosignaale, mis mõjutavad kõrgustööri ja masin kerkib kuulekalt üles või laskub.

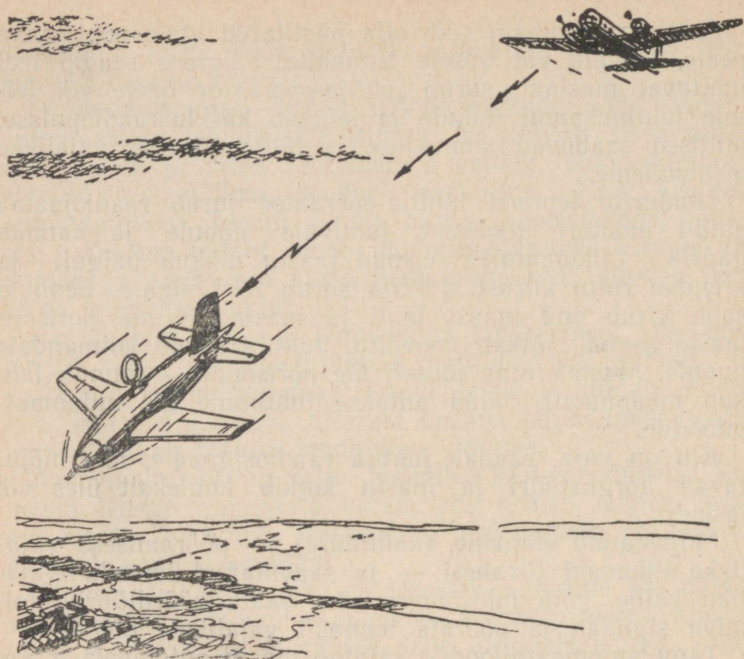
Mõjustanud eleroone (kalduure) — pööramiseks vajalikke liikuvaid tiivakesi — ja saavutanud lennuki vajaliku kalde, võib juhtija-operaator saata pöördtüürile toimiva signaali ja pöörata lennukit vajaliku poole.

Tänu automaatspilotile säilitab masin automaatselt iga määratud lennuasendi kuni järgmise käskluseni, mis võib muuta kõrgust või suunda. Kui lend on lõppenud, lähetab juhtija käskluse vähendada mootori pöörete arvu ja annab seejärel signaali maandumiseks.

Vahel jaotatakse raadiolennuki juhtimine kaheks iseisvaks osaks. Lendu juhib näiteks lendur teiselt lennukilt, väljalendu ja maandumist aga — maapeal viibiv operaator. Sageli teostatakse väljalend erilise katapuldi abil.

Raadio teel juhitavad lennukid tõusevad väga suurtesse kõrgustesse ja saavad lennata mitmete tundide kestel. Niisugused lennukid on juba teostanud mitmete sadade kilomeetrite pikkusi lende. Nad on juhtimisele nii kuulekad, et teostavad kõige mitmekesisemaid liikumisi, pikeerivad ja sooritavad vigurlende kõrgeima lennukunsti tasemel. Lennuk võib eemalduda juhtivast raadiojaamast saja ja isegi enam kilomeetri kaugusele, ei kaota aga temaga sidet ja täidab täpselt kõik tema käsklused.

Lennukite juhtimine raadio teel on leidnud kasutamist sõjalennuväes.



Raadio teel juhitud pommi eemaldub lennukist ja lendab objektile raadiosignaalide korralduse kohaselt.

Mõnel juhul on raadio teel juhitud lennuk asendamatu. Teda võib lähetada näiteks niisugusele operatsioonile, mis paratamatult põhjustab masina hukkumise.

Samuti nagu raadio teel juhitud laevu, kasutatakse ka raadio teel juhitud lennukeid märklaudadena.

Teineteise järel lahkuvad maapinnalt kaks lennukit ja tõusevad järsult üles. Ühel neist viibib peale lenduri veel juhtija-operaator, teine lennuk lendab aga ilma lendurita. Saavutanud vajaliku kõrguse, juhib lendur oma masina kõrvale. Ta ei lahku raadio teel juhitud lennukist ning lendab sellest teataval kaugusel, asetudes nii, et oleks hõlbus jälgida selle manöövreid ja juhtida tema lendu.

Juhtija-operaator teatab maa peale, et võib alata tulistamist ja mõne sekundi pärast alustavad õhutõrje-suurtükiväelased õppetulistamist lendurita masina pihta. Raadio teel juhitud lennuk sooritab kõikvõimalikke pöördeid. Ta kord laskub, kord lendab järsult üles, jäljendades

lahinguolukorda. Näib nagu istuks selle masina rooli taga vilunud lendur. Lennuki manöövrid on erilise paindlikkusega ja teda pole kerge võita. Kui aga lennuk siiski alla tulistatakse, heidab ta automaatselt välja suure langevarju ja maandub.

Lennukeid-märklaudu kasutatakse ka lendurite harjutamiseks õhulahingute pidamises.

Raadio teel juhitava lennuki võib lähetada luurele maastiku pildistamiseks või vastase õhukaitsesüsteemi väljaselgitamiseks. Alludes raadiosignaalidele võib ta tulistada ja heita pomme ning torpeedosid, mõnel juhul kasutatakse aga teda ennast pommina.

Teises maailmasõjas laaditi niisugused masinad lõhkeainet täis ja nad kuulusid nende lennukite juurde, mis liikusid lendurite juhtimisel. Kahest masinast moodustus üks tervik — paarilennuk. Kui oli vaja, eemaldus raadioga juhitud lennuk pealennukist ja, alludes raadiojuhtimise signaalidele, suundus rünnatavale objektile.

Lennukite raadio teel juhtimise tehnika arengus peab etendama suurt osa kaugnägemine.

Raadio teel juhitava lennuki võib varustada kahe kaugnägemisseadmega. Üks neist kannab üle lennuki mõõteriistade näitusid, teine — kõike seda, mida võib näha lennuki ees ja all.

Juhtimispunktis peab asetsema kaks televiisorit. Neist ühe ekraanilt näeb juhtija-operaator lennuki mõõteriistade kilbi kujutist, teise ekraanilt — lennuki all laiuva maakoha kujutist.

Jälgides kujutisi võib operaator palju täpsemalt juhtida lennukit ja suudab teda suunata tunduvalt suuremale kaugusele. Nii laiendab kaugnägemine raadio teel juhivate lennukite võimalusi, võimaldades lähetada neid väga vastutusrikaste ja keerukate ülesannete täitmisele.

### **Raadiotelemehaanika rahuaegne kasutamine**

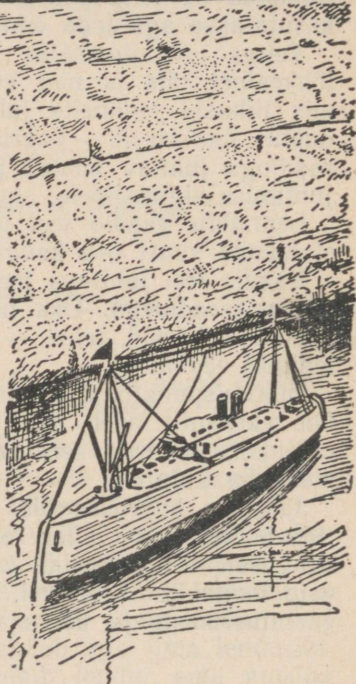
Raadiotelemehaanika on kütkestav loominguala meie noortele raadioamatööridele, noortele tehnikutele ja mudelivalmistajatele. Paljud raadioamatöörid ja noored tehnikud on võimelised konstrueerima ühe või teise raadiotelemehaanilise seadise lihtsama masina või mudeli juhtimiseks.



Mudelite valmistamist har-  
rastavad nõukogude õpilased  
teostasid juba enne Suurt Isa-  
maasõda katseid oma raadio  
teel juhitud mudelitega. Nii  
ehitas üks Taganrogi õpi-  
lane 1936. aastal raadio teel  
juhitava auriku mudeli. Lihtsa  
raadiosaatja abil saatis ta  
leppelisi raadiosignaale ja  
ujuv mudel täitis kuulekalt  
tema käsklusi.

1948. aasta augustis de-  
monstreeriti üleliidulisel len-  
nukimudelite võistlusel kahte  
raadio teel juhitud lennuki-  
mudelit. Mudelitele oli paigu-  
tatud väikesed raadiovastu-  
võtjad, mis releede abil mõju-  
tasid tüüre ja juhtisid lendu.  
Miniatuursed lennukid tõusid  
õhku ja täitsid täpselt kõik  
maa pealt raadio teel antud  
käsklused. Käskluse koha-  
selt arendasid nad kõrgust,  
teostasid pöördeid, peatasid  
oma mootorid ja maandusid.

Mudelid kutsusid esile üldise tähelepanu. Neist ühe  
konstruktooreile määrati kuulsa vene lenduri P. N. Neste-



Nõukogude õpilase poolt 1936.  
aastal Taganrogis ehitatud  
raadio abil juhitud auriku  
mudel.

rovi nimeline auhind, teise mudeli konstruktorid said aga raadio leiutaja A. S. Popovi nimelise auhinna.

Raadiotelemehaanikal on niisugused võimalused, mis tagavad talle laialdase kasutamise rahuaegses elus. Aja jooksul haarab ta paljusid teaduse- ja tehnika-alasid ning kiirendab nende arengut.

Eriti palju uut toob raadiotelemehaanika lennuasjandusse. Tulevikus hakatakse kasutama ülikiireid raadio teel juhitavaid reaktiivlennukeid. Nad hakkavad teostama korrapäraseid reise, paisates posti ja teisi koormaid riigi ühest äärest teise. Automaatset õhulaevastikku hakatakse laialdaselt kasutama kauglennuühenduste tehnikas.

Täiesti ebatavalist kasutamist võivad leida raadioga juhitud reaktiivsed mürsud. Neid võib lasta üles määratusse kõrgusse stratosfääri ja kosmiliste kiirte uurimiseks ning isegi maapinna pildistamiseks. Lõhkeainete ruumi mürsus võtavad enda alla mõõteriistad. Et raketi tagasi langedes on väga raske säilitada seda lendavat laboratooriumi tervena, siis võidakse riistade näidud kanda lennu kestel raadio teel automaatselt maapinnale. Kasutades kaugnägemist võib samasugusel viisil kanda üle ka suurelt kõrguselt ülesvõetud maapinna ülesvõtet.

Raadiotelemehaanika peab tulevikus etendama juhtivat osa planeetidevaheliste lendude korraldamisel. Võib julgesti öelda, et enne seda kui inimene lendab Maa piiridest välja, saadetakse maailmaruumi luurele raadio teel juhitavaid rakette. Need toovad meile esimesi teateid senitundmatutest kosmilistest avarustest ja «rajavad» tee teistele planeetidele.

\*

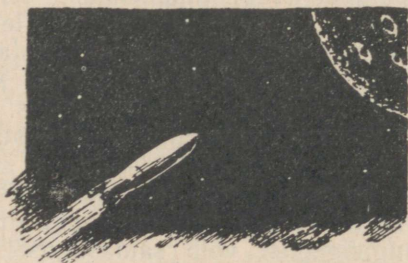
Tänapäeva raadiotehnika üllatab enda saavutuste mitmekesisusega. Sellele aga, mis meil on juba praegu ja mida võime kasutada enda elus, järgneb kahtlemata uus avastuste ahel, mis veel rohkem laiendab raadio kasutamise ala ja suurendab tema tähtsust.

Aleksandr Stepanovič Popovi hiljuti surnud sõber ja abiline P. N. Rõbkin ütles raadio viiekümnenda aasta-päeva puhul:

«See leiutis on meile kallis mitte ainult seetõttu, et ta nüüd on tõusnud meie ette täies hiilguses, et ta on tunginud sügavale meie ellu ja meie tehnikasse, ta on meile

kallis veel ka selle poolest, et raadio seni pole öelnud veel oma viimast sõna. Raadio tulevik on alles ees.»

Raadio looja väärivad järglased — nõukogude teadlased — on andnud hindamatu panuse raadiotehnika arengusse, rikastades seda suurimate avastuste ja leiutistega. Nad ei katkesta oma uurimusi, püüdes kõige täielikumalt ära kasutada selle tehnika-ala võimalusi meie Kodumaa teenimiseks ja rahva hüvanguks.



## SISUKORD

<b>Esimene peatükk. Raadiolainete sünd ja elu</b>	<b>3</b>
Raadio on sündinud Venemaal	3
Esimesed raadiosignaaliid	4
Praktiline eksam	9
Lained meie ümber	13
Vaadake pendlile	16
Elektrivõnked	20
Elektronlamp	24
Lampgeneraator — raadiojaama süda	27
Raadiolainete vabrik	30
Valguse kiirusega kõigis suundades	32
Raadiovastuvõtja lävel	36
Kuidas valitakse raadiolaineid	36
Elektrivõnked tekitavad heli	38
<b>Teine peatükk. Side ja levi teenistuses</b>	<b>41</b>
Raadio teenib revolutsiooni	41
Suure juhi juhtimisel	44
Tõe ja rahu häääl	45
Raadioaadet kantakse üle juhtmeid kaudu	48
Sõjaõhutajate käsutuses	50
Kaugusi võites	52
Raadioside lahingu tingimustes	57
Suure Isamaasõja aastail	60
Kõrgsagedus leidis uue rakenduse	62
Raadioentusiastid	64
<b>Kolmas peatükk. Raadionavigatsioon</b>	<b>69</b>
Õige aja signaalid	69
Raadionavigatsiooni sünd	70
Mis suunas on raadiojaam	71
Mitte ainult suund, vaid ka asukoht	73
Raadiopellimise sõjaline kasutamine	74
Nähtamatu teejuht	75
Taeva avarustes	77
Teed juhatavad raadiosignaaliid	80
Lend raadiopoolkompassi abil	82
Raadiokompass	84
<b>Neljas peatükk. Teel suurele leiutisele</b>	<b>87</b>
Uus sõjatehnika vahend	87
Katse Kroonlinna sadamas	88
Lühilainete mõistatus	89
Raadiokaja stratosfäärist	91
Uued lained — uus tehnika	93
Elektronid hilinevad	96
Magnetrongeneraator	97
Teine ülikiirete võngete allikas	100

<b>Viies peatükk. Mis on raadiolokatsioon</b>	<b>104</b>
Raadiolokatsiooni aluseks on raadiokaja	104
Raadiopulsside sünd	105
Raadiolasud lendavad ruumi	106
Kuhu osutab raadiolokaatori kiir	107
Raadioprožektor avastab objekti	108
Pegeldunud raadiolainete vastuvõtt	110
Elektronkiiretoru	111
Raadiopulsside jäljed ekraanil	112
Raadiolokaatori kaugnägelikkus	114
Raadiolokatsioon ja . . . nahkhiired	115
<b>Kuues peatükk. Raadiolokatsiooni sõjaline kasutamine</b>	<b>119</b>
Nähtamatu valve	119
Hävitajate suunamine raadio abil	122
Ähvardav relv	124
Oma või vaenlane	126
Laev on avastatud	128
Jaht veelustele meriröövlitele	131
Raadiosütik	132
Raadiolokatsioon maismaalahingus	135
Nähtamatu teejuht	137
Panoraam-raadiolokaator	138
«Ka päikesel on plekid»	141
Raadiolokaator kaotab nägemise	143
Sõda eetris	145
<b>Seitsmes peatükk. Raadiolokatsioon rahuaegses elus</b>	<b>147</b>
Nõukogude raadiokaugusemõõtjad	147
Maismaal ja merel	151
Kaugnavigatsiooni teenistuses	154
Laev sõidab sadamasse	157
Lendurite truu sõber	159
Millisel kõrgusel	162
Maandumisteele siirdudes	165
Raadiolokatsioon ja meteoroloogia	168
Meteoore jälitamas	171
Väljaspool Maa piire	174
<b>Kahesksas peatükk. Ultralühilained ja nende tulevik</b>	<b>178</b>
Uued lained — uued võimalused	178
Raadiovastuvõtu nuhtlus	182
Võitlus raadiohäiretega	186
Uus raadioside viis	189
Piki raadiojaamade ahelikku	192
<b>Üheksas peatükk. Kaugnägemine</b>	<b>195</b>
Raadio omandas nägemise	195
«Elektriline silm»	196
Kaugnägemisülekanne	198
Kujutis tekib uuesti	199
Elektronkaugnägemine	199
Must-valgest värvilise kujutiseni	204

Põhiline raskus kaugnägemises . . . . .	206
Mida võimaldab kaugnägemine . . . . .	209
Nõukogude kaugnägemine on parim maailmas . . . . .	210
<b>K ü m n e s p e a t ü k k. Raadiotelemehaanika . . . . .</b>	<b>214</b>
Mehhanismide kaugelt juhtimine . . . . .	214
Kaugjuhtimine raadio teel . . . . .	220
Raadiosignaalidele alluv laev . . . . .	222
Raadio asendab pilooti . . . . .	225
Raadiotelemehaanika rahuaegne kasutamine . . . . .	231

LUGEJALE

*Populaarteadusliku kirjanduse toimetuse palub hinnangud ja arvamusel teose kohta, samuti teoses kasutatud terminoloogia kohta saata aadressil:*

TALLINN,

Pärnu mnt. 10.

Eesti Riikliku Kirjastuse  
populaarteadusliku kirjanduse toimetuse.

Toimetaja H. Rehema  
Kaane kujundus R. Tungla  
Tehniline toimetaja E. Plaks  
Korrektorid: R. Eliste ja A. Kiho

Ladumisele antud 27. VIII 1952.  
Trükkimisele antud 24. XI 1952.  
Paber 54×84 sm, 1/16. Trükiarv  
8000. Trükipoognaid 15. Formaa-  
dile 60×92 kohaldatud trükipoog-  
naid 12,30. Arvutuspoognaid 13,46.  
Tellimise nr. 5422. MB-20507.

Trükikoda „Kommunist“,  
Tallinn, Pikk tn. 2.

На эстонском языке.

Hind rbl. 5.05.

Rbl. 5.05

A-19480  
II

TÜ RAAMATUKOGU  
  
1 0300 00380773 4