AE 16558

POPULAARTEADUSLIK SARI

F. VEITKOV

ELEKTRI EDUKÄIK



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS"

Sundeksemplar

F. VEITKOV

ELEKTRI EDUKÄIK

3791

RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1948

Tõlgitud teose järgi: Федор Вейтков, Летопись электричества, издание второе, исправленное, Госэнергоиздат, Москва/Ленинград 1946.

Tõlkinud K. Lauer.



15434
A-16558

Teadus tunneb oma arenemises paljugi mehiseid inimesi, kes oskasid purustada vana ja luua uut, hoolimata kõigist takistusist, kõige kiuste.

STALIN.

(Kõrgema kooli töötajate vastuvõtul Kremlis 17. mail 1938 peetud kõnest.)

1. peatükk.

Kunagi hommikul.

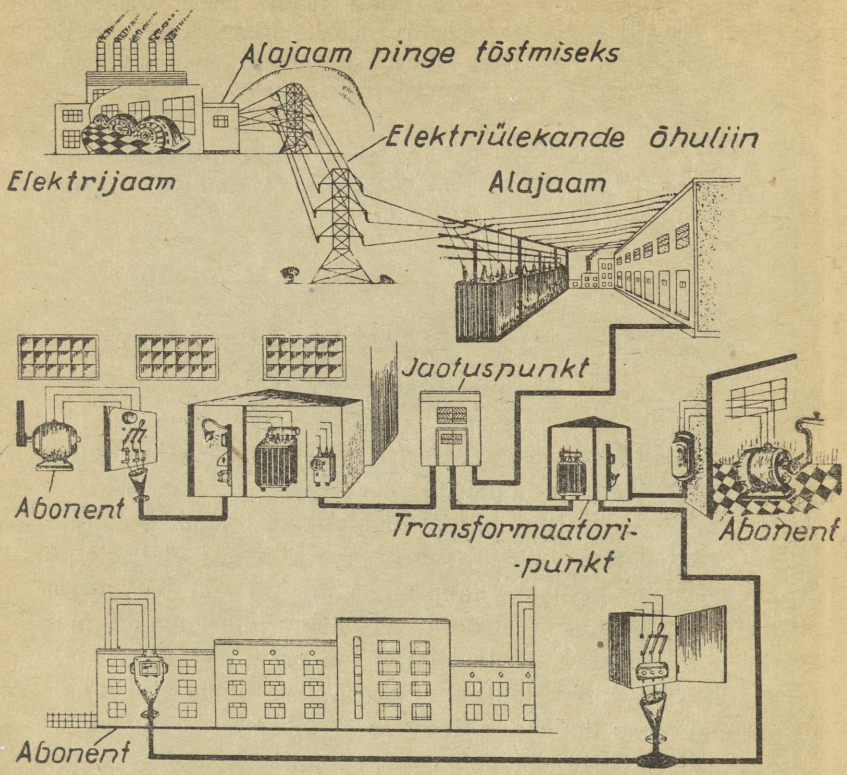
Olen elektri-insener. Enne Isamaasõda töötasin mõned aastad elektrienergia jaotamise alal.

Hiiglalinn — mitme miljoni elanikuga, tuhandete elamutega, suure hulga valitsusasutuste, vabrikute ja tehastega, rohkearvuliste koolide, kaupluste, haiglate ja teatritega, trolleibuste, trammi, metroo ja kinodega, muuseumide, näituste ja puiestikega — tarvitab väga palju elektrienergiat.

Ainult ühe tunni jooksul tarvitatakse meie kodumaa kõige suuremas linnas — Moskvas — niisama palju elektrienergiat, kui palju võivad anda 975 miljonit elektri-taskulambipatareid! Niisugust kuulmata suurt patareide arvu on raske mahutada isegi 66-le raudteerongile, millest igaüks koosneb 50-st kaubavagunist. Kui kõik need patareid asetada ühte ritta, ulatuks see ekvaatorit mööda kaks ja pool korda ümber maakera.

Ja kogu see energia kulutatakse ainult ühe tunni jooksul. Aga ööpäeva jooksul? Kakskümmend neli korda rohkem!

Tegelikult muidugi ei anna meile elektrienergiat patareid, vaid võimsad elektrimasinad. Need toodavad elektrienergiat lihtsamalt ja odavamalt imetlusväärseis «elektrivabrikuis» — elektrijaamades.



Joon. 1. Tarbijate elektrivooluga varustamise skeem. Elektrienergia saabub elektrijaamast abonendini transformaator-alajaamade, õhuliinide ja maa-aluste liinide (kaablite) kaudu.

Paljud arvatavasti teavad, et elektrivool saabub tarbijateni traatide kaudu. Kuid linnas, tänaval ei ole neid näha. Siin on elektrijuhtmed asetatud maa alla. Maa-aluseid elektrijuhtmeid nimetatakse kaableiks.

Kui tänav lahti kaevata, näeme seal mitmesuguses suunas paigutatud kaablite võrku. Nendes voolab elekter, nagu vesi mööda torusid.

Varem täitsin elektrivõrgu valveinseneri kohustusi. Minu ülesandeks oli valvata selle järele, et elektrivool saabuks tarbijateni katkematult päeval ja ööl, talvel ja suvel, igasuguse ilmaga.

Minu töökohta ja minu ametlike telefonide numbreid teadsid kõik vabrikute ja tehaste energeetikud, majavalitsejad, trammipargid, koolid, klubid, trükikojad, leivatehased — kõik, kes kasutavad elektrit. Minule helistatakse, kui elektrivalgus ootamatult kustub, kui jäävad seisma masinad ja elektrirongid.

Valve ajal jälgisin teraselt mõõteriistu, mille väikesed mustad osutid näitavad, kas, kui palju nimelt ja millisena jõuab elekter tarbijateni.

Juhtub mõnikord, et osuti pisimagi võnke puhul muutun rahutuks ja võtan tarvitusele kiired abinõud, et vältida katkemisohtu tarbijate elektrienergiaga varustamises või takistada voolu omaduste halvenemist.

Avarii korral saadan viivitamatult kohale elektrimontööride brigaadi. Paljud arvatavasti on vahel näinud tänaval kihutamas väikest kinnist veoautot pealdisega «Tehniline kiirabi». Selles sõidavad alati vilunud inimesed vajalike tööriistade ja materjalidega kiireks rikete leidmiseks ja kõrvaldamiseks.

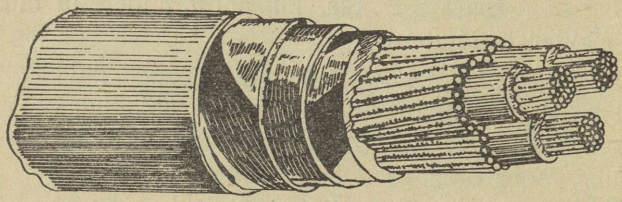
Valvel olles mõtlesin vahel vabadel minutitel, eriti öösel, sellest, missugust imetaolist jõudu kujutab endast elekter. Sagedasti imetlesin, kui osavasti inimene on ohjeldanud selle puhuti vaenulise ning hirmsa loodusjõu, muutes ta oma ustavaks sõbraks ja kuulekaks teenriks ning asendamatuks abiliseks töös ja igapäevases elus...

Ja kord hommikul... vaatasin kella. Oli mõni minut kaheksal. Tahtsin süüa ja magada.

«Varsti,» mõtlesin ma, «sirutuvad miljonid käed kontaktide, lülitite ja kahvlite juurde ning lülitavad voolu sisse. Hakkavad keema elektriteekannud. Elektripliitidel lööb pruuniks

munapuder ja säriseb praevorst. Elekter toidab ning joodab inimesi ja veab neid tööle. Elekter paneb tiirlema masinad, peseb pesu, annab üle telegramme, sulatab terast ja alumiiniumi, peksab vilja ja puhastab kariloomi, arstib inimesi, lööb võid, sõtkub ning küpsetab pruune maitsvaid leivakesi, kooke ja küpsiseid . . .»

Ei tea kui kaua ma veel nii oleksin mõtisklenud, kui ma poleks äkki märganud, et mõõteriistade osutid tegid järsu võnke vasakule ja jäid liikumatult peatuma jaotusel «null». Null, see on — ei midagi. Tähendab, voolu ei ole. Midagi on juhtunud.



Joon. 2. Kaabel, osaliselt isolatsioonist vabastatud.

Telefon helises.

«Kas valveinsener?»

«Jah,» vastasin ma halba aimates.

«Räägib trammi dispetšer. Trammide liiklemine linnas katkes. Kunas te annate voolu?»

Kõne katkestati uue järsu kellaga.

«Räägib linna korrapidaja,» möirgas kellegi katkendlik hääl. «Tänavail on ummikud. Kogu liiklus on pidurdatud. Liiklemise valgussignaalid on ilma vooluta. Linna kellad jäid seisma. Kas te varsti lülitate voolu sisse?»

«Kas elektrivõrgu korrapidaja?» segas end uus hääl meie kõnelusse. «Kõneleb ringhäälingu dispetšer. Raadiojaama töö jäi seisma. Teie katkestasite raadioülekande.»

«Andke ruttu voolu!» nõudsid kõik.

Ma ei teadnud veel avarii põhjust, kuid mõistsin nende esimeste telefoniteadete põhjal, et on tekkinud vägagi tõsine olukord. Trammid seisavad, tänavliiklemise signaaltuled on kustunud, raadio on jäänud vait — tähendab, puudub vool kogu hiiglalinnas. Niisuguseid avariisid, nagu mäletan, ei ole veel olnud. Minu peas välgatas palavikuliselt mitmesuguseid kavatsusi ja plaane avarii likvideerimiseks.

«Mul on seitse avarii-valvebrigaadi. Kui saata neli brigaadi linna eri rajoonidesse, siis ... Ei, ei! Kõik räägib selle poolt, et avarii on juhtunud kogu energiasüsteemis. Minu brigaadide väljasaatmine on kasutu. Pean ootama energiasüsteemi keskdispetšeripunkti dispetšeri juhendeid.»

Hetke pärast helistati mulle elektrimetallurgia-tehasest: «Valu on katkestatud! Metalli temperatuur langeb. Mis te teete meie tehasega? Me paneme teid maksma riigile kümneid tuhandeid rublasid tekitatud kahju eest!»

Tundsin, kuis kattun külma higiga, kui haigla direktor mulle teatas, et kirurgiaosakonnas on vool katkenud keerulise silmaoperatsiooni momendil ... Valgus kustus. Kirurgi elektrinuga muutus tõmbiks traadikeseks. Linna veevärgi korrapidaja teatas, et elektripumbad lakkasid töötamast ja linn jääb veeta ...

Suure pingutusega sundisin end rahulikuks. Ootasin kannatamatult meie energiasüsteemi valvedispetšeri juhendeid, sest tema käsutuses on kõik linna ja oblasti elektrijaamad ja ainult tema võib anda korraldusi nende töö kooskõlastamisel. Kuid keskdispetšeripunktist ei helistatud mulle ikka veel.

Otsustasin ise helistada keskdispetšerile ja vajutasin väljakutsekella võtmele.

«Räägib võrgu korrapidaja. Minu juures on kõik nullil. Mis on juhtunud?»

«Üks välismaine lennuk, kes teostas rekordlendu, oli sunnitud hädamaanduma, takerdus elektriülekande põhjaliini-

desse ja purustas kõik juhtmed. Sellest tekkinud lühiühenduse tagajärjel katkes liinides elektriülekanne ja koostöö jaamadega katkes. Suurem osa generaatoreid lülitus välja. Kogu süsteem on nullil . . .»

«Selge, selge!» hüüdsin ma. «Kunas te lülitate sisse jaama masinad?»

«Varsti. Kellele esijoones anda voolu?»

«Andke ida-alajaamale — keemiatehaste, metroo, trolleibuste ja trammi jaoks, mina teen siin ümberlülitused kaablivõrgus, et anda voolu teistele tähtsamatele abonentidele.»

«Just nii!» vastas dispetšer. «Viie minuti pärast annan voolu!»

Helistasin ida-alajaama valvetehnikule.

«Annan teile voolu lõunaringist. Niipea kui saate, lülitage kohe sisse kaablid, mis toidavad linna valgussignaale, elektertransporti ja keemiatehaseid. Selge?»

«Selge! Saab tehtud!»

Vaatasin kella. Oli juba üsna hilja, kuid mind vahetav insener oli ikka veel tulemata.

Jälgisin pinevalt mõõteriistu, oodates hetke, millal ükski neist ometi elustuks. Oodates tundusid minutid tundidena.

Lähenesin signaalsireenile, mis pidi oma helinaga teatama, kui vool on tarbijatele antud. Mitte kunagi veel ei ole ma nii igatsenud kuulda selle veidi teravat, sügavat tooni.

Siis äkki võngatas mõõteriista osuti ja seejärel huilgas sireen mõned korrad. Hingasin kergendatult. Ida-alajaam sai voolu! Valvetehnik, täites minu korraldust, andis voolu linna tähtsamaile abonentidele.

Mõõteriistade osutid liikusid kõrvalekaldumatult paremale. Rõõmsalt jälgisin ma, kuidas minu juhtimispuldil üksteise järel süttisid signaaltuled. Uuesti ilmuv elekter andis linnale tagasi tema pingsa tegevuse rütmi. Nüüd helises telefon palju harvemini.

«Hea seegi,» mõtlesin ma, «et telefonijaama ainult osaliselt toidetakse meie vooluga. Vastasel korral oleks meil katkenud igasugune side ja ma oleksin olnud täielises teadmatuses.»

Varsti tormas vahetusinsener hingeldades ja ilmselt erutatuna minu kabinetti.

«Mis teil siin toimub?» küsis ta närviliselt.

«Toimus!» parandasin mina. «Oli suur segadus. Kogu süsteemi avarii. Kõik oli vooluta!»

Nagu alati, andsin ma vahetuse hoolikalt üle voolu puudumise tõttu hilinenud insenerile. Pärast seda istusin mõned minutid vaikselt, püüdes meelde tuletada, kas ma ei jätnud oma asendajale midagi teatamata. Siis asusin mõttes tänast juhtumit hindama. Nende mõtetega lahkusin valveruumist, tulin koju ja heitsin magama. Kuid vastu harjumust ei tulnud mulle seekord und ja ma jätkasin mõtisklemist:

«Ootamatu, lühiajaline voolu katkemine põhjustas kogu linna normaalses elus tõsise häire. Kuid siin ei ole midagi imestada. Elekter saadab nüüd mitmesugusel kujul inimest kogu tema elus. Kuid eks varem olnud aeg, kus polnud olemas isegi sõna «elekter».

Tuhanded aastad olid vajalikud selleks, et inimesed õpiksid elektri suurt jõudu tundma, tootma ja kasutama... Kui palju tähelepanuväärseid inimesi on pühendanud oma elu looduse ühe sügavaima saladuse — elektrinähtuste uurimisele!...»

Hakkasin meenutama kõike, mida teadsin elektri avastajate tööst ja elust, nende surematuist avastustest ja leiutustest.

Kõigepealt kandusin ma mõttes kaks ja pool tuhat aastat tagasi päikesepaistelisse Kreekasse.

Öö katte all.

Palju aastaid tagasi seisis Vahemere idakaldal kuulus Mileetose linn. Sajandite jooksul oli ta Gibraltarist kuni Induseni tuntud oma õitsva kaubanduse poolest. Kuid Mileetose kaubanduslik vägevus hakkas kustuma sellest ajast, kui ta muutus poliitiliselt sõltuvaks oma naabrist — vägevast Pärsia riigist. Teadus, filosoofia ja kunst aga õitsesid Mileetoses veel kaua aega.

Tema mõttetargad olid kuulsad kogu antiikmaailmas. Rahvas armastas oma mõttetarku mitte ainult nende õpetuse kõrguse pärast, vaid ka selle pärast, et nad kutsusid kreeklasi ülestõusule ja Pärsia ikke maharaputamisele.

Sajad Pärsia salakuulajad nuuskisid linna mööda, otsisid peidetud relvi ja püüdsid kuulata rahva kõnelusi turgudel ja väljakutel. Hirmsad piinad, surm ja vangistus maa-alustes urgastes ootasid Pärsia ikke vastaseid.

Eriti teravalt pidasid salakuulajad silmas kuulsa Mileetose linna mõttetarku. Ja ainult salaja — öö katte all — kogunesid õpetlased, et vestelda suure kreeka filosoofi Thales'ega.

* *
*

Ettevaatlikult hiilis keegi palja jalu kuulmatult loorberite, plataanide ja küpresside vahel. Ühes käes hoidis ta jalast võetud sõdurisandaale, teises — rulli.

Igal pool vilkus tulesid: need olid sõjaväelise valve signaallõkked mäeveergudel. Taeva sinisel sametil siras lugematu hulk tähti.

Valvekoer haistis öist rändurit. Koer urises juba kurjalt ja oli iga silmapilk valmis valjusti haukuma hakkama. Hii-

lija viskas temale tüki leiba. Alguses nuusutas koer seda umbusklikult, aga asus siis ahnelt sööma.

Viimaks lõppes hirmuküllane rännak. Ikka selgemalt ja selgemalt kõlasid lüüra helid. Hakkas kostma tuttav leppelaul. Kõik oli rahulik.

Hiline rändur astus Thalese majja.

Siin oli juba palju rahvast. Peale õpetlase enda istusid laua ääres tuntud kreeka filosoofid Anaximenes ja Anaxi-



Joon. 3.

mandros, Thalese sõbrad, õpilased ja omaksed. Kõik nad olid pidurõivais.

«Arctinus, mu kallis sõber,» ütles Thales, «meie olime sinu pärast mures. Luuletajad on ju väga hajameelsed, kuid peaasi — nad ei ole nagu spartalased karastatud praeguse aja karmiks eluks.»

«Õpetaja,» ütles Arctinus, «teie teate, et oskan mitte ainult värsse luua, vaid ka mõõka käsitseda!»

«Kas täitsid mu palve, Arctinus? Tõid sa ...»

«Võtke see,» katkestas Arctinus rõõmsalt oma õpetajat ja ulatas talle kaasatoodud rulli.

Thales vaatas mõtlikult hinnalist kingitust. Nüüd võib ta enda poole kogunenud sõpradele näidata huvitavat katset. Thales siirdus maja siseruumidesse, et ette valmistada kõike vajalikku.

Kohalejääjad jätkasid vestlust, mille luuletaja tulek oli katkestanud.

«Arvan,» ütles üks Arctinusele tundmatu kaasvestleja, «et kõigi alguste algus on tuli. Tule kuumus sulatab ja tuhastab kõik. Tuli — see on soojus ja valgus! Tuli — see on suur päike. Tuli on kõige maa peal oleva alus! Vägevalt ja ähvardavalt langeb maa peale taevatuli välgu näol... Kõik elav tardub hirmust välgu ees, igaüks meist...»

«Jah, see on nii,» vastas teine kreeklane. «Ega siis Zeus juhuslikult pole meie kõige austatavam jumal. Zeus on piksejumal ja pilvedekihutaja, välgu ja müristamise valitseja. Mis on maailmas hirmsamat kui müristamine ja välk?»

«Mu sõbrad!» ütles Thales tagasi tulles. «Ma kuulsin teie kõnelusi. Te eksite. Kõige oleva alguseks ja ürgjõuks ei ole maa peal sugugi mitte tuli. On olemas jõud, mis tekitab tule...»

«Mis see on?» küsisid Thalese õpilased kooris.

«See on vesi!... Mis kustutab tule? Vesi! Mis annab kõigele maapealsele elu? Vesi! Mis annab põldudele viljakuse? Vesi! Kuidas ütleme meie kreeklased üksteisega hüvasti jättes? «Head teed ja värsket vett!» Igas meie toidus on vett. Niilus sünnitas Egiptuse. Vesi on igavene ja muutumatu! Kõikide asjade algus on — vesi! Kõik tekib veest ja kõik muutub jälle veeks. Vesi mitte ainult ei kustuta tuld, vaid ka tekitab tule. Seda te veel ei teadnud? Vaadake siis siia...»

Thales võttis kotikesest väikese kollase kivi ning tükikese parimat Mileetose villa ja hakkas sellega kivi hõõruma. Kõik jälgisid pinevalt ja hinge kinni pidades Thalese

toimingut. Vaikuses oli selgesti kuulda nõrka praksumist, nagu oleks keegi siin läheduses astunud ettevaatlikult kuivi oksi mööda.

«Katke valgusti kinni!» ütles Thales. «Kas te märkate nüüd väikesi sinakaid sädemekesi?»

«Jah!» ütlesid kõik katse jälgijad.

«Nüüd asetage valgusti lähemale ja vaadake kivi.»

Thales lähendas ettevaatlikult kivi laual asetsevate pisiesemete hunnikule. Seal oli laaste, linaseid niidikesi, juuksekarvu, õlekõrrekesi ja sulgi. Kõik nägid selgesti, kuidas need pisiesemed kargasid juba poole kämbla kauguselt Thalese käes oleva kivi külge. Mõneks ajaks jäi kivi tihedalt nendega kaetuks. Siis hakkas algul raskemaid, seejärel ka kergemaid esemeid kivi küljest ära langema.

Thales hõõrus kivi uuesti villaga. Ja imelik nähtus kordus jällegi. Kuid seejuures ei karanud mõned kübemekesed laualt mitte kivi külge, nagu varem, vaid kõrvale. See üllatas Thalese õpilasi veel enam. Nüüd kargas ikka rohkem ja rohkem kübemekesi kõrvale, kui kivi neile lähendati.

«Mu sõbrad,» ütles Thales, «selle kivi nimi on — elektron. Oma ammustel rännakuaegadel nägin ma foiniikia kaupmeeste juures väikest tükki niisugust kivi. Foiniiklased ütlesid mulle, et see kivi tekib vees. Seda saadakse kuskilt põhjapoolsetest meredest. Tähendab, tuli — te ju nägite sädemekesi? — tekib veest.»

«Vesi on tule ema!» — see Thalese kummaline järeldus hämmastas kõiki. Kuid imepärane katse tekitada villatükiga hõõrumisel elektroninimelises kivis külgetõmbetungi polnud vähem hämmastav...

«On olemas ka teine külgetõmbetungi allikas...» jätkas Thales.

Ta asetas hoolikalt lauale tüki magnetmaaki, mis sarnanes musta paatunud mullaga; seejärel raputas ta sinna lähedale näputäie rauapuru. Rauapurutükikesed kerkisid nagu

valvsaks muutudes. Kui Thales magneti neile veel enam lähendas, kargasid nad selle külge ja jäid sinna peatuma. Nad püsisid magnetil liikumatult, kõvasti selle külge liibudes, ega langenud tagasi lauale. Thales juhtis sellele õpilaste tähelepanu.

«Miks ei sarnane elektroni külgetõmbetung magneti külgetõmbetungiga ja raugeb nii ruttu?» küsisid Thalese õpilased.

«Ma ei oska seda veel seletada,» vastas Thales kahetsevalt.

Ja veel palju kordi kogunesid õpilased oma õpetaja majja.

Aastad möödusid. Kuulus Mileetose linn teostas ülestõusu ja juhtis kogu Kreeka võidukale võitlusele Pärsia ikkest vabanemiseks. Hiljem vallutati Kreeka Rooma poolt.

Möödus jälle palju aastaid ja Rooma vägevus kustus. Kultuurituluke puhkes uuel koldel — araablaste juures. Kuid kaua aega pärast Thalest ei korranud keegi tema katseid. Keegi ei püüdnud tungida elektroni (nüüd nimetatakse teda merivaiguks) ja magneti saladusse. Alles kakskümmend sajandit pärast Mileetose Thalest tegi seda William Gilbert.

See juhtus nii . . .

3. peatükk.

Õukonnaarst.

Õukonnaelu askeldusrohke päev oli juba ammu õhtule jõudnud ja tuled Inglise kuninganna Elisabethi palees kustutatud. Kõik magasid. Ainult kuninglikus raamatukogus istus hilisest ajast hoolimata elatanud mees ja tuhnis palavikuliselt vanades raamatutes. See oli kuninganna ihuarst, kõikidest austatud William Gilbert.

Gilbert sündis aastal 1544 Colchesteris, väikeses linnakeses Kagu-Inglismaal. Arstiteadust õppis ta Cambridge'i ülikoolis. 1573. aastal asus Gilbert Londonisse ja omandas seal varsti teenitult väga hea arsti kuulsuse. Kuuldused Gilbertist jõudsid kuninganna Elisabethini ja ta nimetas Gilberti oma õukonnaarstiks.



Joon. 4. William Gilbert (1544—1603).

Lossi raamatukogus viibis Gilbert sageli, sest raamatud olid tema parimaiks sõpradeks. Ta valdas täielikult araabia ja paljusid vanu keeli.

Sel ööl otsis ihuarst raamatuist näpunäiteid ühe, temale veel tundmata haiguse arstimiseks. Ootamatult oli sellesse tõppe raskesti haigestunud kuninganna juurde saabunud Vene tsaari Joann Julma saadik. Kuninganna Elisabeth tegi Gilbertile range korralduse leida mõjus vahend haige Vene saadiku ravimiseks.

«Teadku kõik maad, et kuninganna Elisabeth ei oma mitte üksnes arvutuid aardeid, võimsat laevastikku ja arvukat ning vaprat armeed, vaid ka kõige osavamaid arste!»

Ja niisiis oli ihuarst kohusetruult läbi tuhninud juba mitukümmend raamatut, kuid kasutult.

Pettunult asetas ta kohale veel ühe läbivaadatud raamatu ja märkas seejuures üsna all üht rihmadega kokkuseotud ja paksu tolmukorraga kaetud paberipakki. Gilbert tõmbas paki välja, võttis sealt esimese ettejuhtuva käsikirja ja tõstis küünlavalgusele lähemale.

Need olid X sajandist pärinevad, arstiteadusele pühendatud araabia käsikirjad.

Ühes neist leidis ta kirjelduse ja vahendi haiguse ravimiseks, mis väga sarnanes sellega, millesse oli haigestunud Vene saadik. Tuli vaid oodata koitu, minna lossiapteeki ja valmistada käsikirjas toodud retsepti järgi ravimid.

Olles uuesti julgust saanud, otsustas Gilbert tutvuda ka teiste ootamatult avastatud käsikirjadega.

«Halastuse raamat» — nii oli järgmise käsikirja nimetus, mille Gilbert võttis samast pakist. Selle käsikirja autoriks osutus suurim araabia keemik Džābir ben Chajjān ehk Geber, nagu teda nimetatakse, kes elas VIII sajandi lõpul.

Üks tema käsikirja «Halastuse raamat» peatükk oli pühendatud magnetmaagi saladuslikkude omaduste kirjeldamisele. Selle käsikirja ridu silmitsedes meenutas Gilbert seesmise erutusega oma lapsepõlve.

Juba poisikesena nägi ta esmakordselt magnetit kompassinõela kujul. Juba siis põles ta tahtest teada saada magneti seni veel selgitamata imestusväärsete omaduste põhjust, mis võimaldas meresõitjail eksimatult leida õiget teed.

Ihuarstile meenus elavalt üks ammumöödunud päev tema elust, kui ta isaga läks üht juhuslikult Colchesteri saabunud suurt välismaa laeva vaatama.

«Vaata, William!» ütles isa, «see nõel näitab ühe oma otsaga alati põhja poole, seetõttu leiab laev ääretus ookeanis sõites kergesti vajaliku suuna. Seda riista nimetatakse kompassiks.»

«Kas temaga siis ei saa kunagi teelt eksida?»

«Kõikjal ja alati, nii maal kui ka merel näitab kompass teed.»

«Aga mis sunnib kompassinõela oma ühe otsaga alati pöörduma ühte suunda?»

«Magnettung, William.»

«Aga mis on magnettung?»

«Seda ei tea veel keegi.»

«Isa, mina tahan kindlasti teada, mis on magnettung.»

«Head õnne, William,» ütles isa naeratades.

Niisiis püüdis William sellest ajast peale alati ahnelt midagi magnettungist teada saada. Kuid mitte kusagil, ei koolis ega Cambridge'i ülikoolis ei kõneldud sellest midagi.

Kirg kõige vastu, mis oli seotud magnettungi avaldustega, jäi ihuarstil kogu eluks püsima.

Seepärast hakkaski Gilbert ilmse ärevusega leitud käsikirja lugema.

«Mul oli tükk magnetmaaki, mis tõstis üles 100 dirhemi[1] rauda,» luges Gilbert Geberi «Halastuse raamatust». «Laksin seda mõni aeg seista ja lähendasin temale siis teise rauatüki. Magnet ei tõstnud seda. Arvasin, et teine tükk on raskem kui 100 dirhemi,-missuguse raskuse magnet varem oli üles tõstnud, ja kaalusin ta ära. Ta kaalus aga kõigest 80 dirhemi. Tähendab, magnettung oli nõrgenenud, kuigi tema suurus jäi endiseks.»

---

[1] Dirhem (kreeka keeles drahm) — keskaegne kaaluühik, 3,2—3,5 grammi.

«Kummaline,» mõtles Gilbert. «Miks nõrgenes magneti külgetõmbetung?»

Selle üle järele mõeldes lähenes Gilbert uuesti riiuleile. Temale hakkas silma väike raamat kaunis nahkköites pealkirjaga: «Vestlused Nikolaus Krebsi staatilistest katsetest».

Selles raamatus leidis Gilbert mõistlikke arutlusi läbisegamini hoopis ebatõenäoliste väidetega. Nii luges ta sealt näiteks magneti kohta:

«Magneti külgetõmbetungi võib kindlaks määrata kaaluga, samuti kui teemandigi jõudu, mis, nagu kinnitatakse, hävitab eelmise külgetõmbetungi.»

Gilbertile sai selgeks, et kõige usaldatavamad andmed magneti omaduste kohta saab ta ainult sel juhul, kui ta katsed ise läbi teeb.

«Minu arstiteaduslikud teadmised suurenesid ainult tänu minu katsetele,» mõtles Gilbert. «Ei saa usaldada ilmselt vananenud võõraid arvamusi. Suur õpetlane Leonardo da Vinci ütles kunagi täiesti õigesti: «Ära usu nende mõtlejate õpetust, kelle argumendid ei ole tõestatud katsetega.» Teaduse tõdesid ei tule otsida mitte ainult raamatuist, vaid ka otse loodusest.»

Väljas oli juba üsna valge.

«On aeg!» mõtles Gilbert. «Tarvis kiiresti valmistada ravimid ja minna haige juurde.»

Vahaküünlad kustutanud, lahkus ta vaikselt raamatukogust.

* *
*

Vene saadik võttis korrapäraselt kuninganna ihuarsti poolt temale antud ravimeid ja paranes kiiresti.

Arstikohustustest vabal ajal jätkas Gilbert andmete kogumist selle kohta, mis juba varem oli teada magnetist ja selle imetaolisest jõust.

Vana-rooma luuletaja ja filosoofi Titus Lucretius Carus'e poeemi kuuendast raamatust «Asjade loomusest» leidis ihuarst järgmised read:

«Selgitan nüüd, missuguse loodusjõu mõjul toimub see, mis ilmneb kivis, mida kreeklased nimetavad magnetiks. Seda kivi imetlevad inimesed alatasa. Võib näha tervet raudrõngastest moodustatud ketti tema küljes rippumas. Võib näha viit ja rohkemat rõngast üksteise küljes rippuvaina kerges tuules hõljumas. Ja kõik nad püsivad üksteise küljes, olles seotud mitte millegi muuga kui kivi jõuga, mille mõju ulatub nii kaugele. Peab oletama, et magnetist hajub hulgaliselt väikesi nähtamatuid osakesi. Tormilise ojana tõrjuvad need kivi ja rõngaste vahel oleva õhu välja ja niipea, kui tekib tühik, püüavad raua osakesed tungida sinna, seepärast läheneb terve raudrõngas magnetile. Ära imestu, et magnet ei mõju kõigile kehadele. Ühed, nagu kuld, on raskuse tõttu liiga inertsed, teised aga, nagu puit, on liiga poorsed. Kuid raud asetseb keskel nende vahel ja seepärast mõjub temasse magneti külgetõmbetung.»

Kannatlikult vanaaegseid raamatuid ja käsikirju uurides tegi Gilbert kindlaks, et magnetmaak oli tuntud juba kauges minevikus. Legendi järgi avastas selle maagi esimesena kreeka karjus Magnes. Tema otsis mäe nõlvadel äraeksinud tallekesi ja üht uut rada mööda alla minnes märkas, et tema rautatud taldadega jalanõud hakkavad maa külge.

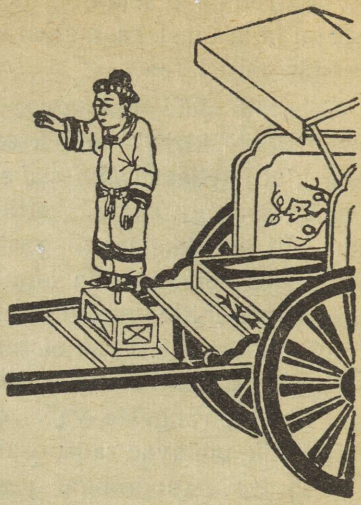
Rooma kirjanik Plinius jutustab oma «Loodusloos», et Induse jõe lähedal asetsevat kaks imetaoliste omadustega mäge. Üks mägi olevat võimeline kõigilt temale lähenevailt laevadelt naelad ja raudosad enda külge tõmbama. Palju laevu varisenud sel põhjusel kokku ja hukkunud . . . Teine mägi olevat kohutava jõuga rauda endast eemale tõuganud.

Kõik see sarnanes rohkem muinasjutuga kui tõega.

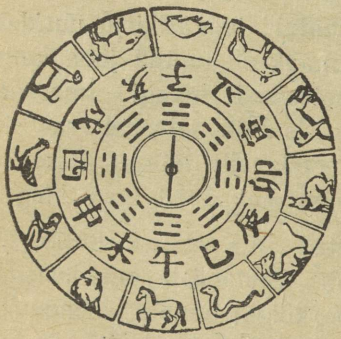
Magnetkivi oli tuntud ka Hiinas. Siin nimetati seda



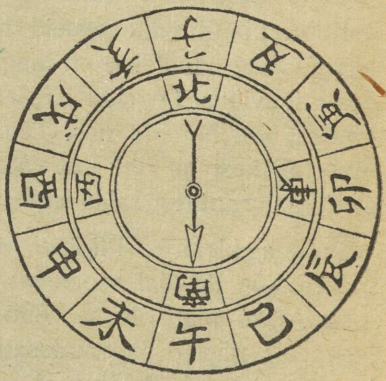
Joon. 5. Hiina lõunasuunanäitaja.



Joon. 6. Jaapani sõiduk magnetilise suunanäitajaga.



Joon. 7. Magnetnõel hiina jaotustega sõõril.



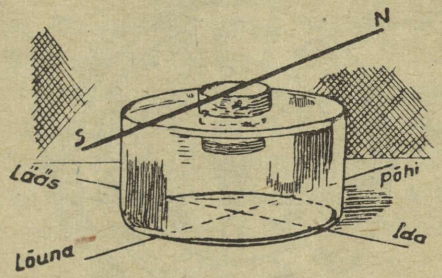
Joon. 8. Sõõr jaapani jaotustega.

«dsju-ši» ehk «ni-tši-gi» (see tähendab «armastav kivi»), sest ta tõmbab rauda enda poole nagu õrn ema oma lapsi.

Ka Egiptuses tunti magnetkivi. Kreeka ajaloolane Plutarchos kinnitab, et egiptlased olid teadlikud magnetite tõmbe- ja tõuketungi olemasolust.

Magneti omadust näidata põhja-lõuna suunda tunti Hiinas ja Egiptuses juba kaks tuhat aastat enne meie ajaarvamist.

Üks Hiina keiser omas tähelepanuväärseid sõidukeid, mis olid varustatud suunanäitajatega lõunasse. Need suuna-



Joon. 9. Lihtsaim kompass. Magnetiseeritud varb ujukil pöördub maakera põhja- ja lõunapooluse suunas.

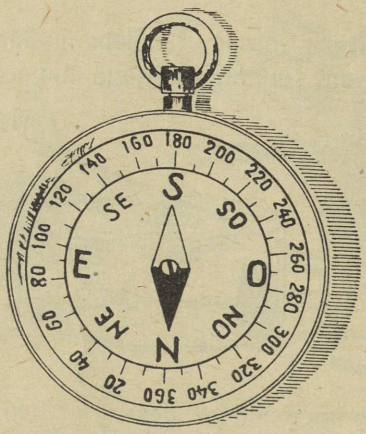
näitajad olid peidetud väikese inimesekuju ettesirutatud paremasse kätte. Inimesekujuke aga asetses sõiduki esiosas vabalt liikuval vertikaalteljel. Inimesekujukesi valmistati Hiinas leiduvast nefriidist.

Mõned niisugused sõidukid kinkis keiser sõbraliku naabermaa kaupmeestele. Tänu sõidukeile asetatud kujukestele, neile esimestele kompassidele, leidsid ääretuisse steppidesse eksinud reisijad alati õige tee ja jõudsid õnnelikult koju. Sellest juhtumist jutustasid oma raamatuis II sajandil enne meie ajaarvamist elanud hiina kirjanikud.

Niisuguseid sõidukeid oli ka Vana-Egiptuses. Mõnesaja aasta pärast ilmusid nad ka Jaapanis. Hiljem hakkasid hiin-

lased magnetnõela asetama puust sõõrile, millele olid joonistatud lindude ja loomade kujud. Need olid esimesed kompassid. Põhja tähistas roti kujutis, lõunat — hobune, ida — jänes ja lääne — kana.

Hiinast levis kompass Indiasse ja Araabiasse. Araabia õpetlane ja kirjanik Bailak mainib oma 1242. aastal kirjutatud teoses tähelepanuväärset kivi, mis soodustab mere-



Joon. 10. Nüüdisaegne kompass.

sõitu. Öösel ja uduga näitas see eksimatult ilmakaari. Veega täidetud tünni või suurde kaussi asetati puust lauakesele kinnitatud imekivi, ja silmapilkselt asetus see põhja-lõuna suunas.

Hispaania ränduri, kataloonlase Raymundus Lullus'e 1286. aastal kirjutatud teoses jutustatakse sellest, et meresõitjad ikka enam kasutavad mõõteriistu, merekaarte ja magnetnõela.

Vahemere meremeeste hulgas püsib XIV sajandist austav mälestus Napoli lähedalt Amalfi linnast pärinevast itaalia lootsist Flavius Gioja'st. Gioja õpetas Lõuna-Itaalia

meremehi kompassi kasutama, mille tõttu teda peeti isegi kompassi leiutajaks.

Kuulus Portugali meresõitja Vasco da Gama algas 1497. a. merereisu Indiasse ümber Aafrika. Healootuse neemest möödudes kohtas ta Aafrika idakaldal meresõitjaid, kes kasutasid nõelakujulist kompassi.

Kuid magnettungiga ühenduses on aastatuhandete kestel tekkinud hulk igasuguseid mõttetuid uskumusi. Nii kinnitasid näiteks kreeklased ja roomlased, et magnet osutub ravivahendiks kurvameelsuse, kõhnuse, reuma ja palaviku puhul. Inimene, kes kandis kaasas tükikest magnetkivi, omas nende arvates erakorralist annet ilukõnedeks ja saavutas üldist ning jäävat poolehoidu.

«Millised rumalad muinaslood!» mõtiskles Gilbert sääraste ebausklike kujutluste puhul magnettungi kohta.

Mõnedes raamatutes jutustati, et magneteid ei saada mitte ainult maa seest, vaid neid võib ka ise valmistada, et nad võivad olla mitte ainult loomulikud, vaid ka kunstlikud.

Niisiis, olles varustunud magnetmaagi tüki ja raud- ning terasvarbadega, asus Gilbert juba ammu kavatsetud katsete sooritamisele.

Kuninganna nõustus andma ihuarstile magnetiga katsetamiseks riigikassast vähesel määral toetust. See saaduslik jõud juhtis ju laevu õige kursi pidamisel, ja kuninganna Elisabeth kavatses korraldada mereretki uute maade vallutamiseks.

«Võib-olla,» mõtles kuninganna, «osutub ihuarst ka siin kasulikuks . . .»

Kõigepealt tahtis Gilbert katsuda valmistada suurt kunstlikku magnetit. Ta otsustas hõõruda raudvarba magnetmaagiga, nagu seda tehti väikeste kompassinõeltega.

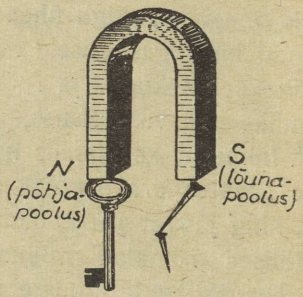
Katse õnnestus: magnetmaagiga hõõrutud raudkang muutus magnetiliseks. Kuid ühtlasi märkas Gilbert, et tema

kunstlik magnet ei oma suurt magnettungi: oli vaja lähendada varb esemele päris ligidale, et külgetõmbetung saaks märgatavaks.

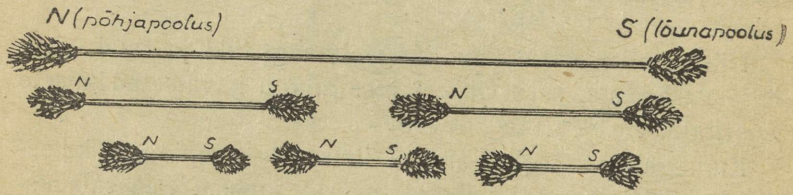
Nende katsete ajal tegi Gilbert kindlaks, et suurim magnettung igas varbmagnetis oleks nagu koondunud selle



Joon. 11. Magnetmaak.



Joon. 12. Kunstlik hobuserauakujuline magnet.



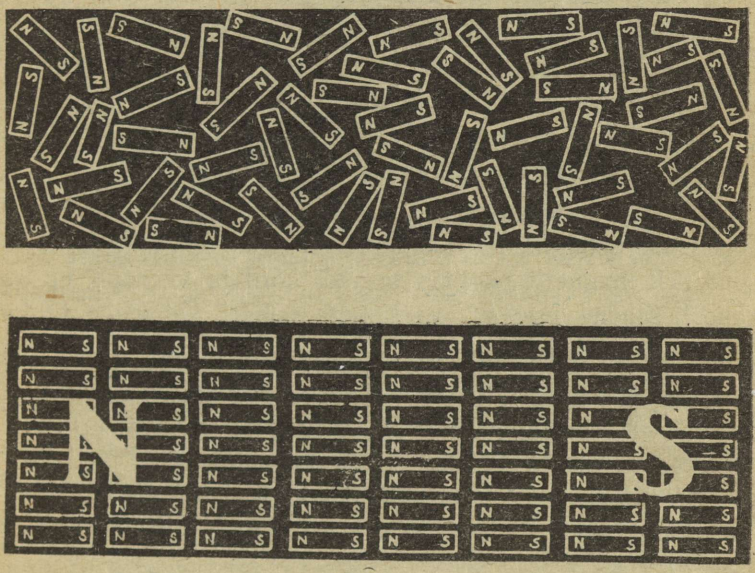
Joon. 13. Magnet külgetõmbunud rauapuruga. Magneti jagamine osadeks: magneti iga osake, kui väike ta ka oleks, omab lõuna- ja põhjapooluse.

otstele — poolustele. Pistes magneti rauapurusse, nägi ihuarst, et magnetvarva otste külge hakkas suurel hulgal rauapuru, kuna kangi keskosa külge aga puru ei hakanud. Mõeldes põhjuse üle, miks see nii toimub, meenus Gilbertile üks tema teine katse. Ta võttis kaks enda poolt magnetiseeritud varba, pani nad pikuti teineteise kõrvale ning jälgis mag-

nettungi suurenemist ja vähenemist vastavalt sellele, missugused otsad sattusid kohastikku.

See kinnitas Gilberti arvamust, et ühe ning sama varva eri otstesse on koondunud erisugune magnetism.

Iga magnetvarva ühes otsas on lõunamagnetism, otsustas Gilbert, ja teises — põhjamagnetism. Tuleb oletada, et magnetvarva keskel kohtuvad mõlemad erinimelised magne-



Joon. 14. Nii kujutletakse teoreetiliselt raud- või teraskangi magnetiseerimist. Kõik molekulaarmagnetid on aine sees laialipaisatult igasuguses suunas. Põhjapoolused on nende läheduses asetsevate teiste magnetite lõunapooluste poolt neutraliseeritud. Vööra magneti või elektrivoolu magnetvälja mõjul pöörduvad molekulaarmagnetite põhjapoolused vööra magneti lõunapooluse suunas. Kui kõik magnetikesed on asetunud üksteisega paralleelselt, osutub kangike magnetiseerituks — tekib niinimetatud „magnetiline küllastumine".

tismid ja et nende jõud on võrdsed ning vastupidised, siis nad nähtavasti hävivad. Sellepärast ei avalda magneti keskosa mingisugust mõju.

See on niisama, nagu puhuks tuul purjele ühtaegu kahest vastassuunast, — kuunar jääks paigale.

«Muide,» mõtles Gilbert veidi kaheldes, «kuunar jääks paigale ka siis, kui tuult üldse poleks... Võib-olla ei olegi varva keskel mingisugust magnettungi? Kuidas seda järele proovida? Katsuda varba keskelt pooleks murda?»

Kui Gilbert seda tegi, veendus ta, et tema esimene oletus magnettungi vastastikusest hävitamisest on õige. Pooleks murtud varva kumbki pool toimis nagu iseseisev magnet. Sel kohal, kus enne tervel varval mingisugust tungi ei ilmnenud, oli nüüd kaks erinimelist magnetpoolust.

Et katse tagajärg pole juhuslik, selles veendumiseks murdis Gilbert magnetvarva kummagi poole veel kaheks. Saadud neli magnetit poolitas ta veel kord ja veendus, et iga uuesti saadud magnet, vaatamata sellele, kui väike ta ka oli, omas alati kaht poolust.

Katsetamisel sattus Gilbert kahele tähtsale faktile.

Kord libises üks magnetiseeritud varvake Gilberti käest kivipõrandale. Kui ihuarst varvakese üles tõstis ja selle külgetõmbetungi proovima hakkas, oli ta erakordselt üllatatud: magnet ei avaldanud üldse külgetõmmet. Mis oli sellega juhtunud?

Gilbert uuris tähelepanelikult põrandalt tõstetud varba, kuid ei suutnud avastada mingisuguseid väliseid muutusi.

«Võib-olla koosneb minu magnet väga väikestest üksikmagnetitest? Ja nüüd tugeva löögi mõjul põrusid need magneti sees korratult laiali ja kogu magnet kaotas oma omadused?»

See juhtum õpetas Gilberti oma magnetitega hoolikamalt ümber käima.

Varsti äratas Gilberti huvi teine nähtus: pänipaikades kauem seisnud raudvarvad ja -traadid omandasid mingil tundmatul viisil iseenesest magnetilised omadused.

Peale kauaseid mõtisklusi ja kompassinõela vaatlemist jõudis Gilbert tähelepanuväärsele järeldusele: «Ilmselt on kogu Maa üks hiiglamagnet! Meie maakera poolused on magnetipoolused.»

Kui oletada, et see on õige, siis saab ka mõistetavaks, miks raudvarvad nagu iseendast magnetiseerusid. Maa magnetiseeris varvad samuti, nagu magnetiseerub iga magneti läheduses olev rauatükike või raudese. Samal põhjusel asetub iga magnetnõel nii, et üks tema ots osutab põhja, teine aga lõunasse.

Soovides kinnitada oma oletust, magnetiseeris Gilbert magnetmaagiga terasest kera. Sellele kerataolisele magnetile andis ta nimetuse «terrella», mis tähendab — väike maa. Siis võttis Gilbert kerge, horisontaalsele teljele kinnitatud magnetnõela ja liigutas seda ringi ümber maa magnetimudeli.

Ja nii tõestas Gilbert terrella abil, et magnetnõel kaldub oma horisontaalsest asendist kõrvale: üks tema otsadest kaldub natuke maa poole. Poolustelt ekvaatori poole liikumisel väheneb nõela kallakus. Vastupidi, Maa magnetpoolustel asetub ta vertikaalselt.

See tähelepanek valmistas Gilbertile mõneks ajaks rõõmu, sest ta selgitas ammutuntud nähtust: horisontaalsel teljel keerlev magnetnõel kaldub ühe otsaga maa poole.

«Nüüd,» mõtles Gilbert, «võib meresõitudel palju kergemini laeva asukohta kindlaks määrata!»

Siiski, nagu varsti pärast Gilberti täpselt selgitati, ei saa ainult magnetnõela kallakuse järgi leida koha geograafilist laiust. Maakera magnetpoolused ei ühti tema geograafiliste poolustega, mitmesugustel punktidel samal laiusel esineb erinev kallakus, aja jooksul muutub kallakus Maakera

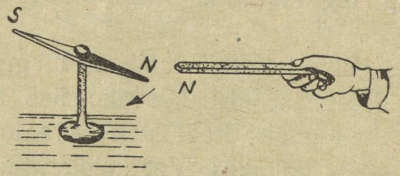
antud punktis — kõik see ei võimalda ainult magnetnõela kallakuse abil koha geograafilist laiust kindlaks määrata.

Kuid jõudes veendumusele, et varvad magnetiseeruvad Maa magnetismist, oli Gilbertil kerge selgitada ka magnettungi nõrgenemise põhjust, millest kõneldi araabia käsikirjas. Kas magnet pillati maha ja ta kaotas jõu põrutusest, või ta kaotas magnetilisuse Maakera magnettungi mõjul, kui ta lamas kaua niisuguses asendis, et Maakera kutsus tema otsades välja vastupidised poolused neile, missugused seal varem olid.

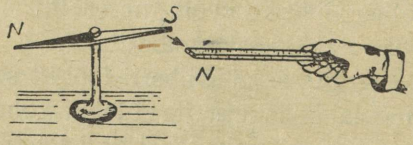
* *
*

Möödus mõni aasta. Gilbert jätkas oma katseid magnetismi alal endise innuga.

Ihuarst tegi kindlaks, et loomuliku magneti tungi võib suurendada, kui ta mähkida teraslindiga. Siis suureneb



Joon. 15. Magnetite vastastikune toime. Erinimelised magnetpoolused tõmbuvad, samanimelised tõukuvad. Magnetnõela põhjapoolus tõugatakse magnetpulga põhjapooluse poolt eemale.



Joon. 16. Magnetnõela lõunapoolus tõmmatakse magnetpulga põhjapooluse poolt külge.

külgetõmbetung poolustel märgatavalt. Gilbert seletas seda asjaoluga, et läbi raua ja terase mõjub magnet tugevamini kui läbi õhu. Ta tõestas, et rauariba on võimalik magnetiseerida tagumise abil, kui see asetada alasile põhja-lõuna suunas.

Peale selle õppis ta magnetiga tegema mitmesuguseid lõbusaid katseid, mis äratasid kuninganna ja tema õukondlaste imetlust.



Joon. 17. Gilbert näitab Inglise kuningannale Elisabethile elektriseerimise ja magnetiseerimise katseid.

Nende katsete korraldamise mõte tekkis Gilbertil lugedes araabia käsikirja, kus erinimelisi pooluseid nimetati sõbralikeks, samanimelisi aga vaenulikeks.

Gilbert pani väikesed magnetvarvad mängulootsikuisse ja asetas need kitsasse ning pikka künakesse. Kui poolused olid erinimelised, püüdsid lootsikud üksteisele läheneda, ühe-

nimeliste pooluste puhul aga hoidusid nad üksteisest teatavas kauguses.

Ühest käsikirjast leidis Gilbert katsete kirjelduse, mida Mileetose Thales tegi merivaiguga. Ta otsustas selgitada, kas on olemas veel teisi aineid, mis, nagu elektronkivi, on võimelised kergeid kehasid külge tõmbama. Peale selle tahtis ta selgusele jõuda, milles seisab magneti ja merivaigu külgetõmbetungi sarnasus või erinevus.

Iga päevaga täienesid Gilberti märkmed aina uute sissekannetega. Ta püüdis hõõruda kümneid aineid. Esialgu teostati katsed käepärast olevate ainetega. Siis hankis Gilbert katsete jaoks oma sõbra kaudu kuninganna lossist kalliskive.

«Palun sind, William, hoia neid kui silmatera!» ütles sõber ihuarstile, asetades katsetaja lauale kuninganna varakambrist võetud suuri kalliskive.

«Inglismaa ei vaesestu, kui mõned neist teadusele ohvriks tuuakse!» naljatas Gilbert, erutades nende sõnadega oma sõpra.

Ta asetas suure teemandi lingutaolisse hoidjasse ja hakkas teda villaga hõõruma.

«William, sa rikud kivi!» hüüdis ihuarsti sõber hädaldades.

«Ära närvitse! Kivi säilib ja läheb puhtamakski, sest nühin talt maha varakambri tolmu.»

Gilbert lähendas ülehõõrutud teemandi niidi otsa riputatud õlekõrrele. Viimane hakkas kohe teemandi poole tõmbuma.

«Imepärane ja arusaamatu!» imestas ihuarsti sõber.

«Seda imet tundsid kreeklased üle kahe tuhande aasta tagasi! Juba siis tegid nad merivaiguga selletaolisi katseid,» vastas Gilbert.

Oma sõbra vaimustuseks ning hämmastuseks andis Gilbert ka safiirile, rubiinile, opaalile, mäekristallile ja teistele kividele samasuguse imetaolise omaduse. Ihuarst asetas teravikule mitmesugustest ainetest valmistatud peeni lühi-

GVILIELMI GIL
BERTI COLCESTREN-
SIS, MEDICI LONDI-
NENSIS,

DE MAGNETE, MAGNETI-
CISQVE CORPORIBVS, ET DE MAG-
no magnete tellure; Physiologia nova,
plurimis & argumentis & expe-
rimentis demonstrata.

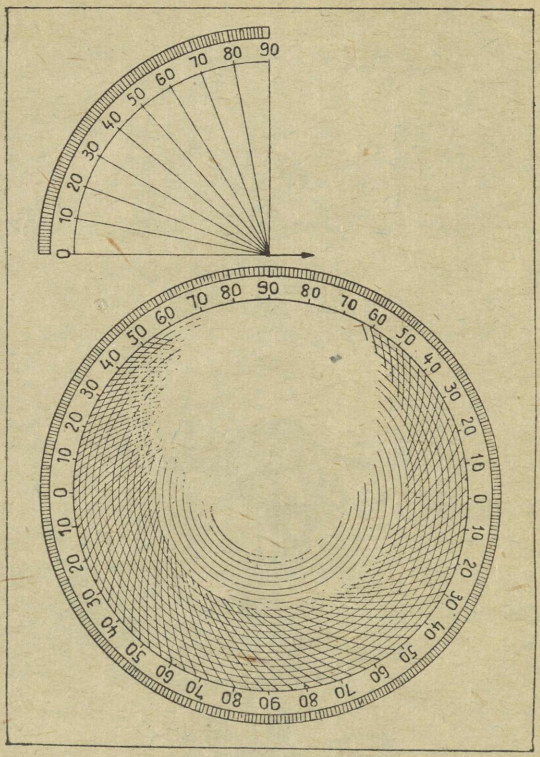


LONDINI

EXCVDEBAT PETRVS SHORT ANNO
MDC.

Joon. 18. Gilberti raamatu „Magnetist, magnetkehadest ja suurest magnetist Maast" tiitelleht.

kesi pulgakesi. Need pulgakesed võisid kompassinõela-taoliselt vabalt teravikul pöörelda. Kui Gilbert lähendas neile elektriseeritud keha, pöördusid pulgakesed kohe selle poole.



Joon. 19. Gilberti terrella (joonise järgi Gilberti raamatust).

«Aga nüüd,» ütles Gilbert, «võta oma pudi-padi ja jäta mind üksi. Kontrolli aga hoolega, kas ehk Gilbert ei jätnud mõned kivid endale mälestuseks,» lisas ta naljatades.

Ihuarsti sõber kogus aarded kiiruga kokku ja jättis hüvasti.

Jäädes üksinda kordas Gilbert katseid nende ainetega, mis hõõrumisega ei omandanud külgetõmbetungi. Elektriseerimatuiks osutusid pärlid, alabaster, marmor, elevandiluu ja metallid. Selle põhjus ei olnud Gilbertile selge. Temale näis, et metallid tingimata pidid omama elektrilisi omadusi. Gilbert hõõrus metallvarbu kaua. Nad muutusid tuliseks, nagu oleks neid tulel kuumutatud, kuid ei omandanud kuidagi elektritungi.

Kõigi hoolsalt teostatud katsete tagajärjel kirjutas Gilbert oma vihikusse:

«Antiik- ja uusaja kirjanikud mainivad, et merivaik tõmbab õlekõrre külge. Seda teeb ka Inglismaal, Saksamaal ja paljudes teistes maades kaevandatud gagaat. Kuid mitte ainult need kaks ainet ei tõmba külge väikesi kehakesi, vaid ka teemant, safiir, rubiin, opaal, ametüst, berüll ja mäekristall avaldavad samu omadusi. Samasugust külgetõmbetungi omab nähtavasti ka klaas. Ka väävel ja vaik tõmbavad külge. Kõik need ained ei tõmba külge mitte ainult õlekõrsi, vaid ka kõiki metalle, puitu, lehti, kive, mulda, isegi vett ja õli — ühe sõnaga kõike, mida me tajume oma meeltega . . .»

Gilbert oli veendunud, et elektri- ja magnettung erinevad teineteisest oma olemuselt. Ta tõestas seda järgmise arutlusega:

«Magneti külgetõmbetung on püsiv. Ta muutub keha omaduseks. Elektriline külgetõmbetung tekib aga ainult hõõrumisel.

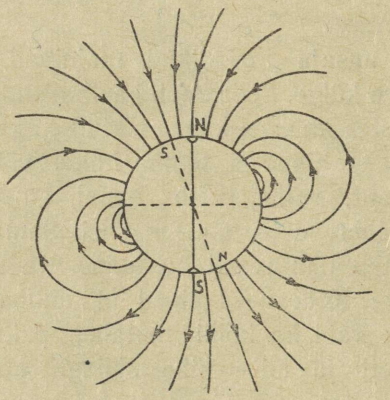
Magnetile ei mõju vesi, kuid elektritung hävib niiskuse tõttu ja sõltub isegi ilmastikust. Kui piserdada elektriseeritud keha veega, siis kaob elektritung.

Magnet tõmbab külge mõningaid kehi, elektritung aga peaaegu kõiki aineid.

Magnet tõstab isegi üsna raskeid kehi, elektriseeritud keha tõmbab külge ainult väga kergeid esemeid.»

Neid, esmakordselt Gilberti poolt kindlaksmääratud väliseid erinevusi arvestasid kaua aega kõik loodusteadlased.

Päevast päeva ja kuust kuusse jätkas Gilbert oma katseid. Neile katsetele kulutas ta kõik oma sissetulekud, mis ta sai oma laialdasest arstlikust tegevusest. Oma katsete ja tähelepanekute tulemused kogus Gilbert esimesse teaduslikku raamatusse magneti kohta «Magnetist, magnetkehadest ja suurest magnetist Maast».



Joon. 20. Maa magnetvälja nüüdisaegne skeem. Maa magnetiline põhjapoolus asetseb lõunas, lõunapoolus — põhjas.

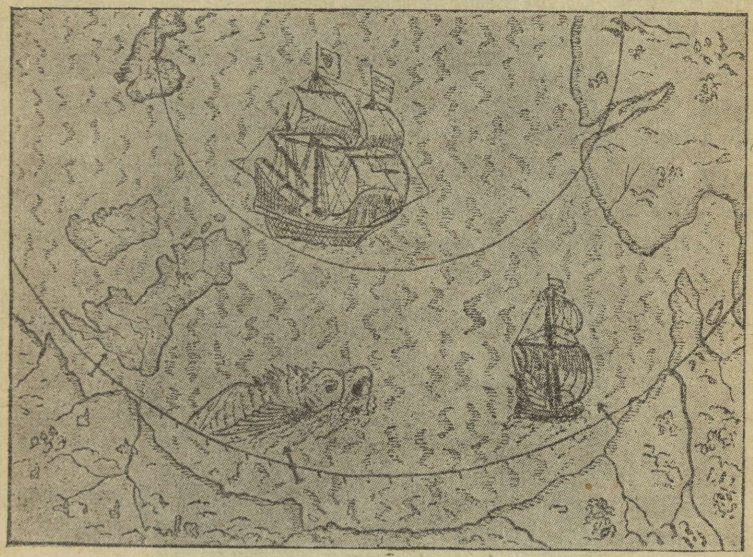
Raamatu eessõnas kirjutas Gilbert:

«. . . Meie teos ei sisalda midagi, mis poleks proovitud ja mitmekordselt läbi tehtud . . . Lugeja, pea meeles! Meie avaldasime oma oletusi ainult selle kohta, mis me vaid pikaajaliste katsete põhjal oleme avastanud.»

Gilberti raamat, mis ilmus 1600. aastal Londonis, leidis väga mitmesugust vastuvõttu.

Paljud — isegi filosoof Francis Bacon, kes kutsus üles kõige enne katseteks teaduslike tõdede fikseerimisel, ei taibanud Gilberti tähelepanuväärsete uurimuste tähtsust.

«Tõestustest parim,» ütles Bacon, «on tõestus katse põhjal. Kuid praegused katsed on mõttetud. Katsetajad ekslevad sihita, jõudes vähe edasi. Ja kui leidubki keegi, kes on tõsiselt teadusele andunud, siis temagi urgitseb mingi üheainsa katse kallal, nagu Gilbert magnetismi kallal . . .»



Joon. 21. Gilberti koostatud kaart, millel on näidatud magnetnõela suund (joonis Gilberti raamatust).

Francis Bacon, kes püstitas tiivustava loosungi «Teadus on jõud», ei mõistnud Gilberti tööde tähtsust.

Teisiti suhtus tema töösse suur Galilei. Ühes oma teoses ütles ta sellest raamatust järgmist:

«. . . Suurimat kiitust pälvib Gilbert minu arvates selle eest, et ta tegi nii suure hulga uusi ja täpseid tähelepanekuid. Ja sellega on häbistatud tühised ning valelikud autorid, kes kirjutavad mitte ainult sellest, mida nad ise

ei tea, vaid annavad edasi ka kõike seda, mida nad on kuulnud võhikuilt ja tobudelt...»

Neid arvamusi oma töö kohta ei kuulnud Gilbert enam. Ta suri 30. novembril 1603. aastal ja pärandas kõik oma katseriistad Londoni arstide ühingule, mille esimeheks ta oli kuni oma surmani. 1670. aastal hävis linnas möllava tulikahju puhul kogu see teaduslik vara leekides.

Kuid Gilberti töö on surematu. Üksmeelselt tunnistasid kõik Gilberti magnetismi- ja elektriõpetuse isaks. Isegi sõna «elekter» tarvitas esimesena Gilbert.

Ja kõigist paremini iseloomustas Gilberti surematust tuntud inglise poeet ja dramaturg John Dryden:

«Gilbert elab, kuni magnet ei lakka külge tõmbamast!»

4. peatükk.

Magdeburgi bürgermeister.

Möödus pool sajandit Gilberti surmast. Ja jällegi leidus isik, kes oli võimeline vaevarikaste katsetega jätkama kuningliku ihuarsti uurimusi. See oli Magdeburgi linnapea, bürgermeister Otto Guericke, kes sündis aasta enne Gilberti surma.

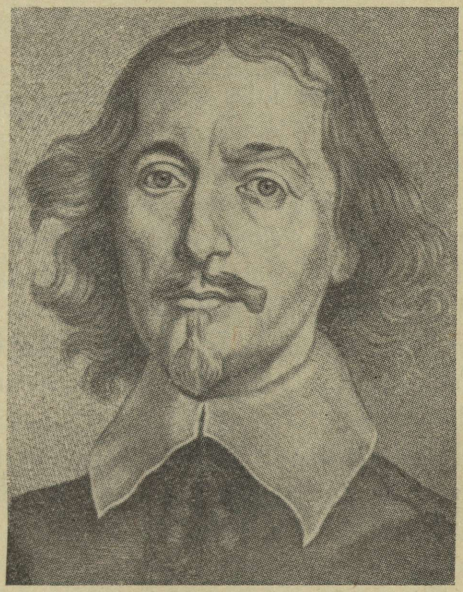
Otto Guericke on sama füüsik, kes tegi oma nime kuulsaks Magdeburgi poolkeradega tehtud katsetega ja õhupumba leiutamisega.

Pärast seda, kui Guericke oli tutvunud Gilberti tööga, ei meeldinud temale enam ükski hilisemaist, magnetismi küsimusi käsitlevaist raamatuist.

Jesuiit Athanasius Kircheri 1641. aastal ilmunud raamatus korrati osaliselt Gilberti tähelepanekuid, aga see, mis seal oli uut, ei äratanud usaldust.

Guericke naeris kaua, kui ta luges Kircheri väidet, et magneti jõud tunduvalt suureneb, kui ta asetada kahe kuivanud lehe vahele. Kircher seletas seda, ka temale endale imelikku nähtust sellega, et taimelehed sisaldavad rauda!

Ka kinnitas Kircher, et magnet «armastab punast värvust» ja punasesse flanelli mähituna säilitab oma jõu pare-



Joon. 22. Otto Guericke (1602—1686).

mini. Ta püüdis ka tõestada, et magnet ei armasta küüslauku ja sibulat.

Kuidas sääraste väidete üle mitte naerda!

Itaalia munga Nicolo Cabeo 1639. aastal ilmunud raamatust «Magneti filosoofia» sai Guericke teada mõnedest uutest tähelepanekutest magnetismi kohta. Mõned neist Guericke kontrollis ja selgitas.

«Cabeo kinnitab õigesti,» ütles Guericke, «et akna raudvõred muutuvad aegamööda magnetilisteks. Võre raudvarbadele mõjub nähtavasti maakera magnetism.»

Guericke leidis Cabeo raamatust uue, ent üsna segase seletuse kergete kehade elektrilise külgetõmbe olemusest. Cabeo kinnituse järgi algab hõõrutud kehast erilise nähtamatu vedeliku voolus, mistõttu ümbritsev õhk tõrjutakse eemale. Sellest tekib õhukeeris. See keeris kisubki kaasa kerged kehad.

«Siin ei klapi midagi!» ütles bürgermeister pead raputades endamisi.

Ka tuntud prantsuse filosoofi ja matemaatiku René Descartes'i teostest, kes töötas välja keeristeteooria, ei leidnud bürgermeister selgust magnetismi ja elektri loomuse kohta. Sellepärast otsustas Guericke Gilberti nõu järgi taotleda selgust vahetute katsete varal.

Ta oli kindlasti veendunud, et Gilbert oleks saavutanud palju huvitavaid tulemusi, kui ta oleks korraldanud katseid suuremas ulatuses.

«Saan jälgida elektritungi palju tugevamat toimet, kui ma selle saamiseks kasutan tunduvalt suuremat keha,» arutas bürgermeister.

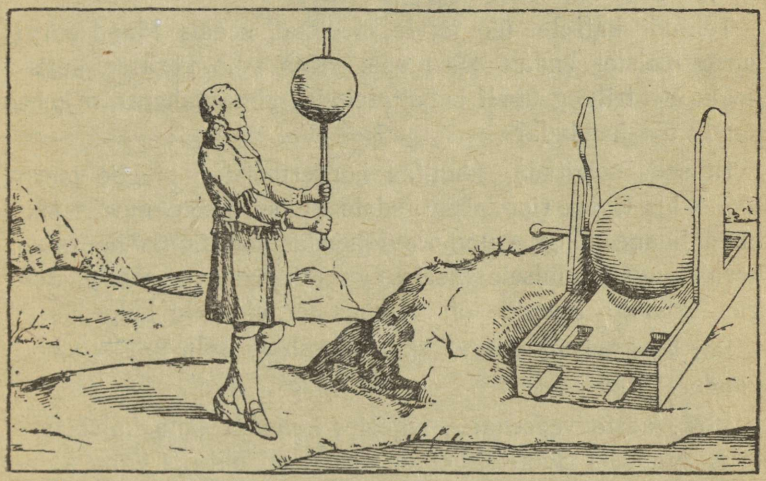
Niisiis valas Guericke sulatatud väävlit lapsepea suurusse kerakujulisse klaasnõusse. Kui väävel tardus, purustas ja kõrvaldas ta klaaskesta, asetas kera käepidemega varustatud raudteljele ja paigutas kogu seadme puust alusele.

Kuid sellisel kujul ei saanud see ajaloos esimene elektrimasin ikkagi veel töötada. Oli vaja leida keha, millega hõõruda väävlikera, et saada elektritungi. Guericke katsetas terve rea ainetega. Kuid parimaiks kõigist osutusid . . . füüsiku enda käed.

Selle avastuse tegi Guericke juhuslikult.

Ühe keral oleva kriimustuse silumiseks asetas Guericke vasaku käe peopesa kerale ja hakkas viimast parema käega ringi pöörama. Siin märkas Guericke esmakordselt, et kera tõmbab tugevasti kergeid kehi külge. Pärast seda hakkas Guericke teadlikult kasutama kera elektriseerimiseks sama viisi.

Kord märkas Guericke, et hõõrutud kera poolt külgetõmmatud udusuleke kukkus mõne aja pärast selle küljest



Joon. 23. Guericke katse udusulega.

ära. Guericke võttis kera statiivilt, lähenes sellega sulekesele ja sundis viimast õhus soovitud suunas lendama.

«Vaadake, vaadake!» kutsus Guericke rahulolevana naist ja teenijaid katset imetlema. «Mina käsutan sulge selle kera abil.»

«Elektritung võib avaldada mitte ainult külgetõmbavat, vaid ka eemaletõukavat toimet,» tegi Guericke sellest järelduse.

Kui Guericke asetas kera alusele tagasi, hakkas kera poolt eemaletõugatud suleke teistele kehadele külge tõmbuma. Ühel päeval katse kordamisel liibus suleke üsna tugevasti katsetaja ninale. See juhtum põhjustas Guericke perekonnas mõne aja sõbralikke nöökamisi. Ent tarvitses vaid sulekest käega puudutada ja kera tõmbas teda uuesti külge.

«Ahaa,» tähendas Guericke naljatades, «te olete jällegi keraga ära leppinud!»

Tehtud katsete üle järele mõelnud, seadis Magdeburgi bürgermeister endale küsimuse: «Kas võib kerasse kogunenud elektritung ühelt kehalt teisele mõne vahepealse keha kaudu üle kanduda?»

Et seda selgitada, kinnitas bürgermeister pingile puust toe, mille tipust rippus põrandale umbes poole meetri pikkune linane lõng. Guericke lähendas toe tipule hõõrutud kera, lõnga alumisele otsale aga mingi kerge eseme. Selgus, et lõnga alumine ots tõmbas kergeid kehi külge.

See tõendas, et elektritung tõepoolest levib linase lõnga kaudu.

1672. aasta veebruaris, tegeldes innukalt oma katsetega, ei märganudki Guericke, et on saabunud õhtu ja tema kabinet muutunud hämaraks. Parajasti elektriseeris ta kera eriti tugevalt. Äkki märkas ta, et elektriseeritud kera helendab nagu pimedas puruks murtav suhkrutükk, ja temast kostab nõrka, kuid selgesti kuuldavat praksumist.

Guericke sooritas veel ühe originaalse katse. Ta sidus lakke pika niidi ja kinnitas selle alumisse otsa kerge puuvillast kerakese. Nüüd elektriseeris ta oma väävelkera ja hakkas sellega väikese kerakese ümber ringe tegema. Selgus, et väike kerake liikus suurega kaasa, jäädes selle poole pööratuks alati ühe ning sama küljega. Kerake pöörles niidil. See katse viis Guericke järgmisele oletusele:

«Võib olla, et Maa ja teiste taevakehade tiirlemist saab selgitada elektritungide toimega?»

Oma uurimused elektri alal avaldas Guericke raamatus «Uued katsed», mis ilmus 1672. aastal.

5. peatükk.

Uued faktid.

Guericke surmast 1686. aastal oli möödunud üle kahekümne aasta. 1708. aastal avaldas inglane Wall ajakirjanduses teateid uutest tähelepanekutest kehade elektriseerimise alalt.

Kord saavutas Wall suurest hõõrutud merivaigutükist üsna suure sinaka sädeme. Selle nähtusega kaasus praksumine. Säde kargas vastu näppu ja Wall tundis valusat pistet.

«Minu saavutatud sädeme valgus ja praksumine kujutavad endast midagi välgu ja müristamise taolist!» ütles Wall.

Kuid see tähtis uus fakt ja Wall'i õige järeldus jäid paljudele teadlastele kaua tundmatuks. Nad kordasid enamasti ammutuntud katseid, mida Gilbert ja Guericke olid juba kirjeldanud.

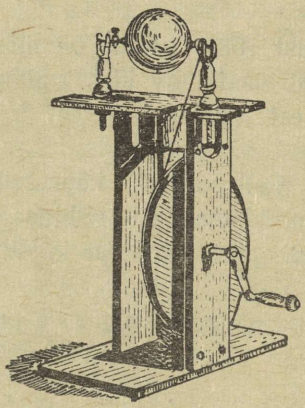
Muide, mõned teadlased saavutasid seejuures ka uusi huvitavaid tulemusi. Wall'i õepoeg, Inglise Kuningliku Seltsi[2] liige, endine tööline-mehhaanik ning aparaatide valvur Francis Hawksbee märkas, et tühi, käega tugevalt hõõrutud klaaskera täitub mingi nõrga valgusega. Mõni aeg varem märkas samasugust valgust ka prantsuse füü-

[2] Kuninglik Selts — asutus Inglismaal, mis vastab teiste maade teaduste akadeemiatele.

sik Picard. Ta raputas elavhõbedat baromeetri klaastorusse ja seejuures süttis Torricelli tühiku kohal hetkeks mingi külm valgus.

Hawksbee otsustas väävlist keraga elektrimasina asemel ehitada klaaskeraga masina.

Teljele asetatud klaaskerast oli õhk välja pumbatud. Asetades sellele Otto Guericke eeskujul peopesa, hakkas Hawksbee kera kiiresti ringi ajama. Pimendatud toas



Joon. 24. Hawksbee helendav kera.

andis kera nii tugeva helenduse, et isegi kümne jala kaugusel oli võimalik esemeid eraldada.

Nende katsete varal tegi Hawksbee kindlaks, et elektrimasina ehitamiseks on klaas palju sobivam aine kui väävel. Peale seda hakkas Hawksbee esimesena kasutama elektri saamiseks pikki klaastorusid.

Nagu paljud teisedki katsetajad, kogus Hawksbee uusi fakte, kuid ei osanud neid teaduslikult seletada. Tema huvitavad katsed ununesid varsti.

Palju katseid mitmesuguste kehade elektriseerimiseks tegid ka tuntud õpetlased Robert Boyle, Isaac Newton ja teised, kuid ka nemad ei viinud elektrit käsitlevat teadust edasi.

6. peatükk.

Kaks sõpra.

Londoni vaiksel tänaval poldud veel kunagi märgatud niisugust elavust ja nii suurt rahva kogunemist, nagu oli 31. mail 1729.

Esimesena kogunesid auväärt õpetlase, Kuningliku Seltsi liikme üksikelamu juurde lapsed. Nende tähelepanu äratas vanamees, majaomanik Stephen Gray. Viimane laskis kahekümne kuue jala kõrguselt rõdult väga tähelepanelikult alla kanepist nööri, mille otsas rippus elevandiluust kerake.

Uudishimulike laste salk tõmbas juurde ka täiskasvanuid.

«Kas on mingi õnnetus juhtunud?»

«Mis siin lahti on?»

«Miks on niipalju inimesi Stephen Gray maja juures?»

Maas, rõdu all seisis Gray sõber ning kolleeg Wheeler, kellele Gray rõdult andis kogunenud uudishimulikele arusaamatuid käsklusi.

«Wheeler, lähendage kübemed!»

«Kõrvaldage kübemed, Wheeler!»

«Sir,» pöördus keegi salgast Gray poole, «ehk olete nii lahke ja seletate meile, millega te siin tegelete? Võib-olla rahuldab vastus kõiki uudishimulikke ja me jätame teid rahule.»

«Noh, olgu siis, palun!» ütles Gray südant rindu võttes. End tähtsasse poosi seadnud, lausus ta pidulikult: «Mu daamid ja härrad! Mina ja minu sõber Wheeler teostame praegu katseid elektriga. See ei ütle teile midagi? Meid

huvitab, kas elekter levib nööri kaudu. Arvatavasti ei ütle ka see teile midagi! Sellepärast, mu daamid ja härrad, palun teid võimaldada meil oma katsed rahulikult lõpetada, ja alles siis on võimalik millestki kõnelda . . . »

Salk hakkas hõrenema. Ainult lapsed jäid kannatlikult kohale. Et mitte aega kaotada, otsustas Gray jätkata katseid nende vältimatute noorte tunnistajate juuresolekul.

«Wheeler,» hüüdis Gray rõdult, «kordame katset!»

Ta võttis peaaegu kolme jala pikkuse ja kahetollise läbimõõduga klaastoru. See oli ülemisest otsast korgiga suletud, millest rippus alla kerake kanepinööri otsas. Gray hakkas siidilapiga klaasi tugevasti hõõruma. Seejuures jälgis ta ühtlasi Wheeleri tegevust, kes lähendas kerale kogukese kergeid esemeid.

«Katse õnnestus!» raporteeris Wheeler alt valju häälega. «Elektritungi võib edasi anda vertikaalsel nööril kahekümne kuue jala kaugusele. Tulen üles teie juurde. Kerige nöör kokku.»

Kui Wheeler jõudis üles tuppa, keris Gray veel nööri.

«Wheeler,» lausus Gray ootamatult, «me näitasime, et elekter levib ülalt alla, see on vertikaalselt. Kui meil oleks kasutada kõrge torn, siis korraldaksime katseid veel suuremast kõrgusest. Kuid on tähtis teada, kas elekter levib ka horisontaalses suunas.»

«Teil on õigus, Gray! Seda tuleb järele proovida.»

«Panen ette vedada nöör rõdult mööda maja eeskülge ja vaba ots kerakesega kinnitada katuseääre külge seotud teise nööriga. Mis te arvate, Wheeler?»

«Arvan, et see on võimalik, Gray, ja lisan juurde, et nööri vaba ots ulatub teie viimase akna kohale. Järelikult võib katseid kerakesega teostada otse aknalaualt.»

«Olen nõus, Wheeler. Nüüd asja juurde! Teie ronige katusele ja siduge kandenöör kinni, mina aga korraldan muu vajaliku.»

Varsti oli uueks katseks kõik valmis. Katusel ronides määris Wheeler end tublisti ära, kuid tema ise ega ka Gray ei pööranud sellele üldse tähelepanu. Tänavalt paistis, kuidas Gray askeldas rõdul ja Wheeler vaatas, kandmik käes, maja äärmisest aknast välja.

«Wheeler,» hüüdis Gray, «kas olete valmis?»

«Kõik on valmis! Saatke elektrit!»

Gray hakkas siidilapiga energiliselt klaastoru hõõruma.

«Noh, Wheeler, millised on tulemused?» küsis Gray.

«Midagi ei ole! Ei tõmba külge,» vastas Wheeler nukralt. «Saatke veel elektrit!»

«Te ehk hoiate kübemeid liiga kaugel? Lähendage nad.»

«Ei, ma isegi puudutasin kera nendega. Kuid kera ei avalda mingeid elektrilisi tunnuseid.»

Korrati katset veel mitu korda, kuid samuti tagajärjetult. Möödus üle kuu.

Tusane Gray otsis endiselt vastust teda erutavale küsimusele, kui 3. juuli hommikul Wheeler tuli tema juurde.

«Gray, ärge ainult ütelge, et minul pole õigus!» ütles Wheeler tervitades peaaegu anuvalt. «Mina vist tean meie ebaõnnestumise põhjust . . .»

«Kõnelge,» ütles Gray elavnenult.

«Missuguse nööri te võtsite, Gray, vaba otsa ülalhoidmiseks?»

«See tähendab, kuidas missuguse?» küsis imestunud Gray. «Samasuguse . . .»

«Selles asi ongi, Gray! Seda nööri mööda elekter hajuski . . .»

«Kuhu ta hajus?»

«Katusesse. Teie maja plekk-katusesse . . .»

«Pidage, pidage!» ütles Gray midagi meenutades kiiruga.

«Näib, et teil on õigus . . . Teil on täiesti õigus, Wheeler. Olete tubli poiss, Wheeler! Tähendab, kui kõrvaldame selle kandenööri, peab katse õnnestuma?»

«Jah, ma olen selles kindel.»

«Ent kuidas me siis kinnitame peanööri horisontaalselt?»

«Kinnitame selle peenikese siidnööriga. Ma arvan, mööda peent siidnööri elekter ei lähe ära.»

Kinnitusnööri vahetanud, nentisid Gray ja Wheeler oma rõõmuks, et katse õnnestus. Oli tõestatud, et elekter kandub edasi ka mööda horisontaalset nööri.

«Ja pange tähele, Gray,» ütles Wheeler, «kõik oleneb niidi jämedusest. Väga peenikest niiti mööda elekter ei kandu edasi.»

Samal hetkel kostis tänavalt kisa ja naeru. Mõned inimesed silmitsesid Gray rõdu poole näidates mingisugust eset. Kisa kuuldes jooksid teadlased rõdule.

«Meie kerake nööriga on nende käes . . .» ütles Wheeler erutatult.

Selgus, et tuulepuhang oli siidniidikese katki rebinud ja nööri otsas olev kerake hakkas nagu pendel maja ees kiikuma. Kerake kopsas kellelegi kuklasse. Ja nüüd uuris kannatada saanu koos teiste pealtnägijatega seda asitõendit. Wheeler läks alla, vabandas kannatada saanu ees ja «päästis» kerakese.

See juhtum oli põhjuseks, et järgnevate katsete puhul proovis Gray katkemise vältimiseks nööri katuse külge kinnitada peenikese vasktraadiga. Kuid nüüd kerake ei elektriseerunud.

«Asi ei seisa nähtavasti mitte niidi jämeduses, vaid tema materjalis!» tähendas Gray.

Sellise järelduseni jõudnud, teostas ta koos Wheeleriga uue seeria katseid, et kindlaks teha, missugused ained juhivad elektrit ja missugused mitte.

«Merivaik, siid, juuksed, vaigud, klaas, kalliskivid, väävel, kautšuk, portselan ja veel mõned teised kehad ei juhi elektrit» — nii panid õpetlased kirja.

See tulemus sundis mõistma mõnd Gilberti kinnitust hoopis uuest vaatekohast. Ained, mida Gilbert nimetas «elektrilisteks kehadeks», osutusid halbadeks elektrijuhtideks. Ja vastupidi — Gilberti «mitteelektrilised kehad» juhtisid elektrit hästi. Nende hulka kuuluvad esijoones metallid, siis süsi ja taimede elavad koed.

Nii täiendasid Gray ja Wheeler Gilberti ja panid aluse õpetusele elektrijuhtidest ja mittejuhtidest.

* *
*

«Wheeler,» pöördus Gray korra oma sõbra poole, «meie kogesime, et metallid juhivad hästi elektrit. Nüüd peame tõestama, et teatud tingimustes metall tõkestab elektrit.»

«See pole võimalik, Gray!»

«Mulle näib, et see on võimalik, kui hoida metallkeha klaaskäepidemest.»

Gray võttis oma tellimise kohaselt treitud õõnsa raudkera. Selles olevast avast pistis ta läbi klaaspulga. Nii saadud klaastelje ühes keraga paigutas Gray horisontaalselt puust alusele. Elektriseerides siidiga teise klaastoru, puudutas ta sellega metallkera. Nii toimis ta palju kordi.

«Kontrollige, Wheeler, kas laeng on läinud üle metallkerasse.»

Wheeler lähendas kerale statiivi sellele riputatud õlekõrrekestega. Viimased tõmbusid silmapilkselt kera külge. Õpetlased veendusid katse põhjal, et metallkera oli võtnud elektrilaengu vastu ja säilitas selle.

Gray puudutas kogemata kera. Seejuures kostis tasast praksumist ning Gray käe ja kera vahel sähvas märgatav sinakas sädemeke. Gray tõmbas käe kiiresti tagasi.

«Hammustab, Wheeler!»

«Kes hammustab, Gray?»

«Kera hammustab, ehk täpsemalt — selle elektrilaeng. Proovige, Wheeler, kas jäi elektrit kerasse.»

Wheeler lähendas kerale statiivi õlekõrrekestega: raudkera ei avaldanud mingit «elumärki».

«Nähtavasti võtsite teie kogu laengu ära, Gray. Järel ei ole enam midagi.»

«Tähendab, laeng on minus, Wheeler. Lähendage mulle õlekõrrekesed.»

Wheeler täitis Gray palve, kuid tagajärjeta.

«Kuhu kadus siis laeng?» küsis Gray mõtlikult. Ta seisis mõned minutid liikumatult ja mõtles pinevil millegi üle.

«Maa, Wheeler, maa!» hüüatas ta järsku.

«Mina pole ometi Christoph Kolumbus ega teie madrus «Pinta'lt». Mis on siin tegemist maaga, Gray?»

«Maa neelas teie laengu,» arendas Gray innustunult oma arutelu. «Jalgade kaudu põrandasse, siis seintesse ning alusmüüri, siis maasse — see on kadunud laengu teekond! Kui isoleerida end maast, võib laengu alal hoida! Kera klaasist telg isoleerib laengu maast. Kui mina poleks kera puudutanud, ei oleks laeng sealt lahkunud. Elektriseerime veel kord kera, Wheeler, ja ärgem puudutagem seda.»

Nad elektriseerisid raudkera uuesti. Veendudes õlekõrrekeste abil, et laeng tõesti on keras, viisid nad aluse koos keraga Gray kabineti kaugemasse nurka, tehes seda suure ettevaatusega, et mitte kera puudutada.

«Vaatame nüüd, kui kaua meie laeng püsib,» ütles Gray võidutsevalt.

Ta kontrollis hoolikalt iga päev, kas raudkera on laengu säilitanud, ja jäi iga kord rahule. Ka Wheeler tundis rõõmu sellest kordaminekust. Laeng püsis keras palju päevi.

Kord ütles Gray Wheelerit kohates:

«Wheeler, ma tahaksin endasse võtta suure elektrilaengu, ja seejuures nii, et see püsiks minus samuti nagu meie keras. Olen juba mõelnud, kuidas seda teha. Vaadake sinna!»

Wheeler nägi murul puust poste, millede küljes rippus kiik kergelt tuule käes õõtsudes.

«Kui kanepist köis asendada juustest köiega, siis võib niisugusel kiigel istudes lasta end elektriseerida, kartmata laengut kaotada.»

«Muidugi,» nõustus Wheeler. «Juuksed on nagu siid ja klaaski halvad elektrijuhid, ning jalgadega te maad ei puuduta.»

8. aprillil 1730. aastal tõi Wheeler juusköie ja kohe asusid õpetlased ammu kavatsetud katset — inimese elektriseerimist — ette valmistama. Gray maja hoovil oli juba kaks puust posti maasse asetatud ja neile kinnitatud horisontaalne põikpuu. Wheeler viskas üle selle puu kaks juusköit, sidudes nende alumised otsad meremehesõlme.

Samal ajal pidasid noored pealtvaatajad majadevahelisel plangul elavalt aru, et mida need kaks imelikku onu küll teevad.

Vali jutt reetis lapsed. Wheeler märkas neid. Algul tahtis ta lapsed plangult minema kihutada, kuid äkki tuli talle uus mõte:

«Gray asemel võib ju juusköitele panna kellegi lastest. Niisugust raskust taluvad meie köied igal juhul.»

Peale lühikesi läbirääkimisi lubasid õpetlased lastel tulla keelatud tsooni ja selgitasid neile kannatlikult oma toimingute mõtet. Üks lastest pakkus end julgelt katseks, võttis kätte laetava kera ja heitis kartmatult köitele. Gray

võttis kandmiku kübemetega ja asus poisi peatsisse. Wheeler andis poisile pidevalt elektrilaenguid. Katse õnnestus hiilgavalt: selgus, et inimese keha on hea elektrijuht.

Üksteisega rahul olles lahkusid õpetlased ja lapsed sõpradena.

Selle, paljusid õpetlasi huvitava katse puhul elektriseerida inimest kirjutas füüsik Georg Bose oma poeemis:

Gray meeletu, mis tegelikult teadsid sa
neist tuntamatu tungi omadustest ka?
Kas sinul hullul oli lubatud riskeerida
ja hoolimatult inimest elektriseerida?

Mõned päevad peale kuulsat katset poisiga kiigel külastas Gray Wheelerit.

«Wheeler,» ütles ta, «milleks oli meil vaja jännata juusköitega? Seda katset võib korraldada palju lihtsamalt, kui omada vaigust ketast ja astuda sellele mõlema jalaga. Sellest oleks küllalt, et säilitada elektrilaengut inimeses.»

Vaigust ketta valmistamist ootamata leppisid mõlemad õpetlased kokku, et nad saadavad artikli oma katsete ja avastuste kirjeldusega mõnele teaduslikule ajakirjale.

7. peatükk.

Botaaniku harrastused.

Vanemad tegid kahekordse vea, määrates Charles Du Fay sõjaväeteenistusse. Esiteks ei olnud Charles'il selleks mingeid kalduvusi ja teiseks oli tal nõrk tervis. Isa, vanaisa ja kõik tema esivanemad olid sõjaväelased, kuid Charles'i veetlesid rohkem teadused, eriti keemia. Pariisi botaanikaaeda teenistusse astudes oli Charles Du Fay endaga väga

rahul. Seal nähti temas andekat kaastöölist, kes siiralt armastas oma ala. Ja kui 1733. aastal oli vaja nimetada botaanikaaiale uus direktor, toetasid kõik soojalt Du Fay kandidatuuri. Du Fay laialdased teadmised keemia alal äratasid juba varem Pariisi Teaduste Akadeemia tähelepanu ja temale anti akadeemiku nimetus.

Juhuslikult luges Du Fay ühest ajakirjast Stephen Gray artiklit oma katsetest elektri alal. Ta otsustas neid huvita-



Joon. 25. Charles Du Fay (1698—1739).

Ex bibl

vaid katseid kontrollida, ja tal õnnestus elektrit niiti mööda edasi anda 1256 jala kaugusele.

1730. aasta algul elektriseeris Du Fay klaaspulga ja laadis sellega üliõhukeseks rullitud kullalehekese. Pärast seda tõmbus leheke pulgast eemale. Tugevama eemaletõukamise saavutamiseks elektriseeris Du Fay katset katkestamata vaigust kepikese ja lähendas selle lehekesele. Kuid nüüd juhtus midagi hoopis vastupidist. Du Fay ootus-

tele: kuldleheke ei eemaldunud, vaid vastupidi — tõmbus kiiresti vaigust pulga külge.

Du Fay hakkas suure visadusega sellele nähtusele seletust otsima.

Kord külastas teda tema vana sõber, füüsikaprofessor ja Pariisi Teaduste Akadeemia liige Jean Nollet.

Nollet kõneles muuseas, et ta pühendab nüüd palju aega tegelemisele elektriga.

Du Fay tutvustas sõpra oma tööga samal alal.

«Avastasin väga lihtsa seaduse, mis selgitab kõik arusaamatud nähtused elektriga katsetamisel,» ütles ta. «Asi on selles, et elektriseeritud keha võib tõmmata külge kehi, mis ise ei ole elektriseeritud. Ent niipea kui nad elektriseeritakse, tõukab elektriseeritud keha nad eemale. Juhus tõi mind minu uurimustel tähelepanuväärsele faktile. Osutub, et on olemas kaks erisugust liiki elektrit. Ühe neist sain ma klaaspulka hõõrudes, teise aga — vaigu hõõrumisel. Kaks keha, mis on laetud klaaspulgalt saadud elektriga, tõukavad teineteist eemale; kui aga üks on laetud vaiguga ja teine klaaspulgaga, siis tõmbavad nad teineteist külge. Lihtsuse mõttes nimetan ma üht elektrit klaasielektriks, teist aga vaiguelektriks.»

Du Fay tõusis oma kohalt, läks kapi juurde, võttis sealt klaaspulga, vaigupulga, tükikese villast riiet ning siidilapikese ja pani kõik need lauale.

«Sule aknad, Jean!» ütles Du Fay. «Siin ei või olla vähimatki tuuletõmbust. Minu katseriistad on väga tundlikud.»

Du Fay asetas lauale puust statiivi, millele oli kinnitatud peenike niit.

«Mis see sul on?» küsis Nollet, osutades tundmatule riistale.

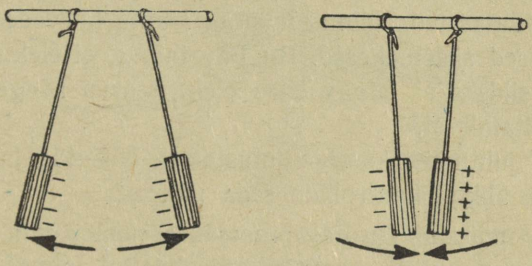
«See ongi kõige tähtsam seadis, mis kinnitab minu seaduse õigsust,» vastas Du Fay.

Ta võttis klaaspulgakese, hõõrus seda siidilapikesega ja lähendas selle siis statiivile riputatud niidile. Niit liikus pulgakese poole, puudutas seda ja tõmbus kohe eemale.

Seejärel hõõrus Du Fay vaigust pulgakest villase riidega ja lähendas selle niidile. Niit lähenes kohe vaigupulgakesele.

«Vaata, Jean, veel üht huvitavat katset. Ma riputan statiivile veel teise niidi ja lähendan neile mõlemale elektriga laetud keha. Niidikesed puudutavad laetud keha, saavad ise laetud ja tõukavad teineteist eemale.»

Niidid rippusid õhus nagu avatud sirkli harud (see oli praeguse laialtlevinud katseriista — elektroskoobi algkuju).



Joon. 26. Elektrilaengute vastastikune mõju. Vasakul: ühenimeliselt laetud pabertorukesed tõukavad teineteist eemale. Paremal: isenimeliselt laetud pabertorukesed tõmbavad teineteist külge.

Võlutuna vaatles Nollet nähtamatu jõu poolt lahutatud niidikesi.

«Pean ütlema, et kõik minu katsed leida veel kolmandat liiki elektrit näitasid, et seda ülepea looduses ei esine. Kalliskivide ja kristalli hõõrumisel sain ma näiteks klaasielektri, aga merivaigu ja kummivaigu hõõrumisel —vaiguelektri.»

«Charles,» hüüatas Nollet, «tähendab, looduses esineb kaks ja ainult kaks liiki elektrit! See on ülimal määral tähtis. Sa pead veel täna asuma oma tähelepanekute kir-

jeldamisele ja teatama kiiresti oma avastustest Pariisi Akadeemiale.»

Veel samal päeval kirjutas Du Fay Nollet' abiga lühikese artikli oma avastuste kohta ja selgitas Gray töid.

* *
*

Kord õhtul puhkas Charles Du Fay tuld süütamata pehmel diivanil. Tema kõrval diivani siidpadjal lamas tema lemmik, kohevil karvaga kass. Du Fay silitas teda hellitavalt. Mõtteisse vajununa sulges ta silmad. Imelik vaevukuuldav sahin sundis Du Fay'd silmi avama. Ja see, mida ta nägi, üllatas teda ülimal määral: looma karvadest kargasid väikesed sädemekesed. Du Fay taipas, et elektrit mittejuhtival siidpadjal lamav kass elektriseerus käega mööda karva silitamisest.

Sellest juhtumist kassiga jutustas ta Nollet'le ja võimaldas tal isiklikult kontrollida seda nähtust.

«Jean,» pöördus Du Fay oma sõbra poole, «ma tahaksin kiires korras uuesti teha Gray kirjeldatud inimese elektriseerimise katset.»

Mõnevõrra kulutati aega elektriaparaadi konstrueerimisega laengu saavutamiseks. Sõbrad täiustasid Gray toru ja suurendasid tunduvalt selle mõõtmeid. Kõik vajaliku katseks ette valmistanud, heitis Du Fay laetala külge lakke kinnitatud siidnöörist silmustesse ja hakkas vastu võtma elektrilaenguid, mida Nollet klaaspulka hõõrudes talle andis.

Kuigi Du Fay ja Nollet teadsid Gray katsetest, olid nad üliväga üllatatud sellest, et elektriseeritud Du Fay kehast, tema näost, kätest, jalgadest ja rõivaist saadi ühe tolli kauguselt õige suuri sädemeid.

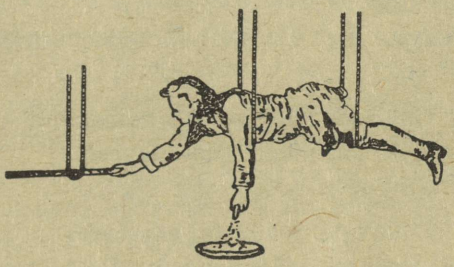
* *
*

1732. aastal asusid Gray ja Wheeler katsetamisele vaigust kettaga.

Gray kavatsetud katse inimest elektriseerida teostus nüüd väga lihtsalt.

Ühel Wheeleri külastamisel ütles Gray talle:

«Mul kerkis küsimus, kas magnet säilitab raudesemete külgetõmbe võime, kui neid elektriseerida. Ma elektriseerisin raudvõtme, ja selgus, et magnet tõmbas teda endiselt hästi külge; peale selle tõmbab elektriseeritud võti külge väikesi



Joon. 27. Gray katse: juusnööridel rippuva inimese elektriseerimine.

esemeid. Tähendab, elektritung ja magnettung mõjuvad teineteisest olenematult, nagu Gilbert oletaski.»

Gray võttis sõbra toodud ajakirja; Wheeler aga, olles elavalt huvitatud Gray katsest, lähenes lauale, millel asetsesid magnet ja võti. Toas tekkis vaikus.

Kiiruga ajakirja lehitsedes leidis Gray ühel leheküljel oma nime.

«Wheeler, vaadake siia! Keegi Du Fay nendib tunnustavalt meie katsete tähtsust.»

Gray oli hingepõhjani liigutatud oma katsete väärtuse tunnustamisest. Kadestamata hindas ta Du Fay avastuste suurt tähtsust.

«Kuulge, Wheeler, see on tähelepanuväärv! Du Fay on geniaalne õpetlane! Ka meie peame veenduma kahe elektri olemasolus.»

Oma elu neli viimast aastat jätkas Gray väsimatult töötamist oma armastatud teaduse alal. Ta suri 1736. aastal, jättes endast unustamatu mälestuse elektri ajalukku.

Kolme aasta pärast, 16. juulil 1739. aastal, suri üsna noorena ka Charles Du Fay, kelle vaim oli tulvil teaduslikest ideist ning üritustest. Ta sai vaid nelikümmend aastat vanaks. Nagu Gray'gi, jätkas ta kuni surmani elektriliste nähtuste uurimist.

Bose pühendas Du Fay'le oma poeemis järgmised õiglased read:

Kui Galliast[3] Du Fay siis katsetama asus,
ta endale lõi monumendi igavese.
Ei riku seda rooste ega ajavool.

Elektrit käsitlevate teaduste edasiseks arenguks andis tõuke kõigi maailma füüsikute imetlust äratanud imepäraste «elektrianumate» leiutamine.

8. peatükk.

Imetlusväärne anum.

Harilike loengute kõrval eksperimentaalfüüsikast andis akadeemik Mihhail Vassiljevitš Lomonossovi sõber professor Georg Richmann Peterburi Teaduste Akadeemias mõnikord ka ülevaateid teaduse uusimatest saavutustest. Neid käis kuulamas kogu Peterburi õpetlaskond.

Nendeks ettekanneteks valmistus professor Richmann eriti hoolikalt. Välismaal elavad professori omaksed

[3] Gallia — Prantsusmaa vanaaegne nimetus.

varustasid teda võimaluste piirides värskete teaduslikkude ajakirjade ja raamatutega.

1746. a. sügisel sai Richmann välismaalt järjekordse saadetise.

Saadetud raamatute hulgas leidusid Leydeni professori füüsik Pieter Musschenbroeki töö «Füüsika elemendid» ja Wittenbergi füüsikaprofessori Georg Bose brošüür, milles ta kirjeldas tema poolt täiendatud Leipzigi füüsikaprofessori Christian Hauseni elektrimasinat.

Elektrimasinate ehitus huvitas Richmanni juba ammu, sellepärast tutvus ta esiteks Bose brošüüriga.

«Elektri mõju,» luges Richmann, «võib suurendada, kui elektrit keralt ära juhtida metalltoru abil. Füüsik Jean Desaguliers nimetas esimesena niisugust toru k o n d u k t o r i k s, see tähendab — juhiks. Toru tuleb riputada siidnööridele ja ühendada hõõrutava keraga elektrit juhtivate niidikeste kimbu kaudu, mille üks ots on kinnitatud toru külge ja teine libiseb mööda kera.»

Brošüüri lisast leidis Richmann sama Bose uurimuse kirjelduse, mis näitas, et kehad elektriseerudes ei muuda oma kaalu.

Richmann pani Bose töö kõrvale ja hakkas ajakirju uurima.

Leipzigi ülikooli füüsikaprofessor Johann Winkler kirjeldas elektrimasina olulist täiendamist.

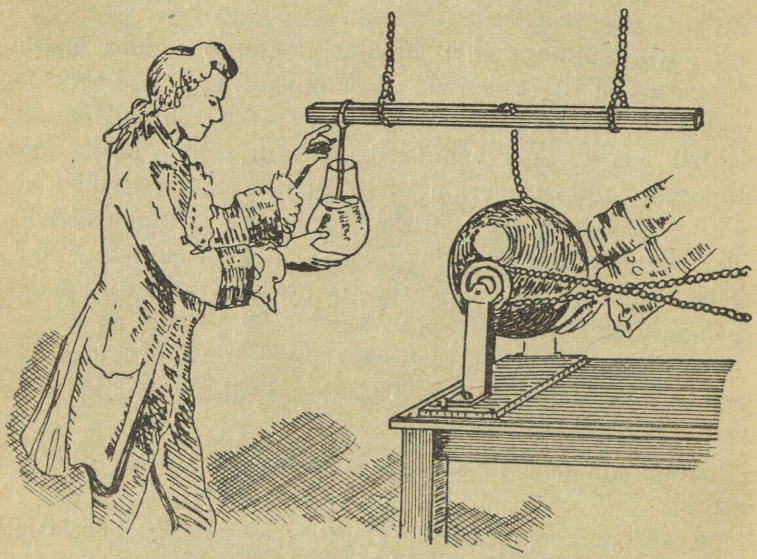
«Leipzigi treiali Giessing'i nõuandel,» kirjutas Winkler, «loobusin klaaskerade ja silindrite kätega hõõrumisest. Tegin seda siidist ja nahast padjakestega. Hobusejõhvidega täidetud padjakesed surutakse vedruga tihedasti silindri vastu. Uus masin võimaldab saada suuri elektrisädemeid.»

Meelespidamiseks kirjutas Richmann üles autorite nimed ja mõnede elektrimasinaid puudutavate artiklite pealkirjad, millele ta oma ettekandes otsustas juhtida erilist tähelepanu.

«Winkler? .. Winkler? .. »

Selle teadlase nime oli Richmann juba kusagil kohanud. Professor vaatas oma vihu eelmisele leheküljele ja leidis sealt hiljuti tehtud märkmed efektsetest katsetest elektrisädemetega.

Märkmetes oli tähendatud, et füüsik Christian Ludolf süütas 1745. aastal elektriseeritud raudvarvaga eetri. Winkler süütas iseend elektriseerides oma sõrmega piirituse.



Joon. 28. Elektrilaengute kogumine veega täidetud purki.

Inglane Henry Miles pani elektrisädemega leegitsema fosfori ja tulised aurud, William Watson aga süütas püssirohu ja viina.

«Need katsed,» arutas Richmann, «meenutavad mulle pikse kahjutuld. Välk lööb puusse või puumajja, tuulikusse või laevamasti ja muudab need silmapilkselt lõõmavateks tõrvikuteks. Tarvis võrrelda elektrisädet ja välku ning

järele proovida, kas need tegelikult ei ole üks ja sama! Sellest räägivad paljud, kuid keegi ei ole seda veel tõestanud. Kui mul läheks korda hankida vahendeid masina ehitamiseks...»

Kuid vahendeist polnud võimalik isegi unistada. Professori palgast jätkus vaevalt tema suure perekonna toitmi-



Joon. 29. Musschenbroeki katse.

seks. Richmann, suur õpetlane, elas väga vaeselt, kuid Peterburi Teaduste Akadeemia ametnikke see ei huvitanud.

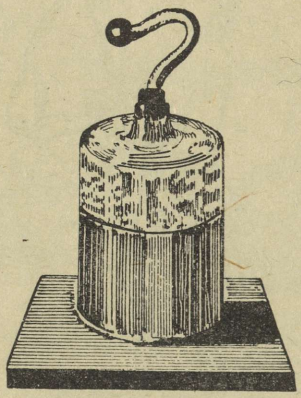
«Ewald von Kleisti uus avastus!» luges Richmann teise ajakirja esimesel leheküljel suurt pealkirja.

Artiklis jutustati sellest, et nimetatud õpetlane, kes elab Kamminis (Pommeris), asetas 11. oktoobril 1745. aastal naela harilikku, poolest saadik elavhõbedaga täidetud pudelikesse. Kui nael oli elektriseeritud, võttis õpetlane pudelikese

kätte ja puudutas naela. Seejuures tekkis niivõrd tugev säde, et see pani võpatama terve käe ja õla.

«See huvitav anum,» kirjutas autor artiklit lõpetades, «võimaldab nähtavasti koguda suuri elektrilaenguid. Järgmises teates kirjeldame mõningaid selle anumaga teostatud katseid.»

Richmann pani kahetsedes ajakirja kõrvale: artikkel katkes kõige huvitavamas kohas.



Joon. 30. Leydeni purk stanniolkatetega.

«Et niisugune purk on võimeline koguma suuri laenguid, siis on võimalik teostada ka seda, millest ma olen mõelnud — võrrelda elektrisädet ja välku. Tuleb ehitada niisugune purk!» otsustas Richmann.

Järgmises ajakirja numbris Richmann ei leidnud Kleisti poolt lubatud kirjeldust tema katsete kohta, kuid see-eest oli sinna paigutatud teisi huvitavaid märkmeid samal teemal. Ühes neist teatas hollandi füüsik Musschenbroek, et Kleisti poolt kirjeldatud anuma oli tema, Musschenbroek, ehitanud Leydenis juba varem.

Ühes artiklis jutustati Winkleri uurimustest, kes oli innustunult asunud Kleisti ja Musschenbroeki katsete kordamisele.

«Pärast üht niisugust katset,» jutustas Winkler, «olid mul kehas elektrilöögi tagajärjel tugevad krambid. Tundsin külmavärinaid, ja et kartsin saavat tugeva palaviku, võtsin jahutavaid arstimeid. Peale selle tekkis mul selle katse tagajärjel kaks korda verejooks ninast, mida mul varem pole juhtunud; ka tundsin ma nii teravaid valusid käes, et ma kaheksa päeva jooksul ei-saanud kirjutada. Minu naisega, kes ka proovis anuma toimet, juhtus täpselt sama.»

Edasi jutustati sellest, kuidas Winkler otsustas saavutada veel suuremat elektri toimet, kuid mitte enam inimese kehal. Winkler asetas purgi (anuma) tinataldrikule ja mähkis ta ümber raudketikese. Raudketikese teise otsa viis ta elektrimasina konduktorile nii lähedale, et, olles anuma laadinud, võisid raudketikese otsa ja konduktori vahel tekkida sädemed, nii et võis neid eemalt vaadelda. Seda seadet nimetas Winkler t ü h j e n d a j a k s. Siis ühendas ta kolme anuma varvad metalltraadiga ja elektriseeris need korraga. Sellest, ajaloos esimesest elektripatareist sai Winkler nii suuri sädemeid, et neid oli näha ja kuulda kahesaja sammu kaugusele.

Richmann oli kirjeldatud katsetest vaimustuses.

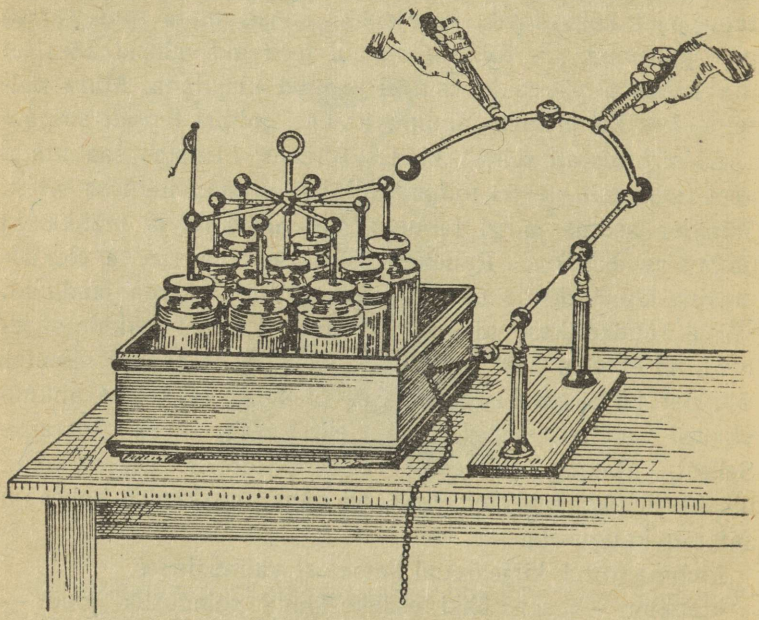
«Elekter — see äkki esilekerkinud saladuslik jõud — tekitab pöörde!»

Missuguse pöörde ja milles nimelt, seda professor täpselt ei kujutlenud, kuid ta tajus, et inimkond on puutunud kokku looduse suurima jõuga.

Kõigest sellest jutustas Richmann oma sõbrale Mihhail'o Vassiljevitš Lomonossovile, kes samuti kui Richmanngi oli huvitatud elektrit koguvast purgist. Lomonossov lubas Richmannile hankida vajalised summad.

* * *

Kleisti ja Musschenbroeki anumat, mida Nollet' ettepanekul nimetati Leydeni purgiks (selle avastamise koha järgi), täiendati lühikese aja jooksul veel tunduvalt. Danzigi professor Daniel Gralath asendas esimesena rohupudelikesed suurte klaaspurkidega. Naela asemele paigutas Gralath purki nupuga raudvarva.

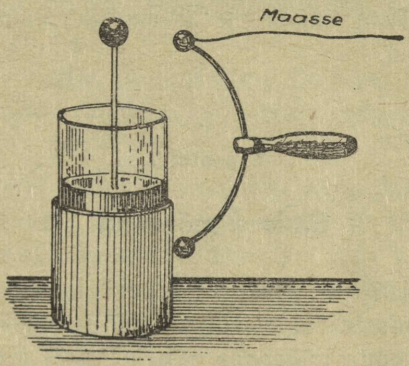


Joon. 31. Leydeni purkide patarei annab väga tugeva elektrisädeme, sest kõik purgid tühjenevad üheaegselt.

Samaaegselt korraldas grupp inglise õpetlasi hulga katseid, et kindlaks määrata elektri levimise kiirust. Selleks paigutati varva nupu ja purgi välise klaasseina vahele väga pikk (kuni 2 miili) kett, mille juurde, teatud vahemaade järel, olid paigutatud inimesed, kellede vahelt juht-

med olid viidud Thames'i jõkke ja mujale maa sisse. Elektri levimise kiirust aga mõõta ei saadud, kuna kõik inimesed, kes asusid ahelas, tundsid elektrilööki üheaegselt. See-eest läks katse juhatajal Watsonil koos Londoni arsti Bevisega korda viimistleda Leydeni purki ja anda sellele väga otstarbekohane kuju.

See toimus järgmiselt. Watson märkas, et Leydeni purgis säde on seda suurem, mida rohkemais punktides tema välispinda puudutatakse. See viis Bevise mõttele katta purgi



Joon. 32. Leydeni purgi tühjendamiseks tuleb purgi väline kate lahendaja abil ühendada sisemise kattega.

välispind esialgu õhukeste seatinaplaatidega, hiljem aga kleepida üle stanniol- (tinapaberi-) lehtedega.

Järgnevad katsed tõestasid, et purki täitva, elektrit juhtiva aine liik ei avalda mõju purgi tegevusele. Näiteks täitis Bevis purgi mitte veega, vaid haavlitega, ja saavutas niisama tugeva toime. Siis tegi Watson ettepaneku asendada vedelik sisemise stanniolkattega. Niiviisi omandas Leydeni purk oma lõpliku kuju. Ühtaegu sellega tõestas Bevis, et kui harilik klaasplaat katta kahelt poolt seatina- või stanniollehtedega, siis ka see lame «purk», mida hiljem hakati

nimetama kondensaatoriks, mõjub silindrikujulise sarnaselt.

* *
*

Peterburi õpetatud ringkonnas oldi sügavalt huvitatud Richmanni teateist uute avastuste üle elektrinähtuste vallas. Kuid kulus veel mitu aastat, enne kui Peterburi Teaduste Akadeemia administratsioon määras katseteks väikese summa. Alles siis tegi professor Richmann oma abilisele, graveerijale Ivan Sokolovile ülesandeks valmistada mõned Leydeni purgid.

9. peatükk.

Sinised mõrvarid.

Teade Kleisti ja Musschenbroeki katsetest levis kõigis Euroopa teaduste akadeemiais ja teaduslikes ühinguis. Pariisi Akadeemia pühendas mitu istungit ettekanneteks ja katseteks Leydeni purkidega.

Prantsuse kuninga Louis XV ihuarst Louis Le Monnier teatas akadeemiale, et kuningas soovib uute aparaatide tegevust isiklikult näha.

Akadeemia president kutsus Nollet' enda juurde.

«Minu sõber,» ütles ta, asetades Nollet' tugitooli istuma, «tema kõrgus Prantsusmaa kuningas soovib isiklikult tutvuda Leydeni purkide toimega. See on sobiv juhus taotleda kuningalt suuremat soosingut meie akadeemiale. Kui teile on akadeemia huvid kallid, kui olete vähimalgi määral huvitatud tema finantside täiendamisest, siis palun teid, mu sõber, võtta kuninga jaoks korraldatavate katsete juhtimine enda hoolde.»

Mõne päeva pärast sõitis Nollet hoovkonna tõllas oma katseriistade ja puuridega, milles olid lind ja hiir, kuningalossi.

Versailles' lossi suurde, heledasti valgustatud saali olid kogunenud kuninglikud ministrid, uhkelt riietatud suursugused daamid ja kavalerid. Oma soosikuist ümbritsetuna istus paraadtugitoolis Prantsusmaa kuningas Louis XV.

Nollet teadis, et kuningas ja tema saatjaskond ootavad ainult kerget meelelahutust, kuid sellele vaatamata asus õpetlane temale omase eksperimentaatori vaimustuse ja kirega katsete juurde.

Katsete algul näitas ta kuningale Leydeni purki. Kuningalt läks purk edasi õukondlastele, kes vaatlesid seda suure uudishimuga.

Siis palus Nollet kõiki juuresolijaid, keda oli sada kahekssakümmend inimest, võtta üksteisel kätest kinni. Niikaua kui moodustati seda inimeste-ahelat, laadis ta Leydeni purgi ja andis selle ettevaatlikult isiku kätte, kellega ahel algas. Enne purgi laengu tühjendamist läks Nollet kuninga juurde ja selgitas temale katse olemuse.

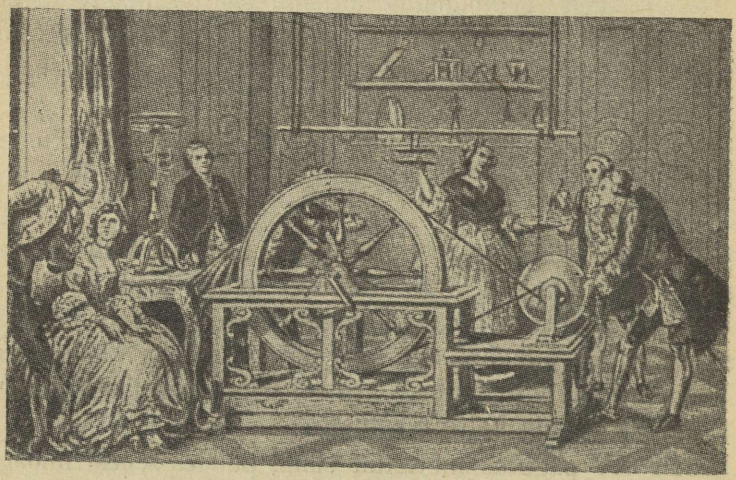
Louis XV pilgutas mõttetult silmi, püüdes sellest midagi taibata.

Seejärel palus Nollet ahela teises otsas olevat õukondlast puudutada nuppu. Momentaanselt täitus saal ehmunud daamide kiljatustest. Need kiljatused ilma nähtava põhjuseta ja segadus meeldisid kuningale väga, ja katset korrati. Kuid ilmselt kartes keeldus kuningas ahelasse lülitumast.

«Teie kõrgus, armulised härrased!» pöördus Nollet kuninga ja tema külaliste poole. «Katse, mille ma korraldasin, lõppes õnnelikult. Kuid alati pole see nii. Elekter võib saada ka mõrvariks ... »

Kuningas ja tema kaaskond muutusid nende sõnade puhul väga erksaks.

Nollet asetas lauale metallpuuri, milles kõik nägid raudõrrel istuvat kohevil sulgedega varblast. Metallpuuri võre küljes väljaspool rippus pikk vaskketike. Nollet mähkis selle mitmekordselt ümber puuri; teise samasuguse ketikese ühe otsa kinnitas ta Leydeni purgi nupu külge, teise otsa aga mähkis klaaspulga ümber. Kõik nägid, kuidas Nollet elektriseeris purgi ja klaaspulka kätte võttes hakkas ettevaatlikult



Joon. 33. Jean Nollet demonstreerib elektriseerimise katseid.

ketti ülalt puuri laskma. Mõne hetke pärast sähvatas keti ja varblase keha vahel ere sinine säde. Kuuldus praksumist. Kõik märkasid, kuidas krampides tõmblev lind kukkus toidunõusse ja varsti ei avaldanud enam elumärke.

See katse tekitas mõnedes õukondlastes hirmu, kuid kuningas aplodeeris pööraselt ja hüüdis:

«Bravo, bravo, sinised mõrvarid!»

«Sinised mõrvarid! Sinised mõrvarid!» hüüdsid kuninga õukondlased.

Nollet võttis teise puuri, mille nurgas istus kerra tõmbunult kisast ja valgusest heidutatud hiir. Sellegi loomakesega lõppes lugu kurvalt: sinine elektrisäde surmas temagi ruttu.

Hilja öösel pöördus väsinud Nollet oma aparaatidega Pariisi tagasi.

10. peatükk.

Teateid Ameerikast.

1752. aasta suvel tormas professor Richmann millestki erutatuna Peterburi Teaduste Akadeemia töökotta.

«Kus Sokolov on?» küsis ta töölistelt. «Ma pean teda kohe nägema.»

«Tervist, professor! Mis viga?» küsis Sokolov, hõõrudes määrdinud käsi takkudega.

Richmann ulatas talle rulli keeratud brošüüri ja ütles:

«Siin kirjeldatakse ühe ameeriklase imestustväärivat katset. Ta näitab, kuidas on võimalik saavutada välku . . . Kas minu Leydeni purgid on valmis?»

«Purgid on valmis, kuid katet mul ei ole. Puistasin sisse vaselaaste. Ütlesid ju, professor, et purgid võib täita haavlitega.»

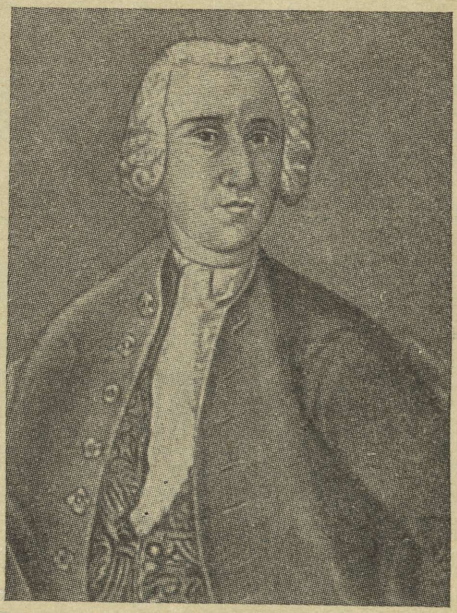
«Need kõlbavad!» kinnitas Richmann. «Õhtul ootan sind. Tarvis kokku leppida huvitavaimate katsete sooritamiseks.»

«Tulen tingimata, professor.»

Õhtul tutvustas Richmann oma abilist Ivan Sokolovi mitte üksnes sellega, mida on vaja teha, et «välku kinni püüda», vaid ka kõigi nende mõtetega elektri kohta, milliseid oli avaldanud ameeriklane Benjamin Franklin oma artiklis.

«Franklini arvates on elekter eriline, ülimal määral peen vedelik, mis alaliselt asub igas kehas,» seletas Richmann. «Keha elektriseerub kas elektrit vastu võttes või seda ära

andes. Üht keha teise vastu hõõrudes võtab üks keha elektrit niisama palju vastu, kui teine ära annab. Oletame, et meil on kaks keha: klaaspulk ja siidilapp. Klaasi hõõrumisel lapiga toimub elektri üleminek lapilt klaasile. Lapp kaotas osa omast elektrist ja muutus negatiivselt elektriseerituks,



Joon. 34. Professor Georg Richmann (1711—1753).

klaaspulk aga omandas teatud hulga elektrit ja osutus positiivselt elektriseerituks.

Niisugused nimetused keha elektrilise oleku kohta — positiivne ja negatiivne — andis Franklin.»

«See ei sarnane üldse Du Fay avastusega,» jätkas Richmann. «Du Fay järgi on olemas kahte liiki elektrit — klaasi- ja vaiguelekter, Franklini järgi aga ainult ühte liiki elektri-

line vedelik. Et selgitada juba tuntud elektrilisi katseid, oletab Franklin laetud kehades ainult kas elektri ülejääki või puudujääki. Kui elektrilise vedeliku hulk ühes kehas on suurem kui teises, siis keha, mis omab seda vedelikku rohkem, on positiivselt laetud, annab seda teisele kehale, mis omab seda vähem, s. t. on negatiivselt laetud. See kestab seni, kuni elekter on jaotatud võrdselt. Kui elektri võrdsustamine toimub õhu, mitte juhi kaudu, siis katsetel elektrimasinaga ilmub sinine säde ja praksumine, looduses aga — välk ja müristamine. Neile mõtetele tuli Franklin oma katsetuste puhul elektriseeritud teravikkudega.

Selgus, et elektrilaengud lahkuvad teravikukujulistest kehadest eriti kergesti.

Märkimisväärne on ka teine juhtum: kui teravikuga varustatud juht asetada mittejuhtivale alusele ja paigutada teise laetud juhi juurde, siis teraviku tõttu laeb end esimene juht väga kiiresti. Siit järgneb, et kui piksepilved on tõesti elektriseeritud, siis võib seda elektrit koguda kõrgele taeva poole tõstetud metallridvaga. Tähendab, elektrit võib hankida pilvedest!

Pariisist saabujad jutustavad, et niisuguseid katseid juba on teinud prantslane Dalibard, kes püstitas Pariisi lähedal Marly's neljakümne jala kõrguse raudridva. Maast oli ritv täielikult isoleeritud, nii et ta üheski punktis maad ei puudutanud. 1752. aasta 10. mai õhtul pikse ajal ritva valvav puusepp Coiffier saavutas paljude uudishimulike juuresolekul ridvast Leydeni purki mõned kuni poolteise tolli pikkused eresinised sädemed. Katsele kaasuv tugev praksumine heidutas juuresolijaid.»

Edasi jutustas Richmann Sokolovile, et samasuguse katse korraldas kaheksa päeva hiljem teine prantslane Delor, kes püstitas ühele majale veel pikema raudridva, kõrgusega maast üheksakümmend üheksa jalga.

«Nüüd, Sokolov, peaks olema sulle selge, et meie katse jaoks on vaja valmistada ja püstitada katusele pikk, ülalt terav raudritv.»

«Teen kõik, mis teadusele vajalik!» vastas Sokolov.

11. peatükk.

Piksele vastu.

Ühel juunikuu ööl 1752. aastal Benjamin Franklin ei uinunud. Ta oli väga rahutu ning ärevil, oodates katse tulemusi, mille teostamiseks ta juba mitu korda oli käinud üksinda põllul.

Franklin lahkus onnist. Ümberringi valitses vaikus. Ühe pilve fantastilised piirjooned meenutasid Benjaminile tema vanema venna profiili.

Tahtmatult meenus Benjaminile tema rõõmutu noorus. Aineline puudus ei võimaldanud tal isegi algkooli lõpetada. Ta õppis seal ainult ühe aasta. Juba kümneaastase poisikesena töötas ta isa seebi- ja küünlavabrikus. Seejärel astus Benjamin oma vanema venna trükikotta õpilaseks. Viimane oli halva iseloomuga ja kohtles oma nooremat venda karmilt. Edasi järgnes sõit Bostonist New Yorki tööd otsima, reis Euroopasse — Vanasse Maailma, töö ühes Londoni trükikojas ja tagasipöördumine Philadelphiasse (ta sõitis Londonist sinna kaks kuud ja kaheksateistkümmend päeva), esimesed ebaõnnestumised tema poolt siin avatud trükikojaga, ja lõpuks, kui Benjamin oli eneseharimise teel omandanud füüsika alged, tema salajasemate unistuste täitumine — teadusliku ühingu organiseerimine ja teaduslikest uurimistest osavõtmine.

Benjaminile meenus, kuidas ta kuus aastat tagasi tõttas oma kodumaale, Bostonisse, et vaadata imesid, mida keegi

doktor Spence odava tasu eest näitas uudishimulikele kodanikele elektrimasina abil.

Franklin ostis selle «kabineti» ja viis Philadelphiasse. Ta askeldas palju omandatud elektrimasinaga ja lõpuks täiendas seda.



Joon. 35. Benjamin Franklin (1706—1790).

Kui ookeani tagant saabus teade Kleisti ja Musschenbroeki leiutustest, ehitas Franklin endale Leydeni purgid ja teostas nendega huvitavaid katseid; vaatlused veensid teda, et välk on samuti elektrinähtus.

Franklin oli ammu märganud, et teravikult, mis on kinnitatud elektrimasina laetud konduktorile, lahkub elekter aegamööda, ilma äkiliste laengutühjenemisteta. Kui lähendada laetud konduktorile metallteravik, siis kaotab konduktor oma

laengu, nagu voolaks see teravikule. Franklin oli veendunud, et pika ridva kaudu on võimalik koguda pilvedest välgu elektrit.

Kuid see oli ainult oletus. Katselise kontrolli pidi Franklin teostama sel ööl. Esialgu valmistas ta siidrätikust õhulohe, kinnitas selle külge teravaks tehtud metallvarva ja valmistus seda lohet pika kanepinööri otsas pilvedesse laskma, et sealt hankida «osakest välgust». Oma Philadelphia sõpradele ei olnud ta sellest midagi rääkinud.

Kartes ebaõnnestumise teatavaks saamist, valis Franklin katse teostamiseks kauge linnataguse põllu. Hiljem, katse õnnestumisel, võib isegi linnas püstitada metalliteravikuga ärklitorni. Siis juba keegi enam ei irvita tema üle.

Kõik on valmis: on lohe, on Leydeni purgid, kuhu laeng koguda. Ei ole segamas ka soovimatuid pealtvaatajaid. Puudub vaid kõige tähtsam: kuuendat päeva ei ole äikest.

Kuumusest ja tüütavast pikse ootamisest roidununa astus Franklin põllule, vastu aeglaselt taevasse kerkivatele pilvedele. Mõttes kontrollis ta üha uuesti sooritatava katse kava.

«Lohe ühes teritatud metallvarvaga on valmistatud korralikult. Nööri kinnitasin ma varva külge. Seda mööda voolab elekter alla minu juurde. Nööri otsa on mul kinnitatud massiivne võti, kuid seda käega puutuda muidugi ei tohi. Nööri peab hoidma tema külge seotud siidlindist. Välgu elektri kogun ma võtmest Leydeni purki. Nii hangitud elektri pean ma läbi uurima ja seda Spence'i masinast saadava elektriga võrdlema.»

Taevas kattus pilvedega. Franklin kiirustas onni tagasi pöörduma.

«Äike läheneb!» rõõmustas ta.

Ta võttis lohe ja viis selle põllule. Nööri lahti kerides astus ta vastutuult edasi. Tuul rebis vihaselt siidpurje ülespoole.

Kui nöör oli lahti harutatud, astus Franklin onni, hoides nööri otsa kõvasti käes.

Sähvatas välk ja mõne hetke pärast kostis müristamine. Vihmapiisku libises mööda nööri alla. Varsti paisus kogu nöör niiskusest. Uuesti sähvas välk.

Franklin märkas, et võtme ja Leydeni purgi nupu vahel välgatas sinine säde. Ta nihutas ettevaatlikult uue purgi võtme lähedale, ja ka sellele kargas võtmest säde.

«Siin on see kinnipüütud välk. Ma võtsin ta taevalt ära!»



Joon. 36. Välgutaoline elektrisäde kuulikeste vahel.

Hommikul ärgates ei teadnud Philadelphia elanikud arvatagi, et nende suur kaaskodanik oli öösel omandanud «taeva tuld».

Veel kaua istus Franklin poollagunenud onnis sügavalt oma katseriistade kohale kummardununa, külmetades ning nälga tundes, sest ta kiirustas pilvedest saadud elektri uurimistega.

Koju jõudnud, kirjutas ta kohe pika kirja Londonisse oma sõbrale, Kuningliku Seltsi liikmele Peter Collinsonile.

Franklin teatas temale, et välk on tugev elektrilaengu tühjenemine, et välgu elekter on samasugune, nagu hõõrumisega elektrimasinalt kogutud elekter, ja et ta nüüd otsib praktilisi võimalusi oma avastuse rakendamiseks.

«Välk ei pea enam süütama maju ja laevu, ei pea enam olema inimeste hukkumise põhjuseks,» kirjutas ta.

Kas võib tulega mängida?

Jean Nollet oli üks neist õpetlastest, kes hindasid Franklini katseid nende väärtuse kohaselt ja esimestena tegid neist õiged järeldused.

Eelkõige on vaja suurt ettevaatust. Elektriga ei tohi naljatada.

Kui kuninglik ihuarst Le Monnier, kelle väljak katsetamise ajal pikali lõi, raskes seisukorras koju toodi, tarvitas Nollet teda külastades kõvu sõnu, kuigi see haigevoodi juures polnud just kohane.

«Kuidas te, Guillaume, võisite talitada nii huisapäisa? Ometi olite teie kuninga juures minu katsete tunnistajaks. Te nägite siis, et isegi nõrk masinaga saavutatud laeng rabas väikesi loomakesi surmavalt. Kuidas ometi võisite nii ettevaatamatult katsetada välguga, mille laeng tõenäoliselt võrdub mitme tuhande masina laenguga?»

«Jah, Nollet, teil on õigus! Talitasin kergemeelselt,» ütles Le Monnier.

Kuid vaevalt oli Le Monnier voodist tõusnud, kui ta oli juba nende hulgas, kes 7. juunil 1753. aastal õpetlase de Romas' katset jälgides käitusid ettevaatamatult.

Hiiglasuur, 18-ruutmeetrilise pinnaga lohe tõusis üle 550 jala kõrgusele ja de Romas kogus suure uudishimulike hulga juuresolekul selle trossist praksuvaid, silmipimestavalt heledaid sädemeid.

Võlutult jälgis jõuk seda katset, nagu imet. Uudishimust haaratuna surusid tagapool seisjad eesolijaile.

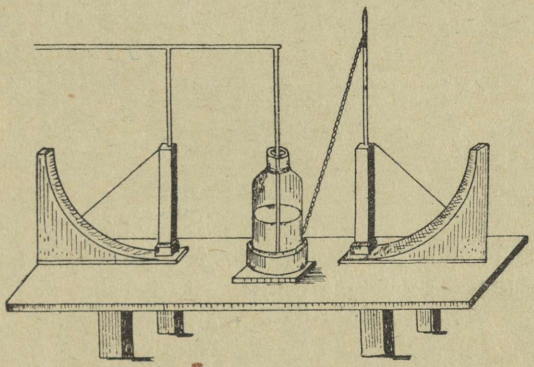
«Nõuan katse otsekohest katkestamist või tema teostamist täiesti ohutuis tingimustes!» nõudis Nollet tungivalt de Romas' poole pöördudes.

«Kodanikud,» pöördus de Romas publiku poole, «palun,

eemalduge võimalikult kaugemale. Trossi lähedal seismine on elukardetav. Muidu olen sunnitud välgupüüdmise katse katkestama . . .»

Rahvahulk astus veidi tagasi, kuid varsti tungles ta uuesti tihedalt de Romas' ümber. Ja ainult tänu sellele, et tuul purustas lohe, katkes ohtlik katse iseenesest.

Nollet tundis sellest osaliselt rõõmu. Väljalt tagasi pöördudes tegi ta de Romas'le etteheiteid, et see muudab tõsised katsed ohtlikuks meelelahutuseks logelevale jõugule.



Joon. 37. Nollet' ehitatud elektrimõõtja.

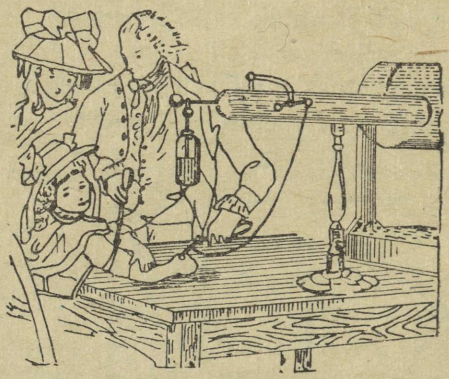
«Mina tegin mõned tähtsad tähelepanekud, millest ma siiski pean veel enneaegseks kõnelda isegi teadlaste koosolekuil,» ütles Nollet.

Nollet leiutas väga lihtsa riista elektri potentsiaali mõõtmiseks. See oli Du Fay riista edasiarendamine, kes laengu olemasolu kindlakstegemiseks torus riputas sellele niidid. Nollet hakkas kahe niidi vahelist nurka mõõtma nende varju järgi nurgamõõtjal nagu ekraanil: mida suurem nurk, seda suurem on keha laengu potentsiaal.

Nollet ei teadnud, et sellelaadiline riist oli juba leiutatud Venemaal professor Richmanni poolt.

Eriti huvitav oli Nollet' arvamus selle kohta, et elekter võib avaldada soodsat mõju taimedele ja loomadele.

«Elekter arvatavasti soodustab taimede kasvu ja teda võib kasutusele võtta arstlikuks otstarbeks,» kirjutas Nollet ühes kirjas.



Joon. 38. Elektriga arstimine. 1787. a. konstrueeris keegi inglise arst ning füüsik esimesena erilise elektrimasina ravi otstarbeks. Seda kasutas ta oma arstipraksises.

Neid katseid ei jõudnud Nollet ise veel korraldada ja oli seepärast väga rõõmus, kui ta sai teada mõnest käe ja sõrmede halvatuse arstimise juhust elektrilaengutega.

13. peatükk.

Professori kangelastegu.

Kogu maailm oli õigustatult vaimustatud Franklini katsetest atmosfääri elektriga õhulohe abil.

Kuid Venemaal teadsid sellest ainult mõned Peterburi elanikud, kes olid lugenud ajaleheteadet ameeriklase Benjamin Franklini kuulsast katsest:



Joon. 39. Akadeemik M. V. Lomonossov näitab Vene keisrinnale Katariina II-le katseid elektriga.

«Keegi ei lootnud, et Ameerikast võis oodata uusi avastusi elektri alal, kuid siiski tehti seal tähtsaimad avastused. Philadelphias Põhja-Ameerikas on härra Franklin muutunud nii julgeks, et kavatseb atmosfäärist ammutada seda hirmsat tuld, mis sagedasti terved maad hävitab . . .»

Richmann ja Lomonossov olid juba varahommikust saadik akadeemias. Nad valmistusid ettekandeks: «Kõne õhunähtustest, mis tekivad elektrist.»

Lomonossovile maksis palju vaeva, et saada luba esinemiseks selle väga tähtsa teadusliku ettekandega. Kauaaegne ja kõikvõimas akadeemia kantseleiülem sakslane Johann Schumacher seisis sellele igati vastu. Schumacheri kava oli igal viisil maha suruda vene teaduse arengut ja soodustada sakslaste tööd. Schumacher pani Lomonossovi vastu käima kümneid salasepitsusi, sealjuures jultunult öeldes: «Ma tegin oma poliitikas suure vea, lastes Lomonossovi professuuri . . .»

Kui Lomonossov nõudis akadeemia laiendamist vene inimeste arvel, siis teine saksa agent akadeemias, Schumacheri väimees Taubert, ütles isegi nii: «Kas meile on vaja kümmet Lomonossovit? Juba ükski on meile koormaks.»

Lomonossov võitles akadeemias kogu oma eluaja sakslastega, sest ta sai sageli aru nende alatuist sepitsustest. Solvav oli näha, kuidas Schumacherid lämmatasid vene teadust.

Kolmandat korda lugesid sõbrad kuuldavalt «Peterburi Teadete» märget. Alguses nad muigasid. Siis läks Mihhailo Vassiljevitš üle näo punaseks, võttis lehe, kortsutas kokku ja viskas kaminasse.

«Peab imestama, kuidas me maha jääme ja kuidas meie valitsejatele ei ole teadused südamelähedased,» ütles ta. «Richmann, meie tegeleme juba aasta aega samaga, millega ameeriklanegi: elektri mateeria on ühtlane välgu mateeriaga ja kui poleks olnud Schumacherit, oleksin ma ise võinud juba ammu sellest enne teisi maailmale teatada. Oma



Joon. 40. Mihhailo Vassiljevitš Lomonossov (1711—1765).

teooria eest elektrijõu põhjusest õhus ei võlgne ma härra Franklinile midagi. Juba möödunud aasta detsembris kirjutasin ma meie presidendile Šuvalovile:

Klaaskerast keerlevast saab ragisedes helke,
just nagu kõue saatel pilvis sähvib välke.
Ehk sarnasust küll nägi, suveni mu meel
jõu vähesuse tõttu selles kahtles veel.

Siis ootamatult levib kuuldus igal pool,
et enam kardetav ei ole piksenool,
et sama jõud, mis äikse ajal pilvis nähtub,
klaaskerast tõeliselt ta keerlemisel lähtub.

Euroopas sellesse on süvenenud mõtted,
sel alal teostamisel mitmed ettevõtted.
Parnassilt minagi nüüd sammud alla sean,
et anda klaasile kõik, mida võin ja tean.

«Bravo, Mihhailo Vassiljevitš! Bravo!» hüüdis vaimustunud Richmann.

«Sõnades on aina «bravo» ja «tubli», kuid teadust on vaja tegudega edasi viia!» ütles Lomonossov äkitselt kuidagi kurvalt ja lisas vähese vaikimise järel: «Hiljuti märkasin ma, et elekter võib tekkida ka selge ilmaga, ilma välgu ja müristamiseta. Minu silma ail eemaldus niit raudvarvast ja tõmbus käe poole.»

«Olen märganud ka sama nähtust,» rõõmustas Richmann. «Kuid sinu oletus välgumasinast saadavate tulede mitmesugusest värvusest on põhjendamatu. Säde on alati ainult sinakat värvi. Teissuguseid ei ole ma seni näinud.»

«Ka minul on vaja isiklikult seda kontrollida!»

Richmann vaatas aknast välja ja märkas, et taevas hakkas pilve minema.

«Vaata, Mihhailo Vassiljevitš! Minu arvates tuleb äikest.»

«Kahtlemata tuleb!» kinnitas Lomonossov. «Võtame, lõpetame «Kõne» projekti ja ruttame igaüks oma koju. Täna on vaja kõiki tähelepanekuid kontrollida!»

Kui veel pimedamaks läks, katkestasid Richmann ja Lomonossov oma töö ja ruttasid koju, et igaüks omas kodus võiks «välgumasina» juures jälgida äikese algust.

* *
*

Sama päeva hilisõhtul kirjutas ülimalt erutatud Mihhailo Vassiljevitš akadeemia presidendile Šuvalovile:

Armuline härra Ivan Ivanovitš. Võtke seda imena, et ma praegu Teie ekstsellentsile kirjutan, sest et surnud ei kirjuta. Ma veel ei tea või vähemalt kahtlen, kas ma olen elus või surnud. Ma tean, et härra professor Richmanni surmas pikne täpselt samasuguses olukorras, milles samal ajal olin minagi.

Tänasel juulikuu 26. päeval[4] *kell üks peale lõunat tõusis põhjast äikesepilv. Müristamine oli erakorraliselt tugev, kuid vihma mitte tilkagi. Vaadates väljaasetatud „välgumasinat" ei näinud ma vähimatki märki elektritungist.*

Ootasin siiski, kuni toitu lauale pandi, traadist tahtlikult esilekutsutud elektri sädemeid; sinna juurde tulid ka minu naine ja teised; ja nii mina kui ka nemad puudutasime vahetpidamata traati ja sinna kinnitatud varba, seepärast et ma tahtsin omada tunnistajaid tule mitmesuguse värvuse kohta, mille üle kadunud professor Richmann minuga vaidles. Samal ajal kui ma kätt hoidsin raua juures, kärgatas pikne äkitselt hirmus kõvasti ja sädemed ragisesid. Kõik jooksid minu juurest ära. Ja naine palus, et ka mina ära läheksin. Uudishimu hoidis mind seal veel paar-kolm minutit, kuni minule teatati, et supp jahtub ära, pealegi oli elektritung peaaegu kadunud. Vaevalt sain ma mõned minutid laua taga istuda, kui äkitselt kadunud Richmanni teenija üleni pisarais ja hirmust hingetuna ukse avas. Ma arvasin, et teda minu juurde tulles teel oli pekstud. Vaevalt suutis ta öelda: „Välk lõi professori maha."

---

[4] Uue kalendri järgi 6. aug. 1753.

Sõitsin nii kiiresti kui vähegi võimalik sinna. Nägin, et ta lamab hingetult. Vaene lesk ja tema ema olid nii sama kahvatud nagu temagi.

Minust hiljuti möödunud surm, tema kahvatu keha, meie vahel olnud üksmeel ja sõprus, tema naise, laste ja koduste nutt mõjusid minusse nii, et ma, vaadates selle näole, kellega me veel tund aega tagasi istusime nõupidamisel ja arutasime oma tulevast avalikku ettekannet, ei saanud hulgaliselt kokkutulnud rahvale avaldada ühtegi sõna ega anda vastust.

Esimene löök tuli „välgumasina" külge seotud joonlauast temale pähe; tema otsaesisel oli näha kirsspunane märk; pikse elektritung väljus temast jalgade kaudu põrandalaudadesse. Jalad ja varbad olid sinised ja king puruks rebitud, kuid mitte põlenud.

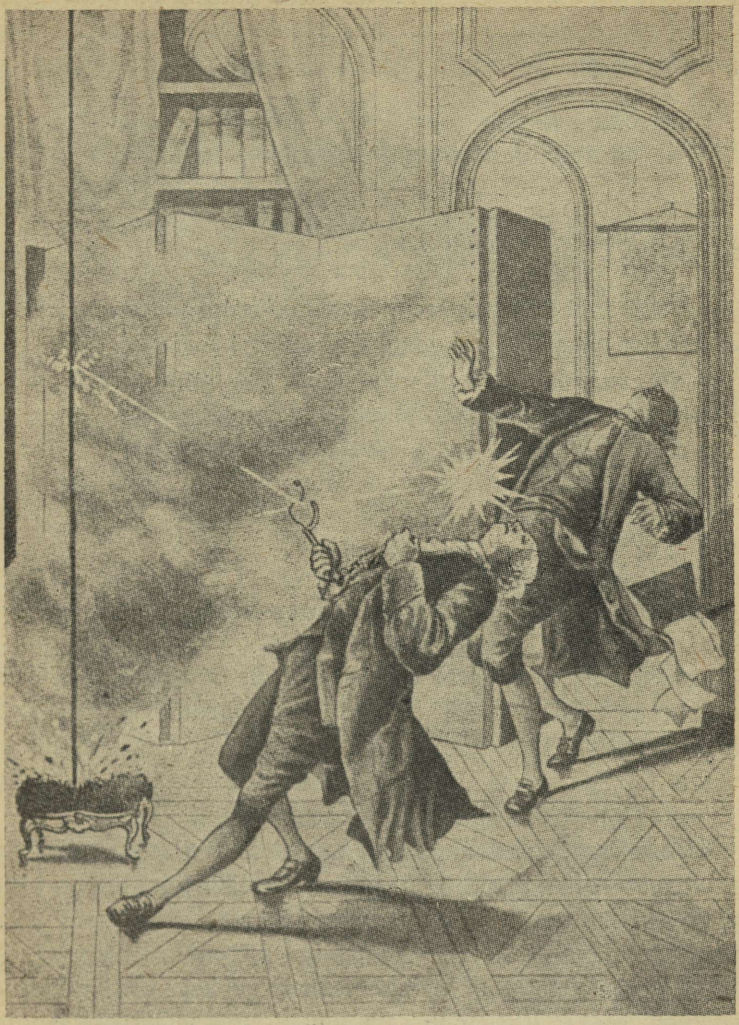
Me püüdsime verd uuesti käima panna, sest ta oli veel soe, kuid pea oli tal vigastatud ja enam ei olnud lootust.

Nii tõestas ta kurva katsega, et välgu elektritungi on võimalik kõrvale juhtida, kuid ainult raudridvaga, mis peab seisma tühjal kohal, kuhu välk võib lüüa nii palju, kui soovib.

Muide suri härra Richmann ilusat surma, täites oma kutsealast ülesannet. Tema mälestus ei kustu kunagi. Kuid tema vaene lesk, ämm ja viieaastane poeg, kes andis häid lootusi, ja kaks tütart, üks kaheaastane, teine poolteise ümber, nutavad nii tema kui ka oma raske õnnetuse pärast.

Seepärast, Teie ekstsellents kui tõsine teaduse armastaja ja kaitsja, olge neile armuline abistaja, et parima professori vaene lesk saaks oma surmani ülalpidamist ja võiks oma poega, väikest Richmanni, kasvatada, et temast tuleks samasugune teaduse armastaja, nagu oli ta isa.

Tema palk oli 860 rubla. Armuline härra! Nõutage se tema vaesele lesele või lastele kuni surmani. Niisuguse



Joon. 41. Professor Richmanni surm.

heateo eest tasub Teile issand-jumal ja mina saan Teid rohkem austama, kui oleksite seda minule teinud.

Et seda juhtumit ei kasutataks teaduse arenemise takistamiseks, palun kõige alandlikumalt armu teaduse ja

Teie ekstsellentsi
kõige alandlikumale teenrile, leinavale
Mihhailo Lomonossovile.

Sankt-Peterburg, 26. juulil 1753. a."

«Richmanni surm on taeva karistus tema jultunud katsete eest,» kisendasid väikekodanlased kurja koorina.

Kolm aastakümmet möödus, enne kui linnavalitsus lubas Peterburis esimesed kuus piksevarrast üles panna.

14. peatükk.

Teaduse ja vabaduse heaks.

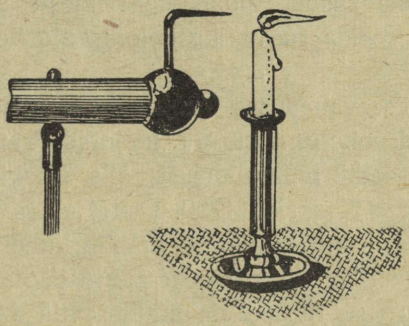
Sellest mälestusväärsest päevast, mil Benjamin Franklin esimesena püüdis äikese elektrit, oli möödunud umbes viisteistkümmend kuud. Selle aja jooksul uuris ta põhjalikult välgu löökide vastu kaitsvat piksevarda tegevust. Franklin paigutas niisuguse aparaadi oma korterisse.

Katusel asetsevast üheksa jala pikkusest ridvast tuli jäme raudtraat otse tuppa; siin oli traat läbi lõigatud ja selle vahele paigutatud pikselaengute läbimise «teataja». Selle ehitus meenutas elektrikella, mille šoti munk Gordon oli 1736. aastal leiutanud. Kahe taldriku vahele oli kinnitatud siidniidi otsas rippuv metallkuulike, mis pidevalt laengut edasi andes võnkus taldrikute vahel. «Teataja» teisest otsast läks traat veekaevu.

Kord, kui kellelgi ei võinud äikest mõttessegi tulla, ennustas Franklin oma kodustele pikse lähenemist. Kahe tunni pärast puhkes tugev äike. Selle eest nimetati Benjamini naljatades «pikseprohvetiks».

17. oktoobril 1753. aastal kirjutas Franklin enda leiutatud piksevarda kohta Londonisse Peter Collinson'ile järjekordse üksikasjalise kirja.

Franklini piksevardad levisid laialdaselt nii Ameerikas kui ka Euroopas. Franklini leiutis tuli kasuks miljoneile inimestele.



Joon. 42. Teravikust väljuv elekter tekitab tuule, mis kustutab küünlaleegi. Teravikust elektri väljumise nähtuse avastas Franklin.

Pärast seda, kui Franklini nimi oli saanud kuulsaks Prantsusmaal ja Itaalias, oli ka Inglismaa Kuninglik Selts sunnitud tema teeneid tunnustama, valides ta oma liikmeks ja isegi autasustades teda kuldmedaliga, kuigi selts ei olnud Franklinilt saanud valimiseks vajalikku isiklikku avaldust. Kui Franklin sellest teada sai, sattus ta lõbusasse tujju.

«Siiski valisid! Isegi medali annetasid. Kuid mis õpetlane mina siis olen! Ma pole lõpetanud isegi algkooli . . .»

Philadelphia elanikud uhkustasid oma kuulsa kaaskodanikuga. Tal oli palju teeneid, mitte ainult nende, vaid kogu Ameerika ees.

Franklin asutas Ameerikas esimese ülikooli, organiseeris maailmas esimese avaliku raamatukogu, kust laenutati raamatuid kodus lugemiseks, asutas esimese ühiskondliku haigla. Temast sai üks Uus-Inglismaa juhte võitluses selle iseseisvuse ja uue vaba Ameerika riigi asutamise eest.

Kui ei oleks olnud tema suurt ühiskondlikku tegevust, oleks Franklin osutanud veel palju teeneid tärkavale teadusele elektrist. Kuid ta ei saanud rahulikult tegelda teadusega, kui oli otsustamisel sadade tuhandete inimeste saatus ja neid oli vaja välja rebida röövellike kolonisaatorite hundilõugade vahelt.

Juba kõrges vanaduses (kaheksakümnenelja-aastaselt), mõned päevad enne oma surma, kirjutas Franklin, kes juba lapsepõlvest saadik põlgas orjust, alla üleskutsele neegrite vabastamiseks. 17. aprillil 1790. aastal uinus suur ameeriklane igaveseks. Kogu kultuurne maailm tundis sügavat kurbust koos ameerika rahvaga selle suure kaotuse puhul.

Kuulus prantsuse filosoof ja matemaatik Jean d'Alembert ütles Franklini kohta:

«Ta võttis taevalt välgu ja türannidelt võimu!»

Pärast Franklini surma kuulutati Ameerika Ühendriikides välja kuuajaline lein suure rahvusliku kaotuse tähistamiseks.

Vene Teaduste Akadeemia osutas au kuulsale elektriuurijale, valides tema akadeemia jäädavaks liikmeks.

Ometigi ei saadud Franklini teooriaga ühtsest elektrimateeriast seletada mõningaid elektrinähtusi, ja see tuli kõrvale heita. Palju tõenäolisemaks osutus inglase Robert Symmeri poolt püstitatud teooria kahesugusest elektrist.

Imelik juhus kiirendas selle teadusele tähtsa teooria tekkimist.

Ühe sir'i sukad.

See juhtus Londonis 1759. aastal. Inglise Kuningliku Seltsi liige Robert Symmer kandis tavaliselt ülestikku kaht paari siidsukki, valgeid ja musti, esimesi teiste peal. Kord pimedas sukki jalast ära võtma hakates märkas ta kummalist nähtust: pealmise ja alumise sukapaari vahel karglesid kerge praksumisega väikesed elektrisädemekesed. Kui imestunud õpetlane süütas küünla, nägi ta, et jalast võetud sukad olid paisunud suureks nagu härja põied. Ja kõigele lisaks tõukasid ühevärvilised sukad üksteist eemale, ning vastupidi — valge ja must püüdsid teineteist külge tõmmata.

«Mida see küll võiks tähendada?» mõtles erutatud õpetlane.

Pärast korduvaid katseid sukkadega jõudis Symmer järgmisele lahendusele:

«Esialgu ei avaldanud sukad mingeid elektrilisi omadusi, kuid sukkade jalgapanek ja jalast võtmine elektriseeris nad. Nagu teada, on kehad võimelised hõõrumise tõttu elektriseeruma. Valgete ja mustade sukkade erisuguse elektrilise oleku põhjuseks võib olla värvi koosseis, millega on värvitud minu mustad sukad. Igal juhul näitab see katse, et tuleb oletada kõigis kehades kahe vastandliku elektri olemasolu võrdses hulgas, mis neutraliseerivad ja seovad üksteist, mille tõttu harilikus olukorras ei ilmne kumbki neist. Elektriseerituks muutub keha siis, kui temas tekib üht liiki elektri ülekaal võrreldes teisega. Selles ongi kogu asi!»

Symmer jutustas sellest huvitavast nähtusest oma kolleegidele, Kuningliku Seltsi liikmeile. Robert Symmeri teooriat nimetati dualistlikuks (kahesus-) elektriteooriaks.

Symmeri jutustus sukkadest valmistas õpetlastele palju lõbusaid minuteid. Paljud tegid selle katse juba samal õhtul.

Ometigi ei tulnud ükski akadeemik sellele, et Symmeri avastus ei sisalda midagi uut. Sest kaht liiki elektri avastas juba üle kahekümne viie aasta tagasi prantsuse füüsik Charles Du Fay, kelle tööd selleks ajaks juba oli jõutud unustada.

Londoni akadeemikud võtsid Symmeri teooria vaimustatult vastu. Sellega oli kerge seletada kõiki tollal tuntud tähelepanekuid elektriga katsetamisel.

16. peatükk.

Ammutamatu allikas.

Inglise õpetlane John Canton näitas 1753. aastal, et iga keha on võimalik elektriseerida mõlemat liiki elektriga, olenevalt keha pinnast ja hõõrumiseks tarvitatava aine valikust.

Näiteks ei elektriseeru klaas mitte alati positiivselt: kui hõõruda poleeritud pinnaga klaasi flanelliga, elektriseerub ta negatiivselt.

Kaua aastaid püsinud, klaaskeraga või silindriga varustatud elektrimasina asemele leiutati katseteks väga otstarbekohane lamedate klaaskettakestega elektrimasin. Kes oli otseselt selle masina leiutaja, on raske öelda: ajavahemikul 1755. kuni 1766. aastani ilmus mitte vähem kui neli leiutajat. Igal juhul võttis kettaga masina esimesena tarvitusele inglise mehhaanik Ramsden, kes teiste hulgas pretendeeris esimese leiutamise õigusele.

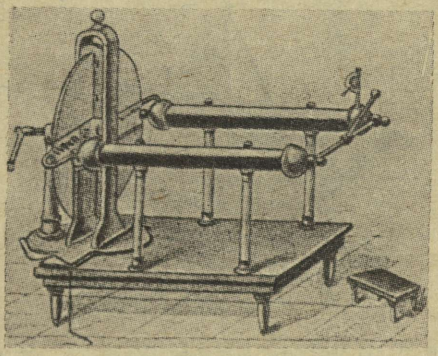
Elektri saamiseks ei ole enam vaja hõõruda klaasi käega. Ramsdeni masinas hõõrdus klaasketas pöörlemisel vastu nahkpadjakesi. Elektrilaengud koguti metallsilindreile — konduktoreile.

Ramsden ehitas masinale erilise mõõtja — elektromeetri. Ühele konduktorile oli kinnitatud metallpulgake. Paralleel-

selt sellele kinnitas Ramsden kergele liigendile lühikese õlekõrrekese. Konduktori elektrilaengu mõõduks oli kõrrekese kaldenurk.

Õpetlane Wilke ja tema sõber Aepinus, pärastine Peterburi Teaduste Akadeemia liige, tegid väga tähtsaid tähelepanekuid kehade elektriseerimisel, ilma et neid oleks laetud kehadega ühendatud.

Nende teadlaste arvates toimub igas kehas oleva kahesuguse elektri jagunemine, kui positiivselt elektriseeritud juhile

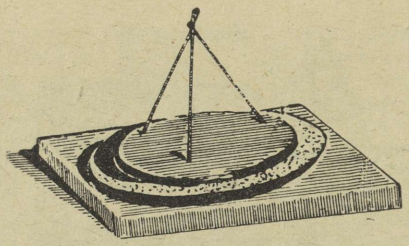


Joon. 43. Ramsdeni elektrimasin.

lähendatakse isoleeritud, kuid mitte elektriseeritud teine juht. Erisuguste märkidega laengute vastastikuse külgetõmbe tagajärjel koguneb negatiivne elekter teise juhi sellesse otsa, mis on pööratud positiivselt laetud juhi poole. Positiivne elekter aga püüab tungida vastaspoolsesse otsa. Kui nüüd käega puudutada seda otsa, siis lähevad positiivsed laengud keha kaudu maasse ja teise juhti jääb ainult negatiivne laeng.

1762. aastal tegi Karl Wilke elektri kohta uue huvitava tähelepaneku, mida kaua aega ükski õpetlane ei osanud seletada.

Wilke teostas katseid tasapinnalise Leydeni «purgiga», mille moodustas kahelt poolt metalliga kaetud klaasplaat. Sellise tasapinnalise purgi laadinud, võttis Wilke ühe metallkatte ära ja andis selle laengu teisele purgile, et katet tühjendada. Siis pani ta katte endisele kohale ja võttis veel teiskordselt ära. Seejuures märkas Wilke imestusega, et kattele oli tekkinud uus laeng. Wilke tühjendas uuesti katte ja pani jälle klaasile; üles tõstes märkas ta jälle uut laengut. Seda katset kordas ta järgemööda mitu päeva, kordagi plaate



Joon. 44. Volta elektrofoor.

laadimata, ja alati tekkis kattele ikka ja jälle uus elektrilaeng.

Nagu ei saanud kunagi täis legendaarsed danaiidide vaadid, nii ei saadud ka vast-avastatud riista elektrilaengust tühjaks ammutada.

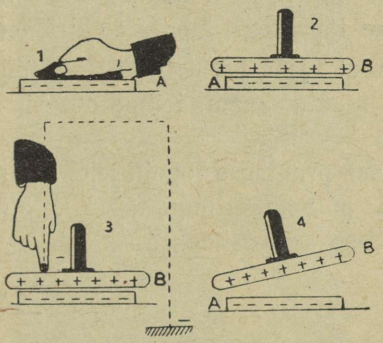
Wilke kõneles oma tähelepanekuist mõnele õpetlasele, kes samuti hämmastusid katse tagajärgedest. Avaldati mitmesuguseid oletusi, kuid ühtegi neist ei võetud vastu.

Kaksteistkümmend aastat hiljem muutis noor itaalia füüsik Alessandro Volta pisut Wilke katse kuju.

Volta riist, mida hiljem hakati nimetama elektrofooriks, on püsinud oma esialgsel kujul kuni meie ajani. Ta kujutab endast metallalust sellele kinnitatud vaigust kettaga, millele asetatakse isoleerivast ainest käepidemega metall-

plaat. Vaikketast tuleb hõõruda karusnahaga, s. o. laadida ta negatiivse elektriga, ja asetada sellele pealmine plaat. Sellel plaadil asub kaht liiki elektrit, seni kuni katsetaja ei puuduta seda sõrmega.

Puudutades plaati sõrmega, juhime negatiivse elektri oma keha kaudu maasse, ja ülemisele plaadile jääb ainult positiivne laeng, millega võib mõnd teist keha laadida. Asetades pealmise plaadi uuesti vaikkettale, teostame uuesti sealoleva elektri jagunemise. Pärast laengu juhtimist käe kaudu



Joon. 45. Volta elektrofoori laadimine: 1 — vaigust ketta A hõõrumine karusnahaga; 2 — ketta B asetamisel kettale A elektriseerub ketas B; 3 — ketta B negatiivne laeng juhitakse maasse; 4 — ketas B on laetud positiivselt.

maasse ilmneb pealmises plaadis uuesti järelejäänud vastasnimeline laeng. Selliselt võib katset korrata kui palju kordi tahes.

Nii selgitas Volta, tuginedes Robert Symmeri teooriale kahe erineva elektri olemasolust, Wilke katse.

Kogu õpetatud maailma tähelepanu pöördus siis noorele õpetlasele. Ja elektrofoori avastamise au jäi temale.

1778. aastast alates hakkasid mõned õpetlased positiivset elektrit märkima plussiga (+) ja negatiivset miinusega (—).

Selle märkimise võttis kasutamisele üks elektri uurijaid — füüsik Georg Lichtenberg. Tema märkas esimesena, et kui juhtida teravikult elekter elektrofoori vaikketta pinnale ja see siis vaigupulbriga üle riputada, siis jääb pulber ainult kohati vaigu pinna külge. Moodustuvad mitmesugused mustrid ja kujundid, milliseid hiljem hakati nimetama Lichtenbergi kujundeiks. Positiivse ja negatiivse elektri puhul on need kujundid erinevad.

Juba XVIII sajandi keskpaiku oli kogunenud palju uusi tähelepanekuid, fakte ja avastusi. Kuid ikkagi ei saanud keegi küllaldase täpsusega mõõta elektrienergiat.

Juba ammusest ajast mõõdeti paljusid füüsikalisi suurusi: pikkust, laiust, mahtu, kaalu, temperatuuri, kiirust ja liikumise takistusi.

Esimesena sai prantsuse õpetlasele Charles Coulomb'ile selgeks elektri- ja magnettungi täpse mõõtmise vajalikkus. Tema teostaski selle ülesande.

17. peatükk.

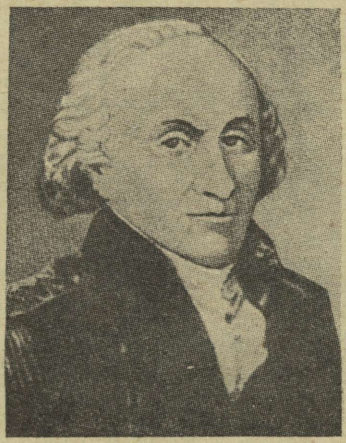
Esimene seadus.

Kuulus prantsuse õpetlane füüsik Charles Coulomb tegi kaua aega sõjaväeteenistuse kõrval teaduslikku tööd. Magnetiliste ja elektriliste nähtuste vastu huvi tundes seadis Coulomb endale ülesandeks mõõta elektriga laetud kehade külgetõmbe- ja eemaletõuketungi.

Et oma kavatsust teostada, kasutas Coulomb tema enda poolt 1784. aastal leiutatud keerdkaalu, millega ta uuris niitide ja traatide keerutamist.

Keerdkaal osutus selleks tähelepanuväärseks riistaks, mille abil Coulomb esimesena teostas täpseid elektri- ja magnettungide mõõtmisi.

Coulomb'i keerdkaalude ehitus oli üsna lihtne. Laia klaassilindri kaande oli paigutatud pikk klaastoru, milles rippus peenike hõbetraat. Traadi ülemine ots oli kinnitatud toru ülemist otsa sulgeva korgi külge. Traadi alumise otsa külge oli horisontaalselt riputatud elektrit mittejuhtivast materjalist pulgake. Selle pulgakese ühte otsa kinnitas Coulomb leedripuusüdamikust kuulikese ja teise otsa tasakaalu saavu-



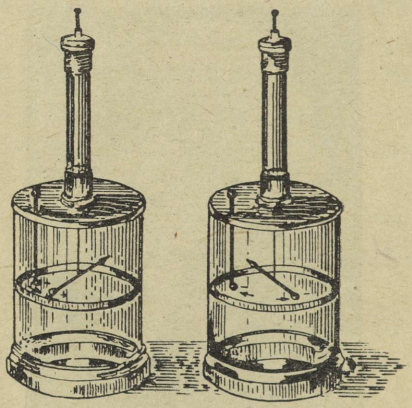
Joon. 46. Charles Coulomb (1736—1806).

tamiseks paberist sõõri. Silindri kaanes oli ava, millesse võis vertikaalselt paigutada elektrit juhtivast ainest varva samasuguse leedripuusüdamikust kuulikesega alumises otsas.

Vertikaalse varva külge kinnitatud leedripuusüdamikust kuulike sai elektrilaengu ja, puudutades teist niisama suurt elektriseerimata kuulikest, andis sellele poole oma laengust. Seejärel tõukasid võrdselt ühenimelise elektriga laetud kuulikesed üksteist eemale. Kuid liikuda võis ainult üks kuulike, see, mis oli kinnitatud horisontaalsele pulgakesele.

Seejuures tõmbus hõbetraat keerdu, seni kuni tema vetruvustung võrdus laengute vastastikuse toimega. Niisiis võis viimase jõudu mõõta hõbetraadi keerdutõmbumise nurga järgi.

Katsetamisel saadud arve kõrvutades tegi Coulomb kindlaks, et laengute vastastikune mõju sõltub kaugusest kuulikeste keskpunktide vahel: kui vahe väheneb kaks korda, kas-



Joon. 47. Coulomb'i keerdkaalud.

vab tõuketung neljakordselt, väheneb vahe aga neljakordselt, kasvab vastastikune mõju kuueteistkümne-kordselt.

«4 ja 16 on arvude 2 ja 4 ruudud. Tähendab, vastastikune tõukejõud on pöördvõrdeline elektriseeritud kuulikeste keskpunktide vahelise kauguse ruuduga,» arutles Coulomb.

Coulomb'i tähelepanuväärne järeldus osutus õigeks ka magnetite vastastikuse mõju mõõtmisel.

Seda seadust, millele anti Coulomb'i nimi, tunnustasid kõik füüsikud ja ta sai aluseks elektrilaengute ja magnettungide mõõtmisel.

Nii astus teadus elektrinähtuste uurimise alal veel sammu edasi.

Muidugi mõista ei aidanud lihtne õnnestumine või õnnelik juhus avastada looduse saladusi. Hiiglatöö, visa eesmärgile püüdmine ja andumus teadusele viisid elektriuurijaid uutele tähelepanuväärsetele avastustele.

18. peatükk.

Bologna konnade krambid.

Ühel septembrikuu päeval 1786. aastal juhtus itaalia arstiteaduse professori Luigi Galvani laboratooriumis Bolognas sündmus, mis vapustas kogu maailma õpetlasi.

Kuulajaskond oli juba ammu lõpetanud oma töö. Galvani laboratooriumi oli jäänud neist ainult üks, kes tihti oli professorit tema töös abistanud.

Galvani lahkas konna, asetas selle lauale ja kutsus oma naise, et näidata talle konna jäsemete paljastatud närve. Galvani naine oli anatoomiast huvitatud ja armastas vabal ajal jälgida loomadega tehtavaid katseid. Siis läks Galvani pesukausi juurde, et käsi pesta.

Kui ta mõne minuti pärast laboratooriumi tagasi pöördus, märkas ta kohe, et tema õpilane ja naine on erutatud.

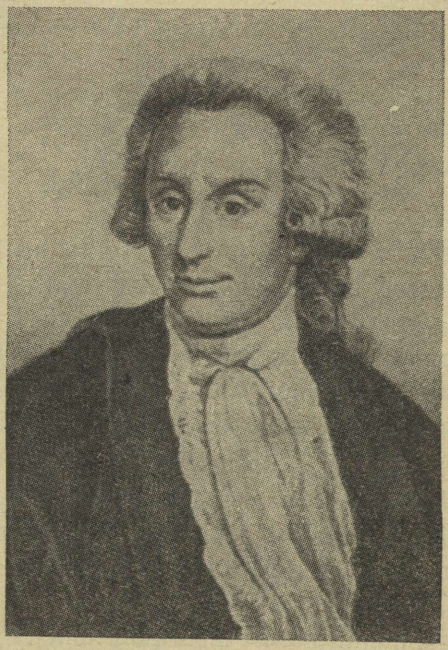
«Milles asi on, sõbrad?» küsis Galvani.

«Nägime praegu väga kummalist asja,» vastas õpilane Galvanile nõutul ilmel. «Kui ma noa otsaga puudutasin teie poolt lahatud konna puusanärvi, liigutas konn ennast, nagu oleks ta elus — jäsemete lihased tõmbusid äkki kokku nagu tugeva krambi puhul.»

«Luigi,» ütles Galvani naine, täiendades hämmastunud õpilase jutustust, «ma märkasin, et krambid tekkisid samal ajal,

kui laual olev elektrimasin andis sädeme. See on enam kui arusaamatu, see on otse ime!»

«Veider võib see küll olla, kuid ime mitte milgi juhul. Korrakem katset. Enne aga öelge mulle, kus kumbki teist seisis, kuidas te hoidsite nuga — kas peast või terast... Ühe



Joon. 48. Luigi Galvani (1737—1798).

sõnaga, püüdke meenutada kogu olukorda, milles see nähtus toimus,» ütles Galvani.

Tähelepanelikult nende üksikasjalise seletuse ära kuulanud, asus Galvani konna «elektriliste krampide» esimeste pealtnägijate kaasabil katsetama.

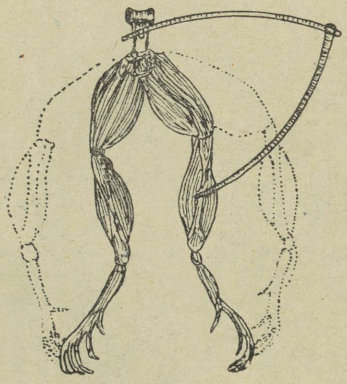
Ta töötas visalt elektrilaengute mõju selgitamise kallal loomade lihastele.



Joon. 49. Galvani demonstreerib oma kolleegile rõdu raudvõre külge riputatud konna jäsemelihaste kokkutõmbumise katset.

Ta leidis, et konna lihaste kokkutõmbumine toimus kõige tugevamini neil juhtudel, kui jalg oli juhtme kaudu ühendatud maaga, elektrimasina konduktor asetses lähedal ja sellest tekkis säde. Peale konnade korraldas Galvani niisuguseid katseid ka teiste loomadega.

Hiljem jälgis Galvani pikse mõju konna lihastele. Selleks kinnitas ta äikese ajal konna tagumiste jäsemete närvide



Joon. 50. Galvani avastus. Puudutades üheaegselt prepareeritud konna närvi ja lihast, võib tema jäsemeis esile kutsuda tõmblemisi.

külge katuselt allalastud pika traadi, lihaste küljest aga juhtis ta traadi kaevu.

Välguga üheaegselt toimus konna lihaste tugev kokkutõmbumine, mis ajaliselt langes välguga ühte, s. o. toimus enne müristamist.

Galvani riputas mõned lahatud konnad oma maja ümbritseva raudaia külge. Konnad rippusid raudkonksudel, mis olid nende seljaüdist läbi pistetud. Kokkutõmbeid tekkis, kuid harva ja väga nõrku. Galvani otsustas korraldada katse kinnises ruumis.

Ta viis konna tuppa, pani raudplaadikesele ja puudutas viimast seljaüdist läbipistetud konksuga. Seejuures tekkis konna jäsemelihaste tugev kokkutõmbumine.

Lihaste kokkutõmbumine toimus ka sel juhul, kui konna närv kaeti stannioliga ning lihaseid ja puusanärvi ühendava juhtme vahele lülitati mõned üksteisel käest kinni hoidvad inimesed. Siis tärkas Galvanil esmakordselt mõte, et igas loomas on elekter.

«Te näete, et elektri saamiseks ei kasutanud ma mingisuguseid elektrimasinaid,» ütles Galvani oma õpilastele. «Kust ilmus siis elekter? Ma kaldun arvama, et elektriallikaks on tõenäoliselt konn ise. Meie katse sunnib meid mõtlema, et eksisteerib l o o m n e e l e k t e r. Arvan, et loom võib liikuda tema kehas oleva elektri tõttu.»

Möödusid veel mõned aastad, enne kui Galvani lõpetas ja 1791. aastal avaldas mahult väikese töö «Traktaat elektritungist lihaste liikumisel».

19. peatükk.

Teaduslik kahevõitlus.

Galvani avastuse mõjul algas kõigi maade füüsikalaboratooriumides elektri uurimise alal uuesti elav töö.

Õpetlased-füüsikud, nende hulgas ka itaalia professor Alessandro Volta, kes oli juba tunnistatud «esimeseks autoriteediks elektri alal ja geeniuseks füüsikute hulgas», kinnitasid kümnete uute katsetega Galvani õpetust loomse elektri olemasolust.

3. aprillil 1792 kirjutas Volta ühele oma sõbrale, Milaano arstile, et samuti nagu Galvani oli ta kindlaks teinud konna jäsemete tõmblemise väga nõrkade Leydeni purgist saadud

laengute mõjul, samuti nende iseseisva tõmblemise, kui ahelasse lülitati metalljuhid. Järgmistes kirjades, ikka veel tunnistades «loomse elektri» olemasolu, pöörab Volta pea tähelepanu asjaolule, et katse ahela osad ja juhid keti lülitamiseks peavad tingimata koosnema eri liiki metallidest. Kuigi Galvanil mõnikord õnnestusid katsed ühesugusest metallist juhtidega, siis Volta arvates see metall ei olnud tõenäoliselt siiski ühesugune. Üks ja sama traat, mis on eri osades erinevalt töödeldud, ei ole enam ühesugune. Arvatavasti kasutaski Galvani oma katsetel niisugust traati.

Volta näitas, et kahe eri liiki metalli abil võib saavutada isegi üksikute väikeste lihaskimbukeste kokkutõmbumist. Nende katsete ajal tärkas Voltal järgmine mõte:

«Kas poleks võimalik tekitada omaenda keele lihaste kokkutõmbumist?»

Sel eesmärgil pani Volta keeleotsale ribakese stanniioli, keele keskele aga hõberaha ja ühendas need kumera metallplaadikesega. Ming.sugust keelelihaste kokkutõmbumist ei tekkinud. Kuid suus tundis Volta haput maitset.

Need katsed viisid Volta järgmisele arutelule:

«Galvani katsetel on elektriallikaks konn. Kuid mida kujutab endast konn või mõni teine loom? Kõigepealt on seal närvid ja lihased ja neis mitmesugused vedelikud. Kui preparеeritud konna närvid ja lihased ühendada kahe eri liiki metalliga, siis niisuguse ahela ühendamisel ilmneb elektriline toime. Minu viimases katses esinesid ka kaks eri liiki metalli — stanniol ja hõbe —, vedeliku aset aga täitis sülg. Ahelat ühendades lõin tingimused pidevaks elektrivedeliku liikumiseks ühest kohast teise. Kuid ma oleksin võinud pista need metallesemed lihtsalt vette või süljega sarnanevasse vedelikku? Milleks siin veel on vaja «loomset elektrit»?»

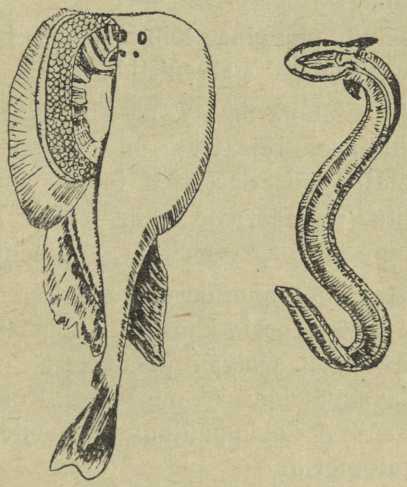
Paljude katsete tulemusena ei jäänud Voltal mingisugust kahtlust selles, et Galvani katsetes tõelisteks elektri

tekitajateks on eri liiki metallid nende kokkupuutumise puhul.

«Ma kinnitan, et konna koivad pole midagi muud kui tundlik elektroskoop,» ütles Volta 1793. aastal.

Täpselt aasta hiljem kirjutas Volta oma sõbrale doktor Vasallile:

«... Veendusin juba ammu, et kogu toime lähtub metallidest, millede kokkupuutest elektrivedelik läheb niiskesse või



Joon. 51. Elekterrai (vasakul) ja elekterangerjas (paremal) on kalad, kes on võimelised tootma elektrit enda kaitseks kallaletungi puhul.

vedelasse kehha. Sel alusel pean ma end õigustatuks lugema kõik uued elektrinähtused metallidest olenevaiks ja asendama nimetuse «loomne elekter» väljendiga «metalliline elekter».»

Sellest peale algas füüsikuil äge vaidlus. Ei vaielnud mitte üksnes Galvani ja Volta. Õpetlased jagunesid kahte vastas-

leeri. Kõige raskemalt elas selle vaidluse läbi galvanismi aluste looja — Luigi Galvani ise.

«Loomne või metalliline elekter?», «Galvani või Volta?», selliste karjuvate pealkirjadega ilmus nüüd artikleid ja märkmeid teaduslikkudes ajakirjades.

Vaidlevate õpetlaste korterid muutusid teadusliku sõja staapideks. Vastased jälgisid pinevalt teise vaidleva poole iga uut katset ja arvustasid karmilt ning teravalt iga vähimatki eksitust.

«Lihaste kokkutõmbumine võib esineda ka ainult ühe metalli puhul,» tõendasid galvanistid.

«Katse ei ole võimalik ilma kahe eri liiki metallita! Teie metall ei ole ühtlane! Teie traat on kummastki otsast erisuguselt karastatud või erisuguselt taotud või ei ole ühtlaselt oksüdeeritud, seepärast tekib elekter, kuid mitte loomne, vaid metalliline,» vaidlesid voltaistid vastu.

Galvani teostas koos oma õepoja Aldiniga uue seeria katseid «loomse elektri» teooria kaitseks. Otsustati metallid katsest täiesti kõrvaldada. Galvani pani ette isegi konnade lahkamist teostada ainult klaasist nugadega. Kuid ka sel juhul saavutati puusanärvi kokkupuutumisel lihastega hästi märgatavaid kokkutõmbeid.

Palju hilisemad uurimused kinnitasid aga, et loomade lihastes tõesti tekib elekter. Selle elektri nähtusi vaatleski Galvani. Kuid hiljem tõestati samuti, et ka Voltal oli õigus — sest kahe erisuguse juhi kokkupuutel elektriseeruvad nad mõlemad. Nii oli mõlemal suurel füüsikul õigus — kummalgi oma moodi.

Kuid selle teadusliku kahevõitluse otsustaval momendil osutus Galvani võimetuks tüli jätkama. Ta märkas, et isegi Aldini hakkas Volta mõjul ikka rohkem kalduma «metallilist elektrit» tunnustama. Volta õpilased ja pooldajad kir-

jeldasid ikka sagedamini katseid, mis kinnitasid nende teooriat.

Sel ajal toimusid tähtsad poliitilised sündmused. Napoleoni armee tungis Itaaliasse. Keeldudes andmast ustavuse tõotust uuele Tsisalpiini valitsusele kaotas Galvani oma professorikoha. Erutused ja viletsus viisid Galvani 1798. aastal, tema kuuekümne esimesel eluaastal hauda.

20. peatükk.

Geniaalne avastus.

21. novembril 1800. aastal astus Alessandro Volta Pariisi Prantsuse Rahvusliku Instituudi täiskoosolekule saali tribüünile. Oli möödunud kaks nädalat tema esmakordsest esinemisest selles teaduslikus asutuses.

Diskussioonis Galvanit võitnud «kuulsat Voltat» tulid nüüd kuulama mitte ainult hallipäised õpetlased, nagu oli Volta isegi, vaid ka palju õppivat noorsugu. Auvõõraste hulgas istus noor kuulsusrikas kindral — Prantsusmaa esimene konsul Napoleon Bonaparte.

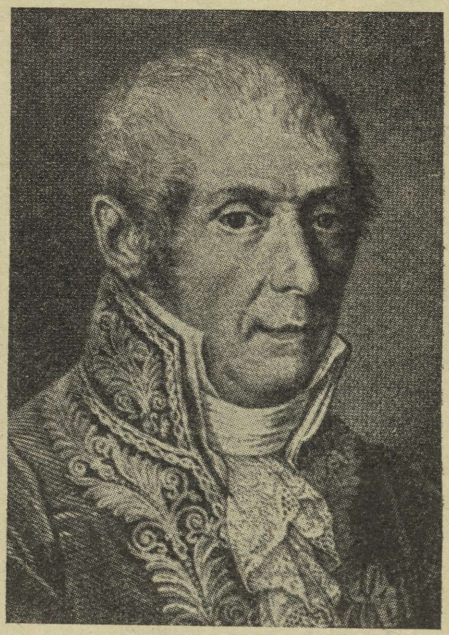
Voltat tervitati müriseva kätepiaginaga ja talle anti lilli. Kannatamatult ootasid kõik seda momenti, millal ta alustab oma ettekannet.

«Austatud kolleegid ja kodanikud!» ütles Volta. «Olen teinud uue avastuse, mis tõestas metallilise elektri olemasolu ja võimaldab kergesti elektrit saada.

Võtsin mõned ümmargused hõbe- ja tsinkplaadid. Hõbeda asemel võib kasutada ka vaskplaate. Iga plaadipaari isoleerisin nõrgas leeliselahuses immutatud kaleviga. Kõik need plaadid asetasin korrapäraseks sambaks, nii et ühes samba otsas oli hõbeplaat ja teises tsinkplaat. Nende äärmiste

plaatide külge ühendasin traadiotsad. Puudutades traatide vabu otsi sain väga tunduvaid elektrilööke, sarnaseid nendega, mida saadakse ketas-elektrimasinaga laetud Leydeni purgist.

Keeleotsaga traate puudutades sain terava maitseaistingu. Kui ma kord asetasin samba mõlemast otsast tulevad

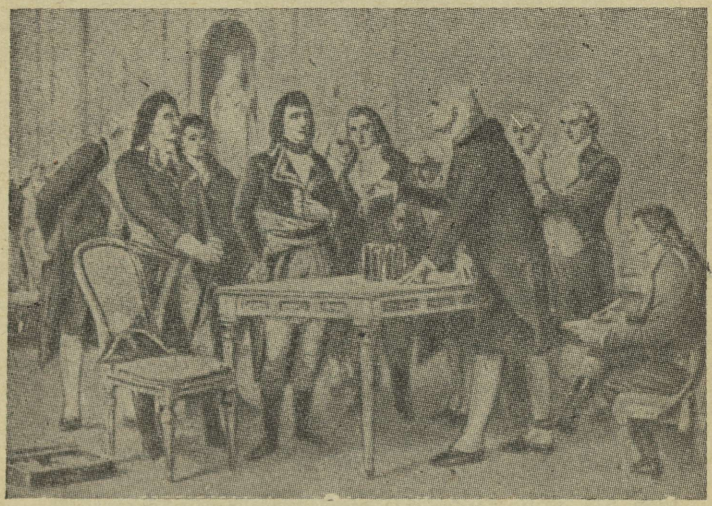


Joon. 52. Alessandro Volta (1745—1827).

traadid kõrvadesse, tundsin peas niisugust praksumist, et otsustasin seda katset mitte enam korrata ...

«Mis on siis elektri tekkimise põhjuseks?» küsisin ma endalt, samuti nagu igaüks teistki oleks teinud. Mõtisklused tõid mind ühele otsusele: kahe ise liiki metalli, näiteks hõbeda ja tsingi vastastikune kokkupuude häirib mõlemas

metallis oleva elektri tasakaalu. Metallide kokkupuute kohal siirdub positiivne elekter hõbedalt tsingile ja kõguneb viimasele, kuna negatiivne elekter koondub samal ajal hõbedale. Tähendab, elektri mateeria vahetab kindlas suunas oma asukohta. Kui ladusin hõbe- ja tsinkplaadid ilma vahekihita üksteise peale, nii et tsinkplaadid olid kokkupuutes hõbedastega, muutus nende ühine toime nulliks.



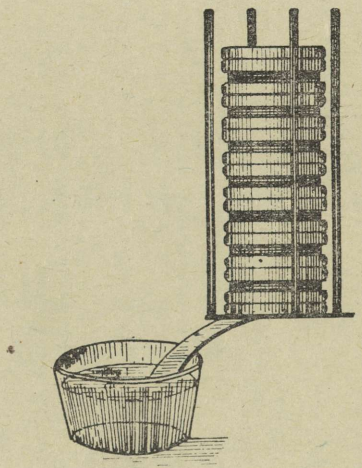
Joon. 53. Volta selgitab Napoleonile oma elektrisamba printsiipi.

Niisiis, et suurendada elektri toimet või liita seda, tuleb iga tsinkplaat viia kokkupuutesse ainult ühe hõbedasega ja panna järjestikku võimalikult suur arv selliseid paare. Selle saavutan siis, kui ma igale tsinkplaadile panen märja vahekihi, isoleerides teda sellega järgneva paari hõbeplaadist.

Peale samba leiutasin ma purk- ehk klaas-elektririista, elektri tekitaja. Võtsin mõned klaasid, valasin neisse hapes-

tatud lahust ja asetasin igaühesse ühe pika hõbeplaadi ja ühe pika tsinkplaadi.

Asetasin nad nii, et plaadid üksteist ei puudutaks. Iga plaadi külge kinnitasin pikendatud metallkonksu, mille abil ühendasin iga tsinkplaadi teises klaasis oleva hõbeplaadiga. Kui ühendasin selle ahela esimese klaasi hõbeplaadi viimase klaasi tsinkplaadiga, tekkis samasuguseid elektrilisi nähtusi



Joon. 54. Volta sammas (joonise järgi Volta raamatust).

nagu sambaga. Nii näete, et leiutasin alaliselt tegutseva elektriallika. Seda riista võib võrrelda laetud Leydeni purkide patareiga. Kuid purkidest erinevalt laeb minu riist pärast igakordset tühjendamist ennast alaliselt ise... Igaüks siinolijaist võib korrata kõiki minu vaatlusi. Igaüks teist võib nüüd minu vahendeid kasutades kergesti saada elektrit...»

Koosolijad plaksutasid tormiliselt käsi, Volta astus tribüünilt alla. Keegi juhtis ta Napoleoni juurde. Kui esimene

konsul surus õpetlase kätt, kostsid uuesti kiiduavaldused ja tervitushüüded.

Napoleon tegi korralduse moodustada kohe eriline õpetlaste komisjon Volta katsete kordamiseks ja nende kirjelduse levitamiseks füüsikute seas. Ta lootis, et hilisemad saavutused sel alal teevad võimalikuks nende kasutamise sõjatehnikas.

1. detsembril 1801 teatas Prantsusmaa Rahvusliku Instituudi erikomisjoni aruandja füüsikaprofessor Jean Biot kõigi Volta katsete kõige hiilgavamast kinnitamisest. Selle tagajärjel autasustas Rahvuslik Instituut Voltat Napoleoni ettepanekul instituudi suure kuldmedaliga ja asutas kaks suurt rahalist preemiat füüsikute paremate tööde eest sel uuel alal.

Pärast seda ei teinud Volta enam mingeid tähelepanuväärseid avastusi. Kaaskodanike austuse ja tähelepanu osalisena elas ta kuni kaheksakümne teise eluaastani ja suri 5. märtsil 1827. aastal oma sünni- ning kodulinnas Como's.

21. peatükk.

Unustatud „teade".

Sõnum galvaanilise elektri avastamisest jõudis 1801. aastal ka Peterburisse.

Peterburi Meediko-kirurgilise Akadeemia[5] noor füüsikaprofessor Vassili Vladimirovitš Petrov tahtis sellel uuel teadusalal korraldada katseid, kuid akadeemia füüsikakabinetis ei leidunud vajalikke vahendeid.

Vassili Vladimirovitš Petrov oli sündinud 19. juulil 1761 Obojani linnas Kurski kubermangus. Kirjaoskust õppis ta

[5] Nüüd P. M. Kirovi nimeline Sõja-meditsiini Akadeemia.

vähese haridusega köstri juures. Andekas poiss omandas ruttu aabitsatarkuse ja hakkas siis isale peale käima, et see paneks ta teise õpetaja juurde. Omaksed viisid Vassili Petrovi Harkovisse ja panid ta kõrgemasse vaimulikku kooli, niinimetatud «kolleegiumi». Siin mõne aja õppinud, hakkas Vassili Petrov oma kirjades isalt tungivalt paluma, et teda teise kooli üle viidaks. Noormehe palavaimaks sooviks oli anduda tõsiselt füüsika ja matemaatika õppimisele. Ta lahkus Harkovi kolleegiumist, sõitis Peterburisse ja astus õpetajateseminari. Kuid ka see kool ei suutnud rahuldada Vassili Petrovi teadusjanu.

1778. aastal sõitis Vassili Vladimirovitš seminari kursust lõpetamata Siberisse Barnauli linna Kolõvansko-Voskressenski mäenduskooli füüsika- ja matemaatikaõpetajaks.

Seni polnud veel keegi Barnaulis nii elavalt ja kaasakiskuvalt füüsikat ja matemaatikat õpetanud. Noorsugu hakkas noort pedagoogi armastama. Kuuldus oivalisest pedagoogist ulatus pealinnani.

Viie aasta pärast kutsuti Vassili Vladimirovitš Barnaulist ära ja määrati professoriks Peterburi Meediko-kirurgilises õppeasutuses, mis 1795. aastal muudeti akadeemiaks. Vassili Vladimirovitš nõustus vahetama Barnauli Peterburi vastu ainult sellepärast, et õppeasutuse juures pidavat olema füüsikakabinet, kus võib teostada igasuguseid füüsikalis-keemilisi katseid.

Tegelikult selgus, et see kabinet oli vägagi haletsemisväärses seisukorras. Mitmed aastad pidas Vassili Vladimirovitš administratsiooniga sõda, et saada raha katseriistade ja tarviliku sisustuse hankimiseks. Noor professor pidas seda sõda visalt aastast aastasse, kuid tagajärjetult. Lõppude lõpuks lõi Petrov laboratooriumi, mis ei jäänud maha Euroopa parimaist.

Järjekordne lahing administratsiooniga toimus 1801. aas-

tal, kui Petrov sai teada Volta avastustest ja vajas uusi aparaate katsete teostamiseks.

Petrovi tungivaile nõudeile järele andes lubati tal saata tellimus kellelegi inglasele galvaanilise partei valmistamiseks. Sellelt saadud väikesejõuline elektripatarei, mis koosnes sajast tsink- ja vaskkettast, ei rahuldanud Vassili Vladimirovitši. Pärast mõningaid katseid sellega asus ta «maailma suurima» patarei ehitamisele, mis koosnes neljast tuhandest kahesajast vask- ja tsinkkettast. Ükski maailma õpetlastest polnud seni veel töötanud nii suure patareiga, keegi ei osanud anda ka juhendeid selle kasutamiseks.

Abilisi võrdlemisi noorel füüsikul veel ei olnud.

23. novembril 1802 tegi Vassili Vladimirovitš Petrov oma patareiga töötades tähelepanuväärse avastuse.

Sel päeval tuli professor pärast mitu tundi kestnud loenguid ja üliõpilastega teostatud laboratoorseid töid füüsikakabinetti väsinult.

Füüsikakabinetis oli külm ja ebamugav. Kabineti korratusest ja alalisest külmast oli Petrov teinud ülemusele mitu ettekannet, kuid juba mitmendat talve jäi siin kõik vana viisi.

Oleks olnud võimalik tegelda katsetega kodus. Nii Vassili Vladimirovitš vahel ka tegi. Ent kuidas viia koju neljakümne jala pikkune hiiglasuur galvaani patarei?

Nagu Gilbertil ja teistel õpetlastel, oli Vassili Vladimirovitšil soov uurida elektri juhitavust kõigis temale tuntud aineis. Oma esimese väikese patarei abil oli ta juba niisuguseid katseid teinud. Seejuures oli ta avastanud viisi, kuidas lahutada vett elektrivoolu abil vesinikuks ja hapnikuks.

Siis otsustas Vassili Vladimirovitš selgitada jää juhtivuse küsimust. Varsti oli kõik katseks vajalik valmis. Enda valmistatud jääsilindri kaks otsa mähkis ta traadiga ja ühendas need patarei alguse ja lõpuga. Siis hakkas ta katset teos-

tama, vähendades pidevalt ketaste arvu. Nii jõudis ta viiekümne seitsmenda kettani. Selgus, et jää juhtis elektrit seni, kuni Petrov ketaste arvu pidevalt vähendades jõudis viiekümne kuueni. Kõik see oli uus mitte ainult professorile, vaid kogu teadusele elektri alal. Selgus, et ka jääd võis tarvitada isolaatorina.

Kuid ka jääga katsetamisele ei jäänud Petrov peatuma. Professor soovis juba ammu uurida söe elektrijuhtivust.

Oma katsete tulemustest kirjutas ta:

«Kui klaasitükile või klaasjalgadega pingikesele panna kaks või kolm puusütt, mis on kohased valgusnähtuste tekitamiseks volta-galvaanilise vedelikuga, ja kui siis hiiglapatarei mõlema poolusega ühendatud isoleeritud metalljuhtmetega lähendada nad üksteisele ühe kuni kolme liini kauguseni, ilmub nende vahel väga ere, valge värvusega valgus ehk leek, mille tõttu need söed süttivad kiiremini või aeglasemalt, võimaldades pimedat ruumi üsna heledasti valgustada.»

* *
*

Mõned sekundid seisis Vassili Vladimirovitš nagu end unustades, laotas käsi ja vidutas ennenägemata, päikesega sarnaneva ereda valguse käes silmi. Ta virgus alles siis, kui kuuldus puruneva klaasi klirinat ja valge leek kadus.

Jälle oli füüsikakabinetis pime. Kui professori silmad hämarusega harjusid, astus ta laua juurde ja tõstis isoleeritud juhet käes hoides laualekukkunud söetükikese ettevaatlikult üles.

Vassili Vladimirovitš lähendas söetükikese teisele, laual asetsevale tükikesele. Kui söed kokku puutusid, kuuldus kerget praginat. Ta hakkas neid nüüd teineteisest eemaldama. Ja 2—3 liini (4—6 millimeetri) kaugusel kargas süte vahel sinine säde ja pimestav leek puhkes uuesti. Professor püü-

dis süsi veel enam teineteisest eemaldada. Leek pikenes painutatud kaarena ainult pisut ja kustus siis.

«Söed põlesid ära! Vaja uued panna...»

Peale süte vahetamist kargas nende vahel uuesti sinine säde ja uuesti täitus kabinet heleda valgusega. Raudtraadike, nael ja õhuke vaskplaadike lõid selles leegis kergesti hõõguma ja põlesid siis täiesti ära.

Nii tegi vene füüsik Petrov tähelepanuväärse leiutise, avastades elektri-kaartule, mida hiljem hakati nimetama «volta kaareks». See oli võimsaim valgusallikas peale päikese.

* *
*

Professor Petrovi leiutise tõttu tõusis füüsika kui teaduse autoriteet akadeemia seinte vahel. Tänu sellele leiutisele õnnestus Vassili Vladimirovitšil hankida raha füüsikakabineti varustamiseks ja tema täiendamiseks uute seadistega.

Petrov tutvus hoolikalt kõigega, mis seni oli kirjutatud galvaanilisest elektrist. Ja alles siis, kui ta oli veendunud, et ükski teadlane polnud teostanud tema katsetega vähegi sarnanevaid katseid, tutvustas ta akadeemia professoreid oma avastustega.

Sooritanud rea katseid, mis täpsustasid esialgseid tulemusi, pidas Vassili Vladimirovitš oma kohuseks tutvustada nendega kõiki vene füüsikuid. Ta asus kirjutama raamatut: «Teade volta-galvaanilistest katsetest, mida teostas füüsikaprofessor Vassili Petrov».

See tähelepanuväärne teos ilmus esimese vene raamatuna elektri kohta Peterburis 1803. aastal.

«Et, niipalju kui minul teada,» kirjutas autor eessõnas, «keegi pole veel seni vene keeles avaldanud isegi lühikest

teost volta-galvaanilisest vedelikust tekkivate nähtuste kohta, siis pidasin ma oma kohuseks kirjeldada vene keeles ja esitada vastavas järjekorras minu enda poolt volta-galvaani patarei abil teostatud tähtsamad ja huvitavamad katsed.»

Vassili Vladimirovitš jätkas katseid elektri alal ka järgneval aastal. Tähelepanuväärne vene füüsik tõestas, et metalle (rauda, malmi, elavhõbedat jne.) võib hõõrumisega elektriseerida, kui neid isoleerida, s. o. kaotada neil side maaga. Sel eesmärgil leiutas ja ehitas Vassili Vladimirovitš läpse riista ja hõõrus metalle rebase-, polaarrebase- ja kassinahaga, siidpintsli ja isegi linnutiivaga. Oma katsete tulemuste kirjelduse andis ta pika pealkirjaga raamatus:

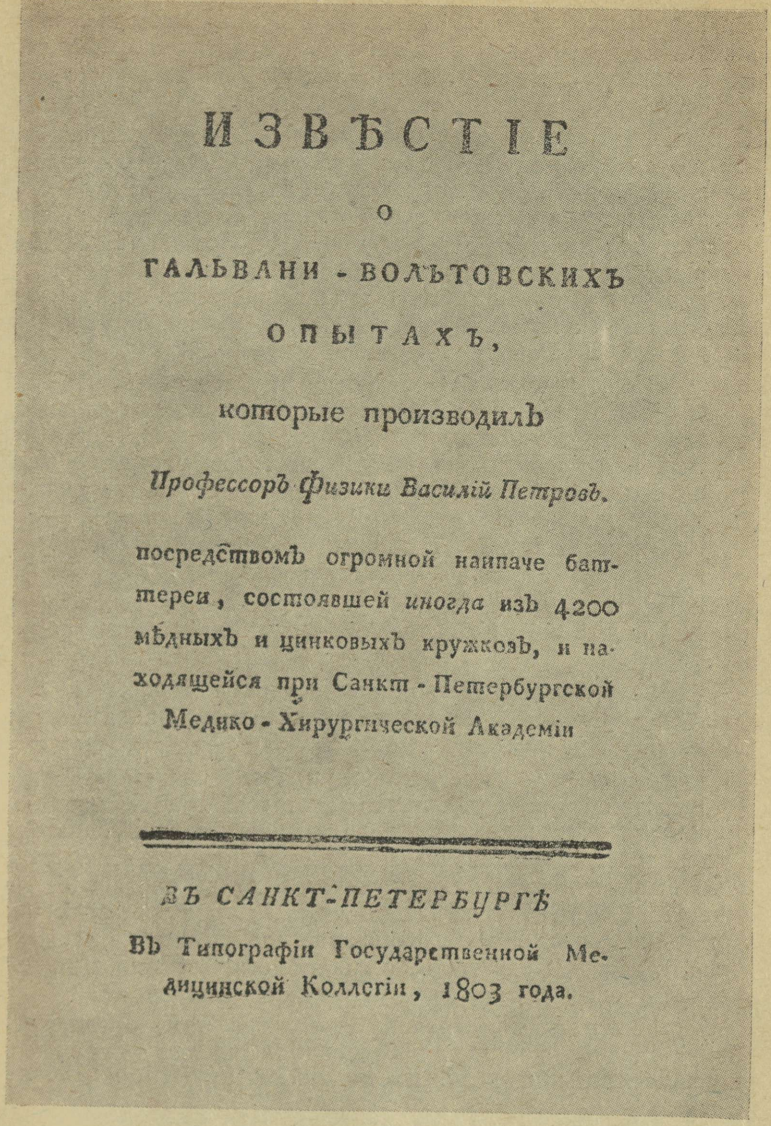
> «Füüsikaprofessor Vassili Petrovi uued katsed elektri alal, milledega ta tõestas, et isoleeritud metalle ja inimesi ning ülipaljusid teisi ainult soojendatud kehasid võib muuta elektrilisteks hõõrumise abil pehmete nahkadega ja mõnede muude kehadega; samuti mitmesuguste abinõudega tehtud eriilised katsed elektrinähtuste avastamiseks».

Siiski jäid nii need kui ka teised tema teosed, mis ilmusid Venemaal, välismaa füüsikuile tundmatuks.

Venekeelseid teaduslikke töid Euroopa õpetlased ei lugenud.

Isegi Venemaal ei meenutatud kaua aega professor Petrovi tähelepanuväärseid katseid. Kuigi Vassili Vladimirovitšile 27. augustil 1808 «annetati armulikult» keiser Aleksander I juuresolekul akadeemiku nimetus, vallandati see silmapaistev vene õpetlane ikkagi ootamatult ametist, kui ta 1833. aasta veebruaris haigestus. Ta saadeti erru ja talle maksti tühist pensioni. Kibestununa kannatas Vassili Vladimirovitš kõike seda ja varsti — 22. juulil 1834 — suri see suur vene õpetlane kõigist unustatuna.

Teaduste Akadeemia konverentsi otsus püstitada akadeemik Petrovi kalmule hauamonument jäi teostamata.



ИЗВѢСТІЕ

О

ГАЛЬВАНИ - ВОЛЬТОВСКИХЪ

ОПЫТАХЪ,

которые производилъ

Профессоръ Физики Василій Петровъ.

посредствомъ огромной наипаче баттереи, состоявшей *иногда* изъ 4200 мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, и находящейся при Санкт - Петербургской Медико - Хирургической Академіи

ВЪ САНКТ-ПЕТЕРБУРГѢ

Въ Типографіи Государственной Медицинской Коллегіи, 1803 года.

Joon. 55. Vassili Vladimirovitš Petrovi raamatu kaas.



Joon. 56. B. S. Jacobi katse elektervalgustusega 1849. a. Peterburis (vana prantsuse gravüüri järgi).

Üks aasta pärast Petrovi surma võttis Teaduste Akadeemia vastu veel ühe otsuse:

«Jäädvustada akadeemia silmapaistvaima liikme mälestust ja akadeemia juures tehtud kasulikku tööd muul sobival viisil.»

Kuid seegi otsus jäi paberile.

Suur vene õpetlane, kes avastas tugeva elektrivalguse allika — volta kaare ja viisi, kuidas saavutada kõrgeid temperatuure, lahutas esimesena algosadeks vee ja teised keemilised ained, leiutas juhtmete isoleerimise ja tegi palju muid tähtsaid avastusi, millede alusel pärast tekkisid terved teadusharud — see tähelepanuväärne õpetlane unustati varsti isegi tema kodumaal. Paljud Petrovi leiutised tehti välismaalaste poolt uuesti. Nii avastas kaheksa aastat pärast Petrovi surma inglise õpetlane Humphry Davy volta kaare, kakskümmend viis kuni kolmkümmend aastat hiljem avastati juhtmete isoleerimine; palju hiljem hakkasid õpetlased uurima elektrivoolu läbimist hõrendatud gaasidest ning inimese ja loomade kehast, hakati kasutama volta kaart valgustuseks.

Hiljem said Vassili Vladimirovitš Petrovi saatuse osaliseks Venemaal tsaarivalitsuse rasketes tingimustes paljud geniaalsed vene füüsikud.

Alles pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni osutati suure vene füüsiku V. V. Petrovi leiutiste vastu sügavat huvi ja avaldati vääriliselt üldist lugupidamist tema mälestusele.

8. juunil 1935 Kremlis sm. Ordžonikidze ettepanekul vastuvõetud NSVL Kesktäitevkomitee otsuses on öeldud:

„Seoses 1934. aastal täitunud saja aastaga esimese vene elektrotehniku akadeemik V. V. Petrovi surmast, kes 1802. aastal, mitu aastat enne Davyt leiutas volta kaare ja ennustas selle kasutamisele võtmist tehnikas (metallide keevitamine elektrometallurgias):

1. Anda Moskva Energeetikainstituudi Valgustehnika Laboratooriumile akadeemik Vassili Petrovi nimetus.

2. ... Asutada Moskva Energeetikainstituudis ning Leningradi ja Harkovi Elektrotehnikainstituudis iga-aastased preemiad energeetika alal parimate diplomprojektide eest, igaüks 1000 rbl. suuruses."

Vassili Vladimirovitš Petrovi mälestuse jäädvustamiseks võtsid tema kaasmaalased Obojani linna nõukogu pleenumil 24. novembril 1934. a. vastu otsuse:

„1. Püstitada Obojani linnas (Petrovi sünnilinnas) akadeemik V. V. Petrovi mälestussammas.

2. Anda tema nimi senisele turuplatsile ja traktori-mehhaanikakoolile.

3. Asutada linnanõukogu summade arvel kaks V. V. Petrovi nimelist stipendiumi parimaile ning eesrindlikemaile Obojani pedagoogilise tehnikumi üliõpilastele."

Tähelepanuväärse vene füüsiku saja-aastaseks sünnipäevaks ilmusid esmakordselt uutes suuretiraažilistes väljaannetes Petrovi teosed ja raamatud tema enda kohta: V. V. Petrovi nimi anti tänavaile ja auditooriumidele.

Kuid suurimaks mälestussambaks esimesele vene elektrotehnikule osutub Petrovi kodumaa elektrifitseerimise õitseng, nõukogude elektrotehnika kõigi mitmekesiste harude kasv ja areng.

22. peatükk.

Teiskordne avastamine.

Silmapaistval vene füüsikul Vassili Petrovil tuli galvaanilist elektrit uurides võita palju takistusi ning raskusi. Samal ajal jätkasid Euroopa õpetlased eriseltside ja akadeemiate tähelepanuosalistena energiliselt uurimusi sellel füüsika alal.

Londoni arst Anthony Carlisle koos oma sõbra insener William Nicholsoniga kordas väikest volta patareid kasutades Petrovi avastust, lahutades vee algosadeks. Kuigi juba ammu teati, et Leydeni purgi säde lahutab vett, äratas siiski

imestust asjaolu, et gaaside — vesiniku ja hapniku — eraldumine kestis pidevalt kogu aja, kui galvaani patarei oli sisse lülitatud.

Teised inglise õpetlased leidsid, et patarei abil on võimalik vasevitriolilahusest eraldada vaske ja et mitmete soolade lahuseid võib galvaanilise elektriga lahutada algosadeks.



Joon. 57. Humphry Davy (1778—1829).

Noor inglise füüsik-iseõppija, endine apteekriabiline Humphry Davy, sündinud 1778. aastal vaeses puunikerdaja perekonnas, katsetas volta patareiga ja näitas, et vee lahutamisel tekib kaks korda rohkem vesinikku kui hapnikku. Nii määras ta kindlaks vett moodustavate gaaside kogusliku suhte. Galvaaniline elekter aitas 1807. aastal Davyl avas-

tada senitundmatud metallid — kaaliumi ja naatriumi. 1808. aastal avastas Davy samal teel veel magneesiumi, baariumi ja strontsiumi. Peale selle tõestas Davy, et galvaanilise elektriga on võimalik hõõgutada ja isegi sulatada raudtraati.

Teade neist avastustest levis kiiresti kõigi maade õpetlaste hulgas. Pariisi Akadeemia määras Davyle Volta-nimelise suure rahalise preemia.

1810. aasta juulikuu lõpul juhtis Humphry Davy hiiglasuur patarei, mis koosnes kahest tuhandest plaadipaarist, tema «uuele» avastusele, mille palju varem oli Venemaal teinud professor V. V. Petrov.

Oma hiiglapatarei tööd reguleerides võttis Humphry Davy kaks puusütt läbimõõduga üks kuuendik tolli ja ühendas need galvaanilise patarei poolustega. Niipea kui Davy söed vastamisi asetas, patarei ahelat sulgedes, lõid süte lähestikku asetsevad pooled kuumenedes helendama. Kui Davy söed teineteisest pisut eemaldas, sähvas nende vahel lai, pimestavalt ere valguskaar, kumerusega ülespoole. Hiljem hakati seda nähtust nimetama volta kaareks.

Davy pani kaare leeki plaatina ja see sulas ära. Kvarts, safiir, magneesia ja lubi sulasid kaare leeki asetatuina niisama kiiresti. Grafiit, teemandipuru ja söetükikesed kadusid kaare leeki sattudes täielikult, muutudes gaasiks.

Süte eemaldamisel suurema vahemaa taha ei õnnestunud Davyl harilikus normaalse tihedusega õhus kaart tekitada. Siis otsustas ta söed asetada hõrendatud õhuga nõusse. Nüüd süttis kaar isegi siis, kui söed olid kuue või seitsme tolli kaugusel teineteisest.

Ometi ei äratanud see Davy avastus erilist huvi. Keegi ei osanud oletada, et kaare valgust võiks praktiliselt kasutada.

«Elektri kasutamisele võtmine valgustamise otstarbeks ei ole võimalik: elektrivalguse heledus mõjub silmadele hal-

vasti ja on neile väga ohtlik; elektrivalgus võib tekitada peavalu; ja üldse elektrivalgus pimestab rohkem kui valgustab. Pealegi läheks elektrivalgus patarei kõrge hinna tõttu väga kalliks,» kirjutati ühes Londoni ajalehes.

Volta kaare praktiline kasutamisele võtmine sai võimalikuks palju hiljem, kui olid leiutatud uued, palju odavamad elektriallikad, tänu Davy teadusliku abilise ja järeltulija suure inglise füüsiku Michael Faraday uurimustele. Kuid vahepeal juhtus veel üks elektri edukäigus unustamatu sündmus.

23. peatükk.

Õnnelik päev.

Kopenhaageni füüsikaprofessor Hans Oersted oli kaotanud viimase lootuse.

Oma oletusi elektri- ja magnettungide tihedast sidemest, mis kujunesid temal ammu — juba 1812. aastal —, ei saanud ta tõestada mingisuguste lihtsate katsetega.

Oerstedile oli kirjandusest teada, et tugevad elektrisädemed võivad samuti nagu välkki magnetiseerida terasnõelu, demagnetiseerida magnetnõelu ja muuta nende pooluseid. Ta luges uuesti ja jälle:

«... Juulis 1681. aastal lähenes laev «Queen» äikeseilmaga Cod'i maaninale. Üks välgulöök tabas laeva ja tekitas talle tunduvat kahju. Kui saabus öö ja hakati laevakurssi tähtede asetuse ja laeva kompasside järgi võrdlema, ilmnes kummaline fakt: kaks kolmest kompassist osutasid lõunasse, mitte põhja. Kolmas kompass näitas millegipärast lääne.»

«Wakefieldis paigutas üks kaupmees oma kontori nurka suure kasti, mis oli täidetud nugade, kahvlite ja teiste rauast

ning terasest esemetega. See kast oli pandud valmis asumaadesse saatmiseks. Kord 1731. aasta juunikuus tuli tugev äike. Välk lõi kaupmehe kontorisse, purustas kasti ja paiskas kogu selle sisu laiali. Noad-kahvlid, mõned nendest märgatavalt sulanud, olid tugevasti magnetiseerunud.»



Joon. 58. Hans Oersted (1777—1851).

Sellelaadiliste sündmuste kirjeldused kandis Oersted oma «Faktide vihku».

Üks õpetlastest seletas neid fakte maakera magnetismi toimega, mis avaldub eriti tugevasti elektriliste põrutuste mõjul. Mõned õpetlased, vastukaaluks Gilberti vananenud vaateile, leidsid elektri ja magnetismi sarnasuse selles, et ühenimelised elektrilaengud, nagu ühenimelised mag-

netidki, annavad ühesuguse resultaadi — eemaletõukamise, aga erinimelised — külgetõmbamise. Ja selle pärast olevat võimalik kõnelda elektriliste ja magnetiliste nähtuste seosest.

Oerstedile näisid need kaalutlused vähe veenvaina.



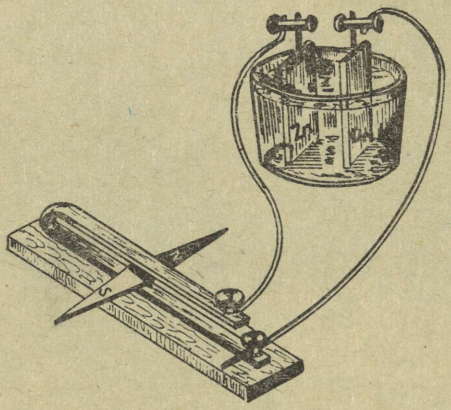
Joon. 59. Oersted (vasakul) demonstreerib oma kolleegidele magnetnõela kõrvalekaldumist elektrivoolu mõjul.

Oma järjekordsel loengul 1819/20. aasta talvel näitas Oersted üliõpilastele mitmesuguseid katseid volta sambaga. Demonstratsioonilaual asetses merekompass. Oersted koostas galvaanilise ahela, kavatsedes kuumendada galvaanilise elektriga plaatinatraati. Patarei pikkadest traatidest rippus

üks põrandale, teine asetses laual. Kui Oersted lülitas ahela, hakkas traat hõõguma. Kartusest, et traat võib läbi põleda, katkestas Oersted varsti vooluahela. Ta tahtis hakata sooritama järgmist katset, kuid üks üliõpilane peatas teda:

«Ütelge, professor, miks magnetnõel sel momendil, kui te ahela sisse lülitasite, kõrvale kaldus?»

«Ma ei saa aru, millest te räägite,» vastas Oersted.



Joon. 60. Oerstedi katse skeem.

«Õpetaja, ma nägin, kuidas magnetnõel sel momendil järsku kõrvale kaldus, kui te meie elemendi ahelasse lülitasite . . .»

«Kas te olete kindel, et see teile ainult nii ei paistnud?» küsis Oersted.

«Olen valmis seda kinnitama isegi piinapingil või tuleriidal!»

«Või nii . . . ,» ütles Oersted ja hakkas tähelepanelikult katselauda silmitsema. Ta juhtis tähelepanu sellele, et üks

traatidest asetses silmusena kompassikaane klaasil peaaegu paralleelselt magnetnõelaga.

«Kui magnetnõel tõesti kõrvale kaldus, nagu te märkasite, siis selle ainsaks põhjuseks võis olla traati mööda kulgev elektriline vedelik. Ma kordan katset mitte midagi liigutamata ja muutmata. Jälgige nõela!» ütles Oersted ilmselt erutatuna.

Sel momendil, kui Oersted lülitas ahela, kaldus kompassinõel märgatava nurga all oma esialgsest asendist kõrvale.

«Kaldus kõrvale!» hüüatas üliõpilane, kes oli seda kummalist nähtust varem tähele pannud.

«Kas see on tõesti nii?» imestas Oersted.

Tal oli raske uskuda, et nii ootamatult oli saavutatud lihtne ning selge tõestus tema oletustele. Ta oli nii palju aastaid oodanud seda minutit!

Professor tõstis kompassi üles ja asetas juhtme selle alla. Kui vooluahel sisse lülitati, tekkis uus nähtus: nõel kaldus kõrvale, kuid juba vastassuunas.

«Pange tähele!» hüüdis Oersted vaimustatult. «Nõela kõrvalekaldumine ühte või teise külge sõltub sellest, kuidas on asetatud juhe — kas kompassi peale või alla. Nüüd tuleb sooritada katse nii, et juhe ei muudaks asukohta nõela suhtes, kuid see-eest muutuks elektri liikumise suund.»

Sel eesmärgil vahetas Oersted patarei poolustega ühenduses oleva juhtme otsade asukohad. Seejuures andis katse uue tulemuse: nõela põhjapoolus pöördus nüüd paremale, mitte vasakule.

Professor laskis üliõpilased ära ja kordas katset üha uuesti. Tulemused märkis ta üles.

Oersted ei teadnud siis veel, et katseks ei ole sugugi vaja tugevat galvaani patareid ega kuumendada peaaegu helenduseni traati, mis mõjutab kompassinõela. Hiljem ta veendus, et magnetnõela kõrvalekallutamiseks on küllalt isegi ühest paarist volta samba plaatidest.

21. juulil 1820 ilmus Oerstedi väike raamat «Katsed, mis puudutavad elektrilise konflikti mõju magnetnõelale». «Elektriliseks» konfliktiks» nimetas Oersted elektri voolamist.

Oma tähelepanekud võttis ta kokku järgmiselt:

«Galvaaniline elekter, mis läheb vabalt liikuva magnetnõela kohal põhjast lõunasse, kallutab selle põhjapoolust idasse, kuid minnes samas sihis nõela alt, kallutab ta selle läände.»

«See oli minu elu kõige õnnelikum päev!» armastas Oersted kinnitada, jutustades oma avastusest.

Siiski ei suutnud Oersted ise anda lõplikku seletust elektriseeritud juhtme ja magnetnõela vastastikuse toime kohta.

Üsna pea tegi suur prantsuse füüsik André Ampère paremini kui keegi muu põhjalikult selgeks Oerstedi katsega avastatud seose elektri ja magnetismi vahel.

24. peatükk.

„Elektri Newton".

Akadeemik Dominique Arago jalutas juba umbes tund aega Champs Élysées' pargi varjurikkail puiesteil ja hingas naudinguga värsket õhku.

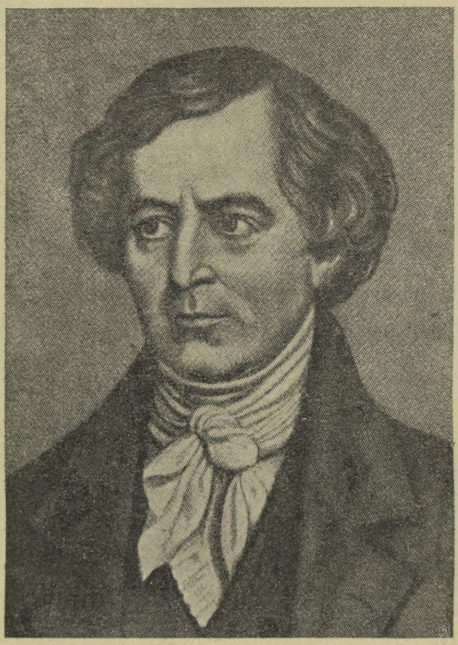
«Siiski hilineb ta tublisti,» mõtles Arago.

Ta valis kaugeima vaba pingi ja istus sellele. Temast möödus värvilises paraadkuues noormees, kelle kuju äratas Aragos mälestusi...

...1805. aasta. Tema, Arago, sõitis noore kahekümneaastasse õpetlasena koos füüsik Biot'ga Hispaaniasse, et jätkata enne teda alatud geograafilisi mõõtmisi. Tuhandeid

hädasid kannatas Arago karmides Valencia mägedes ja Baleaari saartel. Sel ajal algas Prantsusmaa ja Hispaania vahel sõda.

Pargis temast möödunud noormehega väga sarnanev hispaania leitnant tuli tema juurde ja luges ette otsuse:



Joon. 61. Dominique Arago (1786—1853).

«Prantsuse geograaf Dominique Arago kuulutatakse sõjavangiks.» Vabadust mitte kaotada tahtes põgenes Arago Alžiiri. Teel Alžiirist Marseille'sse tabas hispaania ristleja laeva, millel Arago sõitis, ja sundis selle tagasi pöörduma.

Alles 1809. aastal läks Aragol korda uuesti Prantsusmaale tulla. Oma teaduslike tööde eest valiti ta Pariisi Tea-

duste Akadeemia liikmeks ja Pariisi polütehnilise ülikooli professoriks. Varsti pärast valimist esineb ta akadeemias ettekandega oma esimestest teaduslikest töödest valguse alal. Aga kuni neljateistkümnenda eluaastani oli ta olnud kirjaoskamatu! Revolutsioon aitas tema isal, väikesel teenistujal, anda Dominique'ile haridust. Ta õppis hiilgavalt.

Akadeemias kohtus Arago paljude õpetlastega, sealhulgas ka Ampère'iga. Ampère oli tähelepanuväärne matemaatik, suurepärane füüsik ja tore inimene. Headus ja pehmus olid tema iseloomu peajooned. Kuid André Ampère'il oli mõningaid eripärasusi: ta oli väga hajameelne, äärmustesse kalduv, terav arvustustes ja ei armastanud pealinna peent seltskonda; muusika kutsus tal alati pisarad esile.

«Nüüdki hilineb Ampère kokkulepitud kohtamisele arvatavasti ainult oma hajameelsuse tõttu,» mõtles Arago. «Tema algataski selle üsna originaalse kohtamise, kuid on selle vist ise unustanud...»

Arago tundis hästi Ampère'i ja tema eripärasuse põhjusi. Ampère'i elus oli palju muret.

Ampère oli sündinud 20. jaanuaril 1775. aastal Lyoni linnas. Juba poisikesena luges ta läbi kõik d'Alembert'i ja Diderot' entsüklopeedilise sõnastiku kakskümmend köidet. Väga vara hakkas ta harrastama kirjandust, filosoofiat ja matemaatikat.

André hiilgavaid andeid märkasid kõik omaksed ja tuttavad.

«Ei ole midagi, mida ei võiks André'lt oodata,» öeldi Ampère'ide kodus.

Sügavalt vapustas noort Ampère'i tema isa traagiline surm. Terve aasta pärast seda sündmust viibis André kas äärmises närvilises erutuses või sügavas vaimses apaatias. Tegutsemine botaanikaga ja antiikse kirjandusega lohutasid teda veidi.

Et hankida endale ülalpidamist, tuli Ampère'il alates 1796. aastast anda eratunde. Samal ajal tegutses ta palju keemiaga. Alates 1807. aastast alustas Ampère füüsika- ja keemiaprofessorina õppetööd.

Kaugusse vaadates märkas Arago puiestee vastaspoolses otsas tuttavat kuju. Alla vaadates astus kauaoodatud Ampère aeglasel sammul mööda puiesteed.



Joon. 62. André Ampère (1775—1836).

Arago otsustas Ampère'i enne mitte hüüda, kuni see tema pingi kohale jõuab. Ampère astus edasi kedagi või midagi märkamata. Juba oli ta Aragost möödumas. Viimane tõusis ettevaatlikult pingilt, jõudis Ampère'ile järele ja hüüdis häält muutes:

«Sõna on akadeemik Ampère'il!»

Ampère peatus tagasi vaatamata. Ühe käega silmi kattes kohendas ta teisega kuube, ajas end sirgu ja ütles:

«Hästi. Ma teen lühidalt. Minu uurimused . . .»

«Ampère, katkestage oma uurimused!» ütles Arago teda sõbralikult emmates.

Ärgates unistustest, pöördus Ampère ümber ja tundis Arago ära.

«Kujutlege vaid, Dominique, missugustele tähelepanuväärsetele järeldustele ma Oerstedi avastust läbi mõeldes tulin. Ma töötan juba terve nädala selle kallal. Istume pingile . . .»

Ampère tõstis teelt pika oksa ja jätkas erutatult:

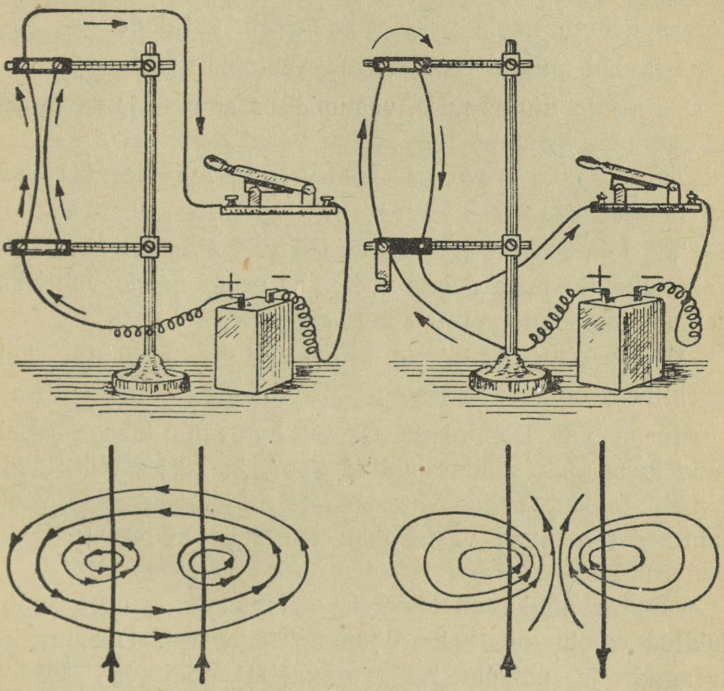
«Jälgige võimalikult tähelepanelikumalt minu arutluste käiku. Usun, et on juba aeg kõigi elektrisse ja magnetismi puutuvate vaatekohtade otsustavaks revideerimiseks. Kõigepealt, Dominique, esitan ma uue ala elektriõpetuses — elektrodünaamika, mis peab hõlmama kõik liikuva elektri nähtused. Liikuvat elektrit saame nüüd kergesti galvaani patareidest. Ahelat lülitades saavutame elektrimateeria liikumise. See on elektrivool. Elektrivooluta poleks ei Oersted ega keegi teine avastanud magnetnõela kõrvalekaldumist. Rahulikus olekus olevad elektrilaengud (staatiline elekter) ei avalda magnetnõelale mõju, ei sunni teda kõrvale kalduma. Seda teeb ainult liikuv elekter, elektrivool!»

«Kas selle mittemõistmises peitub Oerstedi kõigi eelmiste katsete ebaõnnestumise põhjus?» küsis Arago.

«Muidugi! Magnetnõela kõrvalekaldumine elektrivoolu mõjul on fakt, mis kahtlematult tõestab elektri ja magnetismi seost või ühtsust! Kuid nüüd on oluline tõestada ka muud: magnetnõela kõrvalekaldumine elektrivoolu mõjul võib toimuda ühele või teisele poole. Selgub, et kõik oleneb voolu suunast. Oersted esitas selle väga ebaõnnestunult. Ma tahan esitada teise, palju lihtsama seaduse . . .»

Alla kummardudes hakkas Ampère kepiga midagi maa peale joonistama.

«Selle seaduse, Dominique, tahan ma nimetada «ujuja seaduseks».»



Joon. 63. Voolude vastastikune mõju: samasuunalise vooluga juhtmed tõmbavad teineteist külge; erisuunalise vooluga juhtmed tõukavad teineteist eemale. All on kujutatud samade juhtmete magnetväljad.

«Aga milleks siin ujuja?» küsis imestunud Arago, kartes mõne uue isepärasuse ilmnemist.

«Inimene, kes ujub voolu suunas, nägu magnetnõela poole pööratud, näeb alati magnetnõela põhjapooluse kõr-

valekaldumist selle voolu mõjul vasakule. See ongi minu «ujuja seadus». Joonistasin selle siin tee liivale. Näete? See on voolu suund — oletame, et ujuja jalgadest pea poole; siin on magnetnõel: tema telg on paralleelne voolu suunaga, s. o. ujuja liikumise suunaga. Niisuguses olukorras kaldub nõela põhjapoolus alati vasakule.»

«Aga kui muuta voolu suund vastupidiseks?»

«Siis peate ujuma uues, vastupidises suunas ja sama nõel pöörab oma põhjapooluse uuesti vasakule.»

Joonisele vaadates jäi Arago Ampère'i idee üle vaikselt mõtisklema.

«Mis teie arvate, Dominique,» küsis Ampère, «kui võtta kaks juhet ja lasta neisse vool, kas peaks nende vahel ilmnema mingisugust vastastikust mõju?»

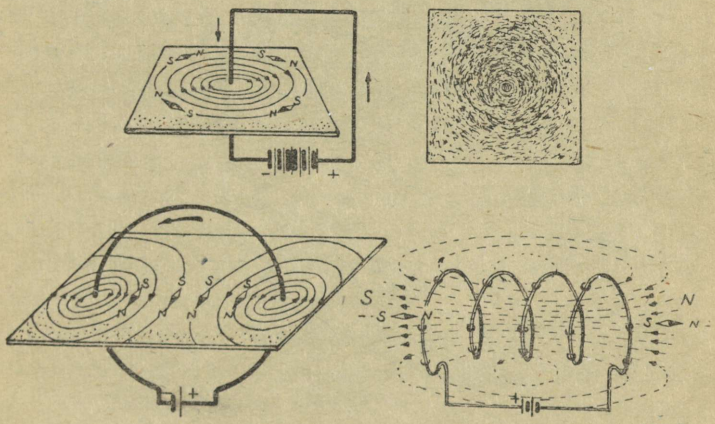
«Minule näib, André, et see avaldub tingimata: kaks voolujuhet omavad ju magnetilisi omadusi.»

«Surun kätt, Dominique. Õigus! Aga nüüd lubage joonistada kaks ühes suunas juhitud voolu ja küsida teilt, kuidas nimelt avaldub nende vastastikune mõju. Kas need voolujuhtmed tõmbavad vastastikku teineteist külge või tõukavad eemale?»

«Juhtmed tõukavad teineteist eemale! Kaks ühes suunas juhitud voolu on kaks ühenimelist voolu. Ühenimelised laengud ja ühenimelised magnetid tõukavad üksteist eemale.»

«Aga Dominique, te unustasite, et siin on meil kaks v o o l u — kaks liikuvat elektrit. Teie eksisite: tegelikult peavad juhtmed teineteist külge tõmbama! Pole raske veenduda ka selles, et juhtmed erisuunaliste vooludega peavad teineteist eemale tõukama. Alguses tegin katseid sirgete juhtmetega, lastes neist voolu läbi mitmesuguses suunas. Siis uurisin ringiks keeratud juhtme magnetilisi omadusi. See juures tekkis mul mõte, et kui siduda mitu vooluringi

kokku, võib juhtme magnetilisi omadusi tunduvalt suurendada. Ja niisiis kerisin ma juhtme kruvitaoliselt. Tekkis torukujuline juhe, mida ma nimetan solenoidiks (kreeka keeles tähendab «solenoid» — torukujuline). Kui lasksin solenoidisse voolu, oli tema magnetiline mõju tunduvalt tugevam kui tema ühe keeru mõju. Solenoidi kummaski otsas tegin ma kohe kindlaks magnetismi eri poolused. Seda oli kerge kindlaks teha, lähendades solenoidi otstele

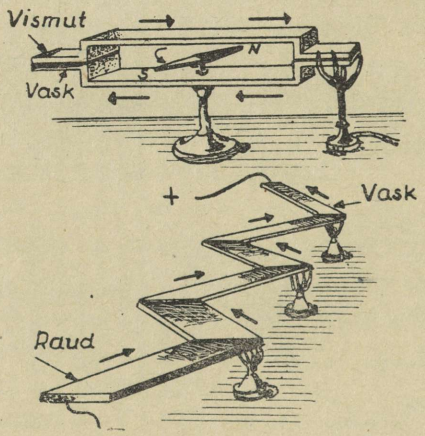


Joon. 64. Voolu magnetväli. Ülal vasakul: sirge juhtme magnetväli. Ülal paremal: magnetvälja pilt. All vasakul: ringikujulise juhtme magnetväli. All paremal: solenoidi magnetväli.

magnetnõela. Üks solenoidi ots tõmbas magnetnõela põhjapoolust enda poole, mis tähendas, et see solenoidi ots ilmutas lõuna magnetismi; teine solenoidi ots tõmbas magnetnõela lõunapoolust enda poole, see tähendab, et solenoid ise toimib selles otsas nagu magnetnõela põhjapoolus. Järgnevalt veendusin, et solenoidi lõunapoolus tekib alati sinna otsa, millele vaadates me näeme voolu suunda kokkusattuvana

kellaosuti liikumise suunaga, põhjapoolus aga vastab voolu suunale kellaosuti liikumise vastu. Mõtiskelud solenoidi ja tema omaduste üle tõid mind väga tähtsale oletusele. Võite pidada seda minu hüpoteesiks, Dominique, kuid ma olen kindel, et katsed solenoidiga selgitavad magnetismi tõelise loomuse!

Olen täiesti kindel, et iga magnet, nii väike kui ta ongi, kujutab endast looduslike solenoidide kogu. Magnetkeha



Joon. 65. Termoelektrilise voolu saamine.

igas üksikus molekulis on nähtavasti ringvool. Seepärast võib öelda, et ükskõik missuguse keha magnetism on aine iga osakese galvaaniliste voolude kogu toime resultaat. Niisugune on antud keha magnetismi loomus! Sellest üldine järeldus: v o o l u d t e k i t a v a d k e h a d e m a g n e t i l i s i o m a d u s i.»

Ampère joonistas maa peale nelinurga, mis kujutas varbmagneti otsa, ja selle sisse palju väikesi ringe. Need kujutasid keha molekule. Igasse ringi joonistas ta noolekese kellaosuti liikumise suunas — see kujutas voolu liiku-

mise suunda molekulis. Kogu ruudu ümber paralleelselt külgedele joonistas ta samas suunas neli sirget noolt.

«See on minu skeem, Dominique. Selles on magnetismi olemus. Nõustuge sellega, et ei ole õige ja on isegi lihtsalt kole kujutleda maakera magnetismi kui maakera sügavusse peidetud hiiglamagneti toime tagajärge. Palju õigem on kujutleda, et maa nagu solenoidigi ümber liiguvad voolud. Need voolud tekitavad maakera magnetismi, mis teatud kombel mõjutab meie magnetnõelu. Niisugune on maakera magnetismi loomus!»

«André! Teie hüpoteesid vapustasid mind. Nüüdsest peale peaks Ampère'i kodune laboratoorium Fosses-St.-Victor'i tänaval õigupoolest saama ajalooliseks!

Prantsusmaa, kogu maailm ei unusta teid, André. Teie valasite valgust ühele praeguse aja elektriteaduse kõige tumedamale küljele. Kõik see on nii. Kuid ütelge, André, kas metallides on alati molekulaarvoolud või tekivad nad magnetiseerimise momendil?»

«Võib oletada, et rauas ja terases eksisteerivad alaliselt molekulaar-ringvoolud, kuid nende teljed on korratult keha sisemuses laiali paisatud. Seepärast ei ilmnegi nende metallide magnetilised omadused. Raud ja teras muutuvad magnetiteks ainult siis, kui kõik molekulaarvoolud saavad üksteisele paralleelseks ja kulgevad ühes suunas. Seda võib saavutada ainult kas voolu või loomulike või kunstlike magnetite mõjustusel. See on esiotsa kõik, milleni olen jõudnud. Praegu olen ametis voolude vastastikuse mõju seaduse matemaatilise vormistamisega.»

* *
*

18. september 1820 oli Pariisi Teaduste Akadeemia «suurpäevaks». André Ampère algas ettekannete seeriat elektro-

magnetismi kohta. Ja nimelt sellest ajast peale hakkasid prantslased teda uhkusega nimetama «meie suur Ampère».

«Teooria ja kogemused voolasid korraga selle «elektri Newtoni» peast jõulistena ning lõplikena,» nii hindas Ampère'i tööd hulk aega hiljem teine elektri-matemaatika geenius James Maxwell.

Üks kuu pärast Ampère'i ettekannet Pariisi Akadeemias tegid füüsikud Biot ja Savart katseliselt kindlaks seaduse galvaanilise voolu mõjust magnetile.

* *
*

Oerstedi avastused ja Ampère'i geniaalsed uurimused leidsid elavat vastukaja rea füüsikute töödes.

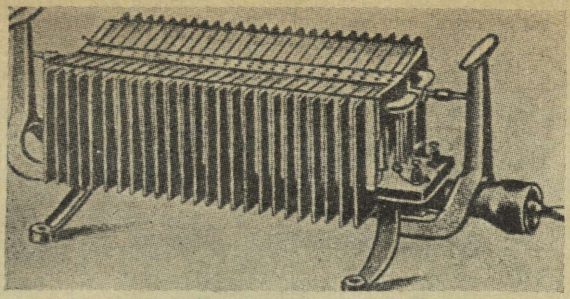
Juba järgneval aastal uuris noor inglise füüsik Michael Faraday enda ehitatud aparaadil vooluga laetud juhtme katkestamatut keerlemist magneti ümber. Elektri ja magneti vastastikune mõju muutus liikumiseks!

1825. a. märtsis teatas Dominique Arago Pariisi Teaduste Akadeemias magnetnõela pöörlemisest tema alla asetatud pöörleva vaskketta mõjul.

Umbes samal ajal tehti ka teisi tähtsaid avastusi elektri alal.

Oerstedi sõber, Thomas Seebeck, teatas, et tema on 1821. aastal avastanud uue vooluallika, milles vool tekib kahe eri liiki metalli (näiteks vase ja vismuti, antimoni ja vismuti) kokkupuutel, kui kokkupuutekohta (jootekohta) kuumutada. Seda elektriallikat hakati nimetama termoelemendiks, sest et siin on voolu tekitajaks soojus. «Termos» tähendab kreeka keeles soe. Soojus andis elektrit!

Teiselt poolt said teatavaks paljud huvitavad tähelepanekud, mis kinnitasid elektri muutumist teisekujuliseks energiaks: soojuseks ja valguseks (volta kaar, mis leiutati Pet-



Joon. 66. Termoelektri patarei.

rovi ja Davy poolt), keemiliseks energiaks (vee ja mitmesuguste lahuste lahutamine) ja heli energiaks (müristamine ja muud mürad elektrilaengute tühjenemisel). Need olid elektriteaduse aluste tormilise õitsengu aastad. Avastused aina järgnesid üksteisele.

25. peatükk.

Mida sisendasid Reini lained.

Oma neljakümnendaks eluaastaks oli Georg Ohm (ta sündis 16. märtsil 1789) jõudnud läbi sõita palju linnu. Kogu Edela-Saksamaa Münchenist kuni Kölnini oli talle juba hästi tuntud.

Kuid Georg Ohm ei olnud jõukas turist. Ta «reisis» hädasunnil, tööd otsides.

Ta oli lukussepa poeg Erlangenist. Puudus sundis teda kõrgemast koolist lahkuma ja asuma õpetajakohale. Georg Ohm armastas füüsikat ja matemaatikat, kuid pidi gümnaasiumides õpetama kreeka ja ladina keelt.

Ainult vabal ajal võis Ohm täielikult anduda armastatud tegevusele füüsika alal. Ta teadis Oerstedi ja Ampère'i uuematest avastustest.

«Kuidas kujutleda endale elektrivoolu?» See oli esimene küsimus, millele mitte enam noor füüsik-asjaarmastaja juba mitmendat aastat püüdis selget vastust anda.



Joon. 67. Georg Ohm (1787—1854).

Olles Kölnis õpetajaks, armastas ta väsimuse peletamiseks jalutada Reini kaldal. Ja kes teab: võib-olla, et siin, jõe kaldail leidiski Georg Ohm selle, mis võimaldas tal avastada tähtsa seaduse.

«Mis ajab Reini vett edasi, põhja poole — Essenisse, Hollandisse ja Põhjamerre? Nähtavasti erinevus jõe alguse ja lõpu maapinna kõrguses. Mis sunnib siis elektrit läbima vooluahelat? Kuidas seda mõista? Nähtavasti omab galvaani patarei üks poolus kõrgema elektrilaengute taseme kui teine. Ja seepärast läbib elektrivool ahela, nagu jõe vesigi,

voolates kõrgemast kohast madalamasse.» On võimalik, et Ohm nii arutleski.

Ta teadis, et veevoolu tugevust on kerge mõõta. Selleks on vaja teada vee hulka, mis läbib sekundis voolu ristlõike.

«Aga kuidas määrata kindlaks elektrivoolu tugevust?» mõtiskles Ohm.

Ja uuesti võrdles ta elektrivoolu veevooluga, kasutades vanu hüdraulika seadusi — seadusi vedelike liikumisest.

Teades elektri hulka, mis voolab teatud ajaühikul, see on ühe sekundi jooksul, läbi juhtme ristlõike, võime nähtavasti määratagi elektrivoolu tugevuse.

Kuidas suurendada elektrivoolu tugevust? Nähtavasti on selleks vaja lasta läbi sama ristlõike samal ajavahemikul, see on — sekundi jooksul, suurem hulk elektrit.

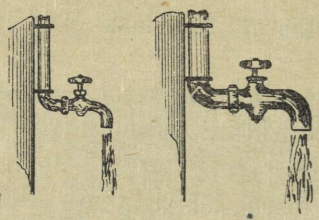
Kui Reini jõesäng oleks järsem, siis tema veed voolaksid palju kiiremini. Samuti toimub arvatavasti ka galvaani ahelas. Elektri erisugune tasapind patarei poolustel, see ongi surve, mis põhjustab elektrivoolu liikumise, ja selle surve suurusest oleneb elektrivoolu tugevus. Nimetame seda erisugust elektritasapindade kõrgust ehk seda survet patarei elektromotoorseks jõuks.

Rea mõtiskluste tulemusena määras Ohm kindlaks kolm mõistet:

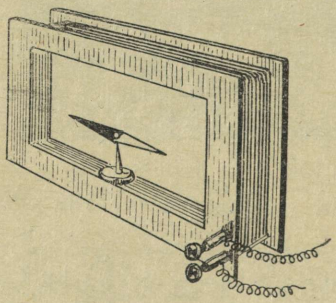
1) V o o l u t u g e v u s — elektri hulk, mis ühe sekundi vältel kulgeb läbi juhtme ristlõike, 2) e l e k t r o m o t o o r n e j õ u d — surve, mille mõjul elekter voolab, ja 3) t a k i s t u s — juhtme ainest, pikkusest, ristlõike pindalast ja juhtme aine füüsikalisest olekust sõltuv vastumõju voolule.

Ohm elas sel ajal Berliinis, olles Berliini polütehnilises instituudis matemaatikaõpetajaks. Ta oli jõudnud põhjalikult tutvuda tuntud füüsiku Fourier' töödega, kes avas-

tas soojusejuhtivuse seadused ja märkas suurt sarnasust soojusejuhtivuse ja elektrijuhtivuse nähtuste vahel. Seetõttu avastas Ohm kiiremini põhilise seaduse, mis kannab tema nime.



Joon. 68. Millest oleneb takistus: mida suurem on toru läbilõige, seda väiksem on takistus vee voolule; mida suurem on juhtme läbilõige, seda väiksem on takistus voolule. Takistus oleneb ka juhtme ainest.



Joon. 69. Schweiggeri multiplikaator.

Oma katsed teostas Ohm instituudi laboratooriumis. Katsed ei läinud just hõlpsasti. Asi seisis selles, et galvaani patarei voolu tugevus ei jäänud Ohmile mõistmatul põhjusel püsivaks. Seepärast võttis ta rõõmuga vastu füüsik Poggendorff'i ettepaneku kasutada katseteks uut, hiljuti leiuta-

tud vooluallikat — termoelementi. See vooluallikas andis püsiva tugevusega voolu. Termoelement omas väga lihtsat ehitust, mis põhines Seebecki leiutisel. Kahe vasktraadi vahelē oli joodetud vismutist varb. Et saada termoelemendist suuremat elektrodünaamilist jõudu, asetas Ohm ühe jootekoha jäässe, teist aga hoidis keevas vees.

Voolu tugevuse mõõtmiseks kasutas Ohm multiplikaatorit. Selle lihtsa, kuid tähtsa riista leiutas füüsik Johann Schweigger, Ohmi kaasmaalane ja sõber. Multiplikaator kujutab endast mõnede traatmähiste keskele asetatud magnetnõela. Ohm jälgis nõela kõrvalekaldumist galvaanilisse ahelasse lülitatud multiplikaatoris.

Katsed näitasid, et multiplikaatori nõel kaldub rohkem kõrvale, kui juhe on lühem ning jämedam, ja vähem, kui juhe on pikem ja peenem. Viis korda pikem vasktraat annab sama suurusega ristlõike puhul viis korda väiksema kõrvalekaldumise. Kui aga näiteks võtta niisama pikk vasktraat, kuid kümme korda suurema ristlõikepinnaga, siis suureneb vool kümme korda. Mõõtudelt ühtlased, kuid eri ainetest (vasest, rauast jm.) traadid andsid multiplikaatori nõela erisuguseid kõrvalekaldumisi.

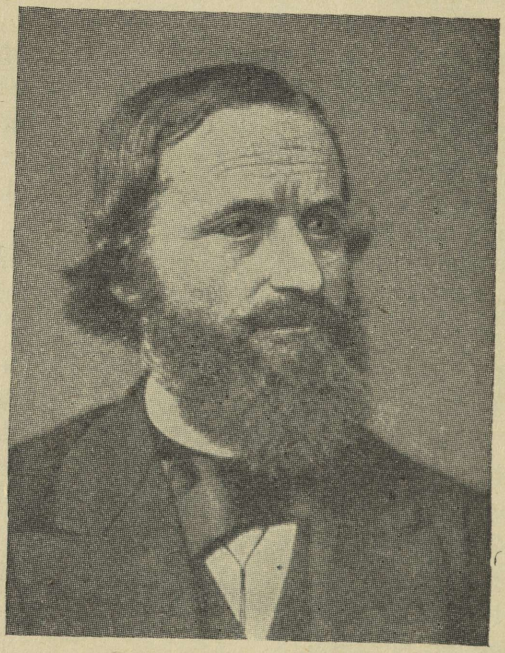
1827. aastal avaldati uurimus: «Galvaani ahel, G. S. Ohmi poolt matemaatiliselt läbi töötatud». Selles esitati Ohmi poolt avastatud seadus.

«Igas harunematus kinnises vooluahelas on voolu tugevus võrdeline elektromotoorse jõuga ja pöördvõrdeline ahela kogutakistusega.»

* *
*

Kui imelik see ka ei ole, kuid Prantsusmaal ja Inglismaal ei teatud hulk aastaid Ohmi töödest midagi, ja kui neist teada saadi, suhtuti neisse umbusklikult.

Ohmi avastuste tõestamiseks ja levitamiseks tegi palju prantsuse füüsik Claude Pouillet, eriti aga suur füüsik Gustav Kirchhoff. Kirchhoff andis ka ise elektriteadusele hindamatu panuse.



Joon. 70. Gustav Kirchhoff (1824—1887).

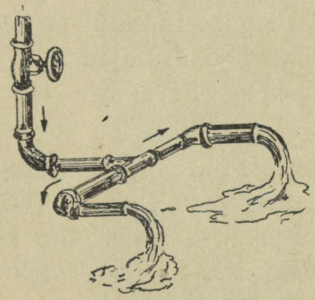
Kirchhoff'i esimene geniaalne töö kuulub sellesse aega, millal ta oli vaevalt kahekümneühe-aastane.

Königsbergi ülikooli matemaatilise füüsika professor Franz Neumann imetles oma õpilase ebaharilikku andekust.

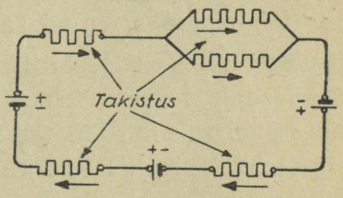
«See üliõpilane,» ütles ta oma kolleegidele, «omab väljapaistva õpetlase talenti. Usun, et ta paneb oma töödega maailma imestama.»

Ja tõesti, õpetaja ei eksinud: Kirchhoff osutus sajandi suurimaks füüsikuks.

Õpetatud maailm kuulis Kirchhoff'ist esmakordselt 1847. a. Eelviimase kursuse üliõpilasena tegeles Kirchhoff elektrivoolude harunemise uurimisega. Nende uurimuste aluseks võttis ta Ohmi seaduse. Õpetaja heakskiitmisel avaldas Gustav Kirchhoff oma töö. Selles olid esitatud tema poolt avastatud seadused, millele allub elektrivool harunenud vooluahelas.



Joon. 71. Illustratsioon Kirchhoff'i esimesele seadusele.



Joon. 72. Skeem Kirchhoff'i teise seaduse selgitamiseks.

Esimese Kirchhoff'i reegli põhjal voolusumma, mis saabub võrgu antud punkti, võrdub voolude summaga, mis väljuvad samast punktist.

Teine Kirchhoff'i reegel räägib sellest, et kui mitu traati moodustavad kinnise ringi, siis ringis oleva elektromotoorse jõu summa peab võrduma ringi osade takistuste ja voolu tugevuse korrutiste summaga. Seejuures ühesuunalised voolud ja elektromotoorsed jõud loe-

takse positiivseiks (näiteks kellaosuti suunas), aga vastusuunalised negatiivseiks.

Ohmi seadus ja kaks Kirchhoff'i reeglit said elektriõpetuses põhjapanevateks.

26. peatükk.

„Füüsikute kuningas".

Nii nimetasid tihti geniaalset inglise füüsikut ja keemikut Michael Faradayd tema õpilased ja austajad.

Töölisklassist põlvnevale iseõppijale Faradayle oli teaduslik töö eluliseks vajaduseks.

Teaduse tippudele tõustes säilitas Faraday oma tagasihoidlikkuse ja aususe, tööarmastuse ja visaduse. Teaduse huvides pani ta oma elu mitmel puhul kaalule. Mitu korda sai ta plahvatuste juures põrutada ja haavata. Tema õpetaja, kuulus Davy, oli hämmastatud «raamatuköitja elujõust».

Kui Faraday saavutas kloorgaasi vedeldamise, muutus Davy kadedaks, suhtus ebasõbralikult oma laborandi edusse ega häbenenud mõningaid Faraday töid oma arvele kirjutamast.

Vaatamata Davy ägedale vastuseisule, kes oli saanud Kuningliku Seltsi presidendiks, valiti Michael Faraday 1824. aastal oma teaduslike avastuste eest selle seltsi liikmeks.

«Teie peate oma avalduse valimise kohta tagasi võtma,» nõudis Davy.

«Seda ettepanekut ei esitanud mina, vaid seltsi liikmed. Mul ei ole õigust seda tagasi võtta,» vastas Faraday.

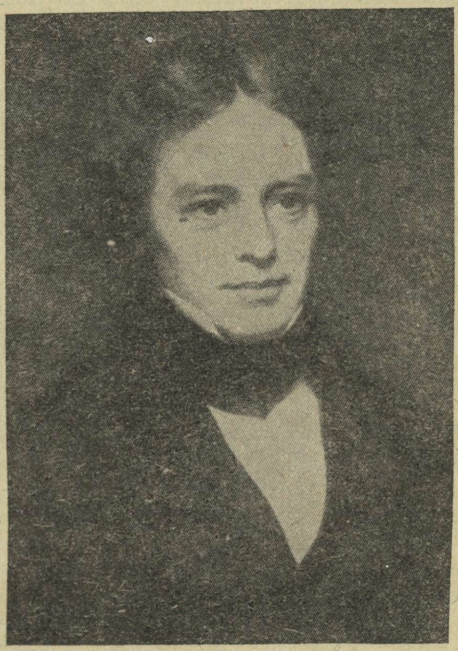
«Siis peate sundima selleks ettepaneku tegijaid!»

«Ma olen kindel, et nad seda ei tee!»

«Sel juhul teen mina kui president seda!»

«Ma olen kindel, et sir Davy teeb ainult seda, mida ta peab õilsaks!» lõpetas kahvatuks muutunud Faraday jutu.

Faraday valiti siiski. Tema kuulsus ja autoriteet tõusid. Aasta pärast nimetati ta laboratooriumi direktoriks ja juba kahe aasta pärast asendas ta professorina Davyt täielikult.



Joon. 73. Michael Faraday (1791—1867).

Siis muutis Davy järsult oma suhtumist endisse abilisse, teeskles siirast rõõmu Faraday edusammude üle ning uhkustas sellega, et tema «avastas» Faraday.

Faraday võttis kogu aasta kõnekunstitunde, et õppida oma mõtteid täpselt ning selgesti väljendama.

Oma sõpradelt nõudis Faraday, et need kirjutaksid hoolikalt üles kõik eksitused, ebatäpsused ja vead, mis ta oma ettekandes teeb. Kui Faraday ülemäära innustus, pidi assistent asetama kateedrile plakati pealkirjaga: «Aeglasemalt» või «Aitab».

«On vähe sellest, et ise teada, vaid peab oskama ka oma teadmisi teistele edasi anda!» vastas Faraday korduvalt, kui temalt küsiti, miks ta nii tõsiselt valmistub loenguiks, milliseid ta on juba varem pidanud.

* *
*

Nagu alati, tuli Faraday ka 29. augustil 1831 juba varahommikul laboratooriumi.

«Kas te jätkate täna oma katseid?» küsis temalt assistent.

«Jah, Anderson, ma jätkan ikka samu katseid. Teen neid juba kümnendat aastat... See eesmärk on mul alati ja kõikjal meeles. Magnetism tuleb muuta elektriks! Kas mõistate, Anderson? Ma kirjutasin selle lühikese lause kümme aastat tagasi. Kui elektrivooluga täidetud juhtmed ilmutavad magnetilisi omadusi, siis peaks saama elektrivoolu ka magneti abil. Kahjuks minu rohkearvulised katsed ei tõesta veel seda...»

Kuid sel ajaloolisel päeval kroonis Faraday püsivust täielik edu.

Ühendame pappsilindrile mähitud traadist pooli (solenoidi) elektri mõõteriista klemmidega. Võtame siis varbmagneti, lähendame selle otsa pooli ülemisele avale ning laseme ta kiiresti pooli sisse.

Mõõteriista osuti kaldub kõrvale ja pöördub tagasi oma kohale, niipea kui magneti liikumine katkeb. Järelikult tekkis poolis lühiaegne vool.

Magnetit korduvalt solenoidi lastes ja sealt välja võttes veendume, et solenoidis tekib selle tagajärjel igakord vool. Voolu suund oleneb sellest, missuguse magneti otsa me solenoidi asetame. Kui magneti solenoidist välja võtame, muutub voolu suund vastupidiseks.

Muudame nüüd katset, kuid jätame tema olemuse samaks. Sel eesmärgil valmistame kaks eri suurusega solenoidi. Väiksem solenoid peab vabalt suurema sisse mahtuma.



Joon. 74. Faraday laboratoorium Kuninglikus Instituudis.

Väiksema solenoidi ühendame juhtmete kaudu galvaani patareiga.

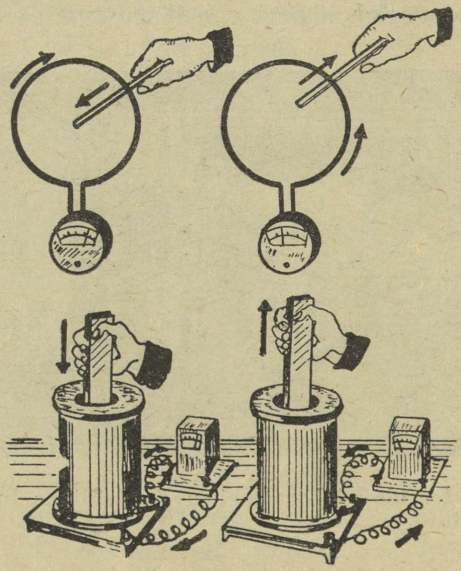
Vooluga juhe — see on magnet, nagu tõestas Ampère. Järelikult on patareiga ühendatud väikese solenoidi asetamine suure sisse võrdne varbmagneti asetamisega solenoidi sisse. Katse kinnitab täielikult seda oletust.

Faradayl õnnestus selletaoliste katsetega saada niinimetatud indutseeritud ehk induktsioonvoolu.

* *
*

Oma paksu kaustikut sirvides jäi Faraday mõttesse. Tema peas tekkisid plaanid uuteks katseteks, mis pidid juba saavutatud tulemusi igakülgselt kinnitama.

«Magneti eemaldamine mõõteriistaga ühendatud solenoidist ja lähendamine sellele võrdub esimesel juhul magneti magnetismi suurenemisega, teisel aga selle nõrgenemisega.



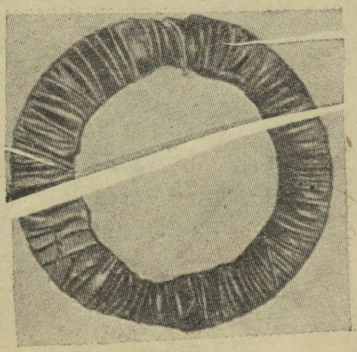
Joon. 73. Elektromagnetiline induktsioon. Magneti liikumisel solenoidis tekib viimases elektromotoorne jõud. Elektrivoolu olemasolu näitab ahelasse lülitatud galvanomeeter.

Täpselt samuti vastab vooluga täidetud solenoidi lähendamine selle magnetiliste omaduste suurenemisele teda läbiva voolu suurenemise tõttu. Sel juhul võib nähtavasti väikese solenoidi panna suure sisse, seda mitte enam liigutades, ning tegutseda ainult voolukatkestajaga. Igakord, kui ma ühendan või katkestan vooluringe poolis, mis on ühendatud

galvaani patareiga, peab ilmuma vool ka teises poolis,» arutas Faraday.

Katse kinnitas ka seda Faraday oletust. Seejuures märkas õpetlane, et osuti kaldub palju rohkem kõrvale sel juhul, kui väikesesse solenoidi asetada rauast südamik.

Nüüd selgus Faradayle tema esimeste katsete ebaõnnestumise põhjus. Tekib ju vool teises ahelas ainult ahela sisse- ja väljalülitamisel, mähiste lähendamisel või eemaldamisel, magneti sissepistmi-



Joon. 76. Mähisega traatrõngas, mille valmistas Faraday ja mida kasutati katseis, mille abil avastati elektromagnetiline induktsioon.

sel või väljavõtmisel, niisiis — ahela või magneti olukorra muutmisel. Aga tema esimeste katsete puhul jäi kõik muutumatuks. Peale selle ei osutanud Faraday multiplikaatorile lülitamise ja katkestamise hetkel mingit tähelepanu, sest ta kujutles ekslikult, et uus nähtus ei saa tekkida neil esimesel ja viimasel momendil, vaid ainult püsiva voolu olemasolul esimeses ahelas.

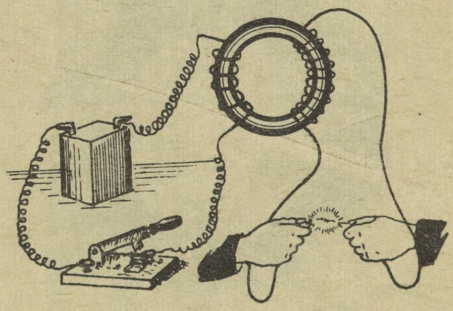
24. novembril 1831 esitas Faraday Kuningliku Seltsi koosolekul ettekande oma suurest avastusest — elektromagnetilisest induktsioonist. See ettekanne

sisaldas sada kolmkümmend üheksa punkti ja suure hulga kirjeldusi katsete kohta, mis Faraday oli teinud oma avastuse kinnitamiseks.

«Nüüd lõpuks juba võib magnetismi muuta elektriks!» ütles Faraday.

Selgus, et Faraday poolt avastatud elektromagnetilise induktsiooni nähtuse põhjal on võimalik ehitada uusi vooluallikaid.

Juba 1832. a. juulis sai Faraday kirja kelleltki R. M-ilt, kes jutustas tema poolt leiutatud elektrimasinast. R. M.



Joon. 77. Faraday katse skeem. Võtme sisse- ja väljalülitamisel (all vasakul) tekivad teise mähise otste vahel elektrisädemed.

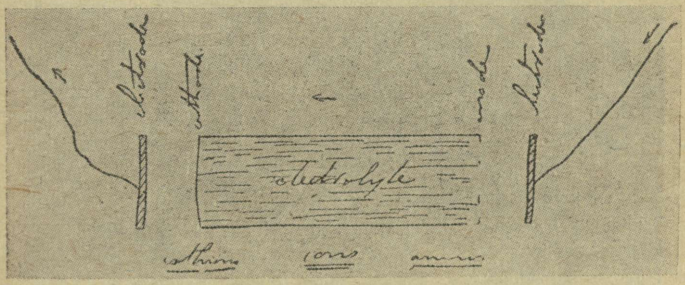
kirjutas, et oma leiutise on ta teinud Faraday avastuse põhjal.

Mitmesugustes maades töötasid leiutajad välja elektrimasinate konstruktsioone, mis olid rajatud elektromagnetilise induktsiooni nähtusele. Faraday avastuse alusel leiutas Venemaal elektrimasina akadeemik B. S. Jacobi.

Faraday avastuse tõttu osutus võimalikuks elektrotehnika kiire arenemine ja odava elektri laialdane kasutamisele võtmine mitmesugusteks tööstuslikeks, elutarbelisteks ja teaduslikeks otstarbeiks.

Faraday kuulsa katse teostamise päev, 29. august 1831, läks suure mälestuspäevana geniaalsete leiutiste ajalukku. See päev oli pöördeliseks ka Faradayle endale. Sellest ajast peaaegu kuni oma surmani tegeles Faraday peaasjalikult ainult uurimustega elektri ja magnetismi alal.

Aastail 1833—1834 leiutas Faraday seadused elektrivoolu läbimise kohta juhtivaist vedelikest (elektrolüütidest) ja nende keemilise lagunemise (elektrolüüsi) kohta.



Joon. 78. Faraday joonis, kus esmakordselt kasutatakse uusi elektrolüütilisi nimetusi: katioon, anioon, elektrolüüt, katood, anood.

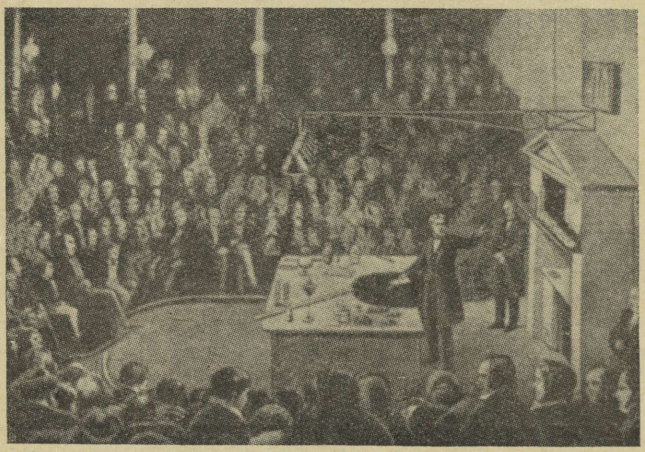
Juba ammu oli märgatud elektrivoolu mõju juhtivaisse vedelikesse, mis seejuures lagunesid algaineiks. Nii laguneb vesi läbiva voolu mõjul vesinikuks ja hapnikuks.

Faraday püstitas rohkearvuliste katsete põhjal järgmise seaduse:

«Aine hulk, mis eraldub vedelikku asetatud voolu juhtivatel plaadikestel (elektroodidel), oleneb voolu tugevusest ja läbimise kestusest: mida tugevam on vool ja mida kauem kestab läbimine, seda rohkem ainet eraldub lahusest.»

Kui aga Faraday laskis üht ning sama voolu läbi mitmesuguste lahuste, märkas ta, et elektroodidele koguneva

aine hulk ei ole ühesugune, kuigi voolu tugevus ja läbimise aeg jäid samadeks. Faraday kaalus eraldunud ained täpselt ära ja nägi, et nende kaal ei ole juhuslik, vaid oleneb aine keemilisest koostisest. Iga grammi vesiniku kohta kogunes alati umbes 23 grammi naatriumi, 35,5 grammi kloori, 107,9 grammi hõbedat ja 31,8 grammi vaske. Faraday poolt püstitatud seadused said uue teaduse — elektrokeemia — aluseks.

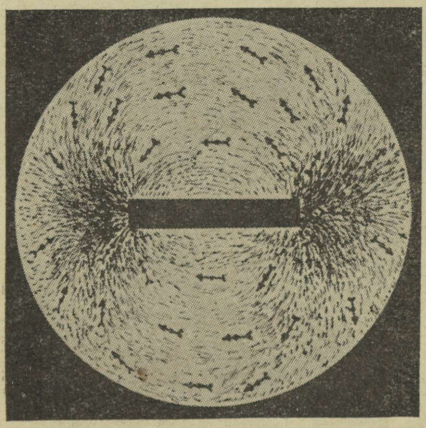


Joon. 79. Faraday populaarteaduslikku loengut ette kandmas.

1835. aastal avastas Faraday omainduktsiooni nähtuse.

«Selle nähtuse olemus seisab selles,» teatas Faraday, «et igal voolu tugevuse muutumisel antud juhis (eriti raudsüdamikuga poolis) muutub juhti ümbritsev magnetväli ja selle tagajärjel tekib (indutseerub) samas juhis täiendav elektromotoorne jõud. Omainduktsioon ilmneb vooluahela sisse- ja väljalülitamisel, samuti ka voolu suurendamisel ja vähendamisel. Vooluahela sisselülitamisel tekib vool, mis

on vastassuunaline peavoolule. Seepärast möödub mõni aeg, olgugi lühike, enne kui vool saavutab oma põhilise tugevuse. Vooluahela katkestamisel omab omainduktsioonvool peavooluga sama suuna, seepärast suurendab ta viimast märgatavalt ning ühtlasi pikendab voolu katkestamise momenti. Samal põhjusel annab katkestatav vool (ekstravool) vooluahela katkestamise kohal ereda sädeme.»



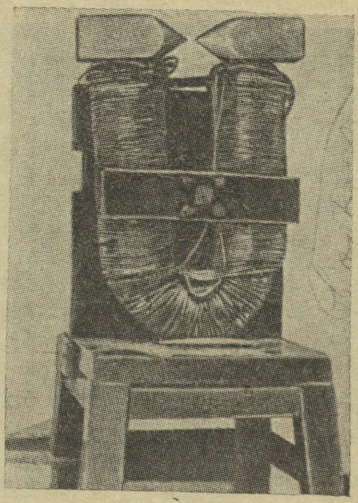
Joon. 80. Varbmagneti magnetväli. Noolekesed näitavad tungjoonte suunda.

Kaks aastat hiljem näitas Faraday, et mitte ainult raud ja teras ei oma magnetilisi omadusi, vaid samad omadused esinevad kõigil aineil, kuigi tunduvalt vähemal määral.

Tugeva magneti pooluste vahele peene niidi otsa mitmesuguste ainete väikesi tükikesi riputades nägi õpetlane, et mõnedest aineist valmistatud varvakesed asetuvad suunaga ühelt pooluselt teisele. Neid kehi nimetas Faraday paramagnetilisteks («para» — kreeka keeles piki). Niisugused on näiteks metallid alumiinium, mangan ja plaatina.

Teistest ainetest varvakesed aga asetuvad magnetipooluseid ühendavale joonele perpendikulaarselt. Faraday nimetas neid diamagnetilisteks («dia» — kreeka keeles põiki). Niisugusteks osutusid vask, hõbe, kuld, vesi, vismut jne. Samasugused omadused on õunal, leival ja lihal.

Aineid, mis on võimelised eriti tugevasti magnetiseeruma, nimetas Faraday ferromagnetilisteks (sõna-sõnalt raud-



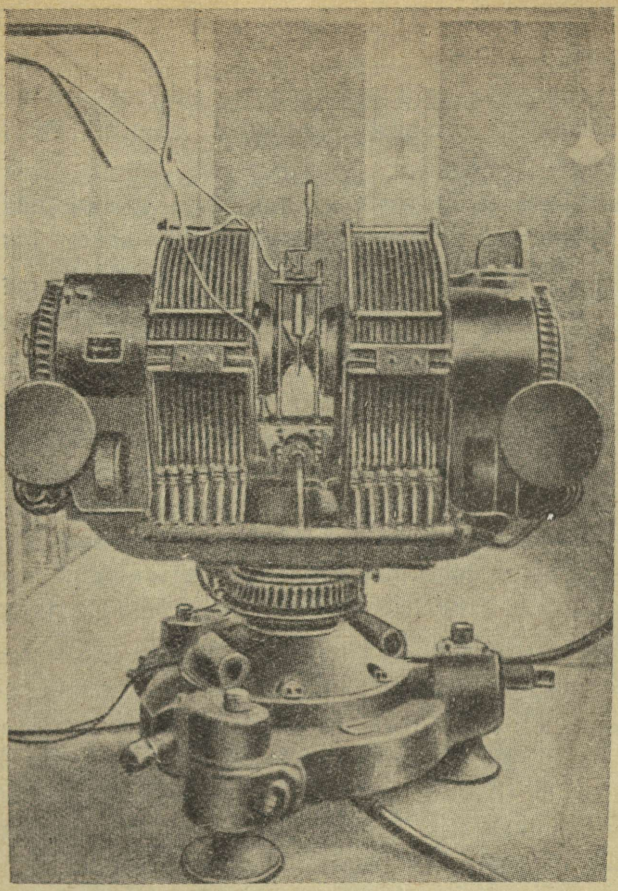
Joon. 81. Faraday elektromagnet. Selle magneti pooluste vahel pöörleva vaskketta abil lõi Faraday (1831. a.) esimese magnetilise elektrimasina, tootes esmakordselt magneti abil elektrit.

magnetilisteks). Need on raud, teras, malm, nikkel, koobalt jne.

Katsed mitmesuguste ainetega nende magnetiliste omaduste selgitamiseks viisid Faraday järeldusele kehade mitmesugusest «magneti-läbilaskvusest».

Üht loodussaladust teise järel avalikuks tehes kaldus Faraday ikka rohkem ja rohkem järgmisele mõttele:

«Kõik loodusjõud võivad muutuda üksteiseks.»



Joon. 82. Nüüdisaegne hiiglasuur elektromagnet laboratoorseteks töödeks.

Ammuaegne tüli õpetlaste vahel elektrivoolu tekkimise põhjusest galvaani patareis lõppes Faraday vaatekoha vastuvõtmisega:

«Elektri voolu tekitab lahuste keemiline toime metallidesse, mitte aga metallide lihtne kokkupuutumine või metallide

kontakt. Galvaani patareis muutub keemiline energia elektrienergiaks.»

Faradayd huvitas eriti just küsimus, millisel viisil mõjutavad vastastikku üksteist magnetid, samuti ka laetud elektrijuhid.

«Elektrilised ja magnetilised tungid ei saa mõjuda kaugusse ilma mingi vahepeatse keskkonnata,» arutas Faraday.

Faradayl ei läinud korda tõestada, nimelt missugune keskkond ja kuidas annab üle magnetiliste ja elektriliste tungide toimet, kuid ta oli kindlasti veendunud, et nendeks üleandjateks on tungjooned.

Kui võtta paberileht, asetada horisontaalselt asetseva hobuserauakujulise magneti peale ning katta rauapuruga, korraldub viimane paberil mööda magneti tungjooni. See ongi niinimetatud magnetiline spektrum. Kui juhtida vertikaalne juhe läbi horisontaalselt asetatud papitüki, siis korraldub ka sellel olev rauapuru mööda tungjooni.

Poolis, millesse elektrivoolu indutseerimisel lastakse magnet, lõikavad magneti tungjooned pooli mähise keerde. Samasugune nähtus tekib ka kõigil teistel induktsioonijuhtudel, kui magnetit asendavad elektrivooluga juhtmed. Ilmnes, et mida tihedam on tungjoonte väli ja mida kiiremini juhe neid lõikab, seda tugevam vool tekib juhtmes. Faraday sai kiiresti pöörlevas traatraamis elektrivoolu isegi ilma igasuguse magnetita, sest raam pöörles maakera magnettungjoontest täidetud ruumis.

Elektri ja magneti tungjoonte õpetus oli üks Faraday viimaseid suuri avastusi. Kauakestnud pingerikas uurimistöö murdis tema organismi, väsitades ning kulutades tema jõudu. Eriti kannatas Faraday mälu nõrgenemise tõttu. Oli juhtumeid, kus ta tegi üht ning sama katset mitu korda.

Tervitus Inglismaa proletariaadile inglise töölisklassist põlvneva Faraday juubeli puhul,

vastu võetud Moskva teaduslike ja ühiskondlike organisatsioonide pidulikul koosolekul 23. septembril 1931.

Elektromagnetilise induktsiooni avastamise sajanda aastapäeva puhul saadab Moskva teaduslike ja ühiskondlike organisatsioonide pidulik koosolek tervituse inglise proletariaadile, kelle ridadest võrsus elektrialase teaduse rajaja ja tänapäeva eesrindliku tehnika ennustaja Michael Faraday.

Rahvusvahelise proletariaadi õpetajad Marx ja Engels mõistsid geniaalselt elektri revolutsioonilist osa Faraday poolt loodud õpetuse esimeste praktilise rakendamise katsete puhul.

Kogu maailma tööliste suur juht Lenin juhtis vahetult Nõukogudemaa esimese riikliku elektrifitseerimise plaani koostamist. Nõukogude Liidu proletariaat ehitab leninliku kommunistliku partei juhtimisel, kes on teinud elektrifitseerimisplaani oma teiseks programmiks, omandades kriitiliselt kõiki inimkonna poolt kogutud teaduslik-tehnilisi kogemusi, edukalt sotsialismi ja rekonstrueerib eesrindliku tööstusliku tehnika baasil oma maa majandust.

Seltsimees Stalini näpunäidete järgi omandavad NSV Liidu töölised tehnikat, mille arsenalis Faraday ideed jäävad kauaks püsima tehnilise arengu vägeva revolutsioonilise relvana...

«Minu mälu nõrgeneb iga päevaga. Ma unustan kõik . . .» kurtis Faraday meelt heites üha sagedamini oma lähedastele inimestele.

12. märtsil 1862 töötas Faraday viimast korda oma laboratooriumis.

25. augustil 1867 uinus suur uurija oma tugitoolis igaveseks. Faraday surm rabas valusa hoobina kogu maailma õpetlaskonda. Järgnevad õpetlaste sugupõlved austasid oma suure eelkäija mälestust uute teaduse võitudega elektri alal ja nende laialdase rakendamisega inimkonna heaks.

Ent oma pingutuste töövilja, esimesi tähelepanuväärseid leiutisi, milles kasutati elektrit, nägi Faraday juba oma eluajal.

27. peatükk.

Kauguse vallutajad.

Kiire sidepidamise võimaluste leiutamine kaugete kohtade vahel on alati olnud inimeste unistuste aineks, kõnelemata veel sellest, milline suur tähtsus on kiirel ühendusel sõjalisteks otstarveteks, kaubanduses ja igapäevases elus. Elektritelegraaf oli üheks täiuslikumaks katseks kiire ühenduse loomise küsimuse lahendamisel.

Kunstnik Samuel Morse oli teadlik arvukaist katseist võita kaugusi elektritelegraafi abil. See mõte oli tekkinud ammu, juba siis, kui kõikjal oldi haaratud katseist Kleisti ja Musschenbroeki purkidega.

1753. aastal avaldas keegi Ch. M. artikli elektritelegraafi kohta. Projekti autor pani ette saata elektrilaenguid mööda kaht punkti ühendavaid rohkearvulisi isoleeritud traate. Traatide arv pidi võrduma tähestiku tähtede arvuga.

«Traadi lõpul olevad kerakesed,» kirjutas Ch. M., «elektriseeruvad ja tõmbavad külge tähtede kujutustega kergeid kehi.»

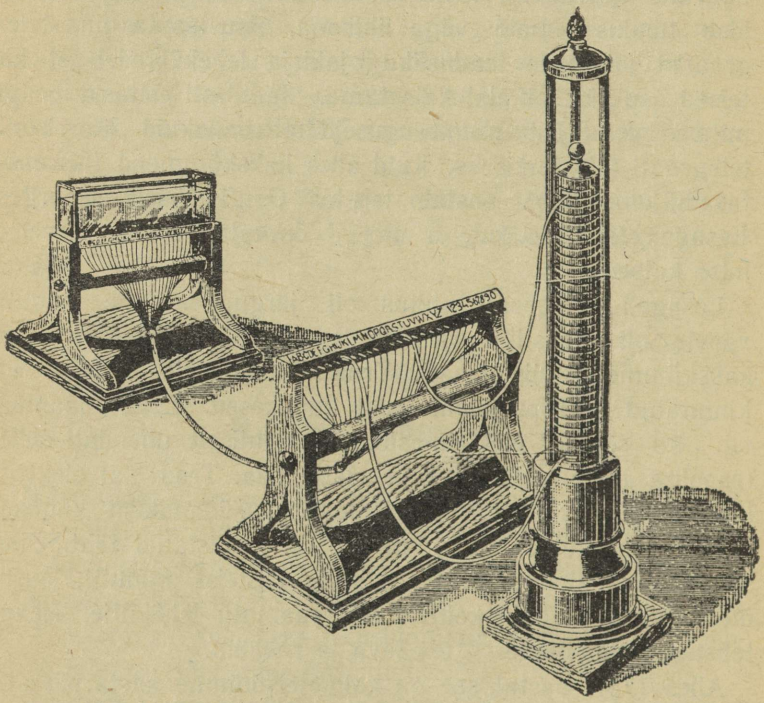
Hiljem tehti kindlaks, et Ch. M. oli šoti õpetlane Charles Morrison Renfrew'st. Kuid temal ei läinud korda oma aparaati korralikult tööle rakendada. Et aga selle ehituse idee tundus temale väga lihtsana, otsustas ta oma telegraafist jutustada teadusliku ajakirja lehekülgedel, et ka teised asuksid sel alal katsetama. Ja tõesti esitasid peagi mitmed leiutajad mitmesuguseid ettepanekuid Morrisoni telegraafi täiustamiseks. Kuid alles kakskümmend üks aastat hiljem, 1774. aastal, teostas Genfi füüsik Georges Lesage elektrilaengutega mõned õnnestunud telegrafeerimise katsed.

Lesage'i telegraafi ehitus oli järgmine. Kahe punkti vahele oli tähestiku tähtede arvule vastavalt tõmmatud kakskümmend viis traati. Traatide ühtedele otstele olid kinnitatud leedripuusüdamikust kuulikesed. Teises jaamas oli üles seatud elektrimasin, mis ajutiselt ühendati selle traadiga, mille tähte oli vaja edasi anda. Traat sai elektrilaengu ja andis selle edasi, leedripuusüdamikust kuulike aga tõmbas külge paberi, millele oli joonistatud täht. Ühe sõna edasiandmine kestis kümme-viisteist minutit, lause üleandmine — kaks-kolm tundi, raamatu leheküljel oleva teksti edasiandmine — ööpäeva ja rohkem.

Alles 1787. aastal, see on kolmeteistkümne aasta pärast, õnnestus füüsik Lomond'il lihtsustada Lesage'i telegraafi. Ta pidas oma leiutatud tingtähestiku abil küllaltki õnnestunud telegraafilise kõneluse oma teises toas istuva naisega. Kogu Lomond'i telegraaf koosnes ühest traadist, ühest elektroskoobist ja elektrimasinast.

Hispaania füüsik Salva ehitas 1796. aastal kuninga nõudel Madridi lähedusse telegraafiliini, millel ta andis edasi kokkulepitud signaale elektrisädemetega.

Kui avastati galvaaniline elekter, tegi baieri arst ja looduseuurija Samuel Sömmering 1809. aastal ettepaneku kasutada telegrafeerimiseks vee elektrokeemilist lahutumist. Kolmekümne viiel tähti ja arve tähendaval elektroodil eralduvate vesinikumullikeste abil oli võimalik edasiantavaid



Joon. 83. Sömmeringi „mull-telegraaf".

teateid vastu võtta. Kuid ka see «mulltelegraaf» ei kõlvanud praktiliseks kasutamiseks.

Möödus kaksteist aastat. Oerstedi poolt avastatud galvaanilise voolu mõju magnetnõelale sai laialdaselt teatavaks. Selle nähtuse alusel püüdsid paljud õpetlased ja leiutajad valmistada magnetnõelaga telegraafi. Esimese

sellelaadilise leiutise tegi André Ampère. Kuid ebapraktilisena ei leidnud see kasutamist.

Mõnedel teistel õpetlastel oli rohkem õnne. Sel ajal kui Samuel Morse töötas välja oma kuulsat «seadist kauguste vallutamiseks», leiutas teises maailmajaos andekas vene



Joon. 84. Pavel Lvovitš Schilling (1786—1837).

füüsik Pavel Lvovitš Schilling telegraafi. Ta seadis 1832. aastal Peterburis Talvepalee ja Teedeministeeriumi vahele telegraafiühenduse. Schillingi hiilisemas, parandatud telegraafis oli ainult kaks juhet. Juhtmete ühed otsad ühendas ta galvaani patareiga, teiste otste külge aga kinnitas väikese pooli, mille sees oli magnetnõel. Iga täht koosneb mõnest nõelavõnkest paremale või vasakule. Selleks tarvitses vaid

muuta erilise võtmega juhtmete ühendust patarei klemmidel.

Sellesarnased telegraafid töötasid aeglaselt ja ebakindlalt. Nii kestis seni, kuni telegraafis võeti kasutamisele elektromagnet.

Elektromagnet leiutati suure «hilinemisega». Õpetlased uurisid elektromagnetilisi nähtusi juba kaua, kuid elektromagnetit ei leiutanud neist keegi. Elektromagneti leiutajaks oli inglane, iseõppija, kingsepa poeg William Sturgeon. Kuni kahekümnenda eluaastani töötas William, nagu ta isagi, kingsepana. Ta ei õppinud kusagil. Kuid teadushimu, tähelepanelikkus ja loomulik mõistus võimaldasid noormehel koguda mõningaid teadmisi mitmesugustelt teadusaladelt. Endaarendamise huvides otsustas Sturgeon astuda vabatahtlikult sõjaväeteenistusse.

Sõdurielu polnud kingsepa omast parem. Kasarm oli niisama sünge nagu kingsepatöökodagi, kus möödusid tema lapsepõlv ja noorus. Kuid William kandis nurisematult suurtükiväelase rasket teenistust ainult sellepärast, et tal puhketundidel oli võimalik raamatuid lugeda. Sturgeonile avanes uus maailm, kui ta hakkas füüsikaraamatuid lugema. See teadus kütkestas teda. Kellegi abi kasutamata, pingsas töös ja teadusest kirglikult kaasakistuna omandas Sturgeon põhjalikult tolleaegse füüsika. Aga selleks kulus peaaegu viisteistkümmend aastat. Elekter ja magnetism said tema armastatuimateks füüsikaaladeks. Oerstedi ja Ampère'i avastustest teada saanud, kordas Sturgeon sõjaväe kõrgemate võimude loal nende õpetlaste katseid.

Kakskümmend aastat vabatahtlikuna teeninud, otsustas Sturgeon lõpuks vabaneda sõjaväeteenistusest ja asuda põhjalikumalt elektromagnetismi tundmaõppimisele. Kord, see oli 1823. aastal, märkas ta, et isoleeritud traadiga mähitud pooli (millesse oli vool lastud) asetatud pehmest

rauast varb muutus magnetiks. Kui aga vooluahel katkestati, kaotas südamik kohe magnetilised omadused.

Sturgeon asus seda nähtust uurima ja leidis, et isoleeritud traadiga hobuserauakujuline südamik annab veelgi suurema külgetõmbetungi. 23. mail 1825 esitas William Sturgeon Käsitööliste Seltsile oma elektromagnetite kollektsiooni ja esines esimese avaliku ettekandega oma leiutise kohta. Käsitööliste Selts autasustas leidurit hõbemedaliga ja väikese rahalise preemiaga.

Londonis näitas Sturgeon omavalmistatud elektromagnetit, mille ankur tõmbas kergesti külge ja hoidis üleval kaheksanaelast ja suurematki raskust. Nii leiutas endine kingsepp ja soldat William Sturgeon peaaegu kõigi käesoleva aja elektriaparaatide ja elektrimasinate südame — elektromagneti.

Tunduvaid täiendusi elektromagneti ehituses teostas kuulus ameerika füüsik Joseph Henry. Ta hakkas esimesena isoleerima elektromagneti mähise traate siidniidiga. Henry elektromagnetid, mida ta kirjeldas 1831. aastal, võisid tõsta 2063 naela[6] kaaluvaid raskusi.

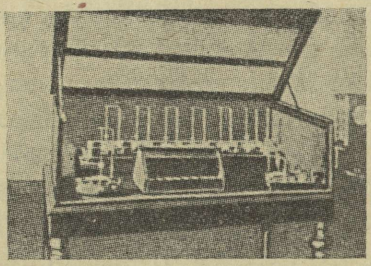
* *
*

Telegraafi-idee kallal töötades leiutas Morse oma kuulsa telegraafitähestiku. See mõte tekkis tal kuidagi ootamatult. Leidur teadis, et laevastikus kasutati signaliseerimiseks lippude tähestikku. See võeti esimesena kasutamisele Inglismaal XVII sajandi keskel. Kui tõsta vasak käsi lipuga üles, tähendab see üht tähte, tõsta parem käsi lipuga — teist tähte, mõlemad käed — kolmandat tähte, sirutada käed kõrvale — uut tähte jne. Juba lapsepõlvest olid Morse'ile tuntud tuuleveskitega sarnanevad «kõnelevad

[6] 2063 inglise naela — umbes 1 tonn.

tornid». Need kõrged tornid olid kaugele näha. Tornides asusid inimesed, kes nöörist tõmmates tõstsid ja langetasid semafori tiibu nagu lippudega käsi.

Esimesena leiutas ja ehitas niisugused mehhaniseeritud signaalvahipostid prantslane Claude Chappe. Need semafor-telegraafid olid aastakümneid tarvitusel paljudes Euroopa maades. Neid kasutas Prantsuse vabariigi valitsus. (210-kilomeetrilisel liinil Pariis-Lille oli kakskümmend torni), Napoleon Bonaparte, Venemaa tsaarivalitsus (Peter-



Joon. 85. Schillingi telegraafi mudel. Schillingi telegraaf omas kuus magnetnõela eriliselt koostatud tähestiku edasiandmiseks. Hiljem kasutasid Schillingi ideed Cooke ja Wheatstone, kelle aparaate veel praegu vahel Inglismaal kasutatakse.

buri-Varssavi) ja teised. Kuulus vene leidur Kulibin leiutas iseseisvalt samatüübilise telegraafi.

Igas tornis valvasid signalistid pikksilmadega. Nad jälgisid tähelepanelikult naabertornis väljaasetatud märke ja kordasid neid täpselt oma tornis. Nii anti kokkulepitud märke tornist torni edasi. Kui saabus pimedus või kui tornid kadusid uttu, lakkas telegraaf täielikult töötamast. Kuid isegi ilusa ilmaga moonutas Chappe'i telegraaf sagedasti edasiantavaid märke. Paremaks nähtavuseks oli ju võimalik ehitada tornid üksteisele lähemale, kuid see oleks läinud

liialt kalliks. Semafor-telegraafi vigu ja moonutusi ei olnud kerge kõrvaldada.

Morse taipas, et inimese mälu, nägemine ja kuulmine ei ole kuigi täiuslikud.

«Seepärast on kõige parem panna telegraaf vastuvõetavaid signaale automaatselt üles kirjutama,» jõudis Morse otsusele. «Siin on vead juba vähem võimalikud.»

Ent kuidas leiutada kirjutavat aparaati?

* *
*

1833. aasta kevadel oli Göttingenis magneti-observatooriumi ja ülikooli füüsikakabineti vahele tõmmatud kaks juhet, mille kogupikkus oli umbes kaheksa tuhat jalga. Observatooriumi direktoriks oli Karl Gauss ja füüsikakabinetis töötas tema sõber, füüsikaprofessor Wilhelm Weber. Juhtmete mõlemad otsad olid kinnitatud multiplikaatorite külge. Gauss leiutas erilise seadise voolu suuna kiireks muutmiseks juhtmete otsade vahetamise teel. Seda seadist nimetas ta kommutaatoriks. Vooluallikaks Weberi ja Gaussi telegraafis oli induktsioonpool. Tarvitses vaid magnet kiiresti pooli lasta või sealt välja tõsta (nagu tegi Faraday), kui ahelasse ilmus vool ja magnetnõel kaldus ühte või teise külge. Kokkulepitud märkide abil anti ühest otsast teise üksikuid sõnu ja isegi lauseid. Kuid signaalide vastuvõtmine oli siiski veel raske, sest vool oli üsna nõrk.

Müncheni füüsik Karl Steinheil katsus mõne aasta pärast Göttingeni telegraafi parandada. Kuid tema telegraaf ei leidnud levikut. Ühtaegu telegraafi leiutamisega avastas Steinheil võimaluse kasutada teise juhtme asemel maad. Seda tähtsat avastust hakati laialdaselt kasutama hilisema aja elektriseadiste juures.

* *
*

Kuni 1835. aastani takistas aineline kitsikus Morse'il oma telegraafiaparaadile kõigi osade valmistamist ja leiutise praktilist katsetamist. Morse tegeles New Yorgi ülikoolis esteetika ja joonistamise õpetamisega.

Ülikoolil olid oma lukussepa- ja sepatöökojad. Paljud Morse'i kolleegidest märkasid, et ta reeglipäraselt veedab teatud aja töökodades. Sellest tekkis arusaamatusi.

«Miks kaunite kunstide professor tegeleb alati musta tööga?» küsisid pedantsed teaduspreestrid üksteiselt.

Morse ei osutanud neile juttudele tähelepanu, võttis seljast ülikooli paraadkuue ja meisterdas põlles ning määrdinud kinnastes rauast hobuserauakujulise magneti, varvad ja muud osad oma telegraafile. Neile töödele ja ettevalmistavatele katsetele kulus palju kuid. Siis asus Morse aparaadi kokkupanemisele. Isoleeritud traati siis veel keegi ei valmistanud. Morse ostis traati ja isoleeris seda puuvillase niidiga mähkides.

Mõned professorid olid Morse'i töödest siiski huvitatud ja abistasid teda aparaadi kokkupanemisel. Tema korterinaaber, keemiaprofessor Hall oli oma teadmistega Morse'ile galvaani patarei ehitamisel abiks. Rea kasulikke näpunäiteid andis Morse'ile füüsikaprofessor Henry.

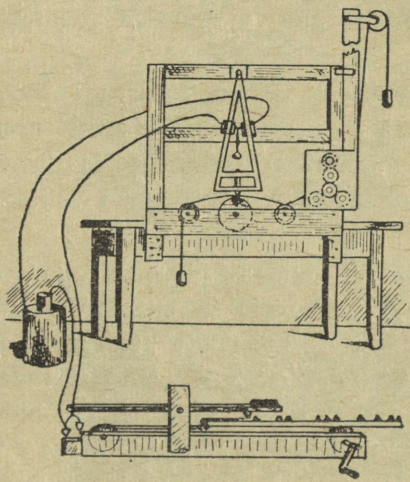
Ka professor Henry töötas telegraafi leiutamise kallal. Ta õppis elektromagnetismi nähtusi põhjalikult tundma ja tema poolt konstrueeritud elektromagnet tõstis üles märkimisväärse raskuse. Kuid Henry oli kaugel neist tähelepanuväärseist konstruktiivseist mõtteist, mis olid juba tekkinud esteetikaprofessor Morse'i peas.

Kui osad olid valmis, asus Morse oma aparaati kokku panema, osade kaupa proovima ja parandama.

Alles 1837. aastal valmis see kõik. Morse proovis oma aparaati ja jäi sellega väga rahule. See esimene telegraafiaparaat oli kokku pandud vanale molberdile. Kirjutamis-

mehhanism ei andnud punkte ja kriipse, vaid siksakke, millest leppetähestiku kohaselt dešifreeriti sõnad.

Morse'i hilisem elektromagnetiline telegraaf omas palju lihtsamat ja kindlamat ehitust, koosnedes hobuserauakujulisest elektromagnetist ja selle kohale kinnitatud hoovast. Viimase ühes otsas oli pehmest rauast ankur, teises aga pliiatsihoidja. Otse pliiatsi kohal liikus kellamehhanismi vedru abil kitsas paberilint. Aparaati oli lülitatud galvaani



Joon. 86. Molberdile asetatud Morse'i telegraafiaparaat.

patarei telegrafeerimise klahviga ehk Morse'i võtmega. Võti ehk klahv oli määratud voolu sisse- ja väljalülitamiseks.

Igas punktis, kus sooviti telegramme vastu võtta või saata, pidi olema täielik komplekt neid Morse'i telegraafi peaosi.

Kui suruti telegrammi ärasaatepunktis klahvile, tekkis sisselülitatud vooluahel: vool läks galvaani patareist võtme kaudu telegraafiliini juhtmeisse, siis vastuvõtupunk-

tis võtme ja elektromagneti kaudu maasse, läbi maa aga voolu andva patarei teisele poolusele. Kui vool läbis vastuvõtupunkti elektromagneti mähist, magnetiseerus selle raudsüdamik ja tõmbas ankru enda külge, mille tõttu kangi teises otsas olev pliiatsihoidja tõusis ja surus jälje liikuvale paberilindile. Mida kauem klahv oli alla surutud, seda pikema joone jättis pliiats. Klahvi kiire allasurumine andis vastuvõtuaparaadi paberilindil lühikese joone või punkti. Morse'i tähestikku tundes võis igaüks kergesti telegrafistiks saada. Klahvi alla vajutada ja vabastada pole mingi kunst.

Kui kõike seda oli kümned korrad proovitud, koostas Morse Ameerika Ühendriikide Kongressi nimele avalduse, jutustades oma leiutise olemusest ja kasust, mida see toob. Kongress otsustas riigi kulul ehitada telegraafiliini.

Kuid kongressi liikmed ei olnud ühisel arvamusel. Mõned mõjukad senaatorid ja suurmõisnikud ei lubanud asetada telegraafiposte oma maa peale. Seepärast ei antud, vaatamata kongressi otsusele, telegraafi ehitamiseks raha. Morse ei uskunud niisugust alatust. Ta kulutas kannatlikult senati kantseleide lävesid, püüdes ehituseks raha saada.

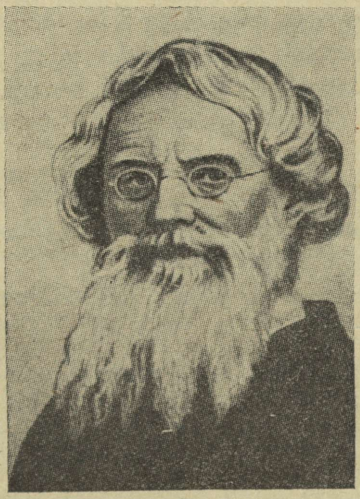
Ka Washingtoni kaubanduslik komitee oli Morse'i ettepanekust huvitatud. Lubati «asi läbi vaadata». Morse katkestas õpetamise ülikoolis, lootes asuda telegraafi ehitamisele. Kuid ehitusega ei alustatud. Et mitte nälga surra, oli suur leiutaja sunnitud krosside eest andma joonistamistunde. Juhtus tihti, et ta tunnitasude korratu maksmise tõttu päevade kaupa ei saanud iva hamba alla.

Nii möödus tervelt kuus aastat. 1843. aasta talvel esitas Morse kongressile uuesti otsustamiseks ettepaneku tema süsteemi järgi telegraafi ehitamiseks.

Morse lootis siiski võitjaks tulla. Kongressil pidi telegraafi ehitamise ettepanek peaaegu läbi kukkuma. Kaheksahääleline ülekaal Morse'i ettepaneku poolt tõendas töösturite väikest ja alles kasvavat jõudu.

«Mis otsuse teeb senat?»

Morse istus juba ammu koosolekusaali rõdul. Aeg lähenes kesköole. Ikka veel ei asunud senat Morse'i telegraafi küsimuse otsustamisele.



Joon. 87. Samuel Morse (1791—1872).

Üks senaatoreist ütles Morse'ist mööda minnes ja teda ära tundes:

«Te ootate siin asjata! Teie projekt ei oma senaatorite sümpaatiat. Soovitan teile minna koju ja telegraafist enam mitte mõelda!»

Õigust öelda oli Morse selle mõttega juba harjunud, et leiutist on raske ellu viia, kuid siiski ootas ja lootis ta. Üksteist aastat oli ta elanud elektrilisest telegraafist mõel-

des. Ja nüüd purunes tema viimane lootus. Mingi kaotus poleks suutnud viia Morse'i sellisele meeleheitele, nagu need senaatori sõnad.

Pealegi oli Morse'ile teada, et elektrokeemilise telegraafi leiutaja Harrison Dyer'i sundisid võimud Ameerikast põgenema. Tema üle taheti kohut mõista kui riikliku kurjategija, mässaja ja vandeseltslase üle sellepärast, et ta tegeles katsetega oma süsteemi telegraafi ehitamiseks.

«Mis ootab nüüd mind?» küsis Morse endalt.

Vankudes tõusis ta pingilt ja läks tänavale.

Tänaval polnud tal aimu, milleks ta nii hilisel tunnil siin on ja kuhu ta läheb. Ei märganud sedagi, kuidas ta koju sattus. Kogu öö ei saanud Morse minutikski silma kinni.

Varahommikul õiendas ta perenaisega arved, otsis kuidagi kokku vajaliku summa piletiostmiseks New Yorki ja hakkas kiirustades asju pakkima.

Äkki kõlas koridoris kellegi meloodiline hääl.

«Kas võiksin näha mister Morse'i? On ta üles tõusnud?»

«Uus ebameeldivus!» mõtles Morse. «Võib olla, et võlgnen kellelegi raha?»

«Mister Morse, soovin teile õnne!» hüüdis sisseastuv tütarlaps rõõmsalt.

See oli Annie Elsworth, privileegide väljaandmisebüroo esimese voliniku tütar.

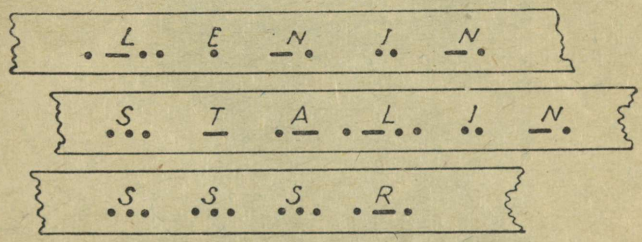
«Õnnitlen teid! Viis minutit enne istungi lõppu võttis senat vastu otsuse telegraafi kiire ehitamise kohta. Teie poolt olid eesrindlike osariikide esindajad ja minu isa.»

Morse seisis liikumatuna. Rõõmuerutusest muutus ta nägu veelgi kahvatumaks. Sõnu nagu välja pigistades lausus ta:

«Olen viiekümnekaheaastane, miss . . . Esmakordselt minu elus . . . tundsin täna tõelist rõõmu . . . Tänan teid ja teie isa selle teate eest!»

Morse'i juhtimisel oli maailma esimese elektromagnetilise telegraafi ehitus varsti täies hoos. Telegraafi juhtmed asetati maa alla. Kuid halva isolatsiooni tõttu riknesid nad varsti. Morse tegi siis ettepaneku tõmmata telegraafijuhtmed mööda poste ja kinnitada klaaspudelite kaeltele. Esimesena leiutas sellise juhtmete asetamise viisi vene füüsik Schilling, kelle ettepaneku aga tsaari ametnikud välja naersid.

Lõpuks oli telegraaf Washingtoni ja Baltimore'i vahel valmis. Kuid ameeriklased hoidusid kaua aega teda kasu-



Joon. 88. Näiteid Morse'i tähestikust.

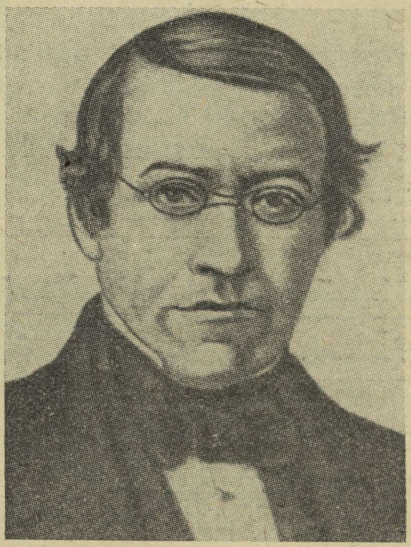
tamast, nagu oleksid nad selleks mingit erakorralist juhust oodanud. See juhus tuligi varsti. Morse'i leidlikkus ilmnes ka siin.

Washingtonis olles pidas Morse oma abilistega Baltimore'is telegraafi kaudu läbirääkimisi. Üks viimastest teatas muuseas, et demokraatliku partei komitee koosolek Baltimore'is valis oma asepresidendiks Silas Wrighti. Morse läks viivitamatult senatisse ja teatas sellest Wrightile. Wright ütles, et ta keeldub end valida laskmast. Morse soovitas telegrafeerida sellest Baltimore'i. Telegrammi saades tegid Morse'i abilised selle sisu otsekohe komisjoni liikmeile teatavaks. Need suhtusid aga teatesse

umbusklikult ja saatsid sõnumi kontrollimiseks kiiresti delegatsiooni Washingtoni.

Kui teade kinnitust leidis, hakati Morse'i telegraafist kõnelema kui tähtsast leiutisest.

27. mail 1844 ilmusid kõigis ajalehtedes esmakordselt artiklid, mis ülistasid Samuel Morse'i leiutist.



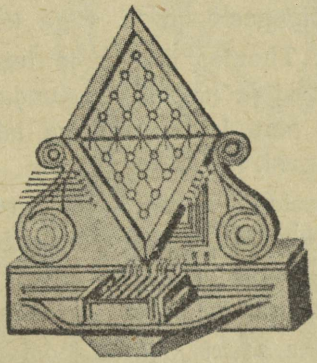
Joon. 89. Charles Wheatstone (1802—1875).

Ühes ajaleheartiklis jutustati sellest, et kui neljakümne viie aasta eest suri esimene Ameerika president George Washington, siis see kogu maale nii tähtis sõnum jõudis New Yorgist Bostonisse alles... kümne päeva pärast.

Morse'i telegraafi kuulsus levis ka üle ookeani Vanasse Maailma — Euroopasse. Inglismaal oli sel ajal laialt levinud füüsik Charles Wheatstone'i ja mereväeinsener William Cooke'i magnetnõelaga telegraaf. Selles telegraafis

anti edasi kuue juhtme kaudu galvaani voolu, mis avaldas mõju ühele viiest magnetnõelast. Wheatstone ja Cooke koostasid erilise tähestiku, mida nad kasutasid telegrafeerimisel.

Magnetnõelaga telegraafi idee ei pärinenud aga Wheatstone'ilt, veel vähem Cooke'ilt. 1835. aastal Saksamaal olles demonstreeris vene füüsik Pavel Lvovitš Schilling Bonnis looduseuurijate seltsi koosolekul oma magnetnõelaga telegraafi. Ettevõtlik Cooke nägi seda telegraafi loengul. 1837.



Joon. 90. Wheatstone'i ja Cooke'i telegraafiaparaat. Koosneb viiest magnetnõelast. Tema ehitus on rajatud magnetnõela kõrvalekaldumisele paremale ja vasakule.

aastal esitas ta riista oma leiutisena ja pöördus Charles Wheatstone'i poole ettepanekuga telegraafiseltsi asutamiseks.

Andekas füüsik-elektrotehnik Wheatstone viimistles tunduval määral nõelaga telegraafi. Inglismaal olid mõned raudtee-jaoskonnad varustatud nende aparaatidega. Selle telegraafiga olid ühendatud ka teineteisest võrdlemisi kaugel asetsevad linnad Paddington ja West Drayton. Varsti

tegi Cooke tsaarivalitsusele ettepaneku võtta need «inglise» telegraafid kasutamisele ka Venemaal.

Morse'i uue elektromagnetilise telegraafi eelised olid vaieldamatud. Kuid Inglismaal hoiti visalt vanast süsteemist kinni. Charles Wheatstone töötas «oma» telegraafi parandamise kallal ja saavutas võimaluse telegrafeerida kahe juhtmega. Londonis oldi sellega väga rahul. Euroopa teistes maades saavutas kiire leviku uus Samuel Morse'i oivaline elektromagnetiline telegraaf.

Muidugi omas ka Morse'i telegraaf esialgsel kujul palju puudusi. Kõigepealt oli ta väga kohmakas.

Charles Pedge, Thomas Edison ja teised leiutajad ning õpetlased viimistlesid ja parandasid tunduvalt Morse'i aparaati ja aitasid oma leidurivaimuga lahendada kauguste vallutamise küsimust.

1850. aastal asetati esimene[7] veealune kaabel-juhe La Manche'i, mis võimaldas telegraafilise sidepidamise Inglismaa ja Euroopa mandri maade vahel. 1852. aastal said esmakordselt telegraafiühenduse Inglismaa ja Iirimaa.

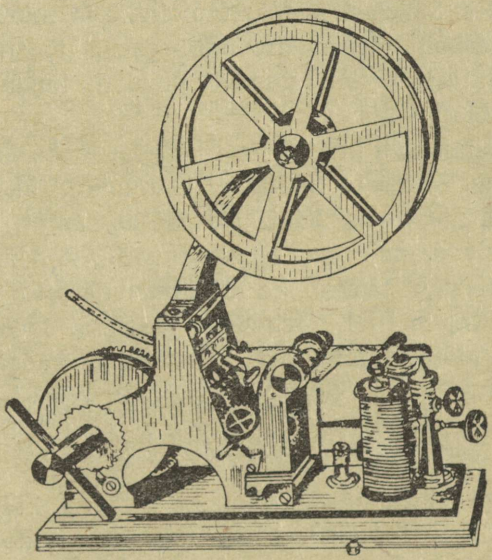
Järgneva seitsme aasta jooksul teostati pidevalt ebaõnnestunud katseid tõmmata kaabel mööda ookeanipõhja Ameerikast Euroopasse. Samal ajal toimusid edasised teaduslikud uurimused. Oli tarvis otsustada, kuidas ja millest valmistada veealuseid merekaableid, et need ei katkeks ja nende isolatsioon ei rikneks. Et seni polnud veel esitatud nõuetele vastavat kaabli konstruktsiooni, tegi Morse senatile ettepaneku 25 000 kilomeetri pikkuse õhuliini ehitamiseks, et ühendada New York Alaska ja Siberi kaudu Londoniga.

---

[7] Kui mitte arvestada 1842. aastal teostatud katset panna veealune kaabel Hudsoni jõe põhja, kallaste ja jões oleva väikese saare vahele.

Tugeva tööstürite grupi survel, kes olid huvitatud kiirest ühendusest Euroopaga, peaasjalikult aga suurtest ehitusmaterjalide tellimistest ehituste jaoks, võttis senat selle Morse'i ebahariliku ettepaneku vastu.

Kogu selle hiiglatee ulatuses arenes grandioosne ehitustegevus. Tekkis palju uusi tehaseid telegraafijuhtmete,



Joon. 91. Morse'i kirjutava telegraafi hilisem konstruktsioon.

postide ja isolaatorite valmistamiseks. Kümned tuhanded töölised mitmesugustest maadest olid rakendatud neile töödele.

Kuid tööde suurima hoo ajal sai teatavaks, et aurulaev «Great Eastern» on lõpuks kaabli üle ookeani vedanud ja et selle kaudu on juba loodud telegraafiline side Inglismaa ja New Yorgi vahel. Õhuliini edasine ehitamine osutus ebatasuvaks ja katkestati.

Elektriline telegraaf astus kindlalt ellu.

Inimkond nägi elektris esijoones oma sõpra. Kogu maakeral hakkas tihenema õhu-, maa-aluse ja veealuse telegraafi võrk. Kahekümnenda sajandi alguseks tõusis maakera mõlemal poolel olevate telegraafiliinide kogupikkus 8 miljonile kilomeetrile.

Venemaal võeti Morse'i aparaadid kasutamisele 1854. aastast alates. Sakslastest tsaariametnike ja minister Kleinmicheli kaasabil teenis ettevõtlik saksa tööstur Werner Siemens ehitustöödega kümned puudad kulda ja vedas selle Venemaalt välja.

Morse'i tunnustati üldiselt ja ta sai kuulsaks kui kaugustevõitja. Kuid Morse ei töötanud loomulikult üksinda, vaid hulk teisi õpetlasi ning leiutajaid töötas samuti selleks, et annetada inimkonnale see tähelepanuväärne leiutis. Elektrotehnika ajalugu säilitab ka märkimisväärsete vene õpetlaste ja leiutajate P. L. Schillingi ja B. S. Jacobi kuulsad nimed, kes töötasid telegraafi avastamisel kaasa.

Samuel Morse elas kõrge vanaduseni. Benjamin Franklini mälestussamba avamisel külmetudes haigestus ta ja suri 22. aprillil 1872.

Veidi aega enne surma vaatas valvearst haige tähele panelikult läbi. Märgates, et arst raputas lootusetult pead, lausus Morse kurvalt oma viimased sõnad:

«Nõnda telegrafeerite teie, arstid, surmast!»

Mõne tunni pärast viis Morse'i telegraaf kõigisse maadesse kurva teate oma looja surmast.

Möödus vaid neli aastat ja kogu maailm kuulis hämmastusega uue elektri-ime sünnist. Osutus võimalikuks kõnelda inimesega sadade kilomeetrite taha. Ilmus uus geniaalne kaugustevõitja, kes lõi «rääkiva telegraafi».

28. peatükk.

Hääl kaugusest.

Graham Bell sündis Šotimaal Edinburghis 1847. aastal. Ta oli palju aastaid kurttummade koolis õpetajaks. Tema isa oli Šotimaal kuulus erisuguse õpetussüsteemi loojana kurttummade jaoks. Ka Bell õpetas kaua sel süsteemil. Liikudes inimeste seas, kes ei kuulnud ega omanud rääkimisvõimet, seadis Bell endale eesmärgiks õppida tundma helinähtuste füsioloogilist külge ja katsuda leida abinõusid kuulmise ja rääkimisvõime tagasiandmiseks isikuile, kes olid need kaotanud. Sellega seoses tegeles Bell palju akustikaga — füüsika osaga, mis õpetab tundma heli olemust ja mehhaanikat.

Kord Londonisse sõites tutvus Bell seal tuntud elektrotehniku Charles Wheatstone'iga, kelle telegraafist ja elektromagnetilisest masinast kirjutati ajalehtedes ja ajakirjades. Vana Wheatstone vestles meelsasti noore Belliga ja jutustas talle akustika alalt palju huvitavat.

«Teil tuleks pöörata tähelepanu huvitavale faktile,» ütles Wheatstone; «tuntud füüsik professor Helmholtz näitas, et elektromagnet mõjub helihargile, pannes selle helisema, nagu puuhaamrikese löökki. Olen juba vana ja vaevalt suudaksin uut tööd lõpule viia. Kuid üldiselt, võiks proovida . . .»

«Ehitada musikaalne telegraaf . . .» katkestas teda Bell.

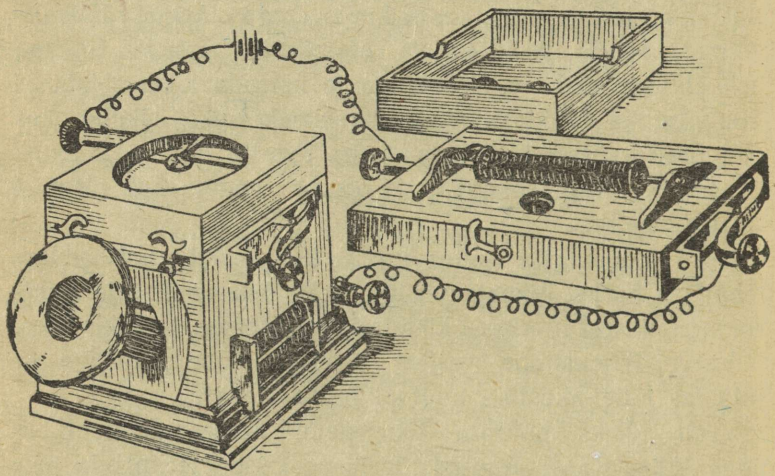
«Jah. Heliline telegraaf. Elektrivool võiks elektromagnetit läbides mõjuda heliharkide süsteemile ja niiviisi moodustada helitähestiku. Valides mitmesuguseid ühtaegu helisevaid heliharkide ühendeid, koostas Helmholtz kergesti mõned vokaalid. Eks ole tõsi, see on väga ahvatlev!»

«Mulle näib, et niisugune seade oleks väga keeruline,» ütles Bell. «Et moodustada üksainus häälik, tuleb panna

ühtaegu helisema mitu heliharki. Selle ülesande lihtsama lahenduse saame, kui meil läheb korda selgitada inimese kõrva heli vastuvõtu mehhanism.

Siis õnnestub tõenäoliselt muuta harilik telegraaf rääkivaks ja saata mööda traate inimese kõnet.»

Wheatstone ja Bell ei teadnud neist tähtsatest katsetest muuta elektrit helideks, mida teostas 1860.—1863. aas-



Joon. 92. Reis'i telefoni väline kuju.

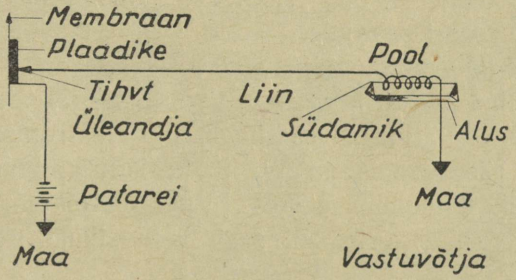
tail Hamburgi lähedal Hessen-Nassaus matemaatika- ja looduslooõpetaja Philipp Reis.

Philipp Reis sündis vanas Gelnhauseni linnakeses, kus ta isa oli pagariks. Vara vaeslapseks jäänud poiss anti kauplusse. Kuid lett oli Philipp'ile vastik. Teadus tõmbas teda. Ta lõpetas tehnilise kooli ja leidis endale õnnelikul juhusel õpetajakoha Friedrichsdorfis. Siin elas ja töötas ta kuni oma enneaegse surmani, andudes täielikult teadusele.

26. oktoobril 1861 demonstreeris Reis rohkearvulistele füüsikaseltsi koosolekust osavõtjatele Frankfurdis Maini

ääres huvitavat riista, mida ta nimetas telefoniks[8]. See riist koosnes kolmest peaosast. Esimeses — pikas puust kastis — asetses kudumisvarda jämedune terasvarb ja spiraalne mähis. Teiseks osaks oli väike neljakandiline kast. See oli varustatud membraaniga ja selle kohale kinnitatud kontaktidega. Kasti külge oli monteeritud ruupor. Kolmandaks osaks oli väike galvaani patarei.

Kui Reis kõneles ruupori lehtrisse, pani kastis olev õhk membraani võnkuma. Sellest tekkis kontaktide kokkupuutumine, mis galvaani patarei voolu ajutiselt sisse lülitasid



Joon. 93. Reis'i telefoni skeem.

või katkestasid. See katkendlik vool, läbides spiraalset mähist, sundis terasvarba katkestuste taktis võnkuma.

Kõik aparaadi lähedal olijad kuulsid üksikuid väga nõrku inimese kõne sõnu. Klaveri ja puhkpillide hääli andis aparaat aga võrdlemisi hästi edasi.

* *
*

Bell asus Bostonisse, teaduste ja kunstide linna. Seal pöördus ta ühe tuttava kõrvaarsti poole palvega võimaldada temal tundma õppida inimese hääle aparaati.

[8] Telefon on liitsõna: tele — kauge, fon — heli ehk hääl. Telefon tähendab hääl kaugusest.

Bell soovis viibida kõrva opereerimiste juures. Kuid arst soovitas Bellile kõrva ehituse tundmaõppimiseks kasutada laipa. Kõrva tundmaõppimine võimaldas Bellil õigesti lahendada teda huvitavat küsimust.

See, mida meie harilikult nimetame kõrvaks, on vaid väliskõrv — helivastuvõtja. Mõnedel loomadel võib see lehtritaoline osa isegi mitmes suunas pöörduda. Õhu helilained lähevad läbi väliskõrva kõrva sisemusse ja panevad seal erilise vaheseina — õhukese kuulmenaha võnkuma. Kuulmenaha võnkumised kanduvad väga keeruka ülekandesüsteemi kaudu sisekõrva. Siis annavad närvid heliaistingu edasi peaajule.

«Kuulmenaha võnkumapanemine — see on õhu helilainete põhiline mõju kõrvale,» tegi Bell järelduse. «Kui Helmholtz pani massiivse helihargi elektromagneti abil helisema, siis tõenäoliselt on palju kergem sundida võnkuma õhukest metallplaadikest. Vaja on ehitada «elekterkõrv» ja «elekterkõri». Nii saab võimalikuks rääkiv telegraaf!»

Elektriaparaatide ja -riistadega polnud Bell varem mingit tegemist teinud. Ka ei olnud temal vajalikke teadmisi elektri alal. Seepärast asus ta ahnelt raamatute kallale. Kuid kaua ei läinud tal korda leida raamatuist seda, mida ta vajas kunstliku «kõrva» ja «kõri» ehitamiseks.

Bell pöördus Bostoni ülikooli professorite poole, kuid keegi ei saanud teda abistada.

«Seda teab ehk ainult Joseph Henry!» vastasid temale kõik nagu kokkuräägitult.

Siis otsustas Bell sõita Washingtoni ja kohtuda Rahvusliku Teaduste Akadeemia presidendi endaga. Kuulus elektriuurija oli juba kõrges vanaduses rauk. Henry võttis noore õpetlase lahkesti vastu. Ta juhatas Bellile raamatuid, kust leida teda huvitavate nähtuste kirjeldusi, ja jutustas temale Faraday töödest.

Bell otse lendas Bostonisse tagasi, et vajalikud raamatud kiiremini läbi lugeda. Oma andekale abilisele, osavale mehhaanikule Thomas Watsonile, tegi ta ülesandeks neist osa läbi vaadata.

Neil päevil ei mõelnud Bell üldse telefonist, vaid püüdis leiutada ainult vahendit, mida võiksid kasutada kurttummad. Uurimistööde laboratooriumiks oli Bellil kelder, mille ühe tema Bostoni kooli kurttumma õpilase vanemad andsid talle õppemaksu tasuna kasutada.



Joon. 94. Kaks telefoniaparaati. Paremal: lauatelefon möödunud sajandi lõpust. Toru on asetatud erilisele alusele, mis on väljakutseks varustatud surunupuga. Vasakul: nõukogude universaalaparaat, valmistatud „Krasnaja Zarja" tehases.

Kuid põhjavesi ujutas varsti keldri üle ja Bell viis oma «laboratooriumi» pööningule.

1875. a. mais asusid Bell ja Watson aparaatide valmistamisele ja juunis teostasid oma esimesed katsed. Bell ühendas kaks ühesugust aparaati juhtmete abil. Kumbki aparaat koosnes alalisest magnetist, mis oli tihedalt mähitud isoleeritud traadiga. Pooli kohale oli kinnitatud õhuke terasplaadike, mille üks ots oli kinnitatud liikumatult, teine aga võis vabalt võnkuda.

Bell ja Watson olid kaua taotlenud, et mõlemad aparaadid oleksid täiesti ühesugused. Üks neist oli edasiandja, teine — vastuvõtja.

«Niisiis, Watson,» ütles Bell kord nagu pisut pidulikult, «me peame veel kord endale aru andma, mida me tahame saavutada. Meie katse on rajatud Faraday avastustele. Faraday juhtis tähelepanu sellele, et magneti ja voolujuhtme ümbrus on täidetud tungjoontega. Voolu iga muudatus juhtmes kutsub esile muudatused tema magnetväljas ja, vastupidi, magnetvälja muudatused kutsuvad esile voolu tekkimise või muudatuse. See on elektromagnetilise induktsiooni nähtus, avastatud Faraday poolt.

Kui sundida võnkuma saatja vetruv plaadike, mis asetseb mähisega varustatud magneti kohal, siis tekib mähises plaadi iga võnke puhul vool, mis, läbides vastuvõtjas elektromagneti mähist, kutsub esile selle magneti suurema või vähema tugevnemise. Selle tagajärjel tõmbub teine plaadike, mis asetseb magneti kohal, sellele enam või vähem külge, korrates täpselt esimese plaadi võnkeid.»

Bell puudutas ettevaatlikult saatja plaadikest ja see hakkas vaevaltmärgatavalt võnkuma.

«Kuidas reageerib sellele vastuvõtja plaadike?» küsis Bell Watsonilt.

«Ma ei saa midagi öelda, näha ei ole midagi. Kui võnkumised ongi, siis on nad nõrgad ja silmale märkamatud, kui . . .»

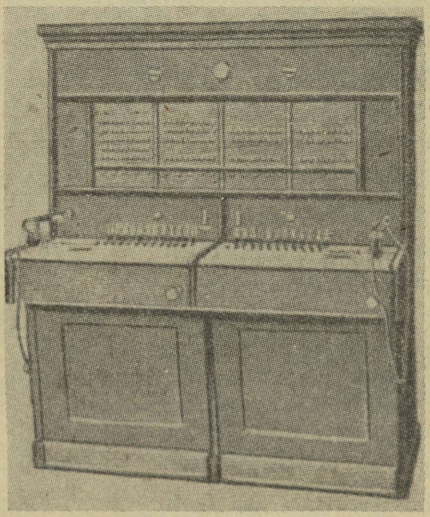
«Jätke see «kui», Watson! Tulge saatja juurde, mina aga jälgin vastuvõtja plaati,» ütles Bell katse õnnestumises kindel olles. «Tekitage võnkeid, Watson!»

Bellile näis, et vastuvõtja plaat võngub. Kuid see võis olla ka silmapete.

Bell otsustas selgitada plaadi olukorda usaldatavama abinõuga. Ta kinnitas plaadile peenikese teritatud otsaga

traadi ja paigutas plaadi lähedale tahmaga kaetud klaasitükikese. Tahmasel klaasil eraldusid selgesti kriimustused. Kui Bell tahmast klaasi aeglaselt plaadi võnkumise suunale perpendikulaarselt edasi liigutas, tekkis klaasile selge laineline joon.

Kuigi see tagajärg polnud ootamatu, sattusid Bell ja Watson siiski suurde vaimustusse: praktiliselt teostus see,



Joon. 93. Käsitelefonikeskjaama kommutaator.

mida Bell oli teoreetiliselt oletanud. See oli esimene tähtis samm «rääkiva telegraafi» leiutamise teel.

«Kõrva kuulmenahk võngub inimese kõne häälelainetest,» arutles Bell edasi. «Kas elektriline kõrv on võimeline vastu võtma häälelaineid?»

Et seda kontrollida, läks Bell edasiandja juurde ja hääldas plaadi kohale kummardudes valjusti kaht ühesugust

silpi «Puh-puh». Nii oli Bell lapsena matkinud püssilaskmist, sihtides kassi hariliku kepiga.

«Watson, kas võnked kandusid edasi?»

«Näha pole midagi!»

«Kas klaasil on jälgi?»

«Ei.»

Bell vaikis mõned minutid, püüdes selgusele jõuda, miks vastuvõtja plaat ei reageerinud võngetele.

Oli vaja plaat võnkuma sundida!

Bell tuletas meelde inimese kõrva ehitust. Talle meenus, et kõrva trumminahk on õhem kui juuksekarv ja tema suurus ei ületa pooit ruuttolligi. Vaadates oma riistade terasplaatidele, puhkes Bell valjusti naerma.

«Kuulge, Watson, meie tahtsime panna niisugust paksu plaati võnkuma. Siin ei aita «puh-puh», vaid on vaja peaaegu suurtükipauku, et niisugust plaadimürakat põrutada ... Tuleb teha nii ...»

Et paberit ja sulge polnud kohe käepärast, kraapis Bell küünega tahmasele klaasile joonise.

Mõne päeva jooksul teostas Watson kõik selle tegelikult, mida Bell oli joonistanud.

See oli väike puust kastike, mille sisemusse oli peidetud isoleeritud traadist mähisega magnet. Kasti kaande oli puuritud kahetollilise läbimõõduga ümmargune ava. See oli kaetud õhukese raudplekist sõõriga ja sõõri kohale oli kinnitatud vastupidavast paberist 10 tolli kõrgune lehter. Magneti mähise otsad olid välja toodud kasti ühele külgseinale.

Watson oli parajasti väikesi viimistlustöid lõpetamas, kui Bell tormas erutatuna füüsikakabinetti.

«Watson!» hüüdis Bell erutatult. «Ma leiutasin skeemi, mis võimaldab vastuvõtja membraani võnkeid tunduvalt suurendada.»

«Kuidas jääb siis minu valmistatud mudeliga?»

«See kõlbab. Sellest saab helivastuvõtja. Saatja kohta kuulake mõningaid kaalutlusi, Watson . . . Meie esimeses katses olid voolu muudatused omavahel ühendatud magnetimähiste ahelas rajatud saatja ja vastuvõtja tungjoonte muudatustele. Me ei kasutanud voolu saamiseks mingit



Joon. 96. Graham Bell (1847—1922).

kõrvalist allikat. Ma tahan nüüd saatja ehitada nii, et vastuvõtja magneti mähises tekiks palju tugevam voolu muudatus; see kutsub esile palju suuremaid tungjoonte muudatusi, järelikult peab ka plaadike palju tugevamini võnkuma.»

«Kui te lülitate galvaani patarei vastuvõtja magnetimähise ahelasse, siis ei toimu tungjoonte väljas mingit muudatust. Vool on ju pidev ja muutumatu.»

«See oleks nii, Watson, kui ma lihtsalt galvaani patarei sisse lülitaksin. Kuid mina tahan patarei sisse lülitada vahendi abil, mis vastavalt heli võnkumistele pidevalt muudaks ahela takistust, järelikult ka voolu tugevust . . .»

«Kas te kavatsete iga heli puhul muuta ahela pikkust?» küsis imestunud Watson.

«Ei. Kõik see peab toimuma automaatselt. Ma tahan nimelt . . .»

Nende sõnadega võttis Bell taskust tüki paberit, millele oli joonistatud saatja. Joonisel nägi Watson nõu vedelikuga (see oli hapestatud vesi), mille pinda puudutas membraani külge kinnitatud peenike plaatinavarb. Membraani kohal asetses ülespoole laienev paberist lehter, samasugune nagu varem valmistatud vastuvõtjas.

«Kui hakkan häälelaineid membraanile juhtima,» selgitas Bell oma joonist, «panevad need membraani võnkuma; seetõttu sukeldub plaatinavarb enam või vähem vedelikku, see tähendab, varva ja vedeliku kokkupuute pinna suurus muutub kogu aja. Siin joonistasin kaks otsa — kaks klemmi. See aga on galvaani patarei.»

Möödus hulk aega, enne kui Bell uue saatja valmis sai. Saatja reguleerinud ning selle patarei ja vastuvõtjaga ühendanud, hüüdis Bell ruuporisse mõne lihtsa silbi. Vastuvõtja juures seisev Watson kuulis imestusega kähisevat kahinat. Watson asetas kõrva sügavamale lehtrisse ja palus Belli hüüet korrata. Olles unustanud, et ta asub Watsonist ainult mõne sammu kaugusel, möirgas Bell veel kõvemini saatjasse:

«Ba-by! Ba-by!»

Watson kuulis saatjas uuesti Belli hüüde taktis edasiantud tugevat praginat ja kahinat. Kuid see sarnanes väga vähe «ba-by'ga».

Oma hääle moonutamise tõelist põhjust mõistmata (pol-

nud vaja saatjasse nii kõvasti karjuda!) palus Bell Watsoni:

«Võtke vastuvõtja, Thomas, ja minge sellega alla oma korterisse. Ma lasen saatja küljest traadid pööninguaknast alla, ühendage need vastuvõtjaga. Kui kõik on valmis, siis istuge aparaadi juurde ja jälgige seda . . . Kas on selge?»

«Selge!» vastas Watson kähku.

Bellile näis ootamine väga pikk. Ta vaatas ikka ja jälle aparaadi üle ja tõmbas juhtmeid, et veenduda kõigi ühenduste tugevuses. Siis kummardus Bell lehtri kohale ja ütles:

«Räägib Bell, Graham Bell. Kui teie mind kuulete, siis minge akna juurde ja vehkige mulle mütsiga . . .»

Seda öeldes tormas Bell suures erutuses pööninguakna juurde ja nägi, kuidas Thomas Watson mütsiga metsikult vehkis.

«Töötab, töötab! Minu telefon töötab!» hüüdis Bell pöörase rõõmuga.

See toimus 10. märtsi õhtul 1876.

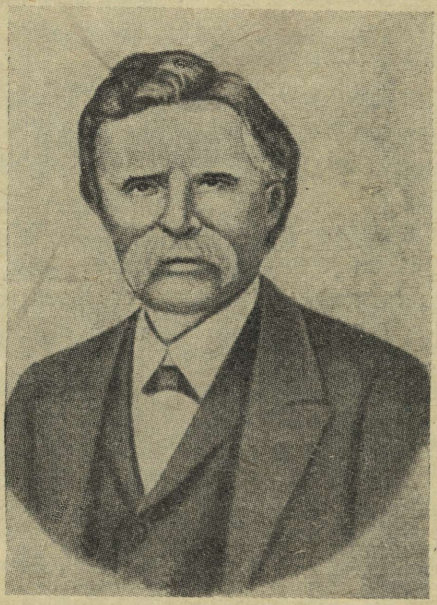
Bell ja Watson jätkasid seda esimest telefonikõnet omaehitatud aparaatidel hilisööni.

* *
*

1876. aasta 14. märtsi lõuna paiku esitas Bell Washingtoni patentide büroole oma «rääkiva telegraafi» leiutamise avalduse. Samal päeval kaks tundi hiljem pöördus büroosse samasuguse avaldusega teine andekas leidur Elisha Gray.

Esikoht telefoni leiutamisel tunnistati Graham Bellile kuuluvaks. Kuid see maksis temale kaksteistkümmend aastat kohtuskäimist. Peale Gray kinnitasid veel kaksteistkümmend inimest oma õigust mitmesuguste tähtsate telefoniosade leiutamise kohta.

Esimesel maailmanäitusel 1876. aasta suvel Philadelphias demonstreeris Bell esmakordselt avalikult oma leiutist. Kuid keegi ei aimanud, kui palju häda ja mõnitusi kannatasid Bell ja Watson, enne kui nad saavutasid loa oma geniaalse aparaadi demonstreerimiseks sel näitusel.



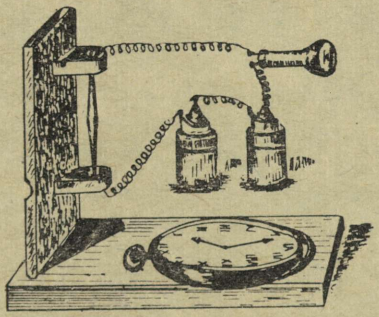
Joon. 97. David Hughes (1831—1900).

Sel ajal ei suutnud enam tihe raudteevõrk ega laialtlevinud telegraaf rahuldada tööstuse tormiliselt areneva ärielu kõiki nõudeid.

Seepärast huvitusidki Belli telefonist kapitalistid ja töösturid. Nad hakkasid seda leiutist laialdaselt reklaamima. Hommikust õhtuni ei saanud Bell minutikski lahkuda oma aparaadi juurest. Tema ümber tungles kogu aja külastajaid. Bellil tuli vastata suurele hulgale küsimustele. Mõned

panid kõrva telefonitraadi juurde, lootes sel viisil kõnesid pealt kuulata. Nad ei taibanud, et telefonitraate mööda kulgeb elektrivool, mitte aga hääldatud sõnad.

Rahvusliku Teaduste Akadeemia seitsmekümneüheksa-aastane president Joseph Henry ja kuulus inglise füüsik William Thomson seisid võlutuina mitu minutit Belli telefoni ees. Nad külastasid näitust mitu korda ja iga kord lähenesid telefonile, et veel ja veel kord vaadata seda elektri-imet.



Joon. 98. Hughes'i mikrofon ühenduses Belli telefoniga. Taskukella tiksumine kuuldub hobuste kabjaplaginana.

«See on huvitavaim avastus, mida ma Ameerikas olen näinud! See on suurim elektritelegraafiga seotud imedest,» ütles Thomson Belli telefoni kohta.

«Minu nõuanded olid teile kasulikud, Bell!» ütles Henry, suure leiduri õnnestumise üle siiralt rõõmu tundes.

Bellile meenus päev, millal ta esmakordselt pöördus Henry poole, ja ta surus tänulikult viimase kätt.

Näitus tõi Bellile ülemaailmse kuulsuse. Juba sama 1876. aasta augustikuus oli Ameerikas üles seatud 778 telefoni.

Telefonide arv hakkas väga kiiresti kasvama. Tekkis vajadus parandada kuuldavust kahe kaugel asetseva punkti

vahel. Belli telefon osutus kaugete vahemaade juures nõrga kuuldavuse tõttu tarvitamiskõlbmatuks: niigi nõrgad induktsioonvoolud nõrgenesid veelgi pikkade juhtmete suure takistuse tõttu.

Siis teatasid ameeriklased David Hughes ja Thomas Edison peaaegu üheaegselt, et nad on avastanud mikrofoni, mille kasutamisele võtmine annab telefonikõneluste kuuldavuse märgatava paranemise.

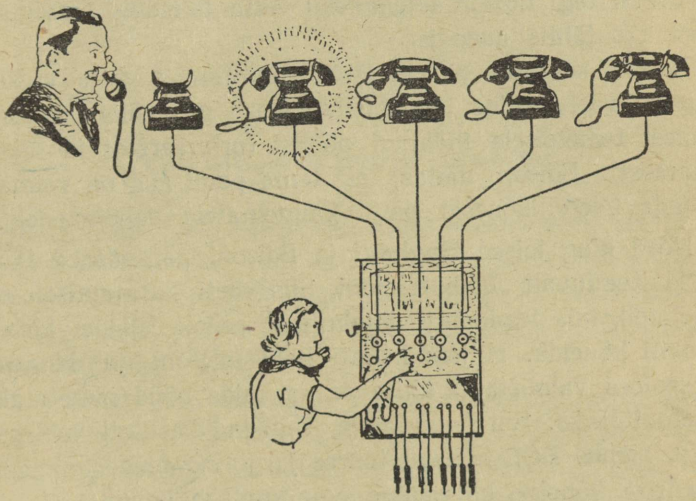


Joon. 99. Ühel esimesel „telefoniseansil" 1877. a.

Hughes'i mikrofon, mis sarnanes Edisoni omaga, koosnes vertikaalselt asetsevast ja otstest teritatud söevarvast, mis asetses vabalt kahe horisontaalselt puualusele kinnitatud söeplaadi õõnsustes. Viimaste otstesse oli ühendatud üks galvaani patarei ots ja üks telefoni ots, teine patarei ja telefoni ots olid ühendatud juhtmeteliini.

Häälelained, mis tekivad mikrofoni juures kõnelemisest, võngutavad söeplaate ning söevarba, millest nende kokku-

puute pind ja vastastikune surve muutuvad. See omakorda muudab ahela takistust ja seega ka voolu tugevust. Kõne ajal muutuv vool, tulles Belli telefoni elektromagneti pooli, muudab selle magnetvälja. Magnetvälja vahelduvad tugevnemised ja nõrgenemised kutsuvad telefoni membraanis esile võnkumised.



Joon. 100. Telefoniühenduse skeem abonendi väljakutsega keskjaama kaudu. Ühendus teostatakse kommutaatori abil. Teada saades väljakutsutava numbri, asetab telefonist ühendusnööri pistiku vastavasse pesasse ja annab väljakutsekella.

Hughes ei liialdanud, kui ta oma mikrofonist ütles, et see muudab mikrofoni mööda roniva kärbse sammud suureks müraks ja kella tiksumise — hobusekapjade müdinaks.

Mikrofoni kui inimese kõne edasiandja eelised, võrreldes Belli saatjaga, ilmnesid kohe. Nõrkade induktsioonvoolude asemel voolas nüüd juhtmeis palju tugevam gal-

vaani patarei vool. Sellest paranes tunduvalt telefonikõnede kuuldavus.

Mikrofon osutus Belli telefonile väga tähtsaks täienduseks. Hiljem hakati mikrofonis söevarbade asemel kasutama söepuru. Iga söeterake on sama, mis väike söevarb.

Varsti tegi Edison ettepaneku võtta telefonis tarvitusele veel üks tähtis uuendus.

Edison soovitas paralleelselt mikrofoniga võtta kasutamisele veel eriline induktsioonpool, mis õieti koosneb kahest teineteisele mähitud poolist (primaarsest ja sekundaarsest). Edison näitas, et tema pooli abil on võimalik pidada telefonikõnesid palju kaugematele vahemaadele.

Need ning teised Hughes'i ja Edisoni parandused täiustasid tunduvalt Belli telefoni. Siis võeti kasutamisele eriline kell, mis teadustas väljakutsest sellele isikule, kellega sooviti kõnelda. Hiljem hakati Belli telefoni ja Hughes'i mikrofoni valmistama ühise osana, mida nüüd nimetatakse telefonitoruks. Ent kaua aega, seni kui kasutati veel kaht toru, rippus Belli telefoni juures järgmine teade:

«Ärge kõnelge kõrvadega ega kuulake suuga!»

Varsti pani keegi ungari õpetlane Budapestist ette ehitada linnadesse, kus on palju abonente, telefonikeskjaamad.

Iga aastaga tehti Belli telefonile üha uusi täiendusi.

Üksnes ameerika leidur telefoni alal Charles Scribner omas kuni tuhat patenti telefoni igasugustele täiendustele.

Esimesed automaattelefonikeskjaamad avati tunduvalt hiljem. Siis muutus abonendil tarbetuks paluda keskjaama telefonisti ühendada teda mõne teise telefoniaparaadiga. Tarvitseb vaid võtta toru kätte ja valida telefoniaparaadil asetseval kettal vajalik number. Ühenduse loovad automaadid ilma inimese abita.

Graham Bell suri 1922. aastal seitsmekümneviie-aastasena.

Kümme aastat pärast tema surma omasid ainult Ameerikas 70 000 linna ja asulat telefonikeskjaamu, mis olid ühendatud 25 miljoni kilomeetri juhtmetega. Need juhtmed ulatuksid kuussada korda ümber maakera!

29. peatükk.

„Valgustandva pudeli" ajalugu.

Sellest peale, kui õpetlased nägid elektrisädet, murdsid paljud neist pead selle üle, kuidas kasutada elektrit valgustamiseks. See mõte kütkestas õpetlaste ja leiutajate meeli eriti tugevasti pärast seda, kui saadi teada elektrivoolu soojusttekitavast toimest.

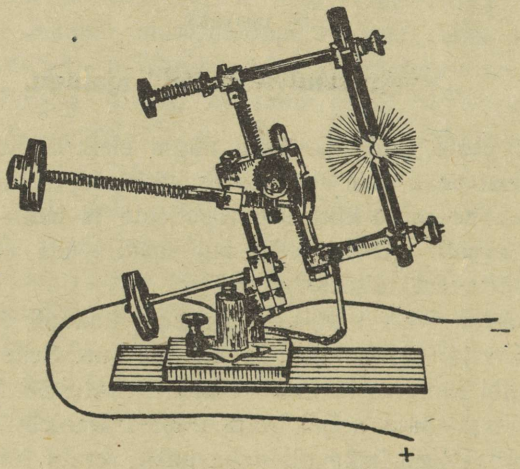
30. märtsil 1853 valgustas Kaasani ülikooli füüsikaprofessor Saveljev volta kaarega ülikooli õue. Selle seninägematu lambi kinnitas ta füüsikakabineti katusele. Lampi toideti vooluga saja neljakümne neljast Danielli ja Grove'i elemendist. Põlev lamp oli näha kahe versta kaugusele.

Tuletorne ja mitmeid aparaate, kus vajati suurejõulist valgust, hakati varustama volta kaarlampidega.

Kõik volta kaarlambi täiendamiskatsed olid suunatud sellele, kuidas varustada neid lampe automaatse mehhanismiga, mis lähendaks süsi teineteisele vastavalt nende ärapõlemisele. Niisuguste lampide ehitus oli keerukas, mis tõstis nende hinda.

Paljud õpetlased ja leidurid taipasid, et need lambid-masinad ei saa laialt levida ega igasse elamusse tungida. Seda taipas täie selgusega ka vene silmapaistev elektrotehnik Pavel Nikolajevitš Jablotškov.

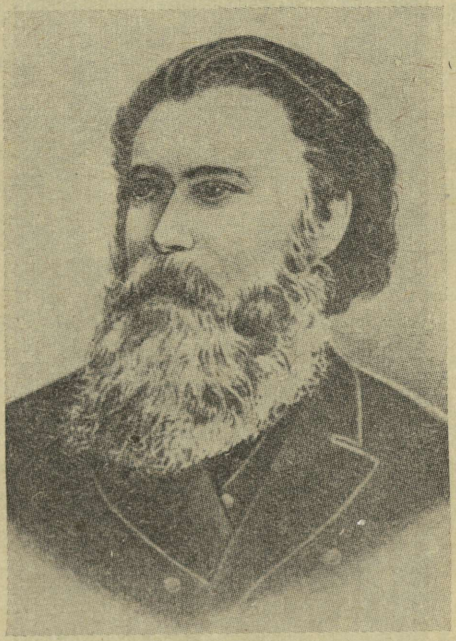
Jablotškov oli sündinud 14. septembril 1847. aastal Serdobski maakonnas Saraatovi kubermangus. Juba koolikaaslased ja pedagoogid märkasid Pavel Jablotškovis leidurivõimeid. Vaevalt kaheteistkümneaastasena leiutas Jablotškov maamõõtmisriista, mida meelsasti kasutasid kogu maakonna talupojad. Kord pärast koolivaheaega gümnaasiumi tulles tõi Pavel Jablotškov kaasa oma aparaadi kavandi, mis mõõtis kaugust vastavalt vankririataste ringide arvule.



Joon. 101. Kaarlamp, mille süte reguleerimine toimub käsitsi.

Viieteistkümneaastase noormehena astus Jablotškov Peterburi erapansioni. Siin valmistus ta Tsezar Antonovitš Cui, pärastise tuntud vene komponisti ja sõjainseneriakadeemia professori juhtimisel sõjainseneriakadeemiasse astumiseks. Pärast selle õppeasutuse lõpetamist saadeti ta nooremleitnandina sapööripataljoni. Varsti õnnestus tal üle minna ohvitseride galvaanilisse klassi, tolleaegsesse esimesse ja eesrindlikku elektrotehnilisse õppeasutusse Venemaal.

1871. aastal vabanes Jablotškov sõjaväeteenistusest ja asus Moskvasse. Siin kutsuti ta Moskva-Kurski raudtee telegraafiülemaks. Sel ajal tärkasid Pavel Nikolajevitši peas kümnete leiutiste projektid elektri alal. Neile kulutas

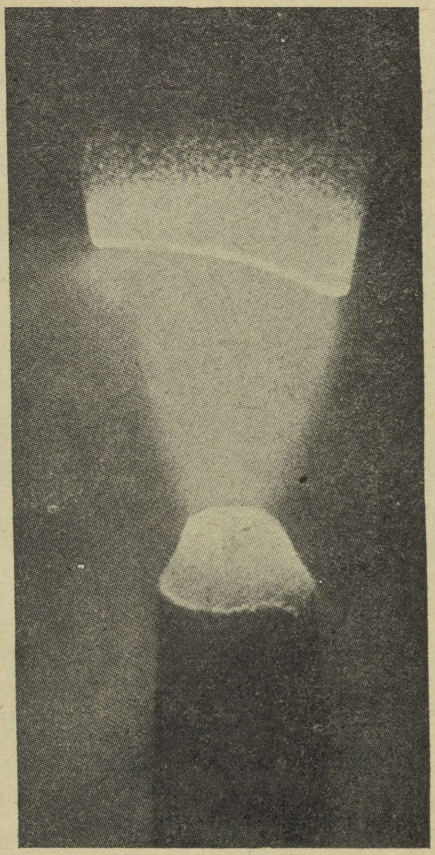


Joon. 102. Pavel Nikolajevitš Jablotškov (1847—1894).

ta palju jõudu ja raha. Ja varsti kasvasid võlad leiduri rahalistest võimalustest üle.

Venemaal poolehoidu ja abi leidmata, otsustas Pavel Nikolajevitš sõita Ameerikasse. Kuid Ameerikasse ta ei saanud, sest rahast jätkus tal vaevalt Pariisi jõudmiseks. Väikese summaga asus ta 1875. aasta oktoobris elama Pariisi Ladina kvartalis üliõpilaste ühiselamusse.

Tol ajal mõtles Pavel Nikolajevitš palju sellest, kuidas lihtsustada kasutatavat kaarlambi elektervalgustuse süsteemi. See mõte jälgis teda otsekui kinnisideena kõikjal.



Joon. 103. Volta kaare põlemisel tekib positiivsele söele kraatrikujuline sügavik, negatiivsele — teravik.

1876. aasta veebruaris istus Pavel Nikolajevitš kohvikus ja mõtiskles sama teema üle. Mõttesse vajununa võttis ta

taskust kaks pikka pliiatsit ning pani lauale. Pliiatseid liigutades asetas ta need juhuslikult rööbiti. Millegipärast meenusid Pavel Nikolajevitšile sel momendil selgesti tema viimased päevad kodumaal...

P. N. Jablotškov ja tema sõber, asjaarmastaja elektrotehnik N. G. Gluhhov pidasid sel ajal väikest laboratooriumi-töökoda, kus nad tegid igasuguseid katseid elektriga. Kord olid nad väga vallutatud ideest saavutada elektrolüüsi abil harilikku keedusoola.

Juhtus, et paar päeva enne Jablotškovi ärasõitu välismaale puutusid ühes aparaadis paralleelselt asetsevad söed kokku. Puhkes ere elektrikaar. Vool tuli kiiresti välja lülitada, sest muidu oleks pulbitsev vedelik rikkunud kalli aparaadi. Ei Jablotškov ega ka Gluhhov ei suutnud kumbki end lahti kiskuda eredalt põleva kaare vaatlusest.

Vilksatas kauaoodatud mõte: «Kui asetada kaarlambi söed nimelt niiviisi?... Tarvis proovida.»

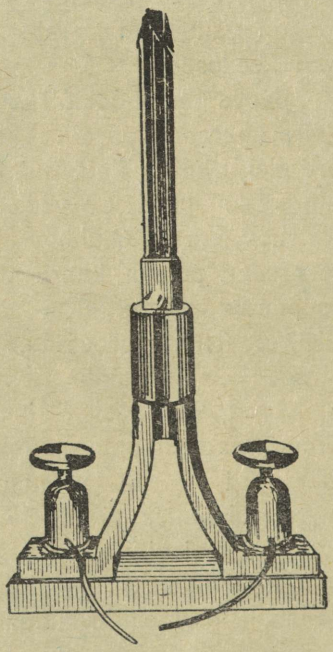
Tegelikult oligi see «elektriküünla» leiutamise moment. Juba kuu aja pärast, 23. märtsil 1876, sai Jablotškov Prantsusmaal esimese patendi oma küünlale.

Aprillis esines keegi füüsik prantsuse füüsikaseltsi koosolekul ettekandega Jablotškovi küünla üle. Samal kuul komandeeriti Pavel Nikolajevitš kui Bréguet' füüsikaaparaatide firma esindaja Londonisse. Londonis õppevahendite näitusel süüdati «Jablotškovi elektriküünal» esmakordselt. Siit kandus selle ebahariliku küünla kui vene leiutise kuulsus kogu maailma. Küünalt nimetati «vene valguseks». Alles siis hakati ka avastaja kodumaal — Venes — sellest küünlast huvituma ja kõnelema. Kuid möödus aasta, enne kui Jablotškov sai oma leiutisele Venemaal patendi.

Jablotškovi küünal koosnes kahest paralleelselt asetatud söest. Viimaste vahel asetses erilise kipsitaolise segu kiht. Selle küünla süütamiseks oli tema ülemisse otsa tehtud valgevasest õhuke plaadike. Kui vool sisse lülitati, läbis ta

seda süüteplaadikest ja pani söed hõõguma. Plaadike sulas ja söed põlesid ühtlaselt, vahekihti kergelt sulatades.

1877. aastast alates valgustati Jablotškovi küünaldega Louvre'i kauplusi, Châtelet' teatrit, Ooperi väljakut ja tänavat Pariisis, Colosseumi varemeid Roomas, Pariisi peakiriku fassaadi ja mõningaid muid ehitisi.



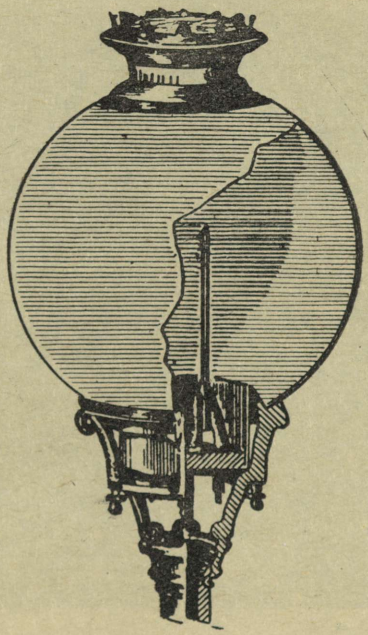
Joon. 104. Jablotškovi küünal.

1881. aastal valgustati Pariisis toimuva rahvusvahelise elektrotehnikanäituse teatrisaali seitsmekümne kahe Jablotškovi küünlaga.

Paljude aastate vältel püüdsid mitmesuguste maade õpetlased ja leidurid tagajärjetult ehitada odavamat, otstarbekohasemat ja vähem eredat elektrilampi kui volta kaar.

1874. aasta kevadel näitas vene insener Aleksandr Nikolajevitš Lodõgin Peterburis Galernaja sadamas meremeestele huvitavaid katseid elektervalgustusega.

Algul ajas Lodõgin galvaani patarei vooluga raudtraadi hõõguma. Siis pani see traat õhukindlalt suletud klaaskuulis, kuhu õhk sisse jäetud, hõõguma söetükikese. Söeke hõõ-



Joon. 105. Jablotškovi lamp.

gus heledalt kolmkümmend minutit. Sama aasta lõpuks informeeriti Aleksandr Nikolajevitši töödest Peterburi Teaduste Akadeemiat ja talle määrati Lomonossovi-nimeline rahaline preemia. Lodõgin kulutas selle raha varsti uuteks katseteks ja ei suutnud isegi organiseerida katseks mõnekümne uue lambi valmistamist. Teistes maades patendi

saamiseks ei jätkunud tal raha. Venemaal aga ei tahtnud keegi mahutada raha ettevõttesse, mis näis vähe tulutoovana.

Lõpuks leidus siiski ettevõtja, kes nõustus lampide valmistamist finantseerima.



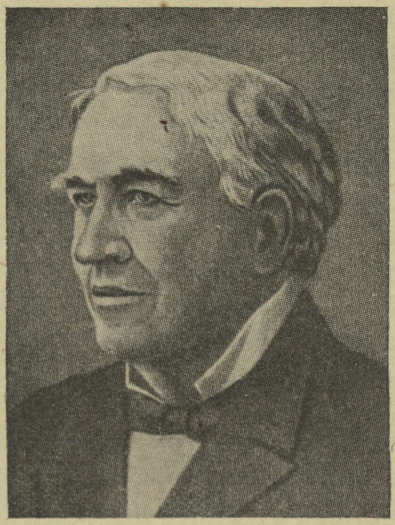
Joon. 106. Aleksandr Nikolajevitš Lodõgin (1847—1903).

Peagi täiendas Lodõgin oma elektrilampi veelgi. Ta tuli mõttele, et kui õhk kolvist välja pumbata, siis võib söeke palju kauem põleda; ka võiks niisugusesse kolbi asetada korraga mitu sütt ja neid vastavalt ärapõlemisele automaatselt vahetada. Kolme niisuguse lambiga valgustati 1876. aasta jaanuaris ja veebruaris Morskaja tänaval aset-

sevat pesukauplust. Otsustati tellida kaksteistkümmend lampi parimast Pariisi füüsikariistade töökojast, Duboscq'i omast.

Kui lambid olid valmis, prooviti neid põhjalikult Euroopa tehastes.

Lodõgini hõõglambid said hea arvustuse osaliseks.



Joon. 107. Thomas Edison (1847—1931).

1875. aasta sügisel valgustati nende lampidega Peterburis üle Neeva ehitatava uue Liteinõi silla veealuseid töökohti.

Leitnant Hotinski, kes Peterburis kõiki elektrilambi täiendamise alal töötavaid isikuid lähedalt tundis, komandeeriti 1877. aastal Ameerikasse Vene laevastiku jaoks ehitatud ristlejaid vastu võtma. Ta võttis mõned Lodõgini lambid kaasa ja näitas neid Edisonile.

Kuigi alles kolmekümneaastane, oli Thomas Edison sel ajal juba Ameerikas leidurina tuntud.

Juba 1868. aastal esitas ta oma esimese, kuid ebaõnnestunud patenditaotluse elektrilisele häältelugejale hääletamiste puhul. Selle leiutise puhul ütlesid parlamenditegelased Edisonile:

«Noormees, kui maailmas on leiutis, mida kõige vähem vajame, siis just see, mis te meile täna tõite!»

Kuid juba järgmisel aastal leidis kahekümnekaheaastane Edison oma õnne.

24. septembril 1869 lakkas suure aktsiatespekulatsiooni ajal New Yorgi börsil rikke tõttu töötamast telegraaf, mis informeeris börsitegelasi tehingute käigust. Mehhaanikuist ei suutnud keegi seda parandada. Juhuslikult mööduv Thomas Edison kuulis sellest ja parandas kiiresti telegraafi saateaparaadi börsiuudiste edasiandmiseks. Varsti täiendaski ta seda veel. Tasuks sai Edison selle aja kohta muinasjutuliselt suure summa. Seni oli telegrafist Edison elanud pool nälgides ja, omamata raha raudteesõidupileti ostmiseks, oli käinud palju kilomeetreid jalgsi. Kui talle anti pangatšekk, pidi leidur erutusest peaaegu meelemärkuse kaotama. Edisonile tundus, et temaga lihtsalt tehakse nalja. Börsitegelased maksid telegraafi parandamise eest Edisonile nelikümmend tuhat dollarit, sest viimane võimaldas neil börsispekulatsioonidega teenida miljoneid.

Menlo Park'is, 38 kilomeetrit New Yorgist, asutas Edison endale suurepärase laboratooriumi. Siin selles laboratooriumis valmistati Belli telefonile söest mikrofon, siin loodi fonograaf, millest hiljem kujunesid grammofon ja patefon; siin loodi teisedki leiutised, mis tõid Edisoni nimele ülemaailmse kustumatu kuulsuse. Siin nägi Edison ka esmakordselt Lodõgini hõõguva söega «vene lampi» ja viimistles seda paljude aastate pingsa tööga.

Leidur töötas kakskümmend tundi päevas. Ta sõi ja magas laboratooriumi laual, pannes kuhja raamatuid pea alla.

«Geenius — see on üks protsent inspiratsiooni ja üheksakümmend üheksa protsenti vaeva,» armastas Edison tihti korrata.

Need sõnad kehtivad esmajoones Edisoni enda töö kohta elektri hõõglambi täiendamisel.

«Miks põleb süsi hõõglambis nii ruttu?» seadis Edison endale esimese küsimuse.

Et sellele vastata, tegi Edison palju katseid, mis kinnitasid temale, et lambi kolbi oli jäänud veel palju väljapumpamata õhku.

Uus seeria katseid tõestas temale, et pumbad ise ei ole veel küllalt täiuslikud. Edison asus tööle õhupumba viimistlemise kallal. Varsti viis ta õhu hõrenduse kuni ühe miljondiku atmosfääri surveni! Niisugust õhu hõrendamist (vaakuumi) ei olnud seni veel keegi saavutanud. Edison asetas pirnitaolisse kolbi traadi, pumpas õhu välja ja laskis voolu traati. Selle esimese lambi valgus ei olnud ühtlane ja lamp ise ei pidanud kuigi kaua vastu. Samuti oli lugu ka teiste lampidega, kus hõõgusid söetükikesed. Söe asemele tuli leida teine, vastupidavam materjal.

Mitme kuu jooksul katsetas Edison kõigega, mis talle silma puutus. Kord laboratooriumi õuest läbi minnes nägi ta tolmus vedelevat oksakest. Edison tõstis selle üles ja vaatles seda. Lehed olid kinnitatud pikale, peenele, kergesti painduvale varrele. Edison rebis lehed ära, tegi varre kiududeks, söestas need ja keeras spiraaliks. Tagajärg oli üllatav: selle taime kiududest keerutatud spiraal, töödeldud mõnede keemiliste lahustega, andis õhutühja kolbi paigutatuna heledat ja ühtlast valgust. Ta põles mitu tundi järjest ja Edison jälgis seda kogu aja.

«Mis see on? Kus see kasvab?» küsis Edison kõigilt oma abilistelt ja tuttavailt.

Keegi arvas, kuigi üsna ebakindlalt, et see olevat jaapani bambus.

Leidur lähetas otsekohe mõned ekspeditsioonid seda taime otsima. Edisoni ekspeditsioonid ei siirdunud mitte ainult Jaapanisse, vaid neile tehti ülesandeks uurida bambust ja sellele lähedasi taimi Hiinas, Brasiilias ja Indias. Palju vaeva ja kannatusi tuli Edisoni saadikuil taluda, läbides ürgmetsi ja metsikuid tihnikuid Kuubal, Jamaikal, Peruus, Ekuadoris, Tseilonil ja paljudes teistes paikades maakeral.

Edison proovis läbi kuus tuhat eri liiki ainet, et leida kõige vastupidavamat. Nelikümmend tuhat lehekülge — kakssada märkmikku — kirjutas ta täis, märkides neisse oma lambiga tehtud katsete tulemused. Füüsiliselt kurnas end Edison üle jõu käiva tööga täiesti välja. Sõprade ja omaste tungival nõudel soostus ta lõppeks Colorado loodeossa puhkusele sõitma.

8. septembril 1878 Coloradost saabudes külastas Edison oma tuttavat, leidur William Wallace't, kes sel ajal töötas kaarlambi viimistlemise kallal. Edisonile oli siis juba selge, et odava ja otstarbekohase elektrilambi tee möödub volta kaarest.

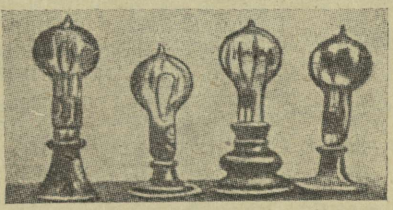
«Väga võimalik, Wallace,» ütles Edison leiduriga hüvasti jättes, «et ma teid ennetan elektervalgustuse alal. Mulle näib, et te lähete vale teed...»

Oma laboratooriumi saabudes sukeldus «Menlo Park'i võlur», nagu sõbrad Edisoni nimetasid, uuesti elektrilambi viimistlemise töösse. Selleks ajaks oli kogunenud hulk postisaadetisi mitmesuguste taimeliikidega Edisoni ekspeditsioonidest osavõtjate poolt. Jälle prooviti sadu aineid. Parimaks osutusid siiski jaapani bambuse söestatud kiud.

21. oktoobril 1879 keeras Edison lülitit ja kohe süttis elektri-söelamp põlema. Ta põles pidevalt nelikümmend tundi.

1. novembril 1879 kirjutas Thomas Edison ühes tunnistajate S. L. Griffin'i ja John Randolph'iga alla avaldusele patendi saamiseks.

Menlo Park'is polnud kunagi veel olnud nii lõbusat uusaasta vastuvõtmist kui ööl vastu 1. jaanuari 1880. Seitsesada Edisoni lampi illumineerisid kogu laboratooriumi hoonet, õue, väravaid ja aeda. Sajad ümbruskonna inimesed tulid vaatama seda «Menlo Park'i võluri» uut saavutist. Nad levitasid imetaolise valguse kuulsust kõikjal New Jersey osariigis ja siit levis see kogu Ameerikasse.



Joon. 108. Edisoni lambi arenemine.

27. jaanuaril 1880 sai Edison elektrilambile esimese patendi ja seejärel veel sada kuuskümmend kaheksa patenti kõigist maailma maadest.

Seda lampi nägid 1881. aastal Pariisi Rahvusvahelise elektritehnikanäituse külastajad leiduri paviljonis. Iga lamp asetati ehk keerati Edisoni padrunisse. Iga lampi reguleeris seinale kinnitatud lüliti. Nii geniaalselt lihtsalt lahendas suur leidur valgustuse küsimuse. Kui keerati lülitit, avanes voolule tee läbi lambi niidi. Et niit omab suurt takistust, kuumendab elektrivool teda tugevasti ja lamp kiirgab heledat valgust.

* * *

Reedel 10. augustil 1881 toimus Pariisis rahvusvahelise elektrotehnikanäituse avamine.

Ühtlasi valmistuti siin Esimeseks Rahvusvaheliseks Elektriteadlaste Kongressiks. Näitus ja kongress, kuigi sellest ei räägitud, olid määratud Michael Faraday elektromagnetilise induktsiooni seaduse avastamise viiekümnenda aastapäeva tähistamiseks.

Peaaegu kõik maailma maad saatsid Pariisi parima sellest, mida nende tehnika elektri alal oli loonud.

Venemaa uus ülemsandarm, tsaar Aleksander III, tundis kõige vähem huvi selle vastu, et Venemaa oleks neil päevil Pariisis väärilselt esindatud.

Näituse vene osakond oleks võinud hõivata rohkem kui kaks kolonnide-vahelist nišši Élysée lossi kaugemas kirdepoolses otsas. Vene rahva hulgast võrsus palju kuulsaid elektriuurijaid. Kümned andekad vene iseõppijad tegid oma avastusi uskumatute kannatuste ja loobumuste hinnaga. Kuid nende anded tallas toores tsarism oma kanna alla.

Vene osakonna organisaatoreil maksis palju vaeva, et oma õpetlaste töid väljapanekuks kokku otsida.

Ainult tänu vene osakonna komissari, tuntud inseneri D. A. Latšinovi visadusele oli võimalik esitada 29 vene eksponaati, millest hiljem 19-nele žürii määras auhinnad.

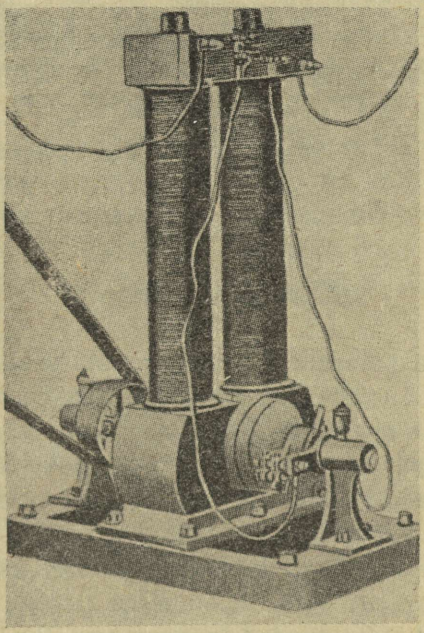
* *
*

Näitusi korraldati välismaal sageli, kuid oma ulatuselt jäi Pariisi elektrotehnikanäitus ületamatuks.

Näituseplatsil liikus pidev inimestevool. Kui pimenes, olid kõik hämmastunud ning võlutud seninägematust elektritulede-merest.

Edisoni pidulikult kaunistatud paviljoni ees lookles pikk inimeste järjekord: ihaldati saada au osaliseks pöörata

salapärast «nuppu», mis käsutas ebaharilikku valgust. Vanad ja noored põlesid soovist võimalikult kiiremini puudutada imenuppu. Kümned inimesed asusid nende õnnelike ümber, kes isiklikult olid juba selle lihtsa operatsiooni läbi teinud.



Joon. 109. Edisoni dünamo „Jumbo".

«Öelge, monsieur, kas tõesti süttis lamp ilma tuleta, ainult nupu kaudu?»

«Jah. See on imestamisväärne. Keerad üks kord nuppu ja kohe süttib klaaspudelis tuli. Keerad teist korda ja — tuli kustub silmapilkselt. Keerad uuesti, — jällegi süttib. Üle kolme korra keerata ei lubata. Lihtsalt solvav!»

«Aga kus see valguspudel asetseb?»

«Ta ripub laes peene nööri otsas. Räägitakse, et see olevat riidega kaetud telegraafitraat.»

«Ja see nöör ei põle ära?»

«Ei lähe isegi kuumaks! Niisuguseid valguspudeleid võivat riputada igasse korterisse. Ja nad olevat isegi gaasilampidest paremad!»

Elektervalgustus, mis asendas peeru, küünla, õli- ja petrooleumilambi ja lõpuks isegi valgustusgaasi, oli elektri rakendamise esimeseks võluvaks alaks, mis tekitas üldist vaimustust.

30. peatükk.

Kiirkõnest kiirem.

Sajad ülemaailmse elektrotehnikanäituse külastajad püüdsid pääseda sidevahendite paviljoni. Siin oli esitatud palju suurepäraseid aparaate.

Belli telefoni toru kõrva äärde asetades kuulsid külastajad ooperis esinevate lauljate aariaid, orkestrihelisid ja isegi publiku käteplaksutusi.

Teatri lavale, kust toimus ülekanne, oli paigutatud kümme mikrofoni (viis kummalegi poole), ja juhtmed nende küljest olid veetud näituse paviljonis väljapandud Belli telefoni kuuldetorude külge.

Samas sidepaviljonis olid välja pandud mitmesugused Morse'i telegraafi täiendused, mis tegid selle kasutamise üldiselt kättesaadavamaks. 1866. aastal maksis kahekümnest sõnast koosnev telegramm sada rubla, 1872. aastal — kakskümmend rubla. Telegraafi said kasutada ainult rikkad. Telegramm oli sellepärast nii kallis, et ühel traadil saadi edasi anda ainult üht telegrammi. Hea telegrafist andis minutis edasi mitte üle neljakümne sõna. Väga kal-

liks läks uute telegraafiliinide — nii õhuliinide kui ka maa-aluste kaablite rajamine.

Et alandada telegrammi hinda, tuli leida vahendeid üle-andmise kiirendamiseks.

Leidurid lahendasid selle ülesande erisuguselt. Tuntud inglise õpetlane Charles Wheatstone ehitas esimesena kiirsaatja. Märkide edasiandmine ei toimunud siin enam telegrafisti käega, vaid erilise, aukudega varustatud lindi kaudu. Telegrafist koostas vajalikud märgid ja õi eeltööna vastavad augud linti. Siis puudutas juba kiiresti liikuv lint erilisi tihvte, mis oma liikumisega muutsid lindi augukesed elektrilisteks signaalideks — punktideks ja kriipsudeks. Wheatstone'i aparaat andis ühes minutis edasi kuni viissada tähte, mis oli kiirem kiireimast kiir-kõnest!

Telegraafiliste teadete edasiandmise hinna alandamise saavutas kuulus ameerika õpetlane ja leidur David Hughes — sama Hughes, kes leiutas Belli telefonile süsimikrofoni. Ta leiutas Morse'i aparaadile niisuguse täienduse, mis võimaldas saada vastuvõtujaama lindil telegrammi mitte leppemärkides, vaid harilikes trükitähtedes. Kuid ka see mõnus süsteem osutus varsti ebakohaseks.

1873. aastal avastas Edison uue võtte, niinimetatud dupleksvõtte. See Edisoni võte võimaldas saata ühel ja samal traadil korraga kaht teadet teineteisele vastassuunas. Kuid varsti esitas Edison veelgi kiirema võimaluse telegrafeerimiseks — kvadrupleksvõtte, mis võimaldas saata ühel traadil isegi neli teadet: üheaegselt kaks kummastki telegraafiliini otsast.

Aasta hiljem avastas prantsuse insener Émile Baudot mitmekordse telegrafeerimise süsteemi ühel liinil (mitu telegrammi korraga).

Samal näitusel demonstreeriti esmakordselt ka kioske

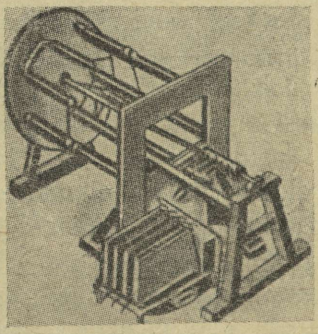
telefoniautomaatidega, millised seejärel leidsid laialdase leviku kõigis linnades ja maades.

Vaatajad silmitsesid huvi ja vaimustusega telefoni- ja telegraafiaparaate. Ent väga paljudele oli arusaamatu mitte ainult nende ehitus, vaid ka kasutamisviis.

31. peatükk.

Uue ajastu lävel.

Esimese Rahvusvahelise Elektriteadlaste Kongressi puhul ei sõitnud Pariisi mitte ainult kongressi delegaadid, vaid ka paljud teised, nende hulgas poliitilised emigrandid, üliõpila-



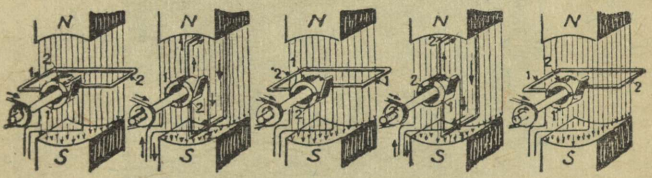
Joon. 110. Jacobi elektromagnetiline mootor.

sed, noored insenerid ja õpetlased, kogusid kokku oma viimased säästud ja ruttasid Pariisi, et näha seda tähelepanuväärset näitust. Viimaste hulgas oli ka noor Müncheni insener Oskar Miller.

Näituse eksponaate hoolikalt vaadeldes leidis Miller, et elektrimasinad on arenenud kahes suunas. Ühed õpetlased-

leidurid tegelesid elektrimootori, s. o. masina konstrueerimisega, mis muudaks elektrienergia mehhaaniliseks tööks. Teised seadsid endale ülesandeks luua masin, mis oleks elektri tootmise allikaks — generaatoriks.

Muide omab elektrimasin pööratavust: üks ning sama elektrimasin võib olla nii generaatoriks kui ka mootoriks. Kui masinat ümber ajada, s. o. kulutada tema ümberajamiseks mehhaanilist energiat, annab masin elektrivoolu; ja vastupidi, kui toita masinat elektrienergiaga, võib teda rakendada mehhaanilise töö sooritamiseks.



Joon. 111. Alalisvoolumootori töö printsiip.

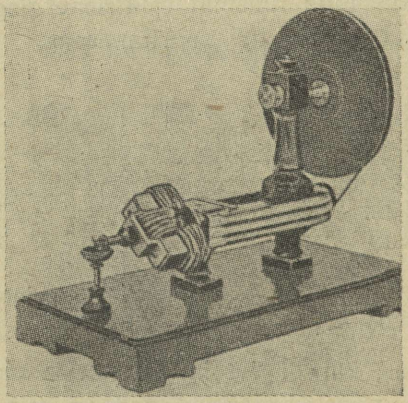
Miller muigas, kui nägi seintel esimeste elektrimasinate jooniseid. Kui väga sarnanesid nad väliselt aurumasinatega!

Kolviga aurumasinail on vältimatuiks osadeks silindrid, milles kolvid auru survel liiguvad. See sirgjooneline liikumine muudetakse kangide, võllide ja väntade abil rataste pöörlevaks liikumiseks, nagu näiteks veduril.

Elektrimootorite vanad tüübid meenutasid väga niisuguseid aurumasinaid. Silindrite asemel omasid esimesed elektrimootorid paljudest traadikeerdudest koosnevaid seest tühje poole, kuid kolbide asemel olid neis poolides rauast südamikud. Veel üks konstruktsioon tegi nii ühed kui ka teised masinad üksteisega sarnanevaiks. Aurumasinal reguleeris auru sisselaskmist silindrisse siiber — eriline kaas, mis vaheldumisi avab ja suleb auru sisselaske-

avad. Elektrimootoris täitsid siibri ülesannet erilised seadised — kollektorid (kommutaatorid), mis muutsid poolides voolu suunda.

Ühes vitriinis asetses vene õpetlase Boris Semjonovitš Jacobi elektrimootor. Jacobi teostas koos kuulsa vene füüsiku Emili Hristianovitš Lenz'iga mitmed tähtsad uurimused elektromagnetismi alal. Selle mootori kallal töö-



Joon. 112. Saxtoni magnet-elektrimasin.

tas Jacobi üle kolme aasta. Jacobi mootor valmis 1837. aastal.

Oma leiutisega äratas Jacobi Vene tsaari laevastiku admirali I. F. Krusensterni tähelepanu, kelle kaasabil tal läks korda seada mootor üles kahekümne kuue jala pikkusele paadile. See elektrimootor andis kuni neli viiendikku hobusejõudu. Tema toitmiseks oli paadile paigutatud kolmsada kakskümmend Grove'i galvaani elementi. 1838. aasta suvel sõitis see paat leiduri ja kaheteistkümne reisijaga Peterburis Neeva jõel vastu voolu, äratades üldist imes-

tust. Samal aastal konstrueeris Jacobi erilise mootori väikese vankri jaoks.

See oli maailmas esimene katse raudteed elektrifitseerida. Kuid see avastus oli oma ajast palju ette jõudnud. Tollal seisid teedeministeeriumi ametnikud üldse veel raudteedegi ehitamise vastu.



Joon. 113. Boris Semjonovitš Jacobi (1801—1874).

«Vene tormid ei salli välismaa väljamõeldisi! Emake-talv tuiskab rööpmed lumega kinni ja vedur külmub ära,» kirjutas «Üldkasulikkude Teadete Ajakiri».

Siin ei saanud elektriraudtee kõnessegi tulla!

Palju jõudsamalt arenes elektri vooluallikate — generaatorite avastamine.

Igasugune elektrimasin omab kolme peaosa: 1) magnetit, mis tekitab magnetvälja, 2) isoleeritud traadi keerdudest mähist (milles magnetväljas liigutatuna tekib elektrivool) ja lõpuks 3) kollektorit, mille abil vool kogutakse, alaldatakse ja masinast välisvõrku voolukasutajaile juhitakse.

Kõiki nimetatud osi täiustati pidevalt paljude aastate jooksul.

Masinas võib kasutada nii loomulikke kui ka kunstlikke magneteid. Otstarbekohasem, odavam ja kasulikum on tarvitada kunstlikke magneteid. Tülikas on aga see, et nii ühtede kui ka teiste toime aja jooksul nõrgeneb. Loomulike või kunstlike magnetite asemel võib võtta masina jaoks vajaliku kujuga raudsüdamiku ja mähkida sellele isoleeritud traati, saades nii elektromagneti.

Ühed elektrimasinad annavad vahelduvat, teised — alalist voolu. Alaliseks vooluks nimetatakse muutumatu suunaga elektrivoolu, mida annavad elemendid, akumulaatorid ja alalisvoolu-masinad. Alalisvoolu- ja vahelduvvoolu-masinate erinevus sõltub mähise ehitusest ja juhtmete väljatoomisest.

Soovides suurendada püsivate magnetite võimet, järelikult ka elektrienergia saamist masinast, pöördusid elektrimasina ehitajad esiagu abisaamiseks galvaani patarei poole. Kui püsivmagnetile mähiti mõni keerd traati, mida läbis galvaani patarei vool, tõusis magneti võimsus tunduvalt.

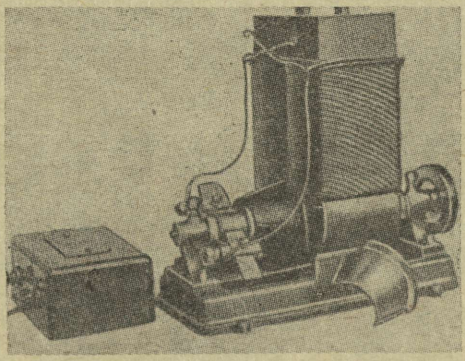
1866. aasta detsembris esitasid mitmesuguste maade leidurid uue tõsise ettepaneku elektrimasina täiendamiseks, võttes kasutamisele niinimetatud endaergutuse.

Esmakordselt tegi selle ettepaneku juba 1854. aastal taani leidur-iseõppija S. Hjork.

Teades, et demagnetiseeritud teras ja raud säilitavad niinimetatud jääkmagnetismi, tuli ta järeldusele, et elektromagneti ergutamisel on võimalik toime tulla ka ilma kõrvalise

allikata. Kui katta raudvarb masina peaklemmidega ühenduses oleva mähisega, siis niipea, kui masin jääkmagneti jõul hakkab nõrka voolu andma, läbib see raudsüdamiku mähise ja tugevdab veidi selle magnetvälja; sellest suureneb masinast tulev vool veelgi ja jällegi tugevneb magnetväli. Nii saavutatakse nähtus, nagu ergutaks masin ise oma magnetismi.

Endaergutuse printsiip võeti uute täiendatud elektrimasinate konstrueerimise aluseks, milliseid hakati nimetama



Joon. 114. Edison-Hopkinsoni dünamo (1883).

dünamomasinateks ehk elektridünamoteks («dünamis» — kreeka keeles jõud).

Esimeste elektrimasinate vool oli galvaani elementide vooluga võrreldes pulseeruv ehk tõukeline.

Belgia tööline tisler Zénobe Gramme valmistas esimesena tööstuses kasutatava elektrienergia generaatori. Gramme'i leiutis seisis rõngakujulise pehmest rauast ankru tarvitamisele võtmises, millele võis mähkida hulk isoleeritud vasktraadist mähiseid. Kõik need rõnga üksikud mähised olid ühendatud, moodustades nagu ühe suure pooli.



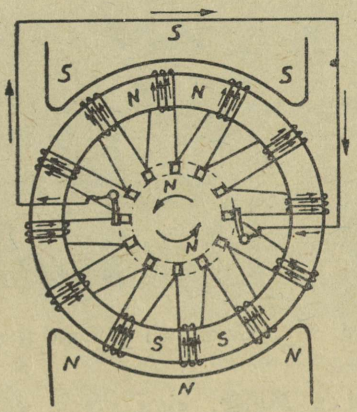
Joon. 115. Zénobe Gramme monteerib dünamot ühingu „Alliance“ töökojas.

Kui 1873. a. mais Viinis avati ülemaailmne tööstusnäitus, said Gramme'i masinad seal erilise tähelepanu osaliseks. Siis sai esmakordselt teatavaks, et elektrimasinad on

pööratavad, kuigi see tähtis avastus oli tehtud enam kui 30 aastat tagasi vene füüsiku E. H. Lenz'i poolt. Sellest kirjutati õige varsti ja mõningate liialdamistega kõigis ajalehtedes ja ajakirjades.

«Elektrienergiat võib edasi anda kauge vahemaa taha!»

«Elektrimasinaid võib soovi korral kasutada elektrienergia allikaina (generaatoritena) või lasta neid töötada mootoritena. See on tõestatud Z. Gramme'i masinate abil.»



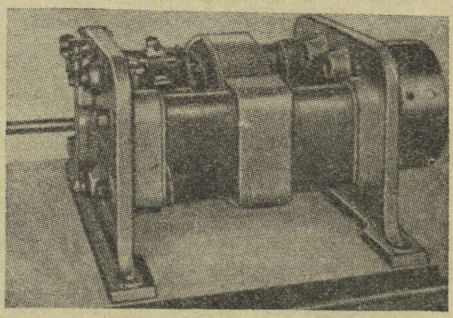
Joon. 116. Gramme'i rõnga skemaatiline kujutus.

Kuid Gramme'i masin ei olnud oma esialgsel kujul kaugeltki veel õpetlaste ja leidurite lõppsõnaks.

Juba 1873. aasta juunis valmistati kuulsa vene elektrotehniku P. N. Jablotškovi idee järgi uus ankur, lihtsam ja otstarbekohasem kui Gramme'i oma. Seda ankrut nimetati trumm- ehk silinderankruks. Ta kujutas endast rauast silindrit, millel mähised olid asetatud paralleelselt teljele. Ankur oli paigutatud kahe magneti vahele, mille poolused olid töödeldud nii, et ankru ja pooluste vahele jäi ainult väga väike

õhuvahe. Sel ajal oli juba tähele pandud, et masina töövõime paraneb tunduvalt ankru ja pooluste vahelise õhuvahe vähendamisel.

Pariisi näitusel oli esitatud viiskümmend tüüpi mitmesuguseid masinaid. Neist oli viieteistkümne tüübi ümber juba tööstuses kasutamisele võetud tööpinkide ringiajamiseks, valgustamiseks, metallide puhastamiseks ning tootmiseks keemilisel teel, raskuste tõstmiseks ja muiks otstarbeiks.



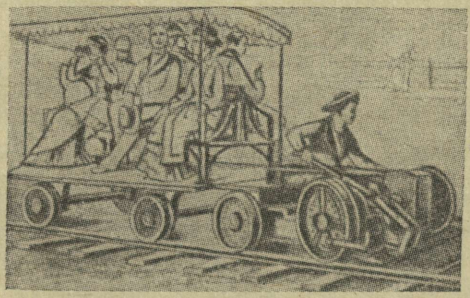
Joon. 117. Gramme'i dünamo (1882).

«Imelik,» mõtles Miller, «iga masin on määratud oma elektrivooluga toitma ainult väga vähest aparaatide arvu. Peaaegu iga elektrikasutaja peaks omama eraldi masinat. See on mõttetu! Gaasi- ja veetarvitajad ei osta ju endale masinaid, mis valmistavad gaasi, või pumpi, et pumbata endale jõgedest ja järvedest vett. Tarvitaja avab kraani ja võib igal ajal saada üldisest linna võrgust igasugusel hulgal gaasi ja vett. Täpselt nii peab antama tarvitajaile ka elektrienergiat. Selleks on vaja toota suurel hulgal elektrienergiat erilistes elektrivabrikutes ja õppida seda energiat sealt edasi andma kõigile tarvitajaile.»

Kuid Miller ei saanud näitusel vastust küsimustele, mis teda huvitasid.

Kaheksateistkümnendas saalis.

Kuni kongressi avamiseni vaatas Oskar Miller väsimatu tähelepanuga Pariisi elektrotehnikanäitust. Varahommikust hilisõhtuni, pliiats ja märkmik käes, liikus ta saalist saali ja tutvus väljapanekutega, millede arv küündis peaaegu kahe tuhandeni. Eriti täielikult oli näitusel esindatud Prantsusmaa (umbes tuhat väljapanekut).



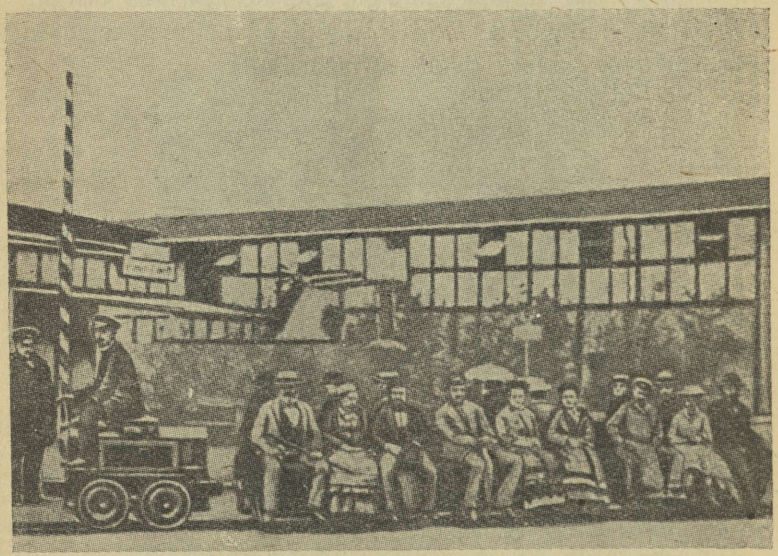
Joon. 118. Edison töötas ka elektriraudtee loomiseks USA-s. Kuid elektriraudtee võeti Ameerikas tarvitusele alles pärast seda, kui tema kallal olid töötanud Sprague, Depoele jt. Pildil: Edisoni esimene elektriraudtee.

Nüüd kohtas Miller näitusel ikka sagedamini inimesi, kellel oli kuldrinnamärk kuue nööpaugus. Neid märke kandsid Pariisi sõitnud esimesest rahvusvahelisest elektrotehnikakongressist osavõtjad. Märk andis õiguse tasuta näituse külastamiseks ja sõiduks elektriraudteel.

Näitusel olid rikkalikult esindatud elektrimootorid. Keset saali oli ehitatud võrdlemisi suur bassein. Selle keskel kerkis kõrge tuletorn, saates elektrivalgust üle kogu basseini veepinna. Tuletorni ümber ujus elektrimootori poolt liikuma panduna prantsuse leiduri Trouvé paat.

Enne näituse avamist proovis leidur seda elektripaati Pariisis Seine'i jõel. Näituse külastajaile oli Trouvé paat suureks imeasjaks.

Samas saalis tõusis elektri abil õhku ja maandus sujuvalt Tissandier' väike aerostaat. See pandi liikuma elektri akumulaatorite vooluga.



Joon. 119. Esimene tramm — väljapanek elektrotehnikanäitusel. Mootori võimsus — 3 hobujõudu. Juht istub mootoril. Vool juhitakse mootorisse kolmanda rööpa kaudu.

Näituse kaheksateistkümnendas saalis, mis oli pühendatud elektri ajaloole ja leiutistele elektri alal, nägi Miller kuulsat Ampère'i tööpinki, mille abil suur õpetlane teostas oma katsed elektrodünaamika alal.

Samas saalis sai Miller huvitava kõneluse pealtkuulajaks, mis toimus kahe kongressisaadiku, kuulsa füüsiku

Rudolf Clausius'e ja väljapaistva vene füüsiku professor Aleksandr Grigorjevitš Stoletovi vahel. Nende kahe inimese nimed olid Euroopas hästi tuntud.

A. G. Stoletovi uurimus raua magnetiseerimise alal oli elektriteadusele suureks panuseks. Varem ehitati elektri-



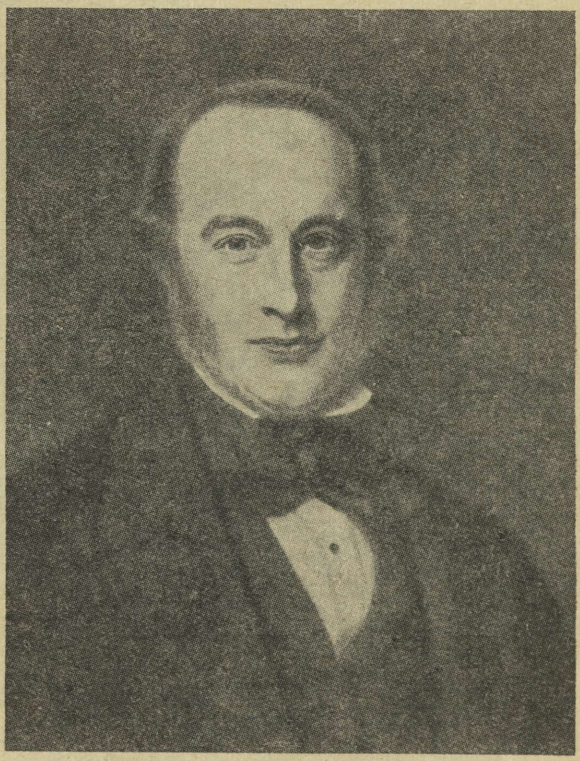
Joon. 120. Aleksandr Grigorjevitš Stoletov (1839—1896).

masinaid nii-öelda pimesi. Nüüd võisid elektrimasinate ehitajad Stoletovi tööde alusel nende võimsuse ette välja arvestada.

«Need, kes ehitavad aurumasinaid,» ütles Aleksandr Grigorjevitš, «teavad auru omadusi. Need, kes ehitavad hüdraulilisi masinaid, tunnevad vee omadusi. Tähendab, ka

elektrotehnikud, kes ehitavad elektrimasinaid, peavad tundma raua magnetiseerimise seadusi, sest elektromagnet on igasuguse elektrimasina süda!»

Selle, elektrotehnikale väga tähtsa töö eest määrati Stoletovile 1872. aastal füüsikadoktori teaduslik kraad.



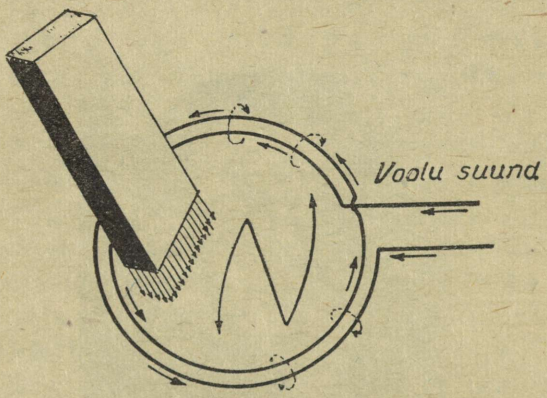
Joon. 121. James Joule (1818—1889).

Pärast Moskva ülikooli lõpetamist 1862. aastal praktiseeris Stoletov kolm ja pool aastat Heidelbergi ja Göttingeni füüsikalaboratooriumides. Tema õpetajaiks olid siin kogu maailmale tuntud õpetlased Kirchhoff ja Weber.

«Stoletov on minu andekaim õpilane,» ütles Kirchhoff tihti.

Sügavalt tänumeelsena oma õpetajate vastu ütles Stoletov neile siiski:

«Aitab meile, vene õpetlastele, välismaale sõitmisest. Meie peame Venemaal enda juures looma samasugused



Joon. 122. Lenz'i seadus: ringikujulises juhtmes tekib sellesuunaline vool, mille puhul voolu magnetväli mõjub eemaletõukavalt lähendatavasse magnetisse.

laboratooriumid ja kabinetid, nagu on teil. Ja siis kasvatame meie ise arvukalt vene õpetlasi.»

Moskva ülikooli professoriks saades ohverdas Stoletov palju jõudu ja energiat selle õilsa mõtte teostamiseks. Viletsates ruumides ja administratsiooni poolt saadud sandikopikatega lõi Stoletov suure armastusega uue füüsikaauditooriumi, -kabineti ja -laboratooriumid. Sellest Stoletovi tööst arenes Moskva ülikooli füüsikakool.

Teine kaasvestleja, kuulus füüsik Rudolf Clausius, oli hästi tuntud kui üks termodünaamika (õpetus soojuse sea-

dustest) rajajaist, valguse levimise ja kehade elastsuse nähtuste uurija ning paljude teiste avastuste autor.

Õpetlaste kõnelus puudutas energia jäävuse seadust.

Nad kõnelesid nende seaduste autorite — Mayer'i, Joule'i, Helmholtz'i, Colding'i ja Hirn'i töödest.

Oma 1842. aastal avaldatud artiklis juhtis R. Mayer enne kõiki (aasta enne Joule'i ja viis aastat enne Helm-



Joon. 123. Emili Hristianovitš Lenz (1804—1865).

holtz'i) tähelepanu sellele, et energia loomine või hävitamine ei ole võimalik.

Mayer korraldas väga lihtsa füüsikakatse. Ta loksutas vett korgitud pudelis ja märkas seejuures, et vee temperatuur tõusis. See oli energia muundumise nähtus ja viis teda mõttele määrata soojuse ja töö omavaheline suhe.

Varsti arvutas inglise füüsik Joule soojuse mehhaanilise ekvivalendi täpsemalt välja ja saavutas tõelisele lähedase arvu: 422,4 kilogramm-meetrit ühe suure kalori (kilokalori) kohta tõelise arvu 427 vastu, mis hiljem kindlaks määrati.

Ühtlasi püstitas Joule elektrotehnikale tähtsa seaduse voolu soojustoimest: soojuse hulk, mis tekib juhtmes voolu läbimisel, on võrdeline voolu tugevuse ruuduga, juhtmete takistusega ja ajaga, mille jooksul vool juhet läbib.

Samal ajal avastas selle seaduse ka vene füüsik Lenz. Sellepärast nimetatakse voolu mõjul tekkiva soojuse seadust nüüd Joule-Lenz'i seaduseks.

Lenz on sama õpetlane, kes peale selle püstitas tema nime kandva tuntud seaduse: kui lähendada ringikujulisele juhtmele magnet või vooluga juhe, tekib ringikujulises juhtmes sellesuunaline induktsioonvool, mille magnetiline toime mõjub tõukavalt teda tekitavale liikumisele.

Stoletov ja Clausius arutasid ka oma ettepanekuid elektriühikute süsteemi ühtlustamiseks. See küsimus oli elektritead'aste kongressi päevakorras, millele nad olid saabunud.

33. peatükk.

Sajandi ülesanne.

Ühte elektri ajaloo saa'i nurka oli paigutatud galvaani elementide leiutamise etappide kohta käivad materjalid.

Need esimesed pidevalt töötavad elektrivooluall'ikad olid tähelepanuväärsed ka selle poolest, et nad võimaldasid kõigi ülejäänud elektrienergia-generaatorite loomist.

Petrov, Davy, Arago, Ampère, Faraday ja teised füüsikud tegid oma avastused galvaani elementi kasutades. Juba kaheksakümmend aastat kestis nende elementide täiendamise töö.

Esimese galvaani elemendi saamine on seotud Volta nimega. Esimeseks elemendiks oli volta sammas.

Ühes vitriinis oli klaasi all välja pandud Volta kiri 20. märtsist 1800 Londoni Kuningliku Seltsi presidendile Banks'ile. Kiri oli kirju Volta poolt tehtud joonistest, mis selgitasid tema huvitava leiutise — volta samba — ehitust.

Siia olid paigutatud ka esimese purgikujulise Volta elemendi joonised.

See esimene element osutus kestva töö jaoks vähekõlblikuks. Tsink tõrjus happega ühinedes sellest vesiniku välja. Vesinikumullikesed katsid plaate ja takistasid edasist elektri voolamist. Seda nähtust nimetati elemendi polarisatsiooniks.

Kolmkümmend aastat kestis õpetlaste ja leidurite äge võitlus kahjuliku polarisatsiooninähtusega. Keemikud leiutasid kümneid võtteid, et sellest pääseda.

Kuulus prantsuse füüsik Antoine Becquerel jõudis selle küsimuse lahendamisele kõige lähemale. Ta tegi ettepaneku lasta plaadid erisugustesse lahustesse, kusjuures eralduv vesinik oleks keemiliselt ühinenud ühega lahustest.

Sellest Becquerel'i mõttest haarasid kinni paljud leidurid. Ühel neist läks korda saavutada erilist edu. See oli Daniell. Daniellil kulus kuus aastat visa tööd, enne kui tal õnnestus konstrueerida esimest elementi, mis oli polarisatsioonist vaba. Danielli edu soodustasid tema teadmised keemias ja kogemused keemiariistade konstrueerimisel. 1831. aastast peale oli ta Londoni Kuningliku Kolledži keemiaprofessoriks.

Danielli galvaani element oli valmistatud järgmiselt. Savist silindrisse valatakse väävelhappelahust ja sellesse

asetatakse tsingist silinder. Savisilindri ja välise, klaassilindri vahe täidetakse vasevitriolilahusega, millesse paigutatakse vasksilinder. Tsingi toimel vabanev vesinik läbib savisilindri poorid, tõrjub vasevitriolilahusest vase välja ja moodustab väävelhappe, samal ajal kui väljasurutud vask eraldub vasksilindrile. Vedelikust eralduva vase kadu tasakaalustub purgi põhja pandud vasevitrioli kristallide lagunemisel.



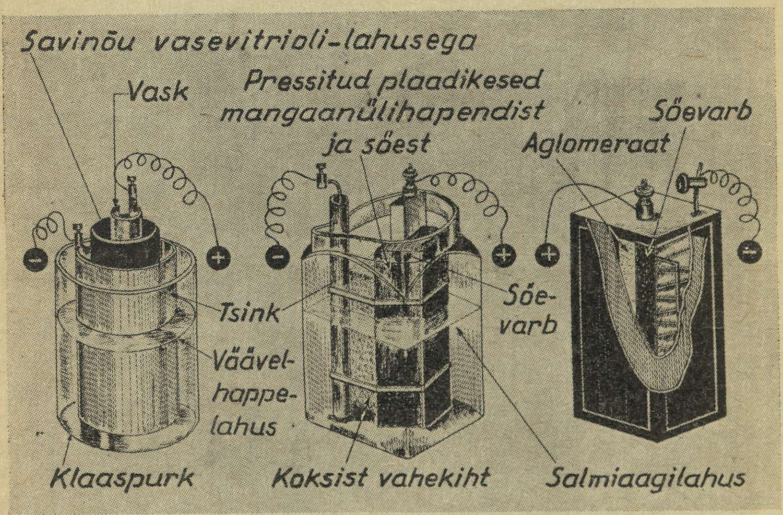
Joon. 124. Robert Bunsen (1811—1899).

Kuid varsti selgus, et Danielli element omab üht olulist puudust: tema elektromotoorne jõud on liiga väike, mitte üle 1,1 voldi. Osa elektrienergiast kulub elemendis endas vasevitrioli lagundamiseks.

1840. aastal otsustas inglise keemik William Grove võtta vasevitriolilahuse asemele lämmastikhappelahuse ja asendas vaskplaadi plaatinaplaadiga.

Kui Grove'i element valmis sai, osutusid leiduri oletused õigeteks: Grove'i elemendi elektromotoorne jõud oli 1,65 volti. Jäi vaid leida aine, mis võiks elemendis asendada kallihinnalist plaatinat.

Selle ülesande lahendas 1842. aastal kuulus keemik Robert Bunsen. Plaatina asemel võttis Bunsen omas elemendis kasutamisele tihedalt kokkupressitud puusöe. Selle

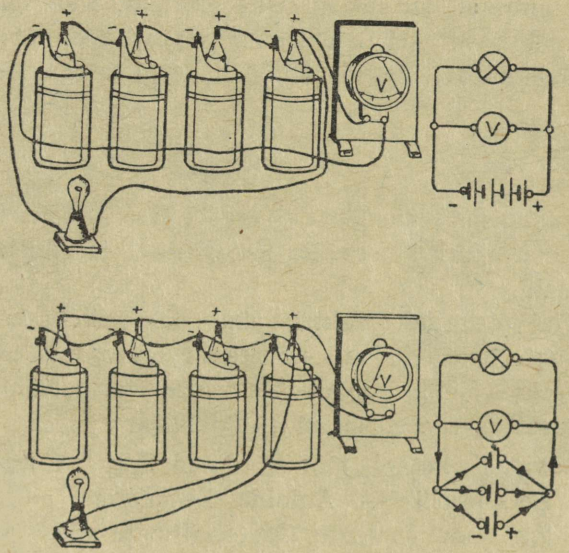


Joon. 125. Nüüdisaegsed galvaani elemendid. Vasakul — Danielli element, keskel — Leclanché element, paremal — kuivelement.

elemendi toime osutus veel suuremaks: elektromotoorne jõud küündis kuni 1,8 voldini. Kuid ka sel elemendil ilmnes puudusi: lämmastikhape eritas mürgiseid gaase, mistõttu oli raske viibida töötava elemendi läheduses. Algas uus otsingute ja täienduste järk.

1843. aastal avaldas Genfi füüsik Auguste De la Rive originaalse mõtte, kuidas polarisatsiooni mõjust vabaneda.

Ta tegi ettepaneku panna elementi depolarisaatorina manganülihapend, aine, mis on väga hapnikurikas. Et vesinik püüab väga ahnelt hapnikuga ühineda, saavutatakse elemendis parimad töötingimused. Kuid möödus kakskümmend viis aastat, enne kui see idee leidis rakendust geniaalse Pariisi keemiku Georges Leclanché poolt. See toimus 1868. aastal.



Joon. 126. Elementide ühendamise skeeme. Ülal — järjestikkuühendus, all — rööbitiühendus.

Poorne savipurk täideti manganülihapendi ja söetükikestega, mille sisse asetati süsi-elektrood. See poorne purk asetati salmiaagi- (kloorammooniumi-) lahusega täidetud klaaspurki. Samasse asetati ka tsinkelektrood. Leclanché element avaldab oma täit jõudu lühiajaliselt, mille tõttu ta peab aeg-ajalt «puhkama», kuna siin depolarisatsioon toimub võrdlemisi aeglaselt. Nende omaduste tõttu kasuta-

takse Leclanché elementi ainult seal, kus pole nõutav pidev tegevus (näiteks elektrikellade jaoks kortereis).

Publiku suurt huvi äratas andeka vene inseneri P. N. Jablotškovi originaalne «põlemiselement». Selles elemendis tekkis elekter veeauru kokkupuutel hõõguva söega. Jablotškov tõestas, et «põlemiselement» võib anda senikuulmatut võimsust — kuni 30 kW, s. o. 100 tuhat korda suuremat kui ükski teine element. Kuid leidur ise ei pidanud tööd selle elemendi kallal veel lõpetatuks. Pärast Jablotškovi aga ei jätkanud keegi tema katseid.

* *
*

«Teiseastmeliste elementide avastamine ja täiendamine» — selline pealkiri ilutses Pariisi näitusel järgmiste vitriinide kohal.

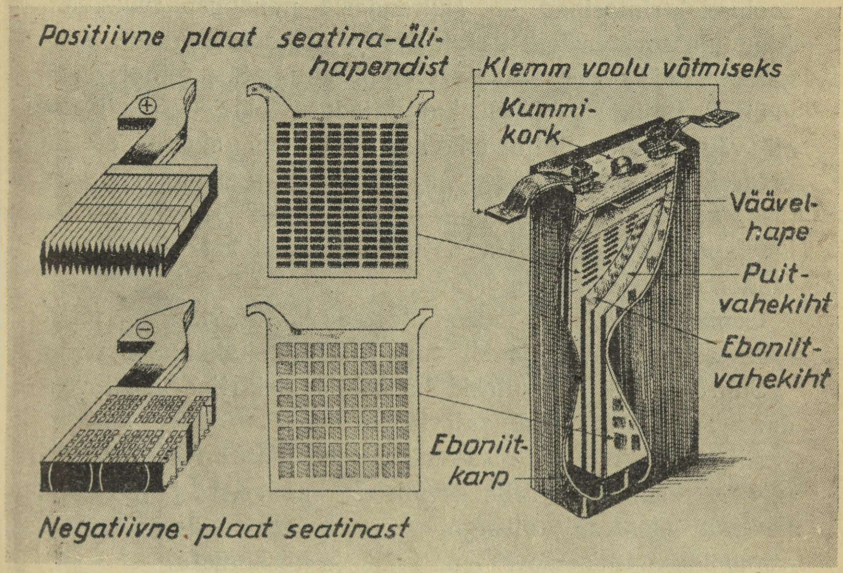
Siin oli esitatud elektri akumulaatorite arengukäik. Akumulaatoriteks hakati nimetama galvaani elemente, mis omasid võimet koguda elektrienergiat laadimisel teisest allikast ja see edasi anda töötamise ajal.

XIX sajandi keskel töötas tuntud Pariisi füüsiku Alexandre Becquerel'i — Antoine Becquerel'i poja juures assistendina noor õpetlane Gaston Planté. See perekond oli pariislastele hästi tuntud. Gaston'i vend oli silmapaistev pianist. Planté perekonna tegi varsti veelgi kuulsamaks Gaston oma surematu leiutisega.

Planté jälgis väga hoolikalt seatina-elemendis toimuvaid protsesse ja jõudis järgmistele järeldustele.

Kui panna kaks oksüüdiga kaetud seatinaplaati väävelhappelahusega täidetud purki ja neist galvaani vool läbi lasta, mõjub see kummalegi plaadile erisuguselt. See plaat, mis on ühendatud negatiivse poolusega (katood), kattub vesinikuga, mis eraldub voolu mõjul lagunevast väävel-

happest. Positiivsel seatinaplaadil (anoodil) eraldub hapnik. Positiivne plaat tekitab hapnikuga ühinedes seatinaüli-hapendi ja muutub tumepruuniks. Negatiivne plaat aga muutub ikka rohkem metalliliselt puhtaks. Teda ümbritsev vesinik võtab seatinalt ahnelt hapnikku ja plaat muutub ikka rohkem hapnikuvabaks.



Joon. 127. Nüüdisaegse akumulaatori ehitus.

Mõne aja möödumisel võib kummagi plaadi juures märgata gaasimullide eraldumist. See näitab, et akumulaatori laadimise protsess on lõppenud.

Kui ühendada mõlemad elektroodid traadiga, läbib seda vool, mille suund on vastupidine esialgsele suunale. Mõne aja möödumisel muutuvad mõlemad plaadid jällegi keemiliselt ühesarnaseks ja on ühetaoliselt kaetud seatinaoksüü-

diga. Et elementi uuesti tegevuskõlblikuks muuta, tuleb teda uuesti l a a d i d a.

8. veebruaril 1881 patenteeris Planté õpilane Camille Faure akumulaatorite uue kiirendatud formeerimise. Faure tegi ettepaneku katta plaadid juba varem mennikuga. Kui tutvuti Faure'i väärtusliku leiutisega, tekkis akumulaatorite järele suur nõudmine. Uued elektrienergia allikad — alalisvoolu-elektrimasinad — suurendasid nõudmist tunduvalt. Akumulaatorid võeti kasutamisele abiks töötavatele masinatele, kui nende energiast ei piisanud. See toimus harilikult hommikul ja õhtul, kui vajadus elektrienergia järele oli väga suur. Palju odavam oli ehitada akumulaatorite patareid ja nende energiaga katta ajutine puudujääk, kui üles seada uusi kallihinnalisi masinaid: akumulaatorite laadimiseks võis kasutada öötundidel tekkivaid energiajääke ja hommikul need tagastada.

Geniaalne leidur Edison teostas viiskümmend tuhat mitmesugust katset ja lõi oma raudnikkel-akumulaatori.

Suure leviku saavutasid ka belgia elektriteadlaste, vendade Tudor'ide akumulaatorid.

Nii tegelesid terve sajandi kestel, alates volta esimestest elementidest, rohkearvulised õpetlased ja leidurid parema elemendi otsingutega, soovides leida niisugust vooluallikat, mis töötaks püsivalt ja tõrkumata.

34. peatükk.

Kõrgeima tunnustuse märgiks.

Esimese ülemaailmse füüsikute kongressi koosolekuteks määratud saal võttis enda alla suurepärase Élysée lossi ülemise korra kirdepoolse nurga.

Siia võis hõlpsasti mahutada nelisada inimest. Saali lõpus asetses üksteise kohal kolm rida kohti: ülemine — presiidiumile; keskmine — kõnelejaile ja alumine — sekretäridele.

1881. aasta 15. septembril kell kolm päeval võttis Prantsuse posti- ja telegraafiminister Cochery istet presiidiumi laua taga. Silmapilkselt muutus saal valgeks nagu heledal päikesepaistel.

Kroonlühtreis ja girlandides süttinud sajad elektrilambid andsid saalile hoopis teise ilme. See kutsus esile kiiduavaldustetormi. Kongressi president tõstis käe. Saabus vaikus. President ütles:

«Armulised härrad! Kutsudes kõiki rahvaid osa võtma meie näitusest ja avades neile kongressi uksed, on meie eesmärgiks elektriteaduse laiendamine ja elektri kasutamisele võtmine tööstuses. Kogu Euroopa on esindatud meie koosolekul kuulsate õpetlaste näol.»

Tahtmatult pöördusid koosolijate pilgud pinkide poole, kus istusid Helmholtz, Clausius, Stoletov, William Thomson, Dumas ja teised.

«Teie kõrge autoriteet, teie teadmised ja kogemused aitavad meil lahendada päevaküsimusi. Elekter, see varemalt kättesaamatu ja kallihinnaline tegur, hakkab iga päevaga ikka enam tungima meie ellu. Palju on juba sellel alal tehtud, kuid teha on veel väga palju. Kogu näitus annab tunnistust inimese võidust ühe tujukama loodusjõu üle. Teil, armulised härrad, seisab ees rajada teed teaduse edasisteks võitudeks ja lahendada tähtsad praktilised küsimused. See töö ei ole kerge, kuid ma usun, et saavutate edu. Selles veendumuses kuulutan kongressi avatuks!»

Ministri kõne viimased sõnad uppusid tormilisse kätteplaginasse.

Näituse inglise osakonna komissar lord Crawford tegi ettepaneku valida näituse asepresidendid, nende hulgas ühe vene füüsika isadest, Moskva ülikooli professori Aleksandr Grigorjevitš Stoletovi.

Elektri mõõtühikute väljatöötamise sektsiooni koosolekul tekkis vaidlus Clausiuse ja Stoletovi vahel. Ühikutekomisjon ja kongress võtsid vastu Stoletovi vaatepunkti, kes tegi ettepaneku tunnistada kaht ühikute süsteemi — elektrostaatilist ja elektromagnetilist, kuid anda eesõigus elektromagnetilisele sel kujul, nagu seda soovitas kasutada Briti Assotsiatsioon. Teisel kongressi üldkoosolekul 21. septembril kuulutas ühikutesektsiooni ausekretär Mascart sektsiooni töö tagajärjed välja.

Põhiühikuna võeti kasutamisele Briti Assotsiatsiooni ühikud: sentimeeter, gramm-mass ja sekund. «Oom» ja «volt» säilitasid oma endise tähenduse. Voolutugevuse ühikuks võeti vool, mis läbib vooluahelat üheoomilise takistuse ja ühevoldilise pinge puhul. Seda vooluühikut nimetatakse «ampriks».

Elektrihulka, mis ühe ampri tugevuse voolu puhul läbib juhet ühe sekundi jooksul, nimetatakse «kuloniks».

Praktiliselt on ühe oomi suurune takistus üheruutmillimeetrilise läbilõikepinnaga ja 104 cm kõrgusel elavhõbedasambal 0° Celsiuse juures.

Kongress tegi erikomisjonile ülesandeks määrata veel täpsemalt kindlaks elavhõbedasamba kõrgus oomilise takistuse jaoks.

Kasutamisele võetud ühikute nimetused olid veel paljude delegaatide kõrvale harjumatud. Mõned neist tundsid lähedalt suuri õpetlasi, keda kongress austas nende nimede andmisega ühikuile. Paljud delegaatide pinkidel istuvad noored inimesed nägid ja kuulsid õpetlasi, kes oma tööde läbi olid saanud surematuiks. Oldi veel väga harjunud

vanade ebatäpsete ühikutega, kuigi need tekitasid palju segadust.

Kõigile oli selge, et «kulon», «volt», «amper», «oom», «farad» ei olnud mitte ainult elektri sentimeetrid, grammid ja sekundid, et need polnud mitte ainult surnud ja vaikivad ühikud. Kõigile oli selge, et need nimed on jäädvustatud elektriühikutena kõrgeima tunnustuse, austuse ning tänutunde märgiks, mida järeltulev sugupõlv säilitab aastasadasid nendest oivalistest inimestest, kes ennastsalgava ja väljapaistva tööga valgustasid tähtsa elektriteaduse arenemise kuulsusrikast teed.

Selliste mõtete ning tunnetega lahkusid delegaadid ja külalised ajaloolise kongressi teiselt istungilt.

35. peatükk.

Tasuta patsient.

Neil päevil, kui kogu õpetatud maailm oli Pariisis Élysée väljakul «Tööstuspalees» osa võtmas rahvusvahelisest elektriteadlaste kongressist, pidi Marcel Deprez haiguse tõttu kodus viibima.

Deprez ootas kannatamatult kongressi, valmistudes juba ammu esinema seal tähtsa ettekandega elektrienergia ülekande võimalusest juhtmete kaudu.

Deprez'le arusaamatul põhjusel polnud tema ettekannet kongressi päevakorda võetud.

Deprez ootas põnevusega oma sõbra, andeka füsioloogi, arsti ning füüsiku Jacques d'Arsonval'i tagasijõudmist. Deprez oli teinud temale ülesandeks kongressile üle anda kiri, milles ta teiskordselt palus võimalust esineda kongressil ettekandega elektrienergia ülekande kohta. Ta tahtis

kiiresti teada, kas maailma suurimad õpetlased on nõus tema ettekannet kuulama. Siis ei oleks mingisugused haigused suutnud teda kodus hoida, ja ta oleks viivitamatult «Tööstuspaleesse» tõtanud!

Koputus uksele äratas ta mõtteist. Ta tormas esikusse.

«Jacques, kas sina oled?» küsis erutatud Deprez ust avades.

«Jah, see olen mina, Marcel!»

«Kas mulle lubati sõna?»

«Lubatakse ja tõenäoliselt juba lähemal koosolekul. Ma andsin kirja tänase koosoleku algul isiklikult Helmholtzile. Sellega tutvunud, ütles ta mulle: «Teie koos härra Deprez'ga täiendasite ju galvanomeetrit? Olen teie seadisega hästi tuttav.» Pean ütlema, et oli väga meeldiv kuulda seda Helmholtzi enda suust. Ma ei tea, mis ta sinu kirjaga edasi tegi, kuid koosolekut avades esitas juhataja kongressile sinu ettekande päevakorda võtmiseks. Kõik nõustusid sellega otsekohe.»

«Olen sulle väga tänulik, Jacques!» ütles Deprez soojalt d'Arsonval'i kätt surudes.

«Õigupoolest pole põhjust mind tänada. Täna omaenese pead, et see loob niisuguseid tähelepanuväärivaid ideid . . . Aga nüüd vaatan su läbi.»

Nurisemata valmistus Deprez arstlikuks läbivaatuseks. D'Arsonval kuulas tasuta oma patsiendi südame ja kopsud läbi.

«Noh, Jacques, kas ma saan varsti terveks?»

«Püüan sind terveks ravida. Ma paigutan su oma kõrgepinge-elektripuuri ja teen sulle hiljem «elektrikaeluse». Peab rahustama su närve, sest neist tekivadki kõik su haigused.»

«Kui sa mind terveks ei ravi, olen valmis isegi hauast paleesse jooksma, et esineda seal oma ettekandega.»

«Istu rahulikult. Ma jutustan sulle, mis toimus kongressi viimaseil koosolekuil. Rahvusvahelise elektriteadlaste kongressi kolmandal istungil 24. septembril kiideti heaks tervitustelegrammi tekst, mis saadeti Göttingeni kuulsale füüsikule Wilhelm Weber'ile tema 50-aastase tegevuse puhul professorina ja teadlasena.

Edasi asus kongress arutama telefonikompanii direktori härra Lartigue'i poolt algatatud tähtsat küsimust nende



Joon. 128. Jacques D'Arsonval (sünd. 1851. a.).

ehituste julgeoleku kohta, milledele on asetatud telegraafi- ja telefonivõrgu liinid. Härra Lartigue teatas, et majaomanikud ei luba oma majade külge telegraafi- ja telefonijuhtmeid kandvaid poste kinnitada. Nad kardavad tulikahjusid, mis võiksid tekkida «välgust, mida juhtmed külge tõmbavad». Lartigue'i arvates oleks kongress pidanud selle eelarvamuse ümber lükkama. Selles küsimuses võtsid sõna veel seitse delegaati. Helmholtz ütles, et majaomanikel on

osaliselt õigus, sest atmosfäärilise elektri vastu tarvitusele võetud kaitsevahendid ei ole veel täiuslikud. Tema arvates tuleb need metalltoed, millele kinnitatakse telefoni- ja telegraafijuhtmete isolaatorid, hästi maaga ühendada.»

«Mulle tundub, Jacques, et Lartigue'i poolt algatatud küsimus on väga tähtis. See puudutab ka mind. Kui ehitatakse liine elektrienergia ülekandeks, tuleb mõelda ka kaitsele pikselöökide vastu.»

«Õigus, Marcel! Kuula edasi. Neljandal kongressi istungil — muide, see oli rohkem minu erialalt — esines füsioloog Du Bois-Reymond ja esitas mõned tähtsad mõtted elektri kasutamisest loomade uurimisel ja inimeste ravimisel. Seejärel kõneles Brüsseli observatooriumi nimel Van Ryselberghe rahvusvahelise telegraafivõrgu loomisest ilmateadete edasiandmiseks. Siis järgnes Siemens'i ettekanne, kes algatas omandiõiguse küsimuse veealuste telegraafikaablite suhtes. Ta jutustas kongressile juhtumist, kus üks ameerika kapten rebis laevaankruga puruks miljoneid maksva transatlantilise kaabli . . .

Kuid unustasin teatada sulle kõige tähtsamat. Näituse väljakule ja kongressi istungisaalidesse olid ilmunud järgmised kummalised kuulutused:

«James Johnston Edinburghist pakub 250 naelsterlingi suuruse preemia sellele, kes selgitab elektrinähtuste loomuse ja olemuse. Preemia määratakse elektriteadlaste kongressi otsusel.»

Kuidas see sulle meeldib, Marcel? Vahest võid ka sina pretendeerida sellele «kergele» teenistusele?»

«See teenistus ei ole kerge! Mõtlen, et härra Johnston võib veel palju aastaid seda raha endale pidada . . . Tegelikult pole meil ju veel mingit aimu elektrist.»

Asjatu nurin.

Oli möödunud vaid mõni päev sellest, kui kongressile teatati Deprez' soovist. Paljud ei jõudnud ära oodata tundi ja minutit, millal nad lõpuks näevad ja kuulevad Deprez'd.

Lõppeks ometi saabus oodatud moment. Kõnetooli astus mees, kelle ettekannet eesrindlikud tehnikud põnevusega olid oodanud. Ta alustas oma ettekannet:

«Elektritööstus, mu härrad, on praegu niisuguses olukorras, milles oleks gaasitööstus, kui iga tarbija peaks ise enda jaoks gaasi produtseerima. See pidurdab elektri tarvitamisele võtmist ja kasutamist. Tuleb ehitada suuri elektritehaseid ja neist anda elektrienergiat üheaegselt suurele tarbijatehulgale ning niiviisi, et igaüks saaks kasutada voolu olenemata teistest tarbijatest. Elektrienergia jaotamise ülesande saab kergesti lahendada, kui võtta kasutamisele elektritarbijate paralleelne lülitus. Sellega saavutatakse palju lihtsam elektrimasinate reguleerimise võimalus, tarbijad on üksteisest sõltumatud . . .»

Sama kiirusega, millega Deprez esitas oma mõtteid, joonistas ta tahvlile kaks vooluahelat: tarbijate paralleelse ja järjestikuse ühendusega. Ta märkis joonisel eri tähtedega voolu tugevuse, ahela takistuse ja generaatori elektromotoorse jõu.

«Oletame, et Pariisist kümnete kilomeetrite kaugusel asetsevad suured kütteainelademed. Neid vajavad Pariisi vabrikud, et saada kütet aurumasinaile ja seega energiat masinate käimapanemiseks vabrikus. Seda kütet tuleb pidevalt tema asukohast Pariisi vedada.

Kuid kas poleks otstarbekohasem põletada kütet sealsamas, kus teda hangitakse, saada sealsamas elektrienergiat ja tuua seda juhtmeid mööda Pariisi?

Energia võtab vastu elektrijõumasin ja teeb vajaliku töö. Mispoolest on see tulusam? Kõigepealt jääb ära kütte vedu raudteel. Teiseks kaob vajadus aurumasinate järele neis vabrikuis, mis saavad elektrienergiat. Kas sellest ei parane vabrikute olukord? Kas sellest ei muutu linnades puhtamaks?...»

Saalis tõusis vali rahulolematusenurin. Kongressi auvõõraste pinkidelt, kus istusid raudteeseltside ja aurumasinate-tehaste omanikud, direktorid ja aktsionärid, väljendati avalikku rahulolematust ettekandja järelduste üle.

Vaimustatud Deprez ei näinud ega kuulnud, mis saalis toimus.

«Mis osutub siis näivaks takistuseks (et ta on näiv, seda tõestan varsti) elektrienergia ülekande teostamisel?

Öeldakse, et elektrienergia ülekannet ei saa teostada harilikkude juhtmete kaudu, sest pikal ülekandeliinil kuluvat kogu elektrienergia juhtmete soojenemisele. Ja katse vähendada juhtmete soojenemist nende läbimõõdu suurendamise teel nõudvat nii suuri kulusid, et see ennast kunagi ei õigustavat.

Kuid mina tõestan täpsete arvestuste põhjal, et see takistus on näiv! On otstarbekohane ning tasuv elektrienergiat üle kauge vahemaa edasi anda!»

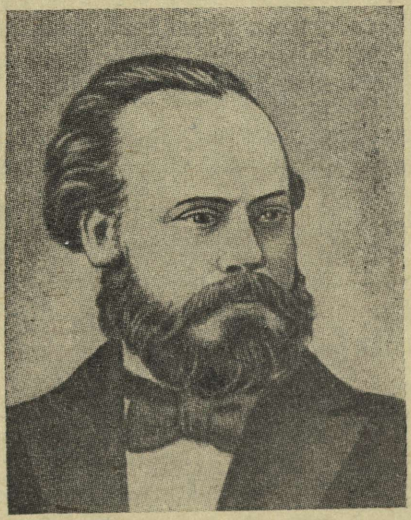
Lihtsate arvestuste varal näitas Deprez, et ülekande ühe ja sama võimsuse juures juhtmete soojenemisele mineva vooluhulga vähendamiseks on vaja vaid vastavalt suurendada masinate elektromotoorset jõudu. Tema tehtud arvestused näitasid, et isegi praeguste viimistlemata masinatega saab edasiantavat energiat kasutada kuuekümne kahe protsendi ulatuses.

Mõnedelt pinkidelt kostsid jällegi rahulolematusehüüded: «Teie ei suuda kunagi muuta tasuvaks elektriülekannet juhtmete kaudu!»

«Mida pikem on ülekandeliin, seda suuremal määral kasvavad energiakaod!»

«Häbi peaks Teil olema jutustada kongressile muinasjutte!»

Deprez punastus. Ta viskas kriidi ja kaltsu kõrvale. Juhataja helistas meeleheitlikult kella, kutsudes delegaate korrale.



Joon. 129. Marcel Deprez (1843—1918).

Paljudel pinkidel algas liikumine. Deprez'd kõnetoolilt lahkumas nähes tõusis oma kohalt Saksamaa delegaat Werner Siemens ja ütles ilma kongressi juhatajalt luba küsimata:

«Elektrienergia edasiandmise küsimus juhtmeid mööda kaugetele vahemaadele tõsteti üles juba käesoleva aasta kevadel minu kaasmaalase Charlottenburgi professori Oskar Frölichi poolt. Mina peaksin tähtsaks ning vajali-

kuks tutvustada kongressi Frölichi artikliga, mis hiljuti ilmus saksa ajakirjas . . .»

Siemens andis kongressi presidendile mõned käsikirjalehed, kes ulatas need sekretärile avaldamiseks.

Juba esimestest sekretäri poolt etteloetud ridadest selgus paljudele, miks Werner Siemens püüdis saavutada siin kongressil Frölichi töö avaldamist. Oli selge, et Frölich firma «Siemens-Halske» teenistuses olles pidi teaduslikult tõestama, milliseid suuri resultaate võib saavutada selle firma masinatega.

Aleksandr Grigorjevitš Stoletov, nagu paljud teisedki kongressi delegaadid, mõistis otsekohe, et selle Siemensi reklaamija pretensioonid esikohale on põhjendamatud.

Marcel Deprez' huvitav ja tähtis ettekanne elektrienergia ülekande võimalusest kaugetele vahemaadele meenutas Stoletovile vene inseneri Dmitri Aleksandrovitš Latšinovi avaldusi ja ettepanekuid samal teemal, mis ilmusid 1880. aastal vene ajakirjas «Elektritšestvo».

«Temale peaks õigupärast kuuluma esikoht elektri ülekande idee väljatöötamise eest,» mõtles Stoletov. «Millal lõppeks ometi saavutavad vene inimesed oma kodumaal tingimused loovaks tööks, millal lõppeks kõlab nende hääl maailma teaduse kuulsuseks . . .»

Frölich'i haruldaselt pika, palju tabeleid arvudega ja mitmesuguste näitajatega Siemensi dünamo tööst sisaldava artikli monotoonne ettelugemine väsitas varsti delegaatide tähelepanu. Kuid protesteerivatele hüüetele vaatamata jätkas sekretär kangekaelselt lugemist. See tekitas saalis naeru ja müra. Juhataja oli sunnitud lugemise katkestama ja siirduma teiste küsimuste arutamisele.

Deprez' ettekande kohta ei võtnud kongress mingit otsust vastu. Tähelepanuväärne ettekanne jäi vääriliselt hindamata.

Vaevu ägestumisest hoidudes, rõhutult ja lööduna lahkus Deprez saalist. Oskar Miller tahtis talle läheneda, et avaldada oma vaimustust ja suruda temal kätt, kuid Deprez astus kiiresti ukse poole ja Miller loobus oma kavatsusest.

Kongressi saadikud siirdusid elavas vestluses näituse restorani einestama.

Miller sõi isuga oma tagasihoidlikku õhtusööki, kui ühe naabruses asetseva laua juures tekkis lärm. Miller vaatas sinnapoole ja nägi seal valjusti kõnelevaid saksa delegaate.

Siin olid Werner Siemens, Hefner-Alteneck, Halske, Schuckert ja mõned teised tuttavad näod. Nende laual oli rikkalik ning luksuslikult serveeritud õhtusöök kalliste veinidega ja nad naersid valjusti. Naeru tekitajaks oli Schuckert.

Miller kuulatas ja eraldas järgmised sõnad:

«. . . Kella osutid lähenevad poole üheteistkümnele. Concorde'i väljakul on seatud üles auvalve. Samas rüseleb ka härra Cochery.

Näituse peakomissar Berger koos teiste tähtsate isikute ja orkestriga ootavad auväärset külalist siin, selle lossi idapoolsel küljel. Lõpuks sõidab presidendi landoo ette. Vastuvõtjad jooksevad selle juurde. President väljub. Teda juhitakse teie elektriteele, Siemens, kuid . . .»

Jutustaja läks äkki pealetükkivast naeruhoost üle näo punaseks. Temale vaadates purskusid teisedki naerma.

«. . . Tee, tee oli korr. . . tee oli täiesti korrast ära!» lõpetas Schuckert pealetükkivat naeru maha surudes. «President oli sunnitud minema jalgsi. Skandaal . . . Hiiglaskandaal . . .»

Miller märkas, et Siemens on tõsine.

«Ma ei saa aru, mu härrad!» ütles Siemens. «Õigupoolest pole põhjust selliseks suureks lustiks. Concorde'i väljakult lossi kulgev elektriraudtee kannab firma Siemens ja Halske nime. Kui Prantsusmaa president näituse avamise pidulikul silmapilgul ei saanud seda kasutada, siis pole selles midagi naljakat . . .»

Schuckert ei rahunenud veelgi ja naeruga võideldes pühkis rätikuga laubale ilmuvat higi.

«Tahaksin teada, Schuckert,» lausus Siemens sapiselt, «kas te jätkate naermist ka siis, kui olete tutvunud selle, praegu siin näitusel oleva vene leiduri V. Tšikolevi kirjaga ajakirja «Elektritšestvo» toimetusele.»

Nende sõnadega ulatas Siemens hiljuti Venemaal ilmunud ajakirja numbri Schuckertile.

«Te teate, Siemens, et ma ei valda selle maa keelt,» ütles Schuckert kõhklevalt.

«Ma nägin seda ette!» ütles Siemens endaga rahul olles. «Võin teile anda kirja sõnasõnalise tõlke. Siin ta on . . .»

Mida enam Siemensi tulevane kaasosanik süvenes kirja sisusse, seda enam muutus tema nägu. Varsti laskis ta kuuldavale imestushüüu ja üle näo punastudes lausus ebameeldivast üllatusest rabatud inimese toonil:

«Härra Siemens, te ju teate väga hästi, et kui ma Gramme'i dünamo poolide kuju täiendamise oma leiutisena avaldasin, olid mul selleks mõningad alused . . . Nüüd süüdistab see Tšikolev mind tema kaarlambi konstruktsiooni kasutamises. See on arusaamatus! Ma ei tunne mingeid minu omaga sarnanevaid vene lampe... Venelased kaebavad alati, et neilt varastatakse . . .»

«Kuid Tšikolev kinnitab vastupidist: ta ei tea, kes andis härra Schuckertile õiguse esitada tema leiutist omana . . . Te peate selle asja korraldama, Schuckert! Teie toimite

alati ja kõikjal jämedalt . . . Nagu näete, oli teie naer veidi enneaegne,» ütles Siemens veel enam endaga rahul olles.

Lauas, kus alles äsja oli nii kärarikas, valitses nüüd täielik vaikus.

* *
*

5. oktoobril 1881 peeti rahvusvahelise elektriteadlaste kongressi kuues — lõppistung, pidulik ja osavõturikas. Tööle pühendatud osa oli lühike.

Kui oli lõpetatud komisjonide küsimus ja nende ülesannete määramine, andis kongressi president Cochery sõna alguses Mascart'ile ja hiljem kuulsale keemikule Jean Dumas'le, kes tegid kokkuvõtteid kongressi tööst. Dumas' kõnet katkestati palju kordi kiiduavaldustega. Selle auväärse rauga silmade all olid tehtud kõik need suured avastused, millest ta oma ettekandes nii soojalt ning vaimustatult kõneles.

«Kreeka mütoloogia,» ütles Dumas, «allutas tuule, vee ning tule teisejärgulistele jumalustele ja ainult välgu andis jumalate jumala — Zeusi kätte.

Möödus aastasadu ja -tuhandeid, inimene vallutas teaduse abil tuule, vee ja ka tule. Nüüd teeb ta viimaseid pingutusi ja meie silma all kisub välku Zeusi käest! Kreeka jumalailt on võetud relvad.

Astume suurde elektriajastusse...»

President võttis lühidalt sõna. Seejärel tänas professor Stoletov soojalt kongressi presidenti delegaatide külalislahke vastuvõtu eest.

Samal päeval lahkus Miller Pariisist ja sõitis kodumaale kindla otsusega jätkata Deprez' suurt ettevõtet.

Miesbachist Münchenisse.

Pool aastat pärast Münchenisse, oma kodulinna saabumist möödus Oskar Milleril väga kiiresti. Ta pühendas kogu oma aja Münchenis elektrotehnika-näituse korraldamisele.

Oskar Miller oli selle näituse organisaatoriks ja hingeks. Oma isa, Ferdinand Milleri kaasabil, keda kõik Müncheni kodanikud armastasid ja sügavalt austasid, võitis Oskar palju takistusi. Kuigi «linnaisad» olid andnud nõusoleku näituse organiseerimiseks, tuli kulutada veel palju jõudu selle kava väljatöötamiseks.

Miller püüdis Müncheni näitusel praktiliselt teostada Marcel Deprez' tähelepanuväärset ettepanekut. Selle inimese ideega olid seotud kõik tema enda püüded ja kavatsused.

Deprez' katseteks oli tarvis vähemalt 50 kilomeetri pikkust telegraafiliini. Vastav liin eraldati valitsuse poolt Milleri isa palvel.

Müncheni näituse elektriuurimise erikomitee saatis Marcel Deprez'le kirjaliku kutse näitusest osavõtuks.

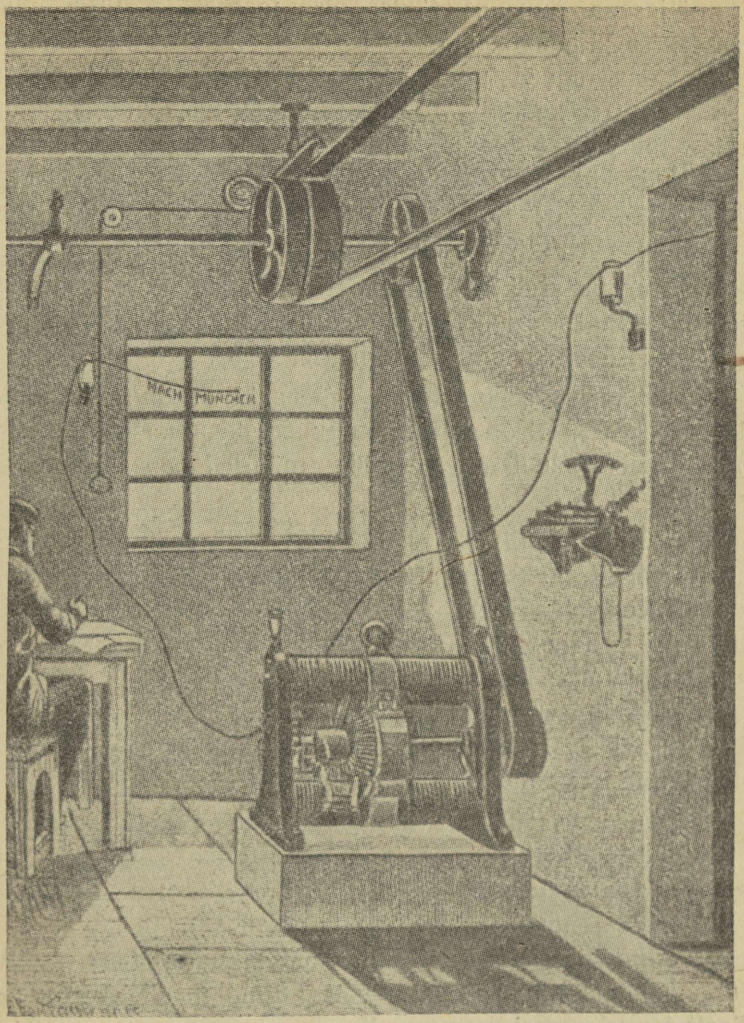
Deprez'lt saabus lühike asjalik vastus:

«Nõus. Sõidan. Marcel Deprez.»

Sellest päevast peale kopsisid näitusel vasarad ja kirved veel kiiremini ning hoogsamalt.

Selgus, et Münchenist 54 kilomeetrit eemal asetsevas Miesbach'i külakeses on kivisöekaevanduses vaba aurujõumasin, mis oli võimeline kahehobujõulist dünamot käima panema. Viimast võis kasutada Deprez' katseteks.

Miller sõitis kogu liini läbi ja leidis selle korras olevat. Ta vaatas hoolikalt läbi jõumasina ja Gramme'i dünamo, mida kavatseti kasutada elektrienergia andmiseks. Väsinult



Joon. 130. Miesbachi elektrijaama masinaruum, kus toimus elektri ülekanne Münchenisse (1882. a.).

ja näljasena suundus Miller otse jaamast näituse komiteesse. Ta ei kahetsenud seda. Teda ootas siin juba Marcel Deprez, kes mõned tunnid tagasi oli Münchenisse saabunud.

«Tervist, mu sõber!» ütles Deprez, surudes lahkesti oma kõige tulisema pooldaja kätt. «Tahaksin saada kõik andmed seadeldise kohta, mis hakkab energiat andma, ja ka liini kohta.»

«Ma ei tahaks teid saabumise päeval tülitada . . .»

Kuid armastatud asja jaoks leidub alati aega ja jõudu, siis unustatakse rahu ning uni, puhkus ja söök! See oli selge nii Deprez'le kui ka Millerile.

«Meie käsutusse on antud Miesbachi kivisöekaevanduse jõuseadeldis. Seal on kahehobujõuline aurumasin ja Gramme'i alalisvooludünamo, mille mähised on isoleeritud siidiga.»

«Kui suur on dünamo elektromotoorne jõud?»

«Äärmiselt kaks tuhat volti, kuid ma kahtlen isolatsiooni vastupidavuses. Minu juuresolekul kasutati ainult tuhat neljasada volti. Kogu liini pikkus on nähtavasti viiskümmend seitse kilomeetrit.»

«Kuni näituse jõupaviljonini?»

«Jah. Siin läks meil korda leida samasugune dünamo, mida võib kasutada jõumasinana.»

«Mis ülesandeks kavatsete jõumasinat rakendada?»

«Vaadake, härra Deprez,» alustas Miller ettevaatlikult, «see on ainult minu kava, ja kui teie ei nõustu . . .»

«Kõnelge, mu sõber!»

«Ma kavatsesin elektrijõumasinaga panna tööle tsentrifugaalpumba, mis pumpaks vett mitme meetri kõrgusele. Sealt langeks vesi kosena alla.»

«Noh, see on ju tore! Kuid ma pean dünamo Miesbachis läbi vaatama. Kui selle mähiste isolatsioon on puudulik, võib meie katse äparduda.»

Väsimusest ja hilisest ajast hoolimata jutlesid Deprez ja Miller kaua sõbralikult.

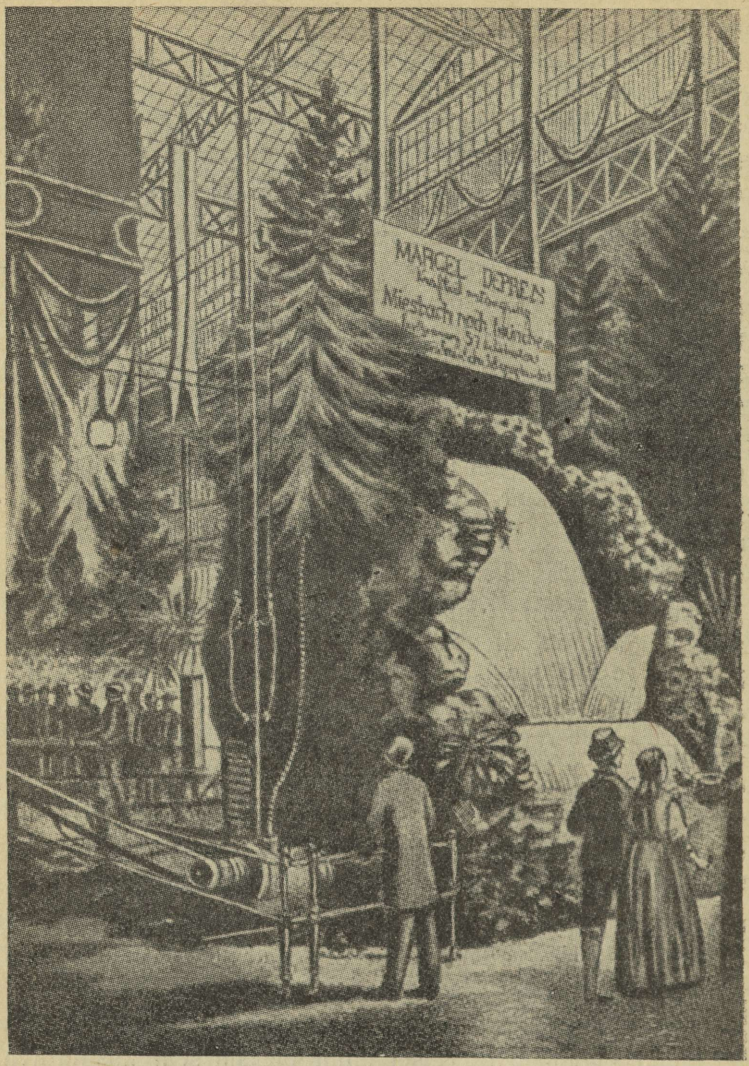
Deprez jutustas Millerile Edisoni tähelepanuväärsest edust Ameerikas maailma esimese elektrivabriku ehitamisel. Edison alustas juba 1880. a. teoreetiliste arvestustega, et leida õiget lahendust, kuidas jaotada voolu paljude tarbijate vahel, keda varustatakse vooluga ühest kesksest elektrivabrikust. Seejuures tuli tal lahendada palju tähtsaid praktilisi küsimusi.

«Nagu minagi,» jutustas Deprez, «otsustas Edison, et energia jaotamine linna tarbijate vahel peab sarnanema gaasisüsteemiga. Ta leiutas kaitseabinõu, mis takistab voolul ülemäära tugevneda, tekitades kahjutuld ja muid rikkeid. Peale selle leiutas Edison elektrienergia mõõtja, mis näitab igale korteri ja kaupluse peremehele, kui palju ta on elektrienergiat kulutanud. Elektrivabrik võtab abonentidelt tasu vastavalt sellele, kui palju need faktiliselt voolu on kasutanud.

Pariisi näitusel nägite arvatavasti tähelepanuväärset lampi, padruneid ja katkesteid, mis üllatasid kõiki oma lihtsuse ja otstarbekusega. Sama 1881. aasta sügisel algas New Yorgis elektrivabriku ehitustöö ja maa-aluste juhtmete panek. Vabrik hakkab varustama elektrienergiaga mitut tuhat lampi, kuutsada seitsetteistkümmend tõstemasinat ja viitkümmend viit elevaatorit. Edison veedab päevad ja ööd oma elektrijaamas ja juhatab isiklikult kõiki töid. Jaamas seatakse üles kuus Edisoni konstrueeritud dünamot, igaüks sada kakskümmend viis hobujõudu.»

«Kui pikk on vahemaa kaugeimal asetseva abonendi ja elektrijaama vahel?» küsis Miller.

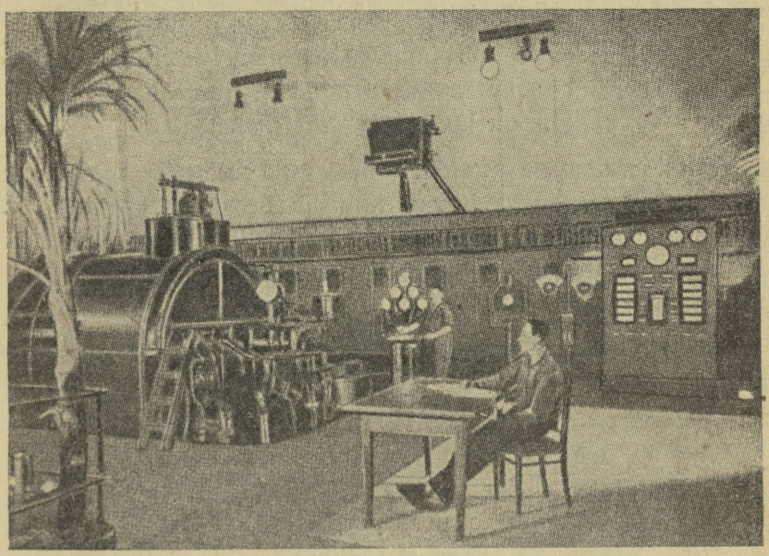
«Seda kahjuks ei avaldata kusagil. Nähtavasti ei ületa see mõnd kilomeetrit. Teisel juhul oleksid seal kasutatava pinge — kahesaja kahekümne voldi juures energiakaod nii suured, et see ei tasuks kulutusi.»



Joon. 131. Deprez' seadeldis Müncheni näitusel 1882. a.

Teisel päeval tõi Deprez oma arvestuse, millest järgnes, et kahetuhande-voldilise pinge juures võib Miesbachi elektrimasina energiast kasutada kuni kuuskümmend protsenti.

Mõne päeva pärast sõitsid Deprez ja Miller Miesbachi. Mehhaanik ja tema abiline hoiatasid Deprez'd, et masina mähise isolatsioon ei näi küllalt kindel olevat. Deprez ei



Joon. 132. Nurgake Leningradi elektrijaama „Krasnõi Oktjabr" masinaruumist.

riskinud tõsta masina pinget kahe tuhandele voldile, sest ta ei teadnud, kas avarii korral läheb korda saada uut masinat. Kõik see kurvastas väga Deprez'd. Lootes saada uut masinat, lükkas Miller näituse avamise päeva edasi.

10. septembril sai teatavaks esimese elektrivabriku käikulaskmine teisel pool ookeani.

Deprez ja Miller jõudsid aru pidamata üksmeelsele otsusele, et Müncheni näituse avamisega pole enam võimalik viivitada, ja määrasid selle 15. septembrile.

Miesbachist saabusid häirivad teated aurumasina korratust töötamisest. Selle tõttu jäi teostamata Deprez' kavatsetud kogu seadeldise eelproov.

15. septembril, Müncheni näituse avapäeval, ei töötanud veel elektrienergia ülekanne.

Pidutsejad, keda oli kokku tõmmanud mitte niipalju näitus ise kui selle avatseremoonia, ei märganud seda. Neile näis, et kõik on korras ja omal kohal.

Ainult vähestele katsest huvitatud isikuile tehti asi õigeaegselt teatavaks ja nad ilmusid alles õhtul kella 10-ks. Deprez ja Miller püüdsid vältida üleliigseid külastajaid, kes ebaõnnestumise põhjusest ebateadlikena oleksid võinud kahjustada seda algatust. Vanale Ferdinand Millerile ja paljudele elektrotehniliste uurimiste komitee liikmeile oli arusaadav seadeldise ümber askeldava kahe inimese erutus.

Palmide ja dekoratiivpõõsastikuga ilustatud järsu betoonsängi kohal rippus silt:

Marcel Deprez
Elektri ülekanne Miesbachist Münchenisse
Vahemaa — 57 kilomeetrit

Selle seadeldise jalal seisis Gramme'i dünamoga ühendatud pump. See dünamo pidi töötama elektrijõumasinana. Seepärast olid temale kinnitatud kaks elektri ülekandeliini juhet.

Kell üksteistkümmend õhtul, kui viimased külastajad olid näituselt lahkunud, astus Oskar Miller erutatult tele-

graafi võtme juurde ja andis Miesbachi kokkulepitud märgi. Möödus umbes pool minutit.

Äkki mürahtas jõumasin, masinarihm hakkas vuhisema, pannes tööle pumba, ja mõne minuti pärast hakkas betoonist sängi mööda langema veejuga, puistates laiali tuhandeid pritsmeid.

Kõik seisid vaikides, nagu kivinenult.

Esimesena tormas Miller Deprez' juurde ja surus teda kaelustades tugevasti tema kätt. Kui esimene vaimustushoog pisut lahtus, hüüdis üks Milleri sõpradest:

«Olgu tervitatud teaduse uus ime! Elagu Marcel Deprez!»

Münchenis, selles vanas Baieri teaduse- ja kunstilinnas osati sel ajal veel talente hinnata ja austada.

Juba samal õhtul tõstsid sõbrad linnaväravate juures asetsevas veinikeldris õllekanne baieri «Salvator»-õllega Marcel Deprez' terviseks.

Keegi tegi ettepaneku otsekohe informeerida Pariisi Teaduste Akadeemiat katse hiilgavast kordaminekust. Viivitamatult koostas Miller ajaloolise telegrammi teksti:

„Pariis, Teaduste Akadeemia.

Õnnelikult teatame teile, et Marcel Deprez' katse, mille eesmärgiks oli teostada elektrijõu ülekannet mööda harilikku telegraafitraati Miesbachist 57 kilomeetri kaugusel asetsevasse Münchenisse, õnnestus täielikult.

Eriline elektriuurimise komitee.

Sekretär O. Miller

Geeniuste silmadega.

Ajalehe «La Justice» («Õiglus») numbris leidis Karl Marx väikese märkuse, mille ta oleks peaaegu tähele panemata jätnud. Selles jutustati Marcel Deprez' katsetest elektrienergiat üle kanda Miesbachist Müncheni elektrotehnika-näitusele.

Teade Marcel Deprez' avastusest valmistas Marxile suurt rõõmu.

Marx jälgis erilise tähelepanuga elektri edukäiku. Juba kaua enne Deprez' katseid nägi ta ette elektri suurt revolutsioonilist tähtsust ning tulevikku.

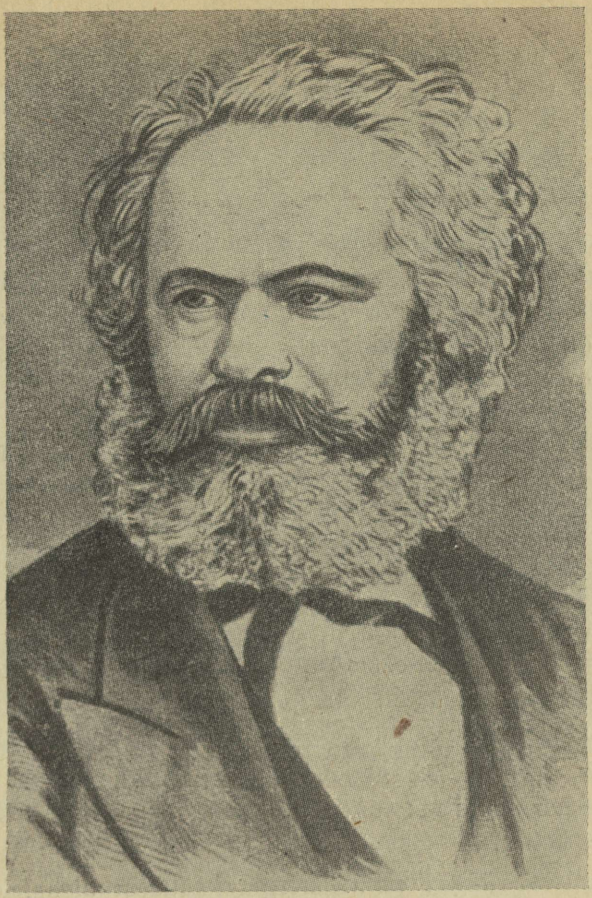
1850. aasta juuli algul oli Londoni ühe äri vaateaknal Regent Street'il välja pandud mänguraudteerongi vedav elektrimasina mudel. Marx sattus sellest vaimustusse.

«Revolutsioon Euroopas ei ole lämmatatud!» ütles Marx sel õhtul oma sõpradele. «Need, kes praegu pühitsevad võitu, ei mõista, et loodusteaduse edu valmistab ette uut revolutsiooni. Eelmisel sajandil maailma ümber pööranud kõrguse — auru valitsemisaeg on lõppenud. Tema asemele asub võrratult suurem revolutsiooniline jõud — e l e k t r i s ä d e.»

Sellest faktist, et Regent Street'i äri vaateaknal sõitis mänguelektrirong, millele Londoni elanikud vaatasid kui lõbusale ajaviitele, tegi tööliste suur juht julge prohvetliku järelduse:

«Nüüd on ülesanne lahendatud ja selle fakti tagajärgi on võimatu arvestada. Majandusliku revolutsiooni möödapääsmatuks järelduseks on poliitiline revolutsioon, kuna teine osutub vaid esimese väljenduseks.»

1851. aastal lehitses Marx vanu Londonis ilmunud ajakirja «Ökonomist» numbreid. Ühes 1845. aasta numbris leidis ta märkuse, mis jutustas kellestki šoti leidurist, kes



Joon. 133. Karl Marx.

võttis elektri kasutamisele põllumajanduses. Marx juhtis sellele kohe Engelsi tähelepanu.

Sellest ajast oli elekter teinud suuri edusamme. Pariisi, nüüd ka Müncheni näitus osutusid nende võitude näitlikeks tunnistajaiks.

Ja nüüd — Marcel Deprez' uus suur avastus.

Marx luges lühikese märkuse tähelepanelikult läbi ja otsustas sellest kohe teatada oma sõbrale.

Ventnor, 8. november 1882.

„Kallis Fred!

Mis Sa ütled Deprez' katse kohta Müncheni elektrinäitusel? Juba aasta otsa lubab Longuet hankida mulle Deprez' töid (selle kohta, et elekter võimaldab jõu ülekannet suurtele kaugustele lihtsa telegraafitraadi kaudu). Deprez'le lähedane isik, dr. d'Arsonval on „Justice'i" kaastööline ja avaldas mõned artiklid Deprez' katseist. Longuet, nagu alati, unustab iga kord neid mulle saata. . ."

Nii kirjutas Marx Friedrich Engelsile.

Viimasel ajal tegeles Engels eriti palju füüsika ja muude teadustega. Tal oli vaja tõestada, et dialektilised seadused on üldisteks seadusteks. Ta jälgis hoolikalt elektriteaduse arenemist ja nägi ette, kuidas peab minema selle teaduse edasine arenemine.

Marxi kiri ennetas tunduvalt Engelsi mõtteid, mis viimasel tärkasid, kui ta luges segast ajalehekirjutist Deprez' leiutise kohta.

Kirjutises räägiti elektrienergia kadudest ülekande juures, kuid ei räägitud midagi arvestustest juhtmete takistuse kohta.

Seepärast tahtis Engels samuti kui Marx kohe üksikasjaliselt tutvuda Deprez' katsete teaduslikkude andmetega.

1882. aasta 11. novembri ööl istus Engels päevastest askeldustest vabanenuna laua taha, et vastata oma sõbra kirjale Ventnorist.

„Kallis moorlane[9]*.*
Mind huvitavad väga Münchenis teostatud Deprez' katsete üksikasjad...
... Leiutis võimaldab veejõu kogu kolossaalse massi ärakasutamist, mis seni kasutult kaotsi läks.
Sinu F. E."

Öölt lisa võttes uuris Engels Faraday, Thomsoni ja Maxwelli töid elektri alal. Neil aastail täitusid tema vihi-

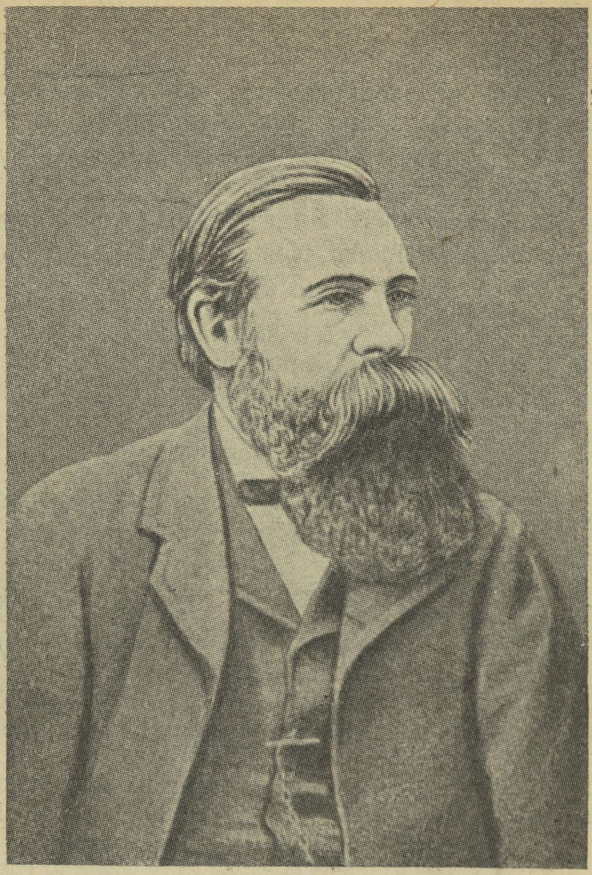


Joon. 134. Sankülott paneb liikvele revolutsiooni elektrimasina, mis paiskab ümber troonid (karikatuur prantsuse kodanliku revolutsiooni ajast 1789. a.).

kud tähtsate märkmetega. Ta kavatses paljude õpetlastega tõsisesse vaidlusse astuda. Kuid ei jätkunud aega; parteitöö juhtimine nõudis suurt jõupingutust.

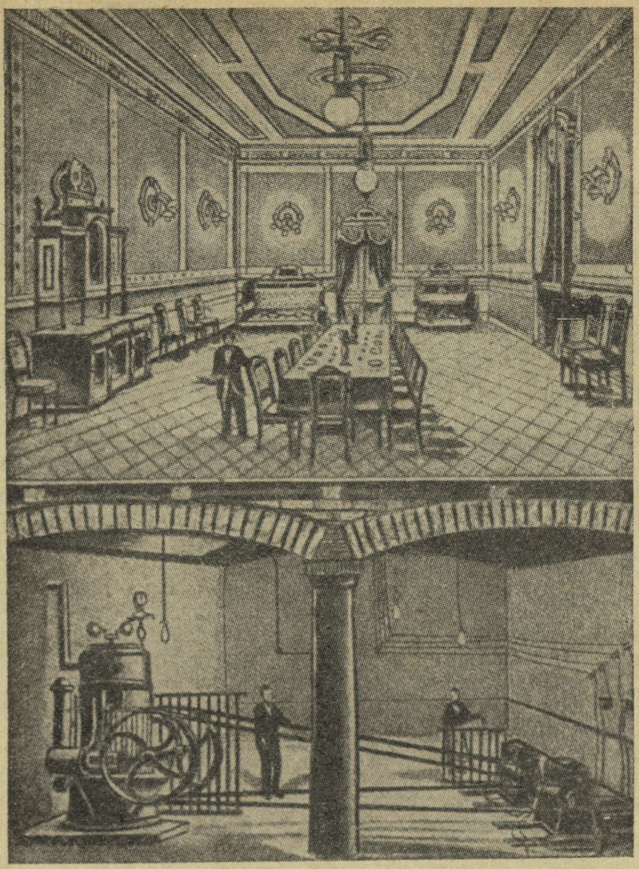
Nii Marxil kui ka Engelsil puudusid ikkagi veel põhjalikumad andmed Deprez' katsete kohta.

9 Marx oli noorelt tõmmu ja Engels nimetas teda sõbralikult moorlaseks.



Joon. 133. Friedrich Engels.

Sel ajal kirjutas ajalehe «Süddeutsche Post» toimetaja, saksa sotsiaaldemokraat Ludwig Viereck seoses tööstuse kiire arenguga lärmikaid artikleid erilisest elektrotehnilisest revolutsioonist; ühtlasi aga ei mõistnud ta elektri suurt tähtsust tööstuse arengus.



Joon. 136. Kodune elektrijaam (1886. a.), mis varustas vooluga ainult üht maja. Jaam asetses keldrikorral.

Vierecki mõttetu loba kohta avaldas Engels oma meelepaha kirjalikus vastuses E. Bernsteinile — partei ajalehe «Sotsiaaldemokraat» toimetajale, millise lehe vaimseks juhiks oli Engels.

«... Lärm, mille Viereck on tõstnud elektrotehnika revolutsiooni küsimuses, millest tal endal pole aimugi, on vaid reklaam tema brošüürile,» kirjutas Engels. «Tegelikult on see kolossaalne revolutsioon. Aurumasin õpetas meid muutma soojust mehhaaniliseks liikumiseks, kuid elektri kasutamine avab meile tee igasuguse energia — soojuse, mehhaanilise liikumise, elektri, magnetismi või valguse — muundamiseks ühest teiseks ja rakendamiseks tööstuses. Ring on tehtud. Deprez' viimane avastus, mis seisneb selles, et väga kõrgepingelist elektrivoolu võib võrdlemisi väikese energiakaoga edasi anda lihtsate telegraafitraatide kaudu niisugustele kaugustele, millest seni ei julgetud unistadagi, ja lõpp-punktis kasutada, on alles eos. See avastus vabastab tööstuse lõplikult peaaegu kõigist piiridest, mida asetasid kohalikud tingimused, võimaldab kasutada ka kõige kaugemat vee-energiat, ja kuigi see esialgu on kasuks ainult linnadele, siis muutub see lõppude lõpuks kõige võimsamaks abinõuks linna ja maa vastuolude kõrvaldamisel. On täiesti selge, et tänu sellele kasvavad tootvad jõud niivõrd, et nende juhtimine muutub kodanlusele ikka rohkem ja rohkem üle jõu käivaks...»

See oli üks Engelsi geniaalsemaid teaduslikke ennustusi kapitalistliku korra vältimatust hävinemisest ja elektri suurest tähtsusest.

* *
*

Nii nagu Marx ja Engels seda ennustasid, astus elekter auru asemele ja leidis määratu suurt praktilist rakendamist. Seetõttu jõudis ka elektriteadus suure sammu edasi. Sai selgemaks selle jõu olemus, ja seegi polnud ainult juhus, sest Engels tõestas, et kui tehnika sõltub tunduval määral teaduse olukorrast, siis on see ka vastupidi — teadus sõltub tehnika olukorrast ning vajadustest.

Teostus Marxi ja Engelsi geniaalne ettenägelikkus elektri tähtsusest ajaloos. Elekter muutus tehnika ja kogu inimühiskonna ajaloo revolutsioonilise mõjutamise allikaks.

Ja see, mida ainult Marx ja Engels elektrotehnika koidikul oma geeniusesilmadega elektris nägid, muutus hiljem klassivõitluse ajaloos faktiks.

39. peatükk.

Põhilüli.

16. mail 1891. aastal avati endises vabalinnas Frankfurdis, mis asetseb maaliliselt Maini jõe paremal kaldal, uus rahvusvaheline elektrotehnika-näitus. See andis kokkuvõtte elektrotehnikute ja füüsikute tööst pärast Müncheni näitust.

Selleks ajaks oli lõplikult selgunud ka esimeste katsete tähtsus elektrienergia ülekande alal suurele kaugusele. Varemalt peaaegu hüljatud Deprez'le osutati nüüd ametlikku austust. 1886. aastal valiti ta Pariisi Teaduste Akadeemia liikmeks.

«Rohkem elektriga liikuvaid masinaid! Rohkem kaupu! Rohkem kasu!» proklameerisid vabrikute ja tehaste omanikud.

«Elekter peab välja tõrjuma kohmaka aurumasina, mis ei võimalda energia jaotamist ja nii painduvat rakendamist nagu elektrijõumasin!»

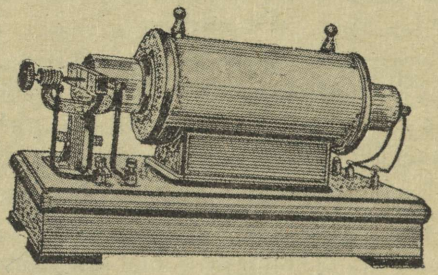
Nii kirjutati elektri rakendamise kasust ajalehtedes ja ajakirjades.

Paljudele oli juba selge, et suuri, seni kasutult seisvaid energiatagavarasid võib kasutada, muutes nad vaid elektrienergiaks ja kandes juhtmete kaudu tarbimiskohale üle.

Nii on kasulik toimida madalakvaliteedilise küttematerjaliga (turvas, põlevkivi jne.), mis asetseb tööstuskeskusest kaugel. Nii on otstarbekohane kasutada mäestikujõgede, järvede ja koskede energiat.

Vene insener D. A. Latšinov ja prantsuse insener Marcel Deprez jõudsid peaaegu üheaegselt ning iseseisvalt mõttele, et on võimalik ja kasulik elektrienergiat üle kanda kaugel asetsevatele tarbimiskohtadele.

Kõrgepinge — elektri ülekande põhilüli — äratas nüüd kõigi õpetlaste ja leidurite kasvavat tähelepanu.



Joon. 137. Ruhmkorff'i induktor.

Veidi enne Frankfurdi näitust töötati välja kõige tähtsam aparaat — transformaator — madalapingelise voolu muutmiseks kõrgepingeliseks ja vastupidi. Ilma selle aparaadita ei oleks elektrienergia ülekandmine suurele kaugusele kulukuse tõttu võimalik olnud.

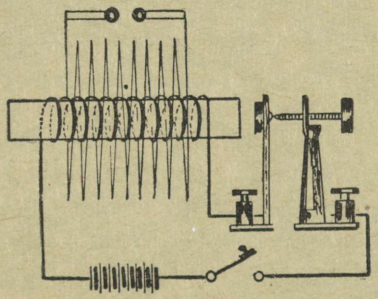
Kuid transformaator polnud uus leiutis. Michael Faraday kasutas transformaatorit juba oma ajaloolisel katsel 1831. aastal! Ent keegi ei aimanud siis veel, millise tähtsuse omandab transformaator elektrotehnikas edaspidi.

Faraday transformaator kujutas endast raudrõngast — südamikku — kahe iseseisva traadist mähisega. Voolu sisse- ja väljalülitamise momendil ühes mähises tekkis

teises lühiaegne vool. Selle riista abil sai Faraday ainult induktsiooonvoolu; ta ei seadnud endale eesmärgiks pinge muutmist.

Seitsmeteistkümne aasta pärast (1848. aastal) leiutas tuntud Pariisi mehhaanik Heinrich Ruhmkorff ülitähtsa induktsiooniriista, niinimetatud Ruhmkorff'i induktori.

Ruhmkorff asetas raudsüdamikule kaks isoleeritud traadist mähist. Esimene mähis — primaarne — koosnes väikesest arvust jämeda traadi keerdudest ja tema otsad olid ühendatud ahelasse, mis koosnes galvaani patareist



Joon. 138. Ruhmkorff'i induktori skeem.

ja katkestist. Ruhmkorff'i induktori teine mähis — sekundaarne — omas väga suurt arvu ülipeenest traadist keerde, mille otsad olid ühendatud kahe elektroodiga, milledest üks oli näiteks teraviku- ja teine kettakujuline.

Ruhmkorff'i induktoris muudetakse madalapingeline alalisvool kõrgepingeliseks vahelduvvooluks. See toimub järgmiselt. Primaarmähist läbides magnetiseerib alalisvool südamiku, mille tõttu üks selle poolustest tõmbab enda külge ankru, mis katkestab selles ahelas voolu. Niipea kui vool katkeb, läheb ankur oma endisele kohale ja avab sellega uuesti voolule tee läbi primaarmähise. Uuesti kat-

kestab ankur voolu. Voolu iga katkestus kutsub südamikus esile magnetvoo muutuse, see aga omakorda kutsub esile induktsioonvoolu tekkimise teises mähises.

Ruhmkorff märkas, et mida rohkem keerde omas sekundaarmähis, seda kõrgem pinge tekkis teraviku ja ketta vahel, mille tõttu viimaste vahel kogu aja sähvisid pikad, tugevasti praksuvad sinised elektrisädemed — väikesed välgud.

Ruhmkorff sai iga päev kümneid kirju mitmete maade õpetlastelt, kes kõik palusid teda valmistada neile selliseid «sädemeid andvaid poole».

Pariisi Teaduste Akadeemia autasustas Ruhmkorff'i tema tähelepanuväärse aparaadi eest suure Volta-nimelise rahalise preemiaga.

Faraday katseid ja Ruhmkorff'i pooli demonstratsiooni kordas loenguil sageli Moskva ülikooli füüsika õppetooli osav preparaator Ivan Filippovitš Ussagin. See viis teda mõttele võtta induktor kasutamisele Jablotškovi elektriküünalde voolupinge suurendamiseks.

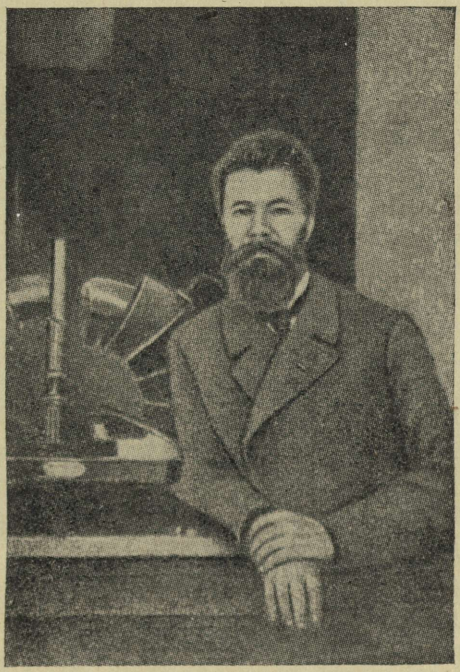
Ta paigutas iga küünla juurde omavalmistatud aparaadi, mis meenutas mähisega rõngast Faraday katses. Selle tagajärjel hakkasid elektriküünlad veel heledamini särama. Iga üksikut neist võis soovi korral kustutada, ilma et see teiste põlemisele mingit mõju oleks avaldanud. Peale selle esitas I. F. Ussagin uue süsteemi vahelduvvoolu elektrienergia jaotamiseks.

* *
*

Ivan Filippovitš Ussagin oli füüsik-iseõppija; üheksateistkümne-aastasena oskas ta vaevalt lugeda ja kirjutada.

1865. aastal toodi orbunud talupoiss Vanja Ussagin kodukohast, Moskva kubermangu Klinski maakonna Pet-

rovskoje külast, Moskvasse. Siin pandi ta tööle võõrasisa vürtspoodi. Oma «heategija» silma alt ära olles luges Vanja veerides temale vähearusaadavaid teaduslikke raamatuid. Neid tõi talle külakostiks üks tema sõpru kodukandis, keda nimetati «astronoomiks». Aastad möödusid.



Joon. 139. Ivan Filippovitš Ussagin (1855—1919).

Kord tõi «astronoom» Vanjale vana füüsikaõpiku. See raamat võlus teda. Kaupluse alla keldrisse ehitas Vanja endale «füüsikakabineti».

Kokkuhoitud raha eest ostis Vanja endale galvaani elemendid ja materjale, mis olid vajalikud elektrimasina

valmistamiseks. Vaimustusega hakkas Vanja korraldama mitmesuguseid elektrikatseid.

Kuid sellele tehti varsti lõpp.

Võõrasisa luuras oma noort selli ja avastas tema salajase laboratooriumi. Võõrasisale näis, et «pojuke» kavatseb tema hooned süüdata või õhku lasta.

«Ah sinna sa siis kaodki, vagurake! Kas valmistad püssirohtu või?»

«Ah jätke, taadike, mis te nüüd! See on füüsika õppimiseks, ma teen teaduslikke katseid,» kaitses end füüsik-iseõppija.

«Pole sulle vaja neid fookusi, need pole sinu ameti kohased,» põrkis julm kasuisa ja purustas hoole ning armastusega loodud laboratooriumi.

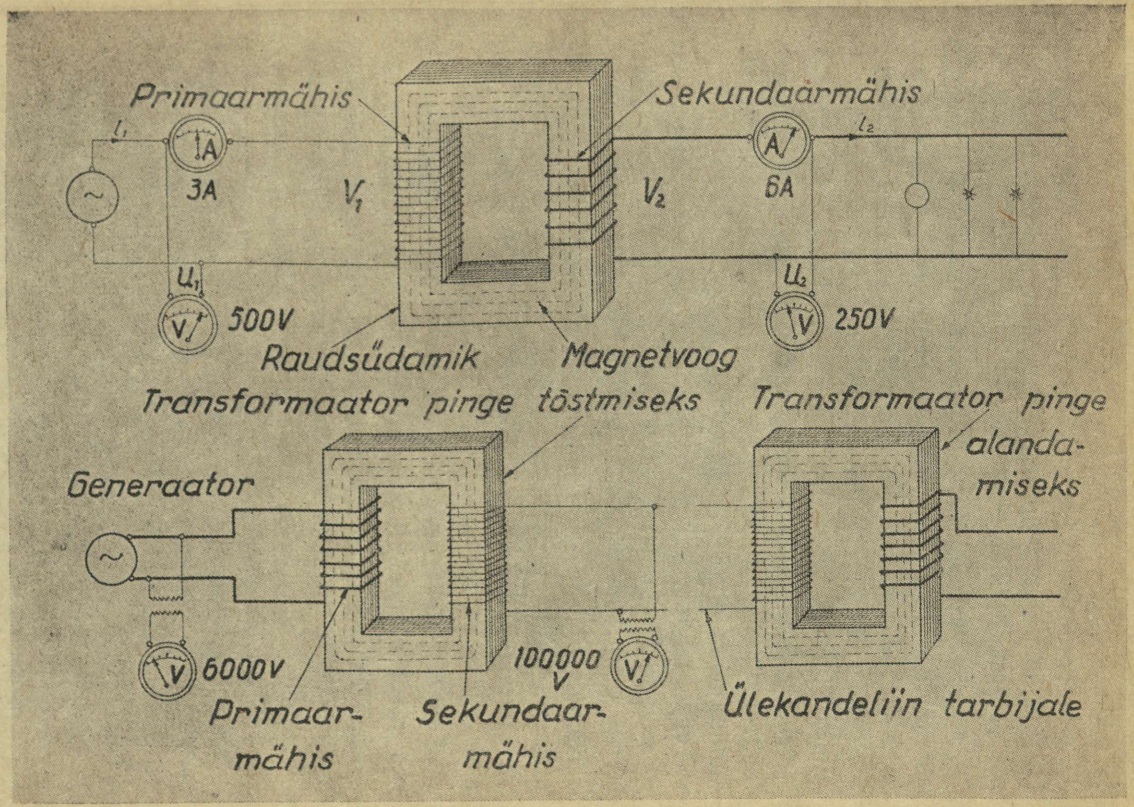
1874. aastal, kuuldes kuulsast Moskva füüsikust N. A. Ljubimovist, kirjutas Vanja Ussagin temale kirja. Selles jutustas ta oma palavast soovist õppida füüsikat ja kurtis kibedusega, et elu takistab nende püüdluste täitumist ja vaesus ei luba tal asuda teaduse teele. Peremehe suureks imestuseks ilmus mõne päeva pärast vürtspoodi paraadkuues ja ordeneid ning medaleid kandev mees. See oligi professor N. A. Ljubimov.

Nii Vanja Ussagini kasuisa kui ka Vanja ise sattusid segadusse. Jutuajamine oli lühike. Araks muutunud võõrasisa ei vaielnud vastu professori soovile võtta Vanja Ussagin teaduste õpetamiseks enda juurde.

«Mis käsitööd te temale õpetate?» küsis kasuisa arglikult.

«Temast saab füüsikariistade mehhaanik!» vastas professor.

Rõõmus Vanja Ussagin jättis kasuisaga hüvasti ja asus oma kraaminatukesega elama ülikooli arhivaari Larionovi perekonda, kus ta viieteistkümne-rublase kuutasu eest,



Joon. 140. Transformaatori töö printsiip ja elektrienergia ülekande skeem.

mida kaastundlik professor korralikult maksis, sai korteri ja toidu.

Igal hommikul (peaaegu kuue kuu vältel) õpetas N. A. Ljubimov Ussaginile aritmeetikat, geomeetriat, algebrat ja grammatikat.

Aasta pärast sai Ivan Filippovitš Ussaginist Ljubimovi abiline, kes füüsikaloenguil demonstreeris mitmesuguseid katseid. Selles ametis oli Ussagin kaua aega ka professor Stoletovi juures. Aleksandr Grigorjevitš Stoletovist sai Ussaginile teine isa.

1882. aastal hakkas Ussagin juhatama ülikooli füüsikatöökoda. Samal aastal tegi Ivan Filippovitš leiutise, mis kannab tema nime läbi aastasadade.

Tema leiutas transformaatori ja rakendas selle eduga Moskvas ülevenemaalise tööstuse- ja kunstinäituse paviljonide ning maa-ala elektriga valgustamiseks.

Näituse komitee, kes parimate väljapanekute esitajaile määras mitmesuguseid diplomeid, andis Ivan Filippovitšile erilise diplomi, millele näituse žürii nimel kirjutas alla suur vene õpetlane K. A. Timirjazev:

«Edukate elektervalgustuse katsete eest eri-induktsiooni abil ja selle meetodi edasiarendamise ergutamiseks.»

Ivan Filippovitš täiendas oma leiutist ja sai teise diplomi: «Voolu transformeerimise avastamise eest», millele kirjutasid alla vene õpetlased K. A. Timirjazev, N. J. Žukovski jt.

Kuid Ussaginil ei olnud raha, et oma leiutist välismaal patenteerida. Seepärast on transformaatori leiutamise au kuni viimase ajani langenud välismaa inseneridele.

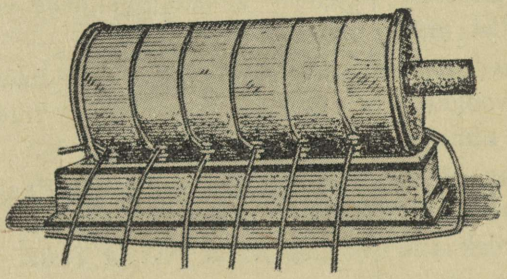
Ivan Filippovitš Ussagin, andekas vene füüsik-iseõppija ja leidur, töötas kuni oma elu viimaste päevadeni Moskva ülikooli füüsikakateedri assistendina. Kui teostus Suur Sotsialistlik Oktoobrirevolutsioon, astus Ussagin bolševike

partei ridadesse. Ta tegi palju selleks, et teadus oleks nüüd kättesaadav töötajatele, samasugustele rahva hulgast tulijatele, nagu ta ise oli.

Ivan Filippovitš Ussagin suri 1919. aastal.

* *
*

Olles huvitatud Deprez' katsetest, organiseerisid itaalia elektrotehnikud 1884. aastal Torinos suure elektrotehnikanäituse. Näituse tähtsamaks osaks oli kahetuhandevoldilise



Joon. 141. Gaulard'i valmistatud transformaator.

pingega vahelduvvoolu ülekande seadeldis Torinost Lanzosse — 40 kilomeetri kaugusele.

Edasiantava voolu pinge suurendamiseks kasutati siin esmakordselt Ussagini aparaadiga sarnanevaid transformaatoreid, mille teiskordselt avastas prantsuse insener Gaulard.

Ungari elektrotehnika-inseneri Carl Zipernowsky ja tema seltsimeeste Deri ja Blathy ettepanekul hakati 1885. aastal valmistama transformaatoreid rõngakujulise südamikuga. Neis transformaatoreis olid energiakaod tunduvalt väiksemad.

Kui Itaalias, Prantsusmaal, Šveitsis ja Ungaris ilmus praktiliselt sobiv transformaator, olid igal pool tõestatud mitte ainult elektrienergia ülekande, vaid ka vahelduvvoolu kui vaieldamatult tulusama kasutamisele võtmise suured eelised [10].

Paljud Euroopa ja Ameerika elektrotehnika-firmad, kes valmistasid alalisvoolu elektritarbeid ja -aparaate, püüdsid oma ettevõtete krahhi kartusel lämmatada vahelduvvoolu tehnika arengut. Edisoni kompanii tegelased, kelle valduses olid alalisvoolu elektrijõujaamad, ning teise, alalisvoolu jaoks varustust tootva firma tegelased ostsid transformaatorite patendid suurte summade eest ära, et seda leiutist maha matta.

Õpetlased ja leidurid aga taipasid, et tulevik kuulub vahelduvvoolule, ja jätkasid energiliselt mitmesuguseid otsinguid nimelt sel alal.

1887. aastal saavutas sel alal suurt edu Itaalia elektrotehnik professor Galileo Ferraris Torinost ja Ameerikas töötav andekas füüsik ning leidur Nikola Tesla.

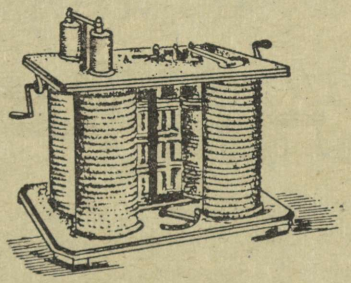
Ferraris organiseeris esimesena Itaalias elektrotehnilise insenerikooli, kus ta teostas tähtsaid teoreetilisi uurimusi. Tesla oli serblane. Ta sündis Smiljani linnas. Algul töötas ta elektromontöörina ja -tehnikuna mitmesugustes telegraafi- ja telefonikontorites Ungaris ja esimestel elektriseadeldistel Pariisis. Edisoni töödest kuuldes asus Tesla, täis julgeid ning teravmeelseid leiutusplaane, kaheksakümnendate aastate algul Ameerikasse. Ta sattus Edisoni juurde, kuid ei töötanud siin kaua. Tesla leidis paremad tingimused oma plaanide teostamiseks tema jaoks asutatud laboratooriumis, mis oli loodud nende ameerika kapita-

[10] Vahelduvvoolu kasutamise peamiseks eeliseks on, et seda võib transformaatori abil võrdlemisi lihtsalt kõrgepingeliseks muuta.

listide poolt, kes soovisid arendada vahelduvvoolu-aparaatide tootmist.

1886. aastal tegi Ferraris suure avastuse. Uurimuse teaduslikuks aluseks ja selle avastuse ajendiks oli ammuunustatud Arago ketas.

Suure Ampère'i sõber Arago näitas, et kui vaskketas magnetnõela läheduses kiiresti pöörlema panna, siis hakkab pöörlema ka magnetnõel. Et katse oleks efektsem ja keegi ei saaks öelda, et magnetnõel pöörleb sellepärast, et ta kistakse kaasa õhuvooluga, muutis Ferraris Arago katse



Joon. 142. Gaulard-Gibbs'i transformaator. Raudsüdamikud on valmistatud silindrikujulistena.

olukorda. Ta asetas magnetnõela ja vaskketta vahele klaasplaadi. Kui suur füüsik Newton palju aastaid varem korraldas katseid magnetnõeltega, lahutas ka tema need klaasiga.

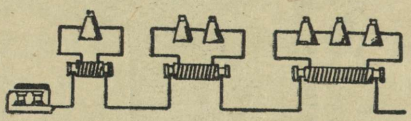
Seda nähtust uurides jõudis Ferraris järeldusele, et vaskkettas tekivad pöörlemisel induktsioonvoolud (kuna ketas pöörleb nõela magnetväljas ja lõikab selle tungjooni, peavad kettas tekkima induktsioonvoolud!). Need kettas esilekutsutud voolud moodustavad omakorda magnetväljad, mis mehhaaniliselt mõjutavad nõela magnetvälja. Seepärast nõel pöörlebki.

Ferraris tegi ka vastupidise katse. Ta võttis üsna tugeva magneti ja pani selle pöörlema. Samade seaduste alusel hakkas magneti järel pöörlema ka vaskketas.

Nii neid vanu Arago katseid korrates tegi Ferraris kindlaks, et ketta pöörlemine toimub magnetväljade vastastikuse mõju tõttu, milledest üks pöörleb.

Sellega avastas Ferraris vahelduvvoolu juures asetseva pöörleva magnetvälja ja võimaluse selle printsiibi põhjal vahelduvvoolu-generaatorite ja -mootorite ehitamiseks.

Ferrarise avastusest olid huvitatud kõigi maade elektriteadlased. Teade pöörleva magnetvälja olemasolust tungis



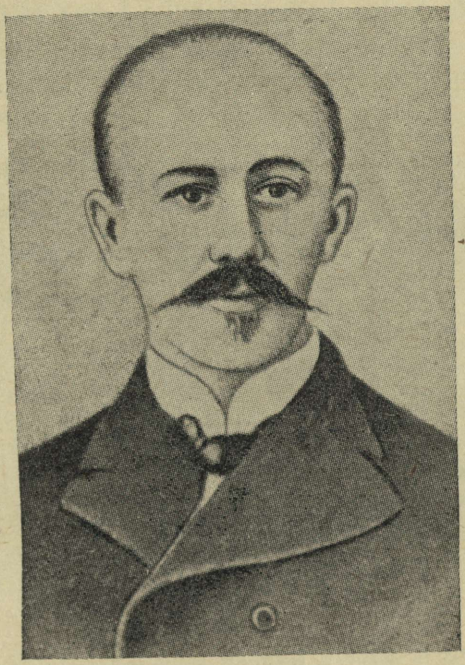
Joon. 143. Jablotškovi transformaatori skeem. Jablotškov lülitas oma lambid järjestikku ühendatud induktorite sekundaarahelasse.

ka ookeani taha. Nikola Tesla ja Charles Bradley hindasid Ferrarise avastuse suurt tähtsust ja hakkasid sellel uuel printsiibil vahelduvvoolu-jõumasinat konstrueerima.

Peagi saavutas Saksamaal töötav vene elektrotehnik Mihhail Ossipovitš Dolivo-Dobrovolski sel ajal parimaid tagajärgi, saades praegugi tarvitusel oleva kolmefaasilise voolusüsteemi isaks.

M. O. Dolivo-Dobrovolski sündis 3. jaanuaril 1862 Peterburis. Ta lõpetas Odessa reaalkooli. Tehnika huvitas teda juba lapsepõlvest saadik ja ta otsustas saada inseneriks. Dobrovolski astus Riia polütehnilisse instituuti. Kuid siin õppis ta vaid mõned kuud. Solidaarsusest Riia tehaste töölistega organiseeris eesrindlik üliõpilaskond 1881. aastal suure streigi. Selle eest eemaldati Dobrovolski koos paljude

teiste üliõpilastega instituudist ilma õiguseta astuda Venemaa kõrgematesse õppeasutustesse. Tema onu hankis talle loa sõita välismaale õppima. Ühtlasi varustas onu teda väikese summaga sõidurahaks.



Joon. 144. Mihhail Ossipovitš Dolivo-Dobrovolski (1862—1919).

Mihhail Ossipovitš saabus Darmstadti (Frankfurdi Maini ääres lähedal) ja astus sealsesse polütehnikumi, mis varsti kujundati ümber elektrotehnika-instituudiks. Vene üliõpilane üllatas instituudi professoreid tihti hiilgavate annetega.

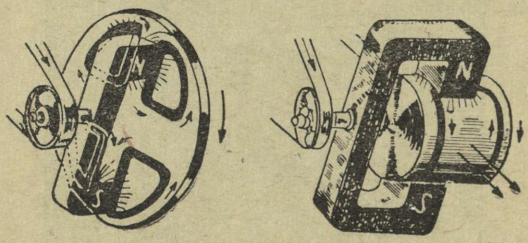
1890. aastal, aasta enne Frankfurdi näitust, kutsuti Dobrovolski insenerina tööle tuntud saksa firmasse AEG.

Juba sel ajal oli ta peas lõplikult valminud uue elektrijõumasina projekt.

Sakslased tegid Dobrovolskile ettepaneku muuta kodakondsust.

«Siin teostuvad teie kavad. See maa on teie uus kodumaa. Astuge Saksa kodanikuks.»

«Ei, ei!» ütles Mihhail Ossipovitš. «Ma olen venelane. Minu kodumaa on Venemaa, olen vene alam . . .»



Joon. 145. Asünkroonmootori tööprintsiip. Magnet oma pöörlemisega indutseerib kettas (vasakul) või ankrus (paremal) voolu. See vool tekitab magnetvoo, mis vastastikusel mõjul pöörleva magneti vooga sunnib pöörlema ketta või ankru. Vahelduvvoolumootori staatori pöörlev magnetväli kisub kaasa rootori.

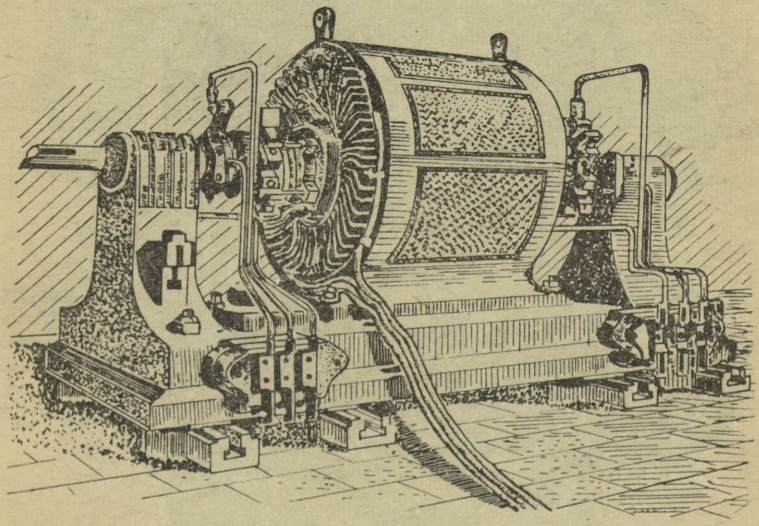
Dolivo-Dobrovolski kolmefaasiline jõumasin-mootor oli erandlikult lihtne ning mugav masin ja võrratult parem kõigist senistest. Firma haaras Dobrovolski leiutisest kinni ja teenis sellelt hiiglakasumeid.

Transformaator, kolmefaasilised vahelduvvoolu-masinad ja -mootorid — need olid põhilised aparaadid, mis avasid elektrile väravad kõigisse vabrikuisse ja tehaseisse. Frankfurdi näitus tõestas seda näitlikult, otsustades ka vaidluse vahelduvvoolu paremuse üle.

* * *

Deprez' ustav õpilane Oskar Miller asus uuesti, nagu üheksa aasta eestki, Münchenis endise kirglikkusega proovima kõiki uusi masinaid ja aparaate tegelikkuses. Miller polnud mitte ainult tähelepanuväärne elektriülekande propagandist, vaid ka vahelduvvoolu tehnika eest võitleja.

Milleri pealekäimisel ja tema tehnilisel juhtimisel teostati Frankfurdi näitusel 1891. aastal uued katsed elektrienergia ülekande alal.



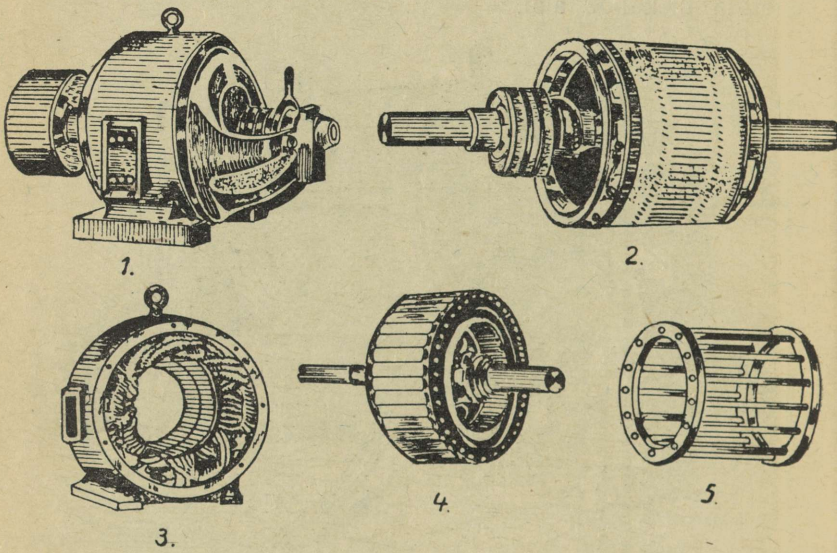
Joon. 146. Dolivo-Dobrovolski kolmefaasiline mootor.

Juba 1890. aasta suvest alates tegi Miller kibedat organiseerimistööd.

Tuli ehitada maailma esimene elektriülekande kaugeliin Heidelbergi-lähedasest Lauffeni alevist (Neckari vasakul kaldal) Frankfurti — 175 kilomeetri pikkune! Varem ei osanud keegi kujutledagi võimalust elektrienergia andmisest niisugusele kaugusele.

Insenerid Braun ja Dolivo-Dobrovolski töötasid välja grandioosse elektriülekande projekti.

Kümneid teisi mitte vähem tähtsaid tehnilisi näituse ülesandeid lahendas suure armastuse, täpsuse ning korralikkusega teine noor vene insener-tehnoloog, näituse komitee sekretär Robert Eduardovitš Klasson. Paremast abilisest ei võinud Miller unistadagi.



Joon. 147. Asünkroonmootori ehitus. 1 — asünkroonmootori väline kuju; 2 — asünkroonmootori rootor rõngastega; 3 — asünkroonmootori staator; 4 — asünkroonmootori lühiühendusrootor; 5 — nn. „orava ratas".

Klasson sattus Frankfurti järgmistel asjaoludel. Peterburi tehnoloogilises instituudis, mille Klasson alles hiljuti oli lõpetanud, ei õpetatud veel elektrotehnikat. Tundes suurt huvi kõige vastu, mis oli seoses elektriga, siirdus ta kohe pärast instituudi lõpetamist Frankfurti, soovides õppida elektro-

tehnikat suurejoonelises elektriülekande teostamise töökäigus.

Kuid Miller ei teadnud teist põhjust, mis Klassoni tema maale tõi. Asi seisnes selles, et Klasson oli tehnikainstituudi üliõpilaste marksistliku ringi aktiivseks liikmeks.



Joon. 148. Robert Eduardovitš Klasson (1868—1926).

Peterburis, Ohtal, Klassoni korteris liikusid kõik selle aja tähtsamad marksistid. Siin käisid Vladimir Iljitš Lenin, Krupskaja, Krassin jt.

Ringi liikmete revolutsioonilistest meeleoludest, kes innustunult õppisid tundma Marxi ja Engelsi suuri teoseid, räägiti Peterburis palju. Klassonil kui marksistliku ringi ühel juhil

muutus elamine isevalitsuslikul Venemaal ohtlikuks. Niisiis ruttaski ta välismaale...

Uue näituse ehitajail läks korda esitada jõu osakonda palju täiuslikumalt.

Neckari maalilise kose vesi pani käima hüdroturbiini. Hammasrataste ülekandesüsteem muutis hüdroturbiini vertikaalse võlli pöörlemise horisontaalseks. Horisontaalse võlliga pöörles kolmefaasilise vahelduvvoolu-generaatori rootor. Transformaatori kaudu juhiti kõrgepingeline vool elektriülekande-liini.

Frankfurdi näituse jõupaviljoni oli üles seatud transformaator voolu pinge alandamiseks. Lauffenist saabuv elektrienergia muudeti siin madalapingeliseks — kaheksa tuhande viiesajalt voldilt kuuekümne viiele voldile. Madalapingelise vooluga toideti tuhandeid hõõglampe (näituse valgustamiseks) ja M. O. Dolivo-Dobrovolski kolmefaasilist mootorit. Mootor pani tööle tugevajõulise veepumba, mis pumpas vett rohkem kui üheksa meetri kõrgusele, kust see alla langes. See kunstlik kosk sarnanes teda tekitava Neckari kosega.

Raskused, milliseid Oskar Miller kohtas üheksa aastat tagasi Miesbach-Müncheni elektriülekande ehitamisel, osutusid tühisteks, võrreldes nendega, mis kerkisid nüüd.

Seal oli vaja murda rumaluse müür ainult ühes väikeses Baieri riigis. Nüüd osutas Millerile 175 kilomeetri ulatuses vastupanu hulk väikesi vürstikesi ja mõisnikke. Saksa ajalehtedes ilmus teaduse ja tehnika progressi vaenlaste võhiklikke kirjutisi. Näiteks öeldi seal:

«Frankfurti jõuab arvatavasti vaevalt üle viie protsendi saadetavast energiast!»

«Miller rikub oma väljamõeldistega lõppude lõpuks meie telefoni- ja telegraafiliinid!»

Ka see asjaolu, et näitus oli avatud juba kolm kuud,

kuid suurejooneline elektriülekanne ei töötanud ikkagi veel, oli alaliseks põhjuseks juttudele uue katse edutusest ja selle paratamatust äpardumisest.

Kuid kõigist takistustest hoolimata ja kõigi kiuste võitis teadus seekordki.

25. augustil 1891 süttisid Frankfurdi näitusel esmakordselt sajad elektrilambid ja hakkas töötama oma lihtsuselt tähelepanuväärne Dolivo-Dobrovolski mootor.

Need esimesed rõõmusilmapilgud, mis tasusid uue elektriülekande entusiastidele nende kaks aastat kestnud pingelise töö, meenutasid Millerile hiljuti möödunut.

Ta elas uuesti läbi unistuste täitumise võlu.

Vene insenerid Dolivo-Dobrovolski ja Klasson, kogu kaasaegse elektrotehnika pioneerid, tundsid südamest rõõmu selle võidu üle ja unistasid samasugustest seadeldistest oma kodumaal — Venemaal.

Elektrienergia kaug-ülekande katsete võrdlusandmete tabel.

Katse aasta	1882. a.	1891. a.
Ülekande nimetus	Miesbach-München	Lauffen-Frankfurt
Liini pikkus	57 kilomeetrit	175 kilomeetrit
Juhtmete arv	2	3
Juhtmete läbilõige	4 mm	4 mm
Voolu liik	alaline	vahelduv (kolmefaasiline)
Pinge suurus	1500—2000 volti	8500 volti
Ülekantav võimsus	2 hobujõudu	300 hobujõudu
Energia tarbijad	1 alalisvoolu-mootor	1 vahelduvvoolu-mootor ja 1000 hõõglampi
Ülekantavast energiast saabus energiat tarbijani	22 protsenti	75 protsenti

Praeguse Frankfurdi ja esimese Müncheni katse vahel oli väga palju tähtsaid erinevusi. Möödunud üheksa aasta jooksul oli loodud uuel alusel (pöörlev magnetväli) vahelduvvoolu tehnika.

Miller pani näitusele üles tabeli, mis andis külastajaile näitliku ülevaate elektrotehnika uuest võidust.

* *
*

7. septembril 1891 a gasid Frankfurdi näituse maa-alal järjekordse rahvusvahelise elektrotehnika-kongressi istungid. Delegaadid tervitasid südamlikult Millerit, Ferrarist, Zipernowskyt, Dolivo-Dobrovolskit, Klassoni ja kõiki teisi, kelle uurimused ja leiutised olid teinud võimalikuks elektriülekande Lauffenist Frankfurti. See oli hoopis midagi muud kui see vastuvõtt, mille osaliseks sai Deprez üheksa aastat tagasi Pariisi kongressil.

Frankfurdi näitus ja kongress murdsid otsustavalt teaduse ja katsete andmete varal kõigi nende vastupanu, kes pidurdasid vahelduvvoolu tehnika arengut.

Pärast Frankfurdi näitust kasvas nõudmine elektrienergiale uskumatult.

Varem võisid väikesed elektrimasinad varustada elektrivooluga ainult kapitalistide kortereid ja neid mõningaid maju, mis asetsesid elektrijaama lähemas ümbruses. Nüüd sai selgeks, et elekter on võimeline mitmekordselt kiirendama suure hulga kaupade tootmist.

Elektrotehnika kergendas imperialistidele uute kolooniate vallutamist. Hindudel, hiinlastel, pärslastel ja araablastel, neegritel ja abessiinlastel oli vaja sitsi ja tikke, tubakat ja nööpe, soola ja suhkrut, seepi ja naelu ning kümneid muid esemeid. Et kõike seda kiiresti suurtes kogustes toota, leiutati aina uusi masinaid. Neid masinaid vajati nüüd väga

palju. Neid oli vaja kiiresti valmistada. Elektripuurid ja -saed, elektrivasarad, trei-, höövel- ja lihvimispingid, mis liikusid elektri jõul, kergendasid masinate valmistamist, mis tootsid mitmesuguseid kaupu. Elekter muutis vormitud maagitükid keerukate ja kasulike masinate rangeteks osadeks. Kõik see nõudis väga palju elektrienergiat.

Siis hakkasid tööstarid kõikjal looma suuri elektrienergiavabrikuid — elektrijaamu: New Yorgis, Bostonis, Berliinis ja Frankfurdis, Pariisis ja Lyonis, Londonis ja Birminghamis, Roomas ja Stokholmis.

Peterburis, Moskvas ja Bakuus projekteeris ja ehitas esimesed elektrijaamad silmapaistev vene insener Robert Eduardovitš Klasson.

Kõikjal kerkisid seninägematud imeväärse energia vabrikud.

Kuid juba varsti märgati, et ka need linnade elektrijaamad ei suuda toime tulla alaliselt kasvava koormatusega. Siis tekkisid kümned uued palju võimsamad jaamad sadade kilomeetrite pikkuste elektriülekande-liinidega.

Koskede ja jõgede energia voolas hiiglasuurtesse vee- (hüdro-) turbiinidesse ja pani generaatorid pöörlema. Elektrivõimsus kasvas tuhandete hobujõududeni, energia sööstis mööda traate sadade kilomeetrite kaugusele, et muutuda masinate, tööpinkide, kraanade ja trammide liikumiseks.

Halvemate kivisöesortide ja küttematerjali jäätmete vedu raudteel lõpetati. Nendega hakati kütma kaevanduste lähedal asetsevaid aurukatlaid. Kuumus muutis vee auruks ja see aur pani liikuma turbogeneraatorid. Nii muutis inimene kivisöe elektrienergiaks.

Euroopa ja Ameerika muutusid elektrimaadeks. See imejõud muutis kiiresti linnade ja maade ilmet, kiirendas ajaloo käiku.

Tekkis vajadus uute täiuslikumate sidevahendite järele. Seda ülesannet katsusid paljud lahendada elektri kaasabil. Esimeseks, kellel see korda läks, oli geniaalne vene õpetlane-leidur A. S. Popov.

40. peatükk.

„Loodusega omavahel".

«Head uut aastat, Aleksandr Stepanovitš! Head uut aastat!» hüüdsid Kroonlinna mere-tehnikakooli õpilased läbisegamini oma armsale pedagoogile A. S. Popovile, kogunedes koridoris tiheda ringina tema ümber.

Täna nägid nad teda esmakordselt pärast talvist koolivaheaega.

«Tänan, sõbrad! Võtke vastu ka minu siiras vastutervitus. Pean tähendama, et meie uus 1894. aasta algas väga kurva sündmusega . . . »

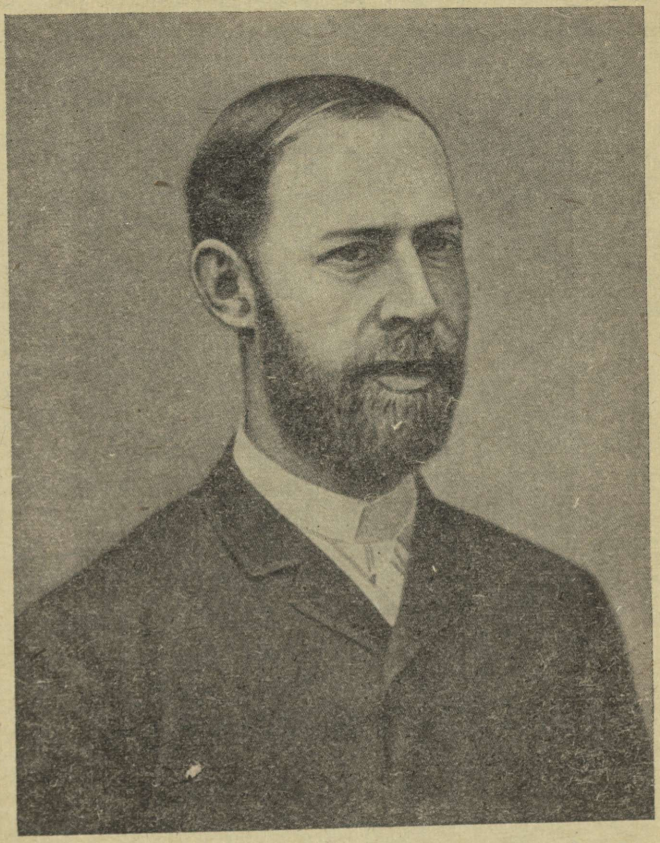
«Mis on juhtunud, Aleksandr Stepanovitš?» küsisid õpilased erutatult.

«Mu sõbrad! Eile teatati mulle, et teisel jaanuaril käesoleval uuel aastal suri Saksamaal kuulus füüsik Heinrich Hertz. Hertzi surm on parandamatu hoop teadusele. Ta suri kolmekümne seitsmendal eluaastal, oma loomingujõu täies õitsengus. Tiisikus tappis ta. On surnud suur füüsik Hertz, kes alles vaevalt kuus aastat tagasi tegi surematu avastuse . . . »

Aleksandr Stepanovitš kuulus selliste õpetlaste hulka, kes hoolikalt jälgivad oma teadusharu arenemiskäiku.

«Jah, mu sõbrad! Hertzi eluniit katkes! — Kuid on katkematu teaduse niit, mis ulatus elektriteaduse isadelt Hertzini ja ulatub temast järgnevate põlvedeni . . . Hertzi

avastus pole juhus. Et selles veenduda, piisab heita lühike pilk teaduse arengule viimase kuuekümne aasta jooksul...»



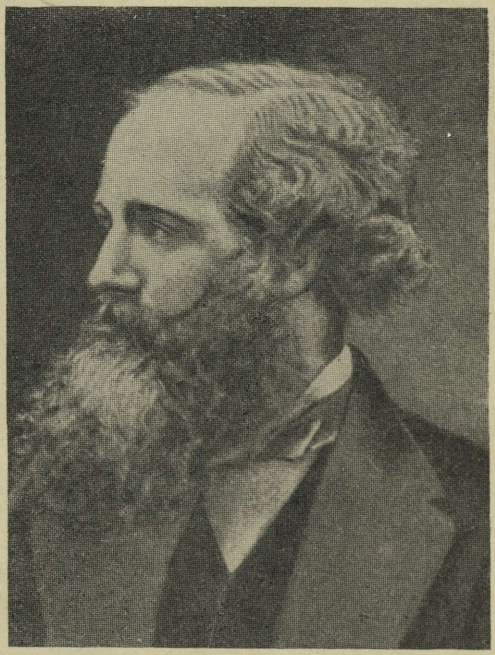
Joon. 149. Heinrich Hertz (1857—1894).

29. augustil 1831 avastas Michael Faraday elektromagnetilise induktsiooni seaduse.

Kakskümmend üks aastat pärast seda avastust töötas

Faraday välja magnetvälja ja magnettungjoonte mõisted ja näitas sellega, et elektri- ja magnettungid mõjuvad vahepealse keskkonna kaudu.

Suure Faraday katseid ja oletusi kinnitas teine kuulus inglise füüsik James Maxwell täpsete matemaatiliste uuri-



Joon. 150. James Maxwell (1831—1879).

mustega. Maxwell sündis 1831. aastal, kuulsal elektromagnetilise induktsiooni avastamise aastal, ja suri õitsvas elueas 1879. aastal. Alates 1864. aastast tõlgendas Maxwell kord-korralt kõik Faraday suured ideed elektromagnetväljast matemaatilises väljendusviisis.

Maxwell lähtus oletusest, et on olemas eriline kõikeläbiv keskkond, nii-nimetatud eeter, ja et see osutubki keskkonnaks, milles levivad elektromagnetilised võnkumised ehk lained.

Kujutlege, et kusagil selles keskkonnas muutus elektrivälj. Maxwelli hüpoteesi alusel peab sellel kohal samaaegselt tekkima magnetväli, kuid et see osutub ajutiseks, siis kutsub see uuesti esile elektrivälja, ja nii edasi. Selle tagajärjel tekib ruumis elektromagnetiline laine, mis levib igasse külge valguse kiirusega.

Laine pikkuseks nimetame vahemaad kahe teineteisele järgneva laine harja vahel. Kujutlege lindu, kes lendab ühe ning sama edasiliikuva merelaine harja kohal. Selle linnu lennu kiirust võime võtta laine levimise kiirusena.

Kujutlege kasvava vilja välja tuule käes. Iga viljapea paindub esiti tuule survel ja sirgub pärast uuesti. Vaatlejale tundub, et mööda põldu nagu mööda veepinda jooksis laine. Viljapea paindumiste või sirgumiste arv ühe sekundi jooksul annab kujutluse võnkumise sagedusest.

Elektromagnetiliste lainete levimise kiirus osutus Maxwelli uurimuste tulemusena võrdseks valguse kiirusega tühjuses, s. o. 300 000 kilomeetrit sekundis.

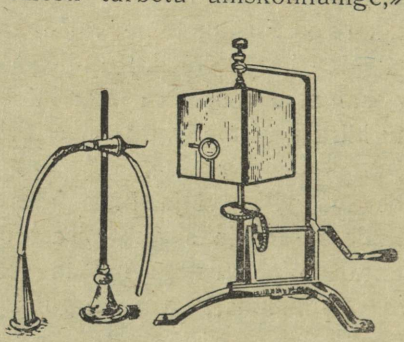
* *
*

Heinrich Hertz sündis Hamburgis 22. veebruaril 1857. Siin, kodulinnas, sai ta keskhariduse. 1878. a. oktoobrist hakkas Hertz kuulama Helmholtzi ja Kirchhoff'i loenguid. Kahe aasta pärast tegi Hertz esimese teadusliku töö ja sai Helmholtzi assistendiks. Alates 1883. aastast töötas Hertz teoreetilise füüsika õpetajana Kieli ülikoolis. Siin uuris Hertz hoolikalt Maxwelli elektromagnetismi teooriat.

1879. aastal kuulutas üks Euroopa teaduslikest akadeemiaist välja preemia elektromagnetiliste lainete katselise tõestamise eest. Helmholtzi ettepanekul asus Hertz 1886. aastal teostama oma kuulsaid katseid. Helmholtz jälgis neid pinevalt, lootes tähtsaid tagajärgi.

Hertz ei olnud kunagi raamatuline õpetlane, tema töös vaheldusid kogu aja ja põimusid harmooniliselt teooria ja katsed.

«Kui ma töötan ainult raamatutega, ei lahku minust tundmus, et olen täiesti tarbetu ühiskonnaliige,» ütles Hertz



Joon. 151. Fedderseni katse (1862. a.). Kui tühjendamine koosneks ühest sädemest, paistaks pöörlevates peeglites valgus katkestamatu lindina. Kuid foto kinnitas, et tühjenemine koosneb paljudest sädemete seeriatest.

Tihti istus ta kaksteist tundi järjest laboratooriumi laua taga, olles, nagu ta ütles, «loodusega omavahel».

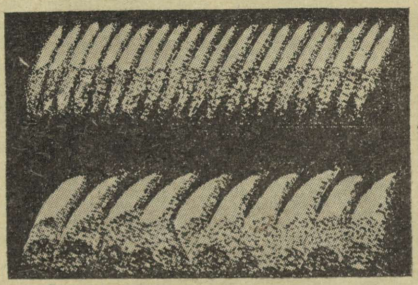
Hertz teadis, et peaaegu kuuskümmend aastat tagasi (1826. aastal) püüdis prantsuse füüsik Felix Savart Leydeni purki kruvivedrutaolise tühjendajaga tühjendades magneti-seerida selle pooli sisse asetatud terasnõela.

Olles teadlik, kummas purgi kattes on positiivne ja kummas negatiivne laeng, lootis Savart nõela teatavasse otsa saada põhjapooluse.

Savart kordas oma katset hoolikalt mitut puhku. Kuid katse tulemus ei ühtinud peaaegu kunagi tema oletusega. Savart ei osanud seda lahkuminekut kuidagi seletada. Alles kolmkümmend viis aastat hiljem lahendas füüsik Feddersen Savart'i katseist huvitatuna selle mõistatuse.

Feddersen selgitas, et Leydeni purgi laeng omab võnkuvat iseloomu.

See tähendab, et laengu vool kulgeb esialgu purgi välimiselt kattelt sisemisele, hiljem aga vastupidi. See toimub väga kiiresti ja mitu korda.



Joon. 152. Foto Fedderseni tühjendamiskatsest. Sakkide harvem asetus on tekkinud peegli kiiremal pöörlemisel.

Tekivad kõrgesagedusega võnkumised. Ja missuguses staadiumis võnkumine katkeb, sellest oleneb magnetnõela magnetiseerimine.

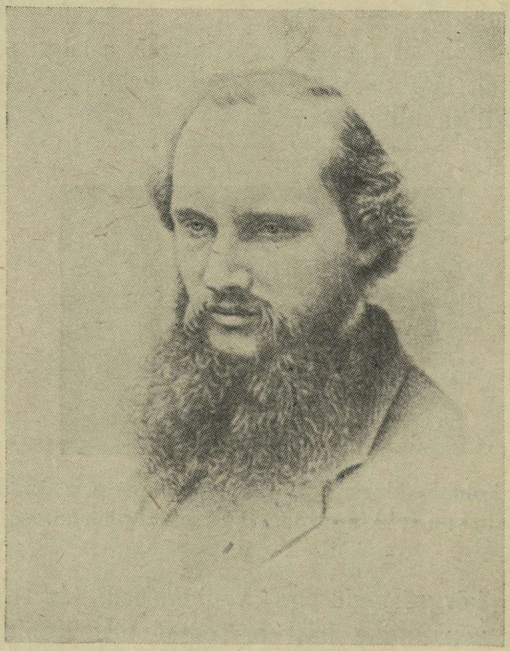
Kuid mis oli Leydeni purk?

See huvitav nõu, millest olid vaimustatud juba Lomonossov ja Richmann, on kondensaator, s. o. elektri koguja ning tihendaja.

Selgub, et ahel, mis koosneb induktsioonpooliga (Savart'i katses spiraal) ühendatud kondensaatorist, on temast voolu läbilaskmisel võimeline tekitama elektrilisi võnkumisi, s. o. tekib «elektri pendel». Kõike seda teadis Hertz, samuti

nagu kuulsa inglise füüsiku William Thomsoni poolt loodud elektriliste võnkumiste matemaatilist teooriatki.

Aastal 1886. võttis Hertz kaks viie millimeetri jämedust vaskvarba, mille otsadele ta kinnitas kummalegi ühe väikese (3-sentimeetrilise läbimõõduga) ja ühe suure (30-



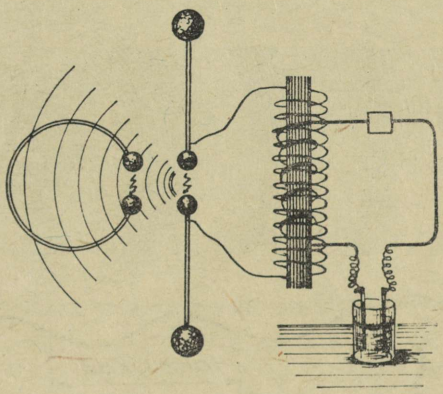
Joon. 153. William Thomson (1824—1908).

sentimeetrilise läbimõõduga) kuuli. Need varvad kinnitas ta vertikaalselt ühele sirgjoonele, asetades väikesed kuulid üksteisest 7 millimeetri kaugusele. Suurte kuulide (nende keskpunktide) vahe võrdus umbes ühe meetriga. Väikeste kuulikeste lähedale varbadele kinnitas Hertz Ruhmkorff'i pooli sekundaarmähise otsad. Seda riista nimetas Hertz

vibraatoriks, s. o. võngete tekitamise allikaks ehk elektromagnetiliste lainete kiirgajaks.

Väikeste kuulikeste vahel karglesid Ruhmkorff'i pooli abil saadud sädemed. Sellest levisid ümbritsevasse keskkonda elektrilained. Hertz oli oma aparaadi osade mõõdud valinud nii, et ühe võnke aeg vibraatori ahelas moodustas ühe kuuekümne miljondiku osa sekundist.

Seejuures tekkisid 5 meetri pikkused lained.



Joon. 154. Hertzi katse skeem.

Kuidas aga niisugust elektrilainet kätte saada? Kuidas tõestada tema olemasolu?

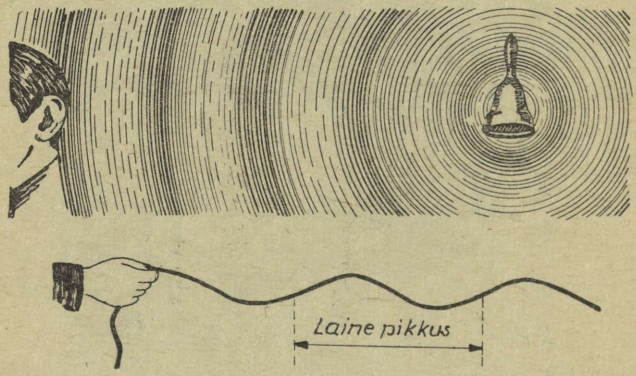
Hertzi õpetaja, suur füüsik Helmholtz, tegi palju väärtuslikke avastusi heliõpetuses. Nende tööde tundmine võimaldas Hertzile lahendada ka ülesande teise osa.

Heli, nagu valguski, peegeldub sellelt pinnalt, millele ta langeb. Sellega on seletatav ka vastukaja.

Hertz teadis ka seda, et mitu heli või valguslainet ühes ja samas suunas levides mõjutavad üksteist. Mitme laine liitumisest võib tekkida üks laine. Seda lainete liitumist

nimetatakse interferentsiks. Kui kahel lainel ühtivad harjad, saadakse selle tagajärjel kõrgem laine.

Juhul, kui ühes sihis levib kaks lainet, neist üks edasi, teine — tagasipõrkav — aga tagasi, võivad tekkida erisugused seisvad lained. Niisuguseid laineid on kerge tekitada, kui võtta pikk nöör, kinnitada see ühest otsast ja teises otsas tekitada löögiga laine. Nööril tekkiv laine jookseb mööda nööri kinnituspunktini ja põrkab sealt tagasi. Kui tekitada nööril mitu niisugust lainet üksteise järel, siis



Joon. 155. Õhu ja nööri lained.

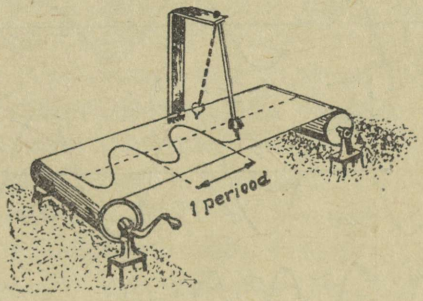
tekivad kulgevate ja tagasipõrkavate lainete vastastikuse toime tagajärjel seisvad lained.

Niinimetatud sõlmpunktides nagu hävitaksid vastastikku suunatud lained üksteist. Vastupidi, teistes kohtades, niinimetatud võnkepaisudes, ilmneb kulgeva ja tagasipõrkava laine vastastikuse toime kõige suurem mõju.

Meenutagem veel üht nähtust. Kui võtta kaks ühesugust heliharki ja panna üks neist helisema, hakkab ka teine selle lähedal olev helihark nagu vastu kajades helisema. Seda nähtust nimetatakse resonantsiks.

Neist nähtustest lähtudes arvestas Hertz, et elektrikiirte vastuvõtjaks — resonaatoriks — võiks olla traaditükk, mis on painutatud 70-sentimeetrilise läbimõõduga ringi kujuliselt. Sädemete vahe moodustamiseks oli see traadist ring ühes kohas avatud.

Lainete tekitajast 13 meetri kaugusele paigutas Hertz elektromagnetiliste lainete tagasisaatmiseks vertikaalse metallseina. Siis lülitas ta vooluallika sisse ja hakkas võn-



Joon. 156. Pendel joonistab oma võngete kõvera liikuvale lindile.

keid tekitava laengu koha ja metallseina vahel olevat ruumi uurima.

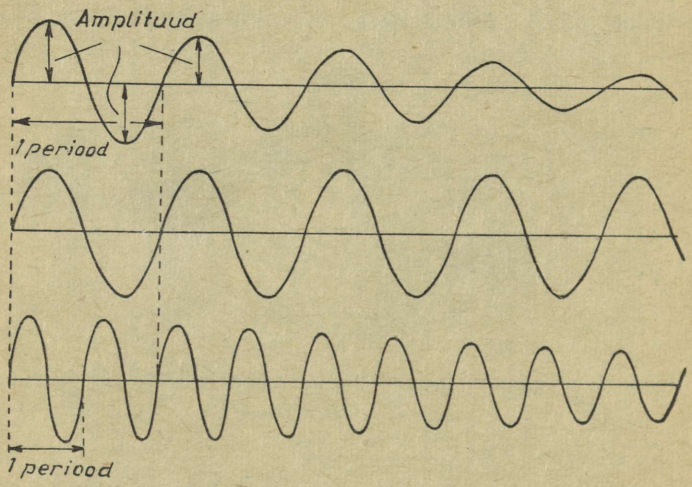
Miks toimis Hertz nii?

Ta tahtis kindlaks teha 5 meetri pikkust elektromagnetilist lainet, mille tekitas suurte kuulide võnkelaeng. Antud vahemaal oli täiesti võimalik seda saavutada. Peale selle tahtis Hertz tõestada, et elektromagnetilised lained, nagu helilainedki, avaldavad tagasipõrkamisel vastastikust toimet (kulgev tagasipõrkavaga) ja et seejuures tekivad seisvad lained sõlmede ja võnkepaisudega.

Ja tõesti, kui Hertz liigutas oma resonaatorit laine kujutletavas suunas, tekkisid resonaatoris sädemed ainult teatavais kindlais vahemaapunktides. Resonaatori paigutamisel

paremale või vasakule sädet ei tekkinud. Esimesel juhul asetses resonaator võnkepaisude kohal, teisel aga seisvate lainete sõlmpunktides.

Nende suurepäraste katsetega tõestas Hertz seisvate elektromagnetiliste lainete olemasolu, ühtlasi aga ka selle, et need lained levivad valguse kiirusega.



Joon. 157. Mitmesuguste pendlite võngete kõverad. Esimene kõver — vaibuv võnkumine; teine kõver — sama sagedusega püsiv võnkumine; kolmas kõver kujutab eelmistest kaks korda suurema sagedusega vaibuvat võnkumist.

Järgnevate katsetega tõestas Hertz valguskiirte ja «elektrikiirte» (nii nimetas Hertz alguses elektromagnetilisi laineid) omaduste sarnasust. Oma katsed elektrikiirtega korraldas ta aparaatidega, mis sarnanesid valguskiirte omadusi demonstreerivatega.

Reas katsetes kasutas Hertz tagasisaatva pinnana metallseinakest. Ka sel juhul allusid elektrikiired üldtuntud optika-

seadustele (langemisnurk võrdub peegeldumisnurgaga) ja tekitasid tagasi põrgates resonaatoris sädeme.

Lõpuks laskis Hertz elektrikiired läbi kolmetahulise vaigust prisma, milles kiired murdusid. Ta märkas, et elektrikiired tungisid kergesti läbi puuseinte ja üldse läbi mittejuhtide (dielektrikud). Elektrikiired läbisid ka väga õhukesi metall-lehekesi.

Hertzi katseid korrati mitmetes teaduslikkudes laboratooriumides. Nüüd ei kahelnud enam keegi selles, et Faraday ja Maxwelli vaated olid õiged.

Veidi hiljem (1890. aastal) tegi prantsuse füüsik Edouard Branly Hertzi katseid uurides tähtsa avastuse. Ta märkas, et elektrikiirte mõjul kaob märgatavalt metallipuru takistus.

Ta puistas klaastorusse metallipuru. Läbi korkide, mis sulgesid toru mõlemaid otsi, olid asetatud galvaani patareiga ühendatud vasktraadi otsad. Sellesse ahelasse lülitas ta ka galvanomeetri. Kuid galvanomeeter ei näidanud voolu olemasolu ahelas. Nähtavasti omas metallipuru sambake harilikes tingimustes tohutut takistust. Ent niipea, kui hakkas tööle laboratooriumi teise otsa paigutatud Hertzi lainetetekitaja, tekkis ahelas vool ja galvanomeetri osuti nihkus nullilt edasi.

Branly järeldas õigesti, et elektrikiired ehk elektrilained kutsuvad metallipuruga täidetud torule langedes seal asetsevate üksikute metalliosakeste vahel esile nagu sillakeste tekkimise ja kogu samba takistus väheneb tunduvalt. Kui torule kergesti koputada, siis hävivad elektrikiirte mõjul tekkinud sillakesed ja vool torus katkeb; metallipuru takistus muutub uuesti õige suureks.

Branly aparaadi abil osutus Hertzi huvitavamate katsete kordamine palju kergemaks.

* *
*

Aleksandr Stepanovitš pani lapi ja kriidi tahvli äärele. Ta võttis taskust ettevaatlikult taskuräti ja hakkas endalt kriiditolmu ära pühkima. Klassis oli vaikne.

«Mul on miinikooli laboratooriumis võimalik teostada Hertzi katseid. Need, keda see huvitab, võivad mind külastada,» ütles Aleksandr Stepanovitš.

Auditooriumist väljudes astus Popov varna juurde, pani selga viletsa, külma tuule vastu vähe kaitset pakkuva kasuka ja astus tänavale.

Loeng osutus kasulikuks nii kuulajaile kui ka lektorile endale. Aleksandr Stepanovitšil oli tärganud mingisugune uus idee . . .

Elekter ja elektrotehnika valdasid teda sel määral, et noor vene õpetlane ainult nendele elaski.

Külma tundmata liikus Aleksandr Stepanovitš aeglasel sammul mööda Kroonlinna kõledaid tänavaid. Tema mõtted keerlesid peatumatult ikka ühe ning sama telje — Hertzi katsete ümber.

Aleksandr Stepanovitši piinas mõistatus, mille oli jätnud suur füüsik.

Ühes ajakirjaartiklis, mis oli pühendatud Hertzi katsete tähtsusele, jutustati, et kui Müncheni insener Huber tegi 1889. aastal Hertzile ettepaneku kasutada tema poolt avastatud elektrilaineid sidepidamiseks traatideta telegraafi abil, siis ei toetanud suur füüsik ettepaneku autorit, vaid katsus omalt poolt teda isegi veenda ettepaneku võimatuses.

Samal ajal avaldas kuulus inglise füüsik William Crookes artikli, milles ta väljendas kindlat veendumust Hertzi avastatud elektrikiirte sellise rakendamise võimaluses. Crookes näitas, et niisuguse järelduseni viivad ka teise inglise füüsiku Oliver Lodge'i ettekanne ja katsed. Faraday ja Maxwelli vaadete kinnitamiseks korraldas Lodge need kat-

sed olenemata Hertzist ja demonstreeris neid Kuninglikus Instituudis 1889. aastal.

«Traadita telegraafi aeg on kätte jõudnud! See ei ole enam fantaseeriva õpetlase või filosoofi unistus. Me võime iga päev oodata selle unistuse muutumist reaalsuseks,» kirjutas Crookes.



Joon. 158. Aleksandr Stepanovitš Popov (1859—1905).

«Kuidas kõike seda ühendada?» küsis endalt Aleksandr Stepanovitš. «Kas on võimalik mitte uskuda Hertzi ja uskuda Crookes'i? Õpetlased taunivad Crookes'i temale kui füüsikule häbistavate spiritistlike vigurite ja vaimude harrastuse tõttu. Kuid käesoleval juhul tahaks siiski uskuda Crookes'i kinnitusi . . .

Miks ei peaks niisugune unistus muutuma reaalsuseks? Millist suurt tähtsust võiks omada elektrikiirte abil teostatav traadita telegraaf inimkonna jaoks!

Ulgumerel ujuva laevani, milleni praegu kõige kiirem lind võib jõuda vaid mitme päevaga, tungib kergesti traadita telegraafi elektrikiir valguse kiirusega... Laev ei ole enam muust maailmast eraldatud.»

41. peatükk.

Äikese ennustaja.

Mida enam Aleksandr Stepanovitš mõtles Hertzi avastuse üle, seda enam kaldus ta arvama, et see suur füüsik eksis.

«Elektrikiired võivad olla sidevahendiks!»

Aleksandr Stepanovitš uskus kindlalt sellesse võimalusse. Kuid juba ammu valmismõeldud katsete teostamisele ta veel ei asunud.

Sel ajal ehitati vene laevastikule intensiivselt uusi laevu. Kroonlinna sadamas varustati laevad elektriseadmetega. Iga päev kerkis üha keerukamaid praktilisi küsimusi, milliseid pidi lahendama miinikooli õpetaja Aleksandr Stepanovitš Popov kui asjatundja elektrotehnika alal.

Suvel koolitööst vabanedes kaotas Popov ka võimaluse tegelda valmismõeldud katsetega. Et oma kehvale palgale lisa hankida, sõitis Popov harilikult õppeaasta lõppemisel Nižni-Novgorodi, et sealsel aastalaadal elektrijaama sisse seada. Suure jõupingutusega ja pideva, mõnikord isegi öid-päevi kestva tööga möödusid need mõned kuud. Kuid sellisest kurnavast elektrotehnikutööst Nižni-Novgorodi aastalaadal polnud võimalik loobuda. Ülejäänud kolmvee-

rand aastat sai Popovi perekond ära elada peaasjalikult Aleksandr Stepanovitši suvise teenistusega.

Oli 1895. aasta.

Ühel päikesepaistelisel kevadepäeval istus Popov miinikooli füüsikakabinetis. Tema ees lebas raamatukogust võetud ingliskeelse teadusliku ajakirja «Electrician» 1894. a. juunikuu number.

Loengute pooletunnilisel vaheajal oli Aleksandr Stepanovitšil harjumuseks kodust toodud võileiba süües sirvida välismaa ajakirju.

Siinsamas lähedal kummardus aparaatidega kaetud töölaua taga Popovi uus abiline — noor füüsik Pjotr Nikolajevitš Rõbkin. Ta kontrollis, kas aparaadid on korras, et kasutada neid praktilisel õppusel. Õpilased teostasid laboratoorset tööd siinsamas kabinetis pärast esimest vaheaega.

Popov ja Rõbkin olid tutvunud alles hiljuti.

Selle talve kestel võtsid nad mõlemad osa Peterburi Füüsika-Keemia Seltsi koosolekuist. Koosoleku vaheajal lähenes Popov Rõbkinile, keda ta nägi esmakordselt, ja tegi talle ettepaneku tulla Kroonlinna miinikooli füüsikakabineti juhataja vabanenud kohale. Pjotr Nikolajevitš nõustus Popovi ettepanekuga ja rõõmustus hiljem alati selle õnneliku juhuse üle oma elus. Aleksandr Stepanovitši isikus leidis ta tähelepanuväärse õpetaja ja suurepärase inimese.

Rõbkin sai teada, et Aleksandr Stepanovitš on äärmiselt huvitatud Hertzi elektrikiirtest ja teostab katseid sel alal. Ka Rõbkin oli neist küsimustest huvitatud. 1892. aastal Peterburi ülikooli lõpetanud, esitas ta diplomitöö teemal «Valguse elektromagnetiline teooria».

Aleksandr Stepanovitš vestles korduvalt oma assistendiga Hertzi kiirtest, avaldas talle oma esimeste katsete tulemusi ja määras järgnevate uurimiste suuna. Pjotr Nikolajevitš

asus kohe oma õpetajat abistama ja ootas kannatamatult katsete alguse päeva.

Aleksandr Stepanovitš sirvis ruttamata ajakirja lehekülgi. Ühe artikli pealkiri äratas tema tähelepanu. See oli tuntud füüsiku Oliver Lodge'i artikkel «Hertzi avastus», milles jutustati Hertzi elektrikiirte edasiandmisest ja kinnipüügi katsetest Branly toru abil kaheksa meetri kaugusel saatjast.

Lodge'i artikkel vapustas Aleksandr Stepanovitši. Väga ülevas meeleolus astus ta Rõbkini juurde, kes polnud midagi märganud, ja ulatas talle ajakirja.

Rõbkin võttis ajakirja ja luges artikli suure tähelepanuga läbi. Õpetaja rõõm haaras ka teda. Pärast õppetöö lõppu miinikoolis hakkasid Popov ja Rõbkin veel samal päeval Lodge'i katseid kontrollima.

Nad asetasid füüsikakabineti pikale lauale Ruhmkorff'i pooli ja ühendasid selle primaarmähise võtme kaudu elementide patareiga. Sekundaarmähise otsad ühendati kahe metallkuuli külge, millede vahel tekkisid sädemed. Niisugune oli elektrikiirte tekitaja lihtne ehitus. Lodge'i skeemi kohaselt koostatud vastuvõtja oli samuti lihtne. See kujutas endast järjestikku ühendatud galvaani ahelat, mis koosnes Branly torust, elementide patareist ja galvanomeetrist.

Katsed õnnestusid. Galvanomeetri osuti, mis seisis liikumatult nullil, kaldus kohe järsku kõrvale, kui saatja tegevusse astus. Väike sädemeke pani liikuma laua teises otsas oleva, vastuvõtuahelasse lülitatud galvanomeetri osuti.

Et aparaati uuesti vastuvõtuks kohandada, tuli koputada Branly toru pihta. Nii tegi Lodge oma katsetes. Siis hävis side metallipurus ja vool vastuvõtjas katkes.

«See ei meeldi mulle, Pjotr Nikolajevitš!» ütles Popov oma assistendile. «Metallipuru ei vasta alati sädeme toimele. Lodge kirjutab, et selles on süüdi saateaparaadi ebatäiuslik-

kus. Kuid mina mõtlen teisiti. Minu arvates ei ole viga saatjas.»

«Millest oleneb siis lainete katkestamatu vastuvõtu võimalus?» küsis Rõbkin.

«Minu arvates, Pjotr Nikolajevitš, tuleb leiutada vastuvõtjale uus konstruktsioon. Peab tegema nii, et vastuvõtja üht lainet vastu võttes oleks alati valmis järgnevat vastu võtma . . . »

Aleksandr Stepanovitš jäi järsku vait. Tal tekkis huvitav mõte. Ruttu kapi juurde astunud, võttis ta riiulilt Deprez-D'Arsonval'i galvanomeetri ja asetas lauale.

«Milleks see?» küsis assistent.

«On vaja, et sillake voolu jaoks metallipurus katkeks ilma meie käte abita. Milleks sõrmega torule koputada? See võib toimuda automaatselt . . . »

Aleksandr Stepanovitš võttis vilgukivist plaadi ja riputas sellele pisut metallipuru. Selle aluse asetas ta galvanomeetri liikuvale raamile. Vastuvõtja skeem jäi endiseks, kuid kogu seadeldise konstruktsioon oli muutunud.

«Proovime nüüd, Pjotr Nikolajevitš. Ma lülitan vastuvõtja voolu sisse. Kas näete? Galvanomeetri raam püsib paigal. Lülitage sisse saatja.»

Järgmisel silmapilgul nägi Rõbkin, et niipea kui saatjas kargles säde, liikus vastuvõtja galvanomeetri raam, sellega ühendatud osuti tõukas vastu vilgukivilehte ja pöördus endisele kohale. Tõuke tõttu sai metallipuru raputada ja uuesti tekkis vastuvõtja ahelas suur voolutakistus.

Otsustati proovida lainete vastuvõtu kaugust. Selleks viis Rõbkin vastuvõtja kabineti kõige kaugemasse nurka. Ka siin töötas vastuvõtja korralikult.

Vahemaad mõõtes selgus, et saatjast vastuvõtjani oli 12 meetrit.

«Aleksandr Stepanovitš, kui suur oli Lodge'il aparaatide vahemaa?»

Popov heitis pilgu ajakirjale.

«Kaheksa meetrit!»

Rõbkin tundis kirjeldamatut vaimustust. Ta vaatas vaikides Aleksandr Stepanovitšile ja tundis rõõmu selle üle, et ta oli täna saanud abistada seda suurt inimest.

«Kas jätkame homme katseid?» katkestas Rõbkin vaikuse.

«Meeleldi, Pjotr Nikolajevitš! Tuleb veel vastuvõtja üle järele mõelda.»

Popovile meenus uuesti Hertz ja tal oli temast kahju. Suur füüsik ei saa enam kunagi teada, et ta oli eksinud oma loomingu hindamisel...

Kiiruga ei pööranud sel mälestusväärsel päeval ei Popov ega Rõbkin kumbki tähelepanu märkusele «toimetuse poolt», mis inglise ajakirjas oli lisatud Lodge'i artiklile. Kuid neis väheseis ridades oli öeldud väga palju.

«Hertzi ja Lodge'i katseid võib rakendada inimkonna kasuks. Toimetus on veendunud, et see toimub õige pea, kui Hertzi ja Lodge'i katsete rakendamisele asub praktiline inimene — elektrotehnik.»

Toimetuse oletus osutus prohvetlikuks: Hertzi ja Lodge'i katsed olid õigetes kätes — silmapaistva vene õpetlase ja praktiku A. S. Popovi kätes.

* *
*

Järgneva nädala jooksul Popov ja Rõbkin peaaegu ei lahkunud miinikoolist, sest nad jätkasid katseid füüsikakabinetis. Selle aja jooksul jõudis Aleksandr Stepanovitš leiutada Branly torule, mida prantsuse füüsik nimetas koheereriks (ladina keeles — kütkendaja), uue kuju.

Popovi uue koheereri leiutamine ei toimunud korraga. Aleksandr Stepanovitš proovis väga mitmete metallide

puru ja mitmesuguseid toru kujusid, enne kui ta jäi peatuma oma tüübil — plaatinast lehekestega ja rauapuruga.

Pärast seda lahendas ta teise väga tähtsa ülesande.

«Pjotr Nikolajevitš, tulge ruttu siia!» hüüdis Popov rõõmsas ärevuses füüsikakabinetti tormates ja käigul kuuetaskust väikest paberitükki haarates. «Esitan teile läbivaatamiseks uue vastuvõtja skeemi. Nüüd võime galvanomeetrist loobuda. Vaadake: see on teile tuntud toru rauapuruga, see on kell, see on harilik telegraafi relee, see aga on patarei . . . »

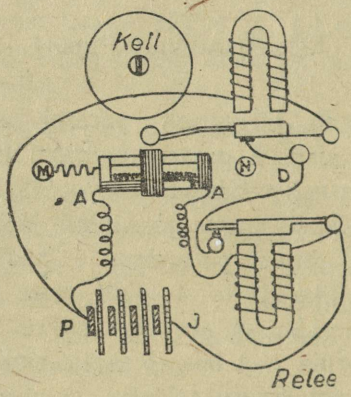
Rõbkin jälgis tähelepanelikult Popovi käeliigutusi, kes seletas skeemi.

«Aparaat töötab järgmiselt: patarei nelja-viievoldiline vool tsirkuleerib alaliselt patarei kontakti P ja torus A-A oleva plaatinalehe vahel. Edasi läheb vool läbi torusse puistatud puru teise plaadi juurde ja saabub läbi relee elektromagneti mähise tagasi patareisse J juurde. Selle voolu jõud on väga väike ja ta ei suuda relee südamikku seevõrra magnetiseerida, et see oma ankru külge tõmbaks. Ent niipea kui torule A-A langeb saatja elektrikiir, väheneb momentaanselt metallipuru takistus ja vool tugevneb seevõrra, et relee ankur tõmmatakse kergesti külge. Samal momendil moodustub uus vooluahel, mis suundub patareist kella pooli kontakti D kaudu. Silmitsege seda ahelat: patarei klemmi P juurest läbi kella pooli, kontakti N, kontakti D ja patarei teise klemmi J juurde. Kell alustab tegevust, sest tema pool tõmbab ankru koos selle otsas oleva lööginuiaga enda külge. Ent niipea kui kella ankur külge tõmmatakse, katkeb kohe teda vooluga toitev ahel ja tagasi karates lööb nui vastu toru. Paigutasin torule kummirõnga, et klaas ei puruneks. Pärast põrutust suureneb metallipuru takistus uuesti ja läbi relee kulgedes nõrgeneb patarei vool. Relee südamik laseb kohe oma ankru lahti ja sellest

tingitult katkeb kontakti D juures kella vooluga toitev ahel. Kas on selge, Pjotr Nikolajevitš? Toru on meil valmis. Kell on olemas. Patarei on ka olemas. Mulle meenub, et meil oli ka telegraafi relee...»

Mõni tund, mis kulus uue vastuvõtja kokkumonteerimiseks, möödus märkamatult.

Juba lapsena oli Aleksandr Stepanovitš osav lukksepatööle; ka tundis ta treiali- ja puusepatööd. Seda õpetasid talle kodukohas Bogoslovski metallurgiatehase töölised,



Joon. 159. Popovi piksemärkija skeem.

eriti aga tema kaasmaalane ning sõber Vassili Petrovitš Slavtsov.

Aleksandr Stepanovitš sündis 9. märtsil 1859 Turjinskie Rudniki külas Põhja-Uuralis. Seal lõpetas ta külakooli ja veetis oma lapsepõlve.

Et polnud võimalust tasuda õppemaksu gümnaasiumis, pandi Aleksandr Stepanovitš Permi vaimulikku seminari, kus õpetus oli tasuta.

1877. aastal lõpetas ta seminari. Seejärel hakkas ta valmistuma ülikooli sisseastumiseksameiks ja siirdus koos

oma kahe õe — Anna ja Augustinaga — ilma rahakopikata kaugesse ning tundmatusse Peterburisse. Hommikust hilisõhtuni jooksis üliõpilane Popov tunde andes ringi, et tasuda kolme inimese ülalpidamis- ja õppimiskulusid. Ent mingid kannatused ei suutnud pidurdada tema visa püüdu õppida füüsikat, eriti aga elektrit.

Ülikooli viimastel kursustel äratas Aleksandr Stepanovitš üldist tähelepanu oma hiilgava andekusega. Ta loobus tundide andmisest ja võttis osa Peterburi tänavaile elektervalgustuse sisseseadmise töödest. Rohkesti töötas ta valgustuse sisseseadmisel ka Moskvas, Rjazanis ja teistes Venemaa linnades.

Paljude aastate jooksul omandatud kogemused olid temale nüüd väga vajalikud. Rõbkini abiga koostati uus vastuvõtja täpselt ja küllalt kiiresti.

«Missugusele lauale vastuvõtja asetada?» küsis Rõbkin ja vastust ootamata viis selle enesekindlalt kõige kaugemale lauale.

Aleksandr Stepanovitš astus vaikselt saatja juurde, kontrollis selle ühendusi ja lülitas võtme sisse. Välgatas sinakas säde. Kohe kostis ka kellahelin. Popov lülitas saatja välja.

«Pjotr Nikolajevitš, kabinet jääb meie katsete jaoks kitsaks. Võtame ja viime vastuvõtja järgmisse saali. Seinad ei peaks elektromagnetiliste lainete teed takistama.»

Varsti andis Aleksandr Stepanovitš signaale järgmisse saali ja järgmisse viide õpperuumi, mis asetsesid samal esimesel majakorral.

Üks viimastest katsetest juhtis Popovi uuele avastusele. Pöörates saatjat mitmesse suunda märkas ta, et mõnikord signaalid ei jõudnud vastuvõtjani või olid väga nõrgad. Kui aga Popov asetas saatja seinale tõmmatud elektrijuhtme suunas, võeti kiired hõlpsasti vastu. Osutus, et lai-

ned levivad nagu piki juhet, ja seetõttu võis ülekanne toimuda kaugele vahemaale. Selle juhtmete suunava toime kohta ei öelnud Popov esialgu Rõbkinile midagi, soovides veel kord oma tähelepanekut kontrollida.

Väsimatud katsetajad otsustasid jätkata oma katseid väljas.

Pjotr Nikolajevitš viis vastuvõtja aeda, Popov aga jäi saatjaga akna juurde.

Olles läinud vastuvõtjaga umbes 100 sammu, otsustas Rõbkin sinna jäädagi.

Aleksandr Stepanovitš andis käeviipega Rõbkinile märku katse algusest ja lülitas saatja lühikeseks ajaks sisse. Popov nägi, kuidas Rõbkin algul jälgis pinevalt koheererit, siis aga jahmunult hüüdis:

«Midagi ei ole!»

«Aga nüüd, Pjotr Nikolajevitš?»

Popov lülitas uuesti võtme sisse.

«Mitte midagi! Millest see tuleb? Mul on kõik korras . . .»

Popov näitas juhtmekimbule.

«Pjotr Nikolajevitš, võtke see . . .»

Rõbkin ruttas akna juurde.

«Milleks on see vajalik?»

«Visake see saatja suunas puudele.»

«Aga kuhu otsad kinnitada?»

«Las jäävad rippuma. Juhe peab kergendama lainete teed.»

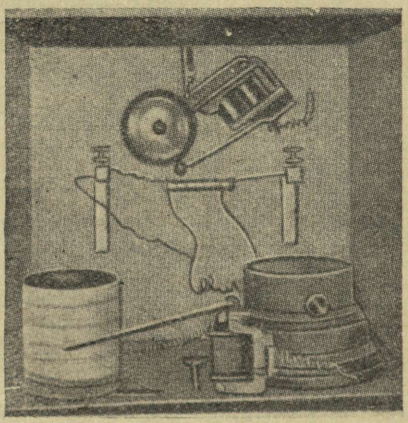
Kui Rõbkin oli vaskjuhtme puudele visanud, alustas Aleksandr Stepanovitš uuesti saateid. Ent vastuvõtja kell vaikis.

Siis riputas Rõbkin Aleksandr Stepanovitši näpunäitel mõned meetrid traati vastuvõtja kohale, ühendades selle

alumise otsa koheereri ühe klemmi külge. Vertikaalselt asetatud juhtmega toimusid katsed edukalt.

Järgnevate nädalate vältel korraldas Aleksandr Stepanovitš seadeldise pikselaengute vastuvõtmiseks.

Välgust kiirguvad ju samasugused elektrilained nagu Ruhmkorff'i pooli sädemed. Et püüda pikseelektri elektromagnetilist lainet, tegi leidur vastuvõtja skeemis väikesed muudatused. Paralleelselt kella ahelale paigutas ta erilise



Joon. 160. Atmosfäärilisi laengutühjenemisi ülesmärkiv Popovi piksemärkija.

registreeriva mehhanismi. Aeglaselt kella mehhanismi abil liikuvale trumlile oli kinnitatud puhas paber. Selle paberi peal asetses vastuvõtja ja patarei voolu mõjul liikudes kirjutav sulg. Kella ahela iga sisse- ja väljalülitamine andis ühtlasi tõuke ka sulele.

Popov ühendas pika peene juhtme koheereri ühe klemmi külge, juhtme teise otsa aga sidus ta mõne õhku lastud kummipalli külge.

Juba kaua aega enne äikese algust laskis vastuvõtja oma kella heliseda ja registreeris õige kaugel toimuvaid atmosfäärilisi laenguid.

Seda kirjutava mehhanismiga vastuvõtjat nimetas Aleksandr Stepanovitš «piksemärkijaks» ja andis selle katsetamiseks Peterburi metsainstituudile. Seal juhtis meteoroloogilist ala üks Popovi ülikoolisõpru ja kaastöölisi linna esimese elektrijaama ehitamisel — Gennadi Andrejevitš Ljuboslavski.

Kuuldused A. S. Popovi tähelepanuväärseist katseist ulatusid pealinna õpetlasteni. Nende pealekäimisel tutvustas leidur Peterburi füüsikuid oma töödega.

7. mail 1895 kuulati Vene Füüsika-Keemia Seltsi füüsikaosakonna koosolekul A. S. Popovi huvitavat ettekannet.

Ettekande nimetus «Metallipulbrite vahekorrast elektrivõngetega» valmistas pettumuse neile, kes ootasid sensatsioonilisi teaduslikke avastusi. Kuid see, kes sel päeval tuli Peterburi füüsikaauditooriumi, ei kahetsenud seda, vaid see ettekanne jäi talle eluajaks meelde.

Aleksandr Stepanovitš demonstreeris piksemärkija tööd ja lõpetas oma ettekande järgmiste sõnadega:

«Kokkuvõttes võin avaldada lootust, et kui minu seadist edaspidi veel täiendada, siis võib teda kasutada signaalide andmiseks elektrivõngete abil kaugete vahemaade taha.»

Ettekandja oli nii sügavalt veendunud, et kellelgi ei jäänud kahtlust ahvatleva unistuse — traadita telegrafeerimise — peatses teostumises. Koosolijad avaldasid ettekandjale elava käteplaksutamisega tulist poolehoidu.

Varsti pärast seda koosolekut siirdus Popov neljandat korda oma suvisele tööle Nižni-Novgorodi aastalaadal. Kõhnana ning väsinuna pöördus ta sügisel Kroonlinna tagasi.

Kogu suve prooviti piksemärkijat metsainstituudis. Lei-

dur jäi seadise tööga täiesti rahule. Piksemärkija registreeris kõik äikesed, isegi need, mis möödusid üle 30 kilomeetri kauguselt Peterburist.

Seadise proovimise edukatest tagajärgedest informeeris Aleksandr Stepanovitš kohe ka Rõbkinit. Nad otsustasid korraldada uue seeria katseid, et saavutada võimalust telegraafimärkide üleandmiseks. Kuid järgnev katsetamine Hertzi kiirtega osutus võimalikuks alles poole aasta pärast.

Kogu maailm rääkis uutest kiirtest...

42. peatükk.

Nähtamatud tunnused.

See aasta oli Wilhelm Röntgeni elus tähendusrikas ning murranguline.

27. märtsil 1895 pühitses ta kitsas perekondlikus ringis oma viiekümnendat sünnipäeva. Sel päeval meenutati «peo põhjustaja» elukäiku.

Poole sajandi kestel said Röntgenile osaks ebameeldivused ja vintsutused. Puudus sundis teda rändama. Ta sündis Lennepis Saksamaal ja õppis Hollandis, ent lühikest aega. Ta heideti koolist välja selle pärast, et ta ei andnud välja oma seltsimeest, kes oli joonistanud tahvlile õnnestunud karikatuuri paatrist. Seejärel oli ta sunnitud siirduma Zürichisse Šveitsis, sest ainult seal oli tal võimalik astuda kõrgemasse kooli ilma keskkooli lõputunnistuseta. Siin lõpetas ta polütehnikumi insenerina, kuid ei projekteerinud ega ehitanud kunagi midagi, vaid hakkas füüsikuks. Ta asus tööle Zürichis, sai hiljem professorikoha Hohenheimis, töötas Strassburgis ja Hessenis. Viiekümnendat sünnipäeva pühitses Röntgen Würzburgis.

Sama aasta 8. novembril oli Röntgen juba varahommikust peale ametis oma uurimustega. Ta tegeles kõrgepinge elektrilaengute juhtimisega läbi hõrendatud gaaside. Neid katseid «elektrimunaga» (nii nimetasid teadlased munataolisi kolbe kahe elektroodiga ning õhu väljapumpamiseks määratud kraaniga) olid teinud paljud õpetlased ka enne Röntgenit.

Nad kõik, samuti ka Röntgen, otsisid vastust küsimusele, mis on elekter. See küsimus oli tihedas seoses teisega, mitte vähem tähtsaga: mis on mateeria ja millest ta koosneb?

Viiendal sajandil enne meie ajaarvamist väitsid veidi hiljem kui Mileetose Thales kreeka filosoofid Leukippos ja Demokritos, et kõik ained koosnevad üsna väikesist, silmale oma väiksuse tõttu nähtamatuist osakesist. Need osakesed on jagamatud, seepärast nimetati neid aatomiteks («atomos» tähendab kreeka keeles jagamatu).

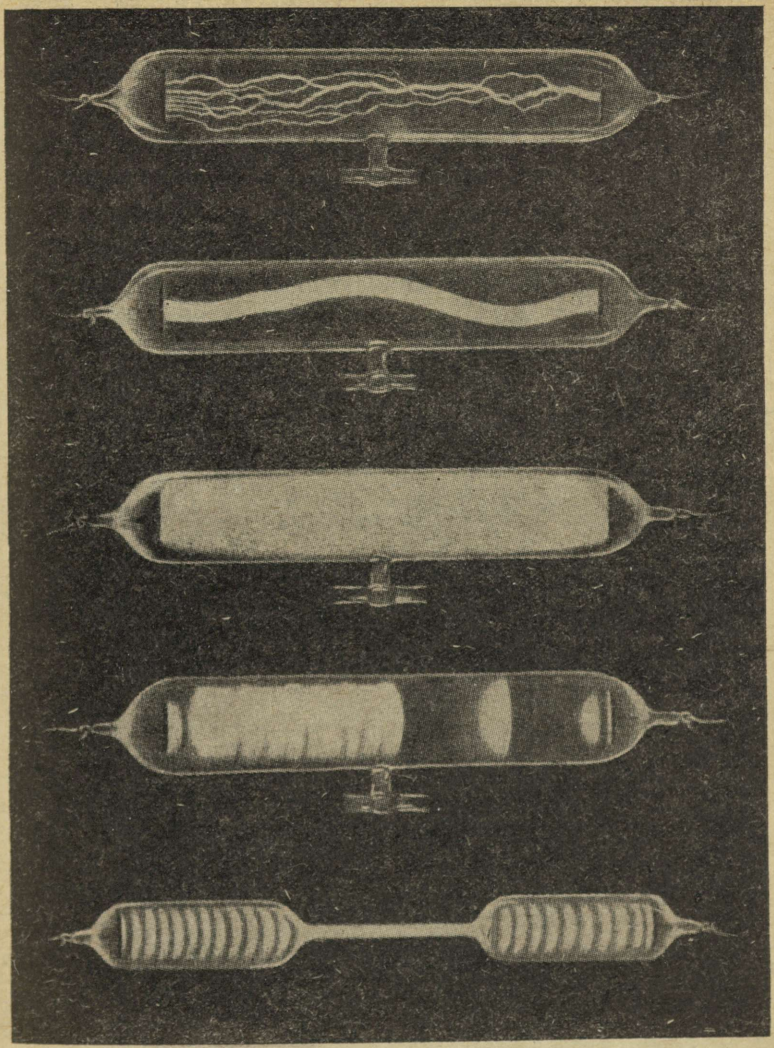
Nende filosoofide arvates on kõik meile tuntud ained aatomite kogud. Sama vaatekohta elektri kohta rakendades ütles Benjamin Franklin, et «elektri mateeria» koosneb väga väikesist osakesist. Elektri osakesed tungivad hõlpsasti kõige tihedamatesse kehadesse, mis koosnevad suurest hulgast aatomeist. Seepärast on tema arvates elektriosakesed veel väiksemad kui harilikud aineaatomid.

Demokritos, Leukippos ja Franklin ei esitanud mingeid katselisi tõestusi oma vaadete põhjendamiseks mateeria ja elektri kohta. See andis paljudele õpetlastele põhjust hüljata nende vaated. Nad ütlesid:

«Naeruväärt on kõnelda sellest, mida ei saa näha inimsilmaga ja isegi mitte mikroskoobi abil!»

Möödus väga palju aega, enne kui läks korda katseliselt tõestada aine aatomite olemasolu.

Kuid kas on olemas elektriosakesed — aatomid? Kas oli Franklinil õigus?



Joon. 161. Elektrilahenduse pildi muutumine vastavalt õhu väljapumpamisele klaastorust.

Õpetlased, kes visalt otsisid vastust küsimusele, milles seisab elektri olemus, hakkasid uurima voolu läbimist hõrendatud gaasidest. Juba Faraday osutas prohvetlikult sellele, et hoolikas voolu läbimise uurimine hõrendatud gaasidest peab andma erandlikke tagajärgi.

Sellega tegelesid Pariisi professor A. Masson 1835. aastal ja Michael Faraday 1838. aastal.

Möödus kakskümmend aastat. Pärast Faradayd sooritas 1858. aastal esimesena tähtsaid uurimusi Bonni professor Julius Plücker. Tema tellimisel valmistas osav Bonni klaasipuhuja Heinrich Geissler vastupidavast klaasist suure munataolise kolvi. Selle kolvi otstesse olid joodetud metalltraadid, mis kolvi sees lõppesid metallplaatidega.

Kolvi keskosas oli kraaniga suletav peenike toruke. Plücker teadis, et elekter vedelikes kandub edasi aine osakestega ehk i o o n i d e g a, mis liiguvad elektroodide suunas. Bonni füüsik tahtis kontrollida oma oletust, et elektrivoolu läbimine gaasidest omab sama iseloomu mis vedelikes.

Plücker oletas, et kõrgepingevoolu mõjul võivad hõrendatud gaasides moodustuda ioonid, mis voolu juhivad.

Ta ühendas oma kolvi elektroodidega elektrimasina[11], aga kraaniga varustatud toru — tühjendava õhupumbaga. Alguses ei olnud voolu läbimist märgata. Siis hakkas Plücker õhku välja pumpama, ilma seejuures elektrimasina tegevust katkestamata. Mõne aja pärast märkas ta, et positiivselt (anoodi) plaadilt hakkas eralduma helendav kimbuke negatiivse plaadikese (katoodi) suunas.

Jätkates õhu väljapumpamist märkas Plücker, et elektrilaengu väline kuju muutub pidevalt. Kitsast niiditaolisest

[11] Hilisematel katsetel juhtisid Plücker ja teised füüsikud läbi toru Ruhmkorff'i induktsioonpooli laenguid.

helendavast kimbust muutus see laiaks lindiks, täites kogu anuma. Kuid edasisel õhu väljapumpamisel suurenes katoodi lähedal ikka enam ja enam tume ruum. Varsti kadus valgus torus täiesti.

Plücker tegi kindlaks, et katse algul tekkinud helendava kimbu värvus oleneb torus olevast gaasist. Õhk annab punaka helenduse, lämmastik — lilla, vesinik — roosaka.

Selle järel, kui valgus torus kadus, märkas Plücker edasisel õhu väljapumpamisel katoodi vastas oleva klaasi pinnal helerohelist valgust.

Plücker tegi siit oletuse, et katoodplaat kiirgab erilisi silmale nähtamatuid kiiri. Levides sirgjooneliselt, langevad need kiired kolvi klaaspinnale ja kutsuvad esile klaasi helendamise (fluorestsentsi).

Neid Julius Plückeri avastatud imelikke kiiri hakkas pärast tema surma uurima Münsteri ülikooli professor Johann Hittorf.

Hittorf tegi kindlaks, et Plückeri avastatud katoodkiiri võib magneti abil juhtida kõrvale nende esialgsest suunast: kui Hittorf lähendas neile magneti, kaldus fluorestsentshelendus klaasil teise kohta.

Hittorf tegi samuti kindlaks, et kõvad kehad neelavad neid saladuslikke kiiri. Ta valmistas klaasnõud, millesse ta asetas metallist või mõnest muust läbipaistmatust ainest valmistatud mitmesugused kujud. Laengute juhtimisel fluorestseeruvale klaasipinnale tekkisid sinna kiirte teel olevate kujude varjud. See nähtus tõestas ühtlasi, et uuritavad kiired levivad sirgjooneliselt.

22. augustil 1879 esitas tuntud inglise õpetlane William Crookes inglise õpetlaste koosolekul ulatusliku ettekande oma uurimuste kohta katoodkiirte alal. Crookes ei teadnud midagi Hittorfi töödest ja teostas oma katsed iseseisvalt.

Juba Crookes'i ettekande nimetus oli erakorraline. Füüsikud tundsid aine kolme olekut: tahket, vedelat ja gaasilist.

Crookes kutsus aga õpetlased kokku selleks, et jutustada neile «kiirtetaolisest» mateeriast ehk «aine neljandast olekust».

Uute seikadena tegi Crookes pärast Hittorfi kindlaks, et:

1. Kõrgepingevoolu läbimisel algab toruș, milles on tugevasti hõrendatud gaasid, selle katoodilt väga kiiresti liikuvate aineosakeste vool.



Joon. 162. William Crookes (1832—1919).

2. Need osakesed liiguvad täiesti sirgjooneliselt.

3. See kiirtetaoline mateeria võib avaldada mehhaanilist toimet. Näiteks võib ta ringi ajada tema teele asetatud väikest ratast.

4. Kiirtetaoline mateeria kaldub magneti mõjul kõrvale.

5. Kuhu langeb kiirtetaoline mateeria, seal tekib soojus. Kui anda katoodile nõguspeegli kuju, siis võib selle peegli fookuses sulatada isegi selliseid raskesti sulavaid sulandeid, nagu näiteks iriidiumi suland plaatinaga.

«Katoodkiired kujutavad endast materiaalsete osakeste, nimelt negatiivsete elektriosakeste voolu,» ütles Crookes imestunud kuulajaile. «Minu sügavaima veendumuse järgi esinevad samasugused osakesed iga materia-aatomi koosseisus. Ja kui see on nii, siis keemiline aatom ei ole enam jagamatu.»

Negatiivse elektri osakesi, millede voolu uuris Crookes, hakati füüsik Johnston Stoney ettepanekul nimetama elektronideks.

Paljud õpetlased ei saanud aru Crookes'i julgetest kinnitustest ja vaidlesid neile vastu. Isegi Hertz, kes töötas sellal juba Helmholtzi laboratooriumis, astus Crookes'i vastu välja, kinnitades, et hõrendustorus täheldatavad kiired pole midagi muud kui eetris levivad elektrilained. Ta keeldus kategooriliselt tunnistamast neid ebaharilikke kiiri elektri aineosakeste vooluks, mis kuuluvad aatomi koosseisu.

Teadlased pidasid elektrit kaaluta mateeriaks. Kui aga on õiged Crookes'i väited, et katoodkiired on aineosakeste vool, siis peavad elektronid omama kaalu. Ent kuidas neid kaaluda?

Hertz näitas, et katoodkiirtel on omadus läbida väga õhukesi alumiiniumplaadikesi. Hertzi sõber, füüsikaprofessor Philipp Lenard tegi selle tähelepaneku põhjal Geissleri hõrendustorusse väikese alumiiniumplaadikesega kaetud ava. Sellise aknakese kaudu võisid katoodkiired torust välja tungida. Lenard märkas, et õhk nagu peaks neid kiiri kinni ja et neid võib näha ainult ava läheduses. Kiirte teele asetatud papp ei takistanud neid.

Torust väljajuhitud kiiri hakati nimetama Lenardi kiirteks.

See on ka peaaegu kõik, mida teadis professor Wilhelm Röntgen, kui ta, nagu teisedki õpetlased, hakkas sel mälestusväärsel novembrikuu päeval oma katseid tegema.

Pilk läbi esemete.

Röntgen kavatses kontrollida P. Lenardi katseid katoodkiirte läbijuhtimiseks papist. Selleks tegi ta õhukese mustast papist kasti, millega võis Crookes'i toru täielikult katta. Siis valmistas ta katseteks mõned niinimetatud fluorestseeruvad ekraanid. Baariumplaatinastsüaniidiga kaetud papp või paber hakkab katoodkiirte mõjul helendama külma helerohelise valgusega.

Röntgen uuris tähelepanelikult Crookes'i toru ja kattis selle pappkastiga. Siis pimendas ta toaaknad tiheda villase eesriidega. Ainult ühest elektrilambist valgustatud füüsikakabinet mattus poolhämarusse.

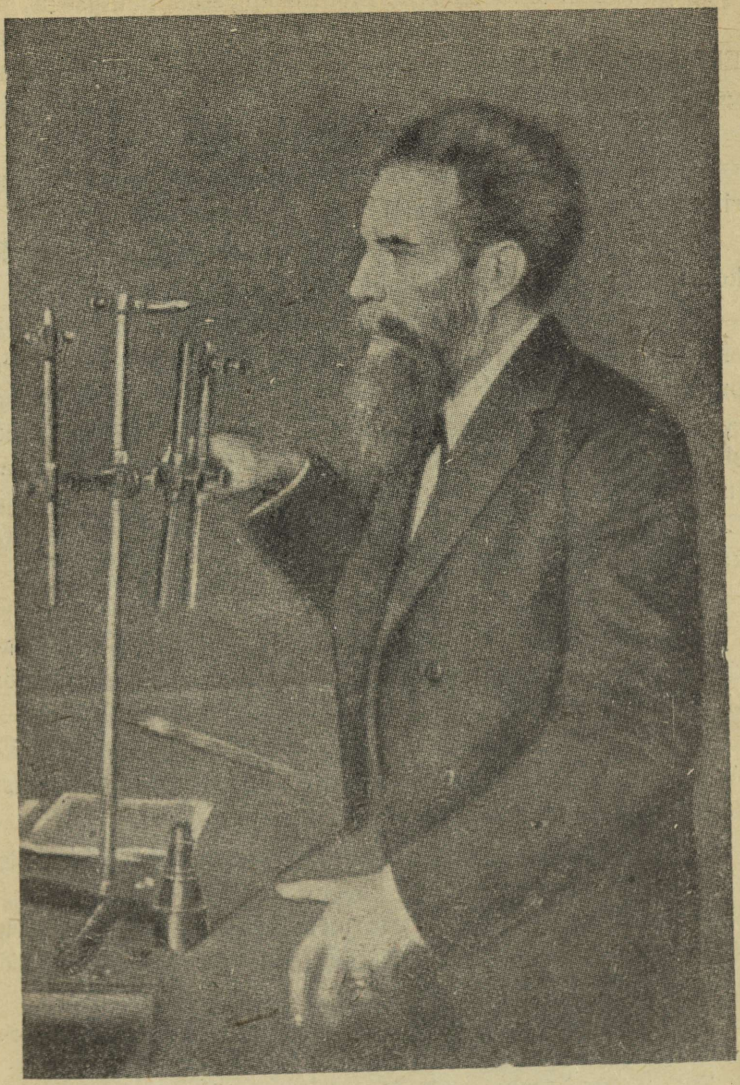
Professor sulges ka ukse, et katsete ajal keegi sisse ei pääseks, ja vaatas ringi. Kastiga kaetud Crookes'i toru lähedal pingil oli fosforestseeruv ekraan. Kõrvallaual asetsesid mitmesugusest metallist plaadikesed ja fotoplaatidega täidetud kassetid.

«Näib, et kõik on kohal ja võib alata!» otsustas õpetlane ja kustutas viimase lambi.

Seejärel leidis ta vilunud käega Ruhmkorff'i induktori primaarmähist lülitava võtme. Kui klõpsatas lüliti mehhanism ja hakkas surisema induktsioonpool, võttis Röntgen pingilt ekraani.

Esimene katse pidi tõestama, et kastiga suletud ja torust mõne sentimeetri kaugusele asetatud fosforestseeruv ekraan hakkab rohelise valgusega helendama.

Ent ootamatult hakkas ekraan palju kaugemalt helendama ja — mis Röntgenit eriti hämmastas — helendas ka siis, kui ta oli tagumise küljega toru poole pööratud. Lenardi kiirte seda omadust polnud seni veel keegi tähelданud ega kirjeldanud.



Joon. 163. Wilhelm Röntgen (1845—1923).

Järgmisel momendil aga muutus imestus üllatuseks. Röntgen asetas nähtamatute kiirte teele oma peopesa. Ekraanile tekkis tema kontide tume vari kogu kämbla nõrgema varju taustal...

Kontide varju peal märkas Röntgen musta riba.

«On see võimalik? Kiired tungisid läbi minu käe... Tume riba nimetissõrmel... See on ju minu kuldsõrmus!»

Röntgen liigutas erutusest sõrmi ja ekraanil oli tema käe kontide liikumine selgesti näha.

Et saavutada suuremat tegevusvabadust, pööras Röntgen ekraani emulsiooniga toru poole ja kinnitas toru lähedasele puust alusele. Ekraan helendas saladuslike kiirte mõjul endiselt külma valgusega. Õpetlase pimedusega harjunud silmad märkasid paksu raamatut — mingi ajakirja köidetud aastakäiku. Röntgen võttis selle ning asetas ekraani ja Crookes'i toru vahele. Ekraani roheline helendamine ei kadunud, temale tekkis vaid raamatu nõrk vari.

«Kiired läbisid ka selle paksu paberimassi!»

Röntgen asetas kiirte teele laudu, kaks pakki mängukaarte, stanniolilehti, õhukesi metall- ja eboniitplaate: kiired läbisid kõiki neid esemeid.

Aga kui ta asetas kiirte teele umbes 2 sentimeetri paksuse seatinast plaadi, osutus ekraan üleni varjuga kaetuks, nagu enne oli jäänud pime vari kuldsõrmusest.

Uraan, plaatina, hõbe ja elavhõbe osutusid samuti uutele kiirtele läbimatuks.

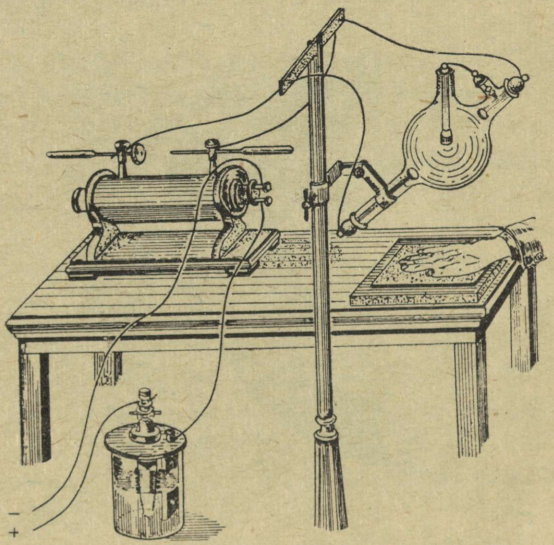
Röntgen võttis Crookes'i torult pappkasti ja hakkas toru silmitsema. Ta tahtis leida torus seda kohta, kust väljusid äsja-avastatud kiired.

Toru üht osa teise järel paksu seatinast plaadiga kattes leidis ta vastuse ka sellele küsimusele.

«Kiired väljuvad klaasist sel kohal, kuhu langevad katoodkiired!»

Röntgenile oli selge, et ta näeb midagi hoopis uut. Kiired, mis õhust kõnelemata läbisid paljusid pakse esemeid, ei sarnanenud sugugi Lenardi kiirtega, milleks õpetlane neid esimesel pilgul pidas.

Röntgen otsustas selgitada magneti toimet uutele kiirtele. Kui ta lähendas magneti kiirte oletatavale leviku suunale,



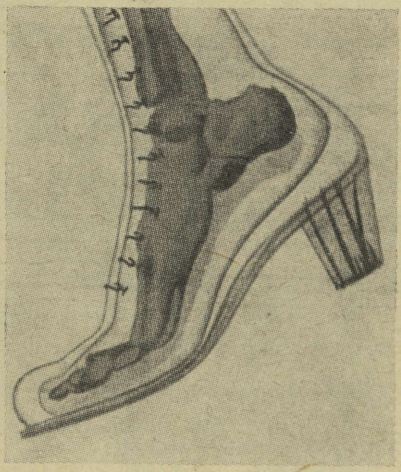
Joon. 164. Käe pildistamine röntgenikiirtega.

ei muutunud midagi. Kiired ei avaldanud ei eemaletõukavat ega ka külgetõmbavat mõju.

Siis asetas ta kiirte teele mitmesuguseid prismasid, kuid ei märganud kiirte murdumist, samuti ka mitte nende peegeldumist. Nüüd otsustas Röntgen proovida kiirte mõju fotoplaatidele. Selleks võttis ta punase tule valgusel pakist fotoplaadi, mähkis mitmekordselt musta paberisse ja asetas siis kiirte teele, pannes plaadile oma käe ja sinna kõrvale ukse raudvõtme.

Plaadi ilmutamisel rõõmustasid tagajärjed Röntgenit väga. Ta sai üsna selge negatiivi käe kontide ja võtme varjuga.

Peaaegu poolteist kuud jätkas Röntgen mitmesuguseid katseid uute kiirtega, mida ta nimetas «x-kiirteks», s. o. «tundmata kiirteks». Oma tööd hoidis ta suures saladuses ja sellest teadsid ainult mõned Würzburgi ülikooli profes-



Joon. 163. Röntgenikiirtega läbivalgustatud jala foto.

sorid. Röntgen ei tahtnud mitte ainult hoolikalt üles märkida oma tähelepanekuid, vaid selgitada ka uue nähtuse olemust.

Kuid Röntgeni «valjult saladuse katte all» teostatud töödest teadis peaaegu kogu Würzburg. Ajakirjandus ja mitmesugused teaduslikud seltsid ei andnud Röntgenile rahu.

28. detsembril 1895 ilmus teaduslikus ajakirjas esimene avaldus professor Röntgenilt pealkirja all «Uut liiki kiirtest».

23. jaanuaril 1896 kuulasid Würzburgi füüsika-meditsiini seltsi liikmed uue tähelepanuväärse avastuse autori enda ettekannet.

* *
*

1896. aasta talvel tegeles A. S. Popov hoolsasti röntgenikiirte uurimisega.

Asi ei arenenud raskusteta. Miinikooli füüsikakabinetis ei leidunud katsete teostamiseks kõige vajalisemat aparaati — lihtsat Crookes'i toru. Seda ei olnud võimalik saada ka ühestki Peterburi kauplusest. Siis Aleksandr Stepanovitš, nagu niisugustel juhtudel alati, pani põlle ette ja läks töökotta. Varsti oleks Bonni klaasipuhuja Geissler võinud kadedust tunda Popovi valmistatud toru nähes.

Selle riista valmistamisel Popovi poolt osutatud suurt hoolikust põhjustas veel üks asjaolu. Aleksandr Stepanovitši ustav kaaslane, tema naine Raissa Aleksejevna, oli arstina väga huvitatud võimalusest kasutada röntgenikiiri arstiteaduses. Aleksandr Stepanovitš tahtis kinkida oma naisele röntgeniaparaati tema praktiliseks tööks Kroonlinna haiglas. Esimese sellise kabineti sisustas A. S. Popov Kroonlinnas.

Oma uurimuste tulemustest röntgenikiirtega esitas Popov 13. veebruaril 1896 ettekande Vene Füüsika-Keemia Seltsi koosolekul. Popovi kaudu tutvusid vene õpetlased esmakordselt Röntgeni suure avastusega.

Kerkis üha uusi küsimusi: mida kujutavad endast röntgenikiired? Missugune on mateeria ehitus ja mateeria seos elektriga? Kas on tegelikult olemas elektri aatomid? Kas on elektrit meie maailma teistel ja teiste maailmade planeetidel?

Komeetide sabad.

«Valgus on liik elektromagnetilisi laineid,» — sellise järelduse tegi Maxwell, kui ta matemaatiliselt läbi töötas Faraday õpetust elektromagnetilise välja kohta. Hertzi katsed kinnitasid seda hiilgavalt. Kõigi maade füüsikud jätkasid Hertzi katseid.

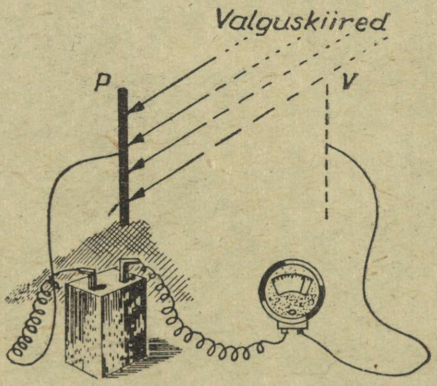
Pingeline teaduslik töö toimus ka Moskva ülikooli füüsikalaboratooriumis, mis oli loodud kuulsa vene õpetlase Aleksandr Grigorjevitš Stoletovi mitmeaastase väsimatu tööga. 1891. aasta sügisest peale asus siia Stoletovi kutsel laborandina tööle noor vene füüsik Pjotr Nikolajevitš Lebedev.

Stoletovi ja Lebedevi tegid nende suurest vanusevahest hoolimata teineteisele lähedaseks paljud ühised jooned nende elus ja iseloomus. Juba lapsena konstrueerisid nad mõlemad mehhanisme ja aparaate. Mõlemad armastasid teha jalutuskäike elava looduse uurimiseks. Pärast kõrgema õppeasutuse lõpetamist Stoletov, hiljem aga ka Lebedev, sõitsid mõneks aastaks välismaale oma teadmisi täiendama. Seal kujunesid neist tuntud õpetlaste juhtimisel kogenud füüsikud, kes valdasid kõige täpsemate katsete korraldamise kunsti. Kadedusega jälgisid nad teaduse ja õpetlaste olukorda välismaal. Kumbki neist unistas kirglikult sellest päevast, millal Venemaal muutuvad poliitilised tingimused ja teadus saavutab temale kuuluva koha. Mõlemad uskusid palavasti vene õpetlaste loovaisse võimeisse.

«Jubeda tundega loevad meie järglased viiekümne aasta pärast mälestusi meie töö tingimustest, nagu meie jubedusega loeme pärisorjuse ajast,» ütlesid Lebedev ja Stoletov sagedasti oma sõpradele.

Nad mõlemad jälgisid hoolikalt füüsika arengut ja korraldasid tihti populaarteaduslikke loenguid vene ja välismaa õpetlaste suurist teaduslikest avastusist.

Nüüd huvitasid neid Hertzi katsed. 1890. aastal uuris A. G. Stoletov põhjalikult Hertzi katsete ajal juhuslikult avastatud nähtust: elektrilaengute eraldumist valguse mõjul. Stoletov tõestas, et paljud metallid, kui neid valgustada, hakkavad negatiivse elektri osakesi välja saatma.



Joon. 166. Stoletovi katse skeem. Kui plaadi P ja võrgu V vaheruumi valgustada, näitab galvanomeeter voolu, sest ultravioletsed kiired ioniseerivad õhu.

Seda nähtust nimetati fotoelektriliseks nähtuseks. Hiljem omandas see tehnikas väga tähtsa koha. Kümned täpselt korraldatud katsed veensid Stoletovit, et mida suurem on metallile langeva valguse jõud, seda suurem arv elektrone temast kiirgub.

Välismaal olles püüdis Lebedev kahe aasta jooksul innukalt leida põhjust, mis seletaks komeedi sabade eemaletõukamise päikesest. Ta oletas, et ka siin avalduvad elektrilised jõud.

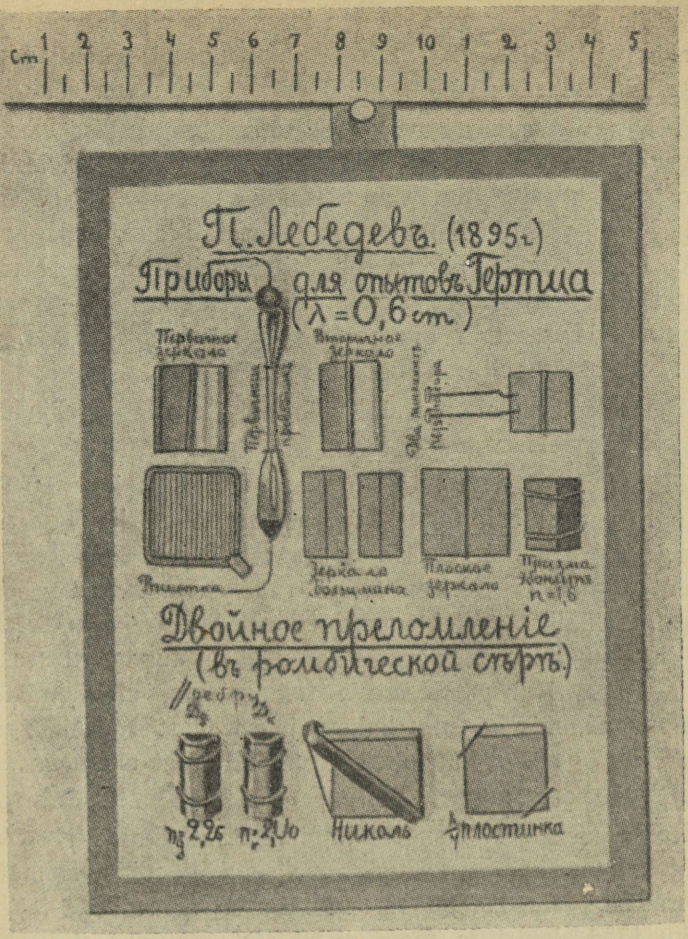
Nagu Maxwellgi, oletas Lebedev valguse elektromagnetilise loomuse alusel, et oleleb valguse s u r v e, ja seletas sellega komeedi sabade kõrvalekaldumist. Mitte ainult abstraktsete kaalutluste varal, vaid oma kuulsate otseste



Joon. 167. Pjotr Nikolajevitš Lebedev (1866—1912).

katsetega näitas Lebedev, et valguse surve on tegelikult tõesti olemas.

«Küsimust, millega ma tegelen juba kaua aega, armastan ma kõigest hingest. Mulle näib, et just nii armastavad vanemad oma lapsi,» kirjutas Pjotr Nikolajevitš, kui ta oli lõpetanud oma kuulsad uurimused valguse surve kohta.



Joon. 168. Lebedevi katseriistade kollektsioon.

Need hämmastavad katsed sundisid paljusid füüsikuid Maxwelli töid enam hindama. Tuntud inglise füüsik William Thomson, juteldes K. A. Timirjazeviga Lebedevi katsetest, ütles:

«Teie võib-olla teate, et ma kogu oma eluaja olin Maxwelliga sõjajalal, sest ma ei tunnustanud tema teooriat, aga teie Lebedev sundis mind oma katsete ees alistuma.»

Maxwelli esitatud valguse elektromagnetilise teooria õigsust tõestas Lebedev uue katsete seeriaga, millised ta teostas esimestel Moskvas töötamise aastatel. Tagajärjed olid harukordsed. Esmakordselt avastati elektromagnetilised lained, mille pikkus oli vaid 6 millimeetrit! Nendeks katseteks valmistas Lebedev, nagu alati, kõik vajalikud aparaadid omaenda kätega. Valmistatud aparaatide täpsus soodustas mitmeti katsete edu.

Paljud füüsikud pidasid võimatuks saada tegelikult nii lühikesi laineid.

Hertzi, Lodge'i ja teiste füüsikute katsetes kasutati 200-kilogrammilisi asfaltläätsi, üle pooletonnilise kaaluga prismasid ja kahemeetrilise läbimõõduga asfalt-«peegleid». Kõike seda oli raske valmistada ja rakendada. P. N. Lebedev kasutas lühikeste elektromagnetiliste lainetega katsetamisel aga nii väikesi aparaate, et neid oli tunduvalt raskem valmistada. Kui palju vaeva tuli raisata, et valmistada vibraatorit, mis koosnes kahest juuspeenest 1,3 millimeetri pikkusest plaatinatraadikesest, või ülitäpset eboniidist prismat, mis kaalus 2 grammi!

Rasketes majanduslikes tingimustes, ainult professor Stoletovi isaliku armastuse osalisena ja oma lähimatest sõpradest toetatuna jätkas P. N. Lebedev Moskvas teaduslikku tööd elektri ja magnetismi alal. Kahjuks ei kestnud need katsed ega ka Lebedevi tähelepanuväärne elu kaua.

Samal ajal tegi teine andekas vene füüsik A. S. Popov Kroonlinnas hiiglaraskustega võideldes kõik, et kasutada praktiliselt Hertzi kiiri traadita sidevahendina.

„Ei mingeid üksikasju".

Popov pööras peatähelepanu elektromagnetiliste lainete vastuvõtja täiendamisele. Tal tärkas suurepärane mõte asendada vastuvõtja ahelas kell Morse'i telegraafiaparaadiga.

Nende katsetega tegelesid Popov ja Rõbkin 1896. aasta veebruarikuu jooksul ja märtsikuu alguses. Nad saavutasid võimaluse traadita telegrafeerida juba umbes 200 meetri kaugusele.

Märtsikuu esimestel päevadel uute innukate katsete ajal sai Aleksandr Stepanovitš kirja. Temale teatati, et 12. märtsil 1896 peetakse järjekordne Vene Füüsika-Keemia Seltsi koosolek Peterburi ülikooli füüsikakabinetis. Sellel koosolekul kuulatakse A. S. Popovi ettekannet uutest seadistest Hertzi kiirte praktiliseks kasutamiseks.

See teade mitte ainult ei rõõmustanud, vaid kurvastas Popovi, sest miinikooli ülem oli talle keelanud kõnelda üksikasjaliselt oma tööst traadita telegraafi alal.

«Ei mingeid üksikasju! See on sõjaline saladus!» ütles viimane.

12. märtsil 1896 asusid Popov ja Rõbkin varavalgel oma aparaatidega Peterburi poole teele.

Neil tuli aparaadid demonstreerimiseks ettekande ajal korda seada. Saatja asetati ülikooli botaanikaaia taga asuvasse keemialaboratooriumi. Vastuvõtja otsustati paigutada otse füüsikakabinetti loengulauale. Koheereri ühe klemmiga ühendas Rõbkin traadi otsa, mille ta juhtis aknast ülikooli õuele ja kinnitas katusel oleva isolaatori külge.

Popov oli kogu päeva erutatud. Ta mõtles eelseisva ettekande mitu korda läbi ja närvitses kahel põhjusel. Esiteks

teadis ta, et teda on kuulamas tuntud õpetlased ja nende hulgas paljud tema õpetajad. Teiseks oli tal meeles oma ülemuse range hoiatus: «Sõjaline saladus! Ei mingeid üksikasju! Kõigest üldjoontes!»

Ja alles siis, kui seltsi esimees — hallipäine füüsika-professor F. F. Petruševski — ütles oma hariliku «algame», võttis Popov enda kätte ja vaatas hariliku lektoripilguga ebatavalisele kuulajaskonnale. Sel ajal istus Rõbkin ettekandest 250 meetri kaugusel olevas keemialaboratooriumis saatja juures ja ootas signaali ülekande alustamiseks.

Popovi ettekanne oli väga lühike. Lõpuks ütles ta:

«Mina leidsin niisuguse seadiste kombinatsiooni, mis annab võimaluse loenguil näitlikult demonstreerida Hertzi katseid. Esimese avaliku katse töötada nende aparaatidega teostangi praegu.

Meie ees laual on Hertzi kiirte vastuvõtja. Signaalide paremaks vastuvõtmiseks on vastuvõtjasse lülitatud Morse'i telegraafiaparaat. Ta teostab nende signaalide üleskirjutamist, mida minu assistent saadab siia keemialaboratooriumi ruumist. Tähelepanu!»

Aleksandr Stepanovitš andis koosoleku juhatajale lehekese Morse'i tähestikuga.

«Teie dešifreerige telegraafilindilt Morse'i märgid.»

«Ma kirjutan nad kriidiga tahvlile nii-öelda üldiseks nägemiseks,» pani Petruševski ette.

Tekkinud vaikuses kuulsid kõik mõne minuti pärast Morse'i telegraafiankru iseloomulikku tiksumist. Kitsas valge lint hakkas liikuma. Petruševski kummardus silmi teritades kogu kehaga vastuvõtja kohale.

«Neli punkti....» pomises Petruševski endamisi, otsides tabelist Morse'i märkidele vastavat tähte. «Käes!»

Ta astus tahvli juurde, kirjutas sellele suure H ja pöördus kohe uuesti aparaadi lindi juurde tagasi.

«Punkt. Ainult punkt. Kus ta siis on? Punkt . . . Näe kus!» Petruševski kirjutas esimese tähe juurde teise tähe — E.

Hämmastunult ja pinevalt jälgisid koosolekust osavõtjad toimuvat. Maailma esimese traadita telegraafi telegrafistil olid higipisarad näol, kui ta kirjutas tahvlile edasiantud kahe sõna viimast tähte.

«Heinrich Hertz! Heinrich Hertz!» lugesid kõik Popovi aparaadiga vastuvõetud kaht sõna.

Ja kui aparaadi tiksumine vaikis, tõusid kõik oma kohtadelt ning tervitasid püsti olles vaimustatult Aleksandr Stepanovitši. Petruševski surus südamlikult oma kuulsal õpilasel kätt ja unustas korravalve auditooriumis. Õpetlased kogunesid tiheda ringina harukordse aparaadi avastaja ümber.

«See ongi ju traadita telegraaf!» ütles seltsi sekretär A. L. Geršun.

«Võib-olla . . .» kostis Popov ebakindlalt ja astus sekretärile lähemale.

«Miks — võib-olla — Aleksandr Stepanovitš?»

«Tasem, Aleksandr Lvovitš! Palun teid täita üks minu palve.»

«Heameelega, Aleksandr Stepanovitš!»

«Kui koostate tänase koosoleku protokolli, kirjutage minu ettekande kohta nii, nagu ma siin olen märkinud.»

Geršun võttis Popovi käest lehekese ja luges selle läbi.

«A. S. Popov näitab seadiseid Hertzi katsete demonstreerimiseks loenguil.»

«Ma ei saa midagi aru! Miks nii kitsilt ning malbelt? Teie tahate varjata maailma eest käesoleva sajandi geniaalsemat leiutist?»

«Teie lubasite mulle, Aleksandr Lvovitš, ja ma loodan . . .»

Seltsi sekretär raputas arusaamatuses pead, kuid täitis oma lubaduse siiski. See pealesunnitud varjamine ja viivitus Popovi suure avastuse olemuse avaldamises tekitasid hiljem ebameeldivusi.

Vene õpetlastel tuli mitmete aastate jooksul raisata palju energiat, et tõestada Popovile kuuluvat esikohta traadita telegraafi — raadio avastajana.

46. peatükk.

Läbi takistuste.

Mai keskel sõitis Popov, nagu alati, Nižni-Novgorodi aastalaadale.

Päevad ja ööd kestvas pingsas töös ning askeldustes unustas ta kõik muu maailmas. Kuid uinudes ja ärgates keerles tema mõte ainult ühe küsimuse ümber:

«Kas antakse raha edaspidisteks katseteks?»

Aleksandr Stepanovitš ei kujutlenud, et laevastiku kõrge juhatus võiks mööda minna sellisest laevastikule nii tähtsast leiutisest, nagu on seda traadita telegraaf.

«Nähtavasti ei teata veel mereministeeriumis minu töödest. Tuleb oodata!»

Kord sügise algul, enne Kroonlinna tagasipöördumist sai Popov korraga kaks teda üllatavat teadet. Üks tema tuttavaist, kes oli sõitnud Nižni-Novgorodi ülevenemaalisele kunsti- ja tööstusenäitusele, teatas talle, et on keeldutud rahalisest toetusest tema katsetele. Keeldumise põhjust ta ei teadnud. Teiseks Popovi erutavaks teateks oli väike märkus sellest, et noor itaalia insener Guglielmo Marconi on avastanud traadita telegraafi.

Lööduna ning masendatuna naasis Popov aastalaadalt. Ta otsustas veel kord juhtida ajakirjanduse kaudu ülemuse

tähelepanu oma tähtsale leiutisele. Nii avaldaski ta Kroonlinna ajalehes «Kotlin» ühe ja seejärel veel teise artikli. Neis artikleis näitas Aleksandr Stepanovitš traadita telegraafi suurt tähtsust laevastikule.

Sõprade nõuandel otsustas Popov pöörduda ettekandega otse mereasjanduse tehnikakomitee ülema poole. Kirjeldades oma leiutise tähtsust ja tehnilist olemust, palus Popov määrata tuhat rubla aparaatide soetamiseks uute katsete jaoks vahetult laevadel. Komitee ülem admiral V. N. Verhovski pöördus raha andmise loa saamiseks mereministri poole. Lõppude lõpuks otsustas ülemus katseteks välja anda kolmsada rubla.

Sellest rahast ei jätkunud kaugeltki. Kuid Aleksandr Stepanovitš leidis ustavaid sõpru, kes aitasid teda raskel momendil.

Kroonlinna sõjasadama elektrotehnika-töökoja töölised austasid juba ammu miiniklasside lihtsat ja tagasihoidlikku õpetajat. Neil tuli sagedasti olla tunnistajaiks, kuidas Popov töökojas hõlpsasti lahendas laevade elektriga varustamise tähtsaid küsimusi siis, kui neid ei suutnud lahendada inseneerid-spetsialistid.

Aleksandr Stepanovitš tuli töökotta, jutustas töölistele oma leiutisest ja selgitas neile, missuguseid osasid ta vajab. Töölised Draikovski, Rudakov ja paljud teised nõustusid kõige kiiremas korras tasuta valmistama kõike vajalikku. Ükski tööline ei lahkunud töökojast pärast rasket, väsitavat päeva. Hulk õhtuid töötasid töölised pärast tööaega kuni hilise ööni, täites Aleksandr Stepanovitši tellimist.

Kui Popov pakkus töölistele töö eest sada rubla (raha oli Popovi ja Rõbkini palgast), keeldusid nad kaua seda vastu võtmast, hiljem võtsid nad selle aga siiski kavalalt naeratades vastu.

Järgmisel päeval, kui Aleksandr Stepanovitši polnud kodus, tulid Raissa Aleksejevna juurde mõned külalised.

«Kas teie olete Aleksandr Stepanovitš Popovi naine?»

«Jah, olen,» vastas imestunud Raissa Aleksejevna.

«Andke see pakk Aleksandr Stepanovitšile.» Üks tundmatuist pani toolile suure paki.

«Mis see on?» päris Raissa Aleksejevna ikka enam imestudes.

«Niisamuti üht-teist! Ühe sõnaga — elektritööliste võlg.»

Õhtul saabus Aleksandr Stepanovitš koju.

«Saša, elektritöölised tõid sulle võla tagasi,» ütles Raissa Aleksejevna.

«Mis see tähendab? Mis võla? Kas sadamatöökoja töölised? Sa naljatad! Just vastuoksa, ma ei tea, kuidas neile haruldastele inimestele tasuda.»

«Aga nemad tõid selle paki . . . »

Popov lõikas nööri läbi ja avas paki. Pakis oli kuus paari pesu, hea ülikond ja ühes püksitaskus ümbrik ülejäänud rahaga: kolmkümmend kolm rubla viiskümmend kopikat.

«Tahtsin neile suure ning pingutava töö tasuks anda ainult sada rubla, kuid nemad keelduvad sedagi natukest vastu võtmast.»

«Hea, kui kõrgeil ülemustel oleks pisutki sellest tähelepanust sinu leiutise vastu, mida avaldavad töölised!» ütles Raissa Aleksejevna.

* *
*

Saabus moment, millal Popov ainsa sõnaga oleks võinud saavutada vahendeid ja oma leiutise kiiresti lõpule viia. Teda kutsuti Ameerikasse, pakkudes talle leiutise lõpuleviimise eest ükskõik millist tasu.

Popovil tarvitses avaldada vaid nõusolekut ja temale oleks kohe saadetud reisukuludeks (ainult reisukuludeks!) muinasjutuline summa — kolmkümmend tuhat rubla. Ameerika kapitalistid mõistsid väga hästi Popovi leiutise täht-

sust. Nad kavatsesid organiseerida Ameerikas tugevat vastukaalu Inglismaal vastloodud «Marconi traadita telegraafide» seltsile».

Popov teadis, et paljud vene leidurid olid leidnud oma loovale tööle soodsad tingimused ainult välismaal. Kuid vene õpetlasena tahtis ta ikkagi veel uskuda, et teda abistatakse ka Venemaal. Temast kirjutati juba ajalehtedes. Teda paluti esineda ettekannetega teaduslikel nõupidamistel ja teaduslike seltside koosolekuil.

Aleksandr Stepanovitš keeldus Ameerika ettepanekut vastu võtmast. Kuid vaatamata Popovi tähtsa leiutise ümber tekkinud elavale mõtetevahetusele määrati 1898. aastal katseteks ainult viissada rubla, mis kulusid varsti.

Möödus aasta.

Vene sõjalaevastiku ehitamise hoogsa arendamise tõttu läks Popovil korda saavutada luba anda ühele Pariisi firmale tellimus oma traadita telegraafi aparaatide valmistamiseks. Selle ülesandega komandeeriti ta välismaale. Samal ajal jätkas Rõbkin Popovi juhtnööride järgi katseid traadita telegrafeerimisega merel ja saavutas märkimisväärseid tulemusi.

Rõbkin avastas võimaluse signaalide vastuvõtmiseks telefonitoru kaudu 45 kilomeetri kauguselt.

Siis kutsuti Popov telegraafi teel tagasi. Teda võtsid vastu Rõbkin ja veel üks traadita telegraafi entusiast — D. S. Troitski.

«Mu sõbrad, ma teadsin, et Pjotr Nikolajevitši telegrammi taga on midagi väga tähtsat ja loobusin oma sõidust Šveitsi. Usun, et elektromagnetilised lained ületavad rohkem kui nelikümmend viis kilomeetrit. Peame jätkama oma katseid käsi rüppe laskmata. Välismaal ma veendusin, et meie ei ole teistest maha jäänud, sugugi mitte maha jäänud.»

«Meie sammume ees, Aleksandr Stepanovitš! Nende peamine eelis on — raha.»

«Jah... Rahast ei näi neil kahju olevat,» ütles Popov kurvalt. «Võimalusi on neil palju. Võtame kas või Marconi...»

«Muuseas, kas teil läks korda tutvuda selle leiduri töödega või kuulda temast midagi uut?» katkestas Rõbkin oma õpetajat.

«Marconi töödest jutustasid mulle Saksamaal professorid Slaby ja Arco. Guglielmo Marconi on veel päris noor mees: ta on sündinud 1874. aastal. On elanud kogu aja Bologna lähedal isa mõisas.

Elektriala õppis ta Bologna ülikoolis professor Augusto Righi juures. See kuulus itaalia õpetlane tegeles Hertzi katsetega ja tal õnnestus konstrueerida vibraator elektromagnetiliste lainete tekitamiseks. 1895. aastal hakkas Marconi professor Righi loengute mõjul tundma suurt huvi elektromagnetiliste lainete vastu. Righi abistas oma õpilast paljude väärtuslike näpunäidetega. Oma katseid korraldas Marconi isa aias. Niipea kui noor leidur saavutas esimesi lootustandvaid tulemusi, asus ta kohe tegutsema. Oma inglannast ema nõuandel pakkis Marconi oma aparaadid hoolikalt kasti ja 1896. a. kevadel siirdus, soovituskiri taskus, Londonisse.»

«Mida tõi siis Marconi Londonisse kaasa?» küsis Rõbkin.

«Marconi varjas seda hoolega iga kõrvalise pilgu eest. Igal juhul olid kastis Righi vibraator ja Branly koheerer, see on kindel. Tänu oma ema tutvustele sattus Marconi Briti posti-telegraafiliidu peainseneri sir William Preece'i juurde, kes juba kaua aastaid oli tagajärjetult püüdnud lahendada traadita telegraafi küsimust. 2. juunil 1896. aastal, nagu teatab inglise ajakirjandus, sai Marconi patendi oma leiutisele . . .»

«Missugusele leiutisele?»

«Selle kohta ei ole midagi mõistlikku öeldud, ainult umbes nii: elektri impulsside ja signaalide edasiandmise võimalus ja aparaat selleks.»

Kui aasta pärast, 1897. aasta suvel, ilmus Marconi leiutise kirjeldus, juhtisid kõik tähelepanu kahele asjaolule.



Joon. 169. Pjotr Nikolajevitš Rõbkin.

Esiteks sellele, et Marconi skeem meenutab imestusväärselt minu piksemärkija skeemi, mis ilmus paljudes meie vene ajakirjades. Ja teiseks sellele, et Inglismaal oli tema leiutise elluviimiseks asutatud juba eriline Marconi kompanii tohutu kapitaliga. Ma ütleksin, et Marconi skeemi sar-

nasust minu omaga võib nähtavasti seletada asjaoluga, et siin ei olnud midagi erilist avastada. Igaüks, kes tõsiselt uuris Hertzi katseid, oleks võinud teha sedasama.»

«Te eksite, Aleksandr Stepanovitš!» katkestas Rõbkin haruldase ägedusega oma õpetajat. «Teie skeemid olid avaldatud hulga varem ja neist arvatavasti teati juba välismaal. Avastuste ajalugu ei tunne nii täpseid kokkusattumusi. Siin on midagi, mis ei klapi!»

«Igal juhul, mu sõbrad, ei saa salata Marconi suurt algatusvõimet. Möödunud aastal organiseeris ta huvitava katse anda laevalt kaldale teateid ajalehtede jaoks. Dublini ümbruses peeti iga-aastasi jahtide võidusõite. Marconi kasutas neid võistlusi ja tõstis sellega tugevasti oma aktsiaseltsi autoriteeti.. Traadita telegraaf varustas ajalehte kiirete teadetega võistluse käigust ja ajaleht, mis ilmus tohutu suures eksemplaride arvus, müüdi kõik läbi. Nii kahekordistas Marconi ühing oma kapitali. Käesoleva aasta märtsis saavutas Marconi, omades tohutuid rahalisi vahendeid ja suurt inseneride koosseisu, traadita telegraafiühenduse Inglismaa ja Prantsusmaa ranniku vahel, üle neljakümne-viie-kilomeetrilise vahemaa. Nüüd valmistub ta uuteks veel tähtsamateks katseteks. Oma töid teostab ta täielises saladuses ja nende tehnilistest üksikasjadest ei räägita kusagil midagi...»

«Ta tegutseb enam osava kaupmehena kui õpetlasena,» ütles Troitski.

Pärast mõneminutilist vaikimist elustus Popov ja lausus nagu midagi vastikut endalt maha raputades:

«Nüüd sooviksin ma põhjalikult teada teie viimaste katsete tulemusi.»

Hilisööni jutustasid Rõbkin ja Troitski talle oma töödest.

Mõne päeva pärast valmistas Aleksandr Stepanovitš

kaks uut tundlikku koheererit, milledega vastuvõtt telefonil muutus veelgi paremaks. Selles veendus Popov isiklikult, teostades side katsed aerodroomi ja õhkutõusnud aerostaadi vahel, samuti ka Kroonlinna ja Oranienbaumi vahel, mis asetsevad üksteisest 10 kilomeetri kaugusel.

Mingid takistused ei suutnud leiduri loovat vaimu murda.

Popov ületas julgesti takistused, mida totrad ning harimatud Venemaa valitsejad talle teele veeretasid...

47. peatükk.

Häire eetris.

Varsti juhtus sündmus, mis vapustas tsaari laevastiku peremehi, kes viie aasta jooksul ei märganud vene õpetlase tähtsat leiutist.

Oli 1899. aasta lõpp.

Kord kutsuti Popov ja Rõbkin ootamatult kiiresti miinikooli ülema juurde.

«Võin teid rõõmustada, härrased,» pöördus see tema juurde ilmunud õpetajate poole. «Teie töödest ollakse ministeeriumis huvitatud. Teil seisab ees viimane tõsine katse . . .»

Ta nihutas mingi paberi endale lähemale, osutas sellele ja jätkas väljakutsutuile otsa vaatamata:

«On juhtunud ränk ebameeldivus, härrased. Balti laevastiku vastehitatud parim soomuslaev sattus avariisse. Ma räägin soomuslaevast «Kindraladmiral Apraksin», mis 13. novembril väljus Kroonlinnast ümbermaailmasõidule.»

Popov ja Rõbkin teadsid, et sellest soomuslaevast räägiti kui tehnikaimest. Tema ehitus oli läinud maksma

mitu miljonit rubla. Niisuguse laeva avarii pole lihtsalt «ebameeldivus», vaid ülemaailmne skandaal!

Veel 14. novembril avaldasid kõik ajalehed uuest soomuslaevast kiitvaid artikleid ja vaimustatud arvamusi. Kogu maailmale oli teatatud selle laeva marsruut.

Millega võivad siin aidata Popov ja Rõbkin?

Ja seda küsimust nagu aimates jätkas miinikooli juhataja:

«Soomuslaev sattus Soome lahes Suursaare juures karile Ta istub tugevasti graniitrahul, olles seejuures saanud mõned tõsised vigastused. Soomuslaev tuleb karilt päästa enne kevadist jääminekut. Selleks peate teie, härrased, looma laevaga side traadita telegraafi kaudu. Selleks ekspeditsiooniks on assigneeritud kümme tuhat rubla.»

«Ei või olla!» hüüatas Rõbkin tahtmatult.

Sel hetkel ei taibanud Popov ja Rõbkin mereministeeriumi sellise ootamatu helduse põhjust. Tegelikult oli arvestus lihtne: side loomine Suursaare ja Kroonlinna vahel merealuse kaabli kaudu oleks läinud maksma viiskümmend tuhat kuni kuuskümmend tuhat rubla ja oleks võtnud väga palju aega.

Popov palus merekaarti, et saada kujutlust temale esitatud ülesande teostamise tingimustest.

«Vahemaa avarii asukohast lähema telegraafipunktini on nelikümmend versta,» ütles Popov ja vaatas küsivalt Rõbkinile.

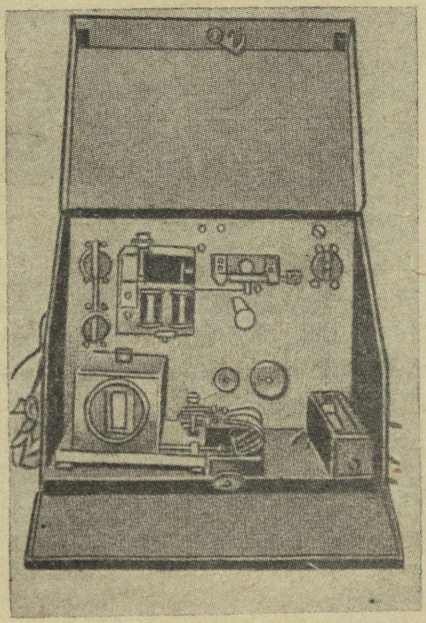
«Töötab ka neljakümne versta taha!» ütles Rõbkin veendunult ja lisas Popovi poole kummardudes sosinal:

«Kümme tuhat, see on summa, millest meie ei osanud undki näha! Me saame töötada parimate vahenditega.»

«Jah, teil on õigus, Pjotr Nikolajevitš! Tuleb tõestada traadita telegraafi abil teostatava side tähtsust . . .»

Teisel päeval saabusid Popov ja Rõbkin Peterburisse.

Siin leppisid nad oma töökava kohta kokku ekspeditsiooni juhatajaga kapten Zalevskiga. Otsustati jagada ekspeditsioon kahte gruppi. Üks neist, kuhu kuulusid Popov ja Troitski leitnant Remerti juhtimisel, ehitab traadita telegraafi jaama Kotka saarele Soome kalda ääres. Teine grupp, kuhu kuuluvad Zalevski ja Rõbkin, läheb Suursaarele.



Joon. 170. Üks esimesi Popovi valmistatud raadiovastuvõtjaid.

Kindlaksmääratud päevaks, 1. veebruariks 1900, oli Popovi jaam valmis.

Ka Suursaar oleks võinud tööd alata, kuid Zalevski keelas seda teha enne 10. veebruari. Rõbkinile pandi ette alata tööd just sel päeval tervitustelegrammi saatmisega suurvürstinna Ksenia Aleksandrovnale sünnipäeva puhul.

Tuli alistuda ekspeditsiooni juhi tahtele.

10. veebruarini oodanud, asus Rõbkin juba varahommikust aparaate reguleerima.

«Kõik on korras! Võib alustada saadet!»

Kohe ülekande alustamisel kuulis Rõbkin kuuldeklappides Kotka väljakutse signaali:

«Annab edasi Aleksandr Stepanovitš . . .»

Rõbkin lükkas kõrvale suurvürstinnale määratud tervituse ja haaras kuuldeklapid ning pliiatsi. Värinal püüdis ta iga eetrivõnget. Paberile ilmusid Morse'i tähestiku märgid.

Rõbkin võttis kuuldeklapid ära ja hakkas kiiruga märke tähtedeks muutma.

««Jermaki» komandörile. Lavansaare juures murdus lahti jääpank kaluritega. Andke abi . . .» Mereministri, admiral Avelani allkiri.

Unustanud tuisu ning pakase, sööstis Rõbkin ilma palituta uksest välja. Jaamamajakese juures seisid töölised ja madrused.

Inimesi nähes pöördus Rõbkin tahtmatult otse nende poole.

«Sõbrad! Õnnetus! Jääpank kaluritega on lahti murdunud. Nad ootavad «Jermakki» abiks. Võtsin vastu teate selle kohta . . .»

Sel hetkel kasvas nagu maa alt Rõbkini ette Zalevski kuju:

«Milles on asi? Kas tervitustelegramm on ära saadetud?»

Rõbkin ulatas vaikides paberi ja ütles:

«See on esimene vastuvõetud teade!»

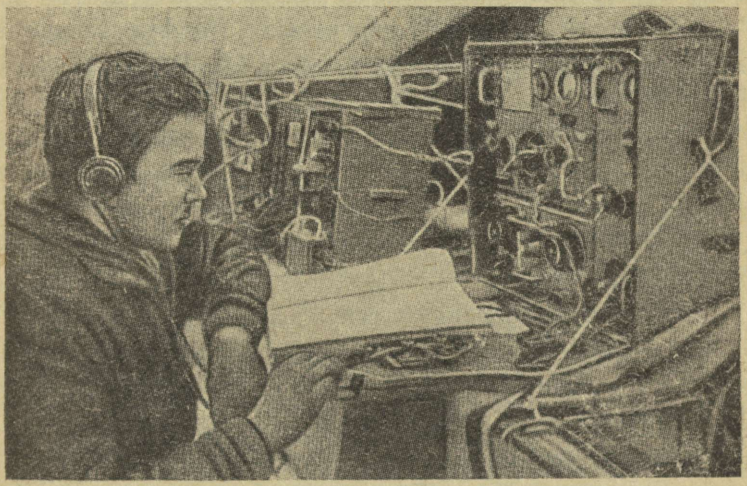
Mehed jälgisid teraselt Zalevskit. Mõistes seda vaadet ja arvestades teatel olevat allkirja, andis Zalevski siinsamas käsu «Jermaki» komandörile jäälõhkujaga mereleminekuks.

Õhtuks saabus «Jermak» tagasi kahekümne seitsme päästetud kaluriga.

Kalureist ei aimanud ükski, et nende tõeline päästja, suur leidur A. S. Popov, istus sellal nende saatuse pärast muret tundes Kotkas.

Rõbkin tahtis saata Kotkasse lühikese teate:

«Inimesed päästetud. Au Popovi leiutisele!»



Joon. 171. Imestusväärseid edusamme on teinud traadita side meie päevil. Fotol: Nõukogude Liidu Kangelane Ernst Teodorovitš Krenkel saadab triivivalt jääpangalt raadio teel tervitustelegrammi seltsimees Stalinile.

Kuid kapten Zalevski keelas seda teha.

Kotka ja Suursaar olid pidevas ühenduses Popovi traadita telegraafi abil. Seda ühendust kasutades juhtis laevastiku staap Kroonlinnast soomuslaeva remondi ja rahult vabastamise töid.

Sel ajal ei tuntud välismaal veel näidet sellisest regulaarsest traadita ühendusest üle nii kauge vahemaa ja pealegi vene talve raskeis tingimustes. Varsti hakkas vene leiduri ainulaadsetest saavutistest ilmuma teateid välismaa ajakirjanduses.

Hakkasid liigutama endid ka tsaari admiralid. Mereministeerium tunnistas kohustuslikuks traadita telegraafi sisseseadmise laevadel. Miinikoolis otsustati sisse seada raadiotelegraafi-õpetus. Tsaarivalitsus otsustas kiires korras tellida välismaalt vajalikud aparaadid traadita telegraafi jaoks ja sel eesmärgil komandeeriti A. S. Popov teiskordselt Pariisi.

1901. aasta suvel prooviti Mustal merel Popovi traadita telegraafi uusi konstruktsioone. Aleksandr Stepanovitš ei jäänud saavutatud eduga rahule ja jätkas jõudu ning tervist säästmata tööd oma leiutise kallal. Eriti palju täiendusi teostas ta vastuvõtja skeemis.

Elektromagnetiline laine levib kaugele. Et seda signaali kauge vahemaa tagant püüda, tuleb vastuvõtja ehitada nii, et ta oleks võimalikult tundlik. Selleks peab ta olema saatjaga resonantsis.

Meenutage üldtuntud katset kahe ühesuguse helihargiga. Kui panna üks neist helisema, siis hakkab helisema ka selle läheduses olev teine helihark. Seda nähtust nimetatakse resonantsiks.

Et muuta elektromagnetiliste lainete vastuvõtja võimalikult tundlikuks, võttis Popov tarvitusele seadise, mis koosnes paljudest traadikeerdudest — omainduktsioonpooli. Peale selle võttis ta kasutusele kondensaatori — mahu. Omainduktsioonpooli ja kondensaatori ühendamine antenniga muutis viimase elektrilisi omadusi. Kergete, pendli liikumist aitavate tõugetega võib panna pendli väga tugevasti võnkuma (mehhaanilise resonantsi nähtus); täpselt

samuti on see ka siin: vastuvõtja antenni saabuvad nõrgad lained peavad toimima nagu kerged tõuked pendlile. Oma-induktsiooni ja kondensaatori võnkeringis tekivad tugevamad ning avastamiseks kättesaadavad elektrilised võnked.

Sama 1901. aasta septembris määrati Aleksandr Stepanovitš Peterburi elektrotehnika-instituudi professoriks.

Popov oli valmis uskuma, et sellega avaldati temale suurt au ja lõpuks tunnustati tema teeneid. Tegelikult aga oli riigi raha riisuvail admiralidel vaja kõrvaldada Popov traadita telegraafi sisseseadmise tööde juhtimiselt laevastikus, et anda aparatuuri tellimine välismaale ja sellelt vahepealt teenida. Et neil kuritegelikel mahhinatsioonidel poleks kaasteadjaid, kõrvaldati ka Rõbkin leiutise juurest ja koormati teiste töödega.

48. peatükk.

Saladuste saladus.

Crookes'i tähtis avastus erutas ikka veel teadlasi. Väga paljudel oli raske nõustuda inglise füüsiku tõendustega katoodkiirte loomuse kohta.

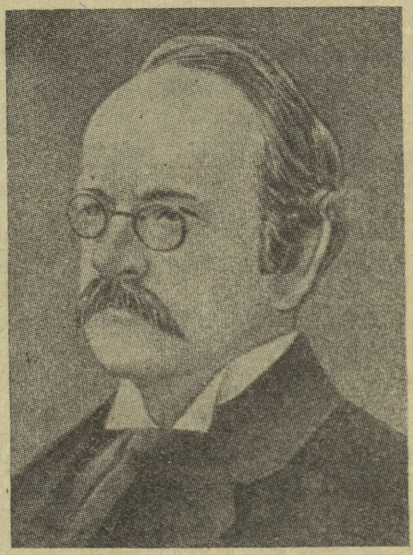
Cambridge'i ülikooli füüsikaprofessor ja kuulsa Cavendishi-nimelise füüsikalaboratooriumi direktor John Thomson ei avaldanud kaua aega selles küsimuses oma arvamust. Ta tegi seda alles siis, kui tal isiklike katsete põhjal osutus võimalikuks mitte ainult tõestada elektronide olemasolu fakti, vaid ka arvutada üksiku elektroni, selle väikseima negatiivse elektriosakese kaalu.

Ameerika füüsik Robert Millikan ja teised õpetlased selgitasid elektroni uusi tunnuseid. Oma teaduslikes artikleis avaldasid nad täpseid arve nähtamatu elektroni mõõtmeist.

Thomsoni ja Millikani uurimuste tulemusena õnnestus välja arvutada elektroni suurust ehk õigemini, veenduda selles, kui uskumatult väike on see elektriosake.

Selgus, et üks gramm sisaldab 10 miljardit triljoni elektroni. Seda elektronide hulka võib kujutada arvuga, milles on 27 nulli 10-ne järel:

10 000 000 000 000 000 000 000 000 000



Joon. 172. John Thomson (sünd. 1856).

Kui lükkida see hulk elektrone nagu arvelaua nupud traadile, siis saaksime 4000 miljoni kilomeetri pikkuse rea, mis vastab 26-le päikese ja maakera vahemaale. Iga millimeeter selles reas sisaldaks 2 500 miljardit elektroni!

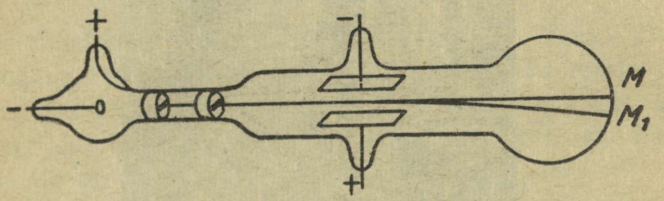
Nii väikesed on elektronid.

Need kuivad numbrid suure nullide arvuga tähendavad seda, et elektroni läbimõõt on tuhat korda väiksem mole-

kuli läbimõõdust, molekul ise aga on nii väike, et üks gramm harilikku soola sisaldab nii palju molekule, kui mitu veetilka on Balti meres. Elektron ise on kärbsest nii mitu korda kergem, kui mitu korda on üks veepiisk kergem kogu Vaikse ookeani veest!

Nüüd hakkasid õpetlased iga aine aatomile vaatama kui positiivsete ja negatiivsete elektriosakeste kogule.

Aatomi neutraalsus on tingitud sellest, et ta sisaldab kindla hulga negatiivseid osakesi — elektrone ja samasuguse hulga positiivseid osakesi. Kui aatomist eraldada üks või mõned elektronid, muutub ta positiivselt laetuks.



Joon. 173. Elektriväljas lendavate elektronide kimbu kõrvalekaldumise skeem. Kui elektrivälja ei ole, langevad kiired punkti M. Välja olemasolul langevad nad punkti M_1. Kallaku suuruse järgi arvestas Thomson välja elektronide laengu suuruse ja massi.

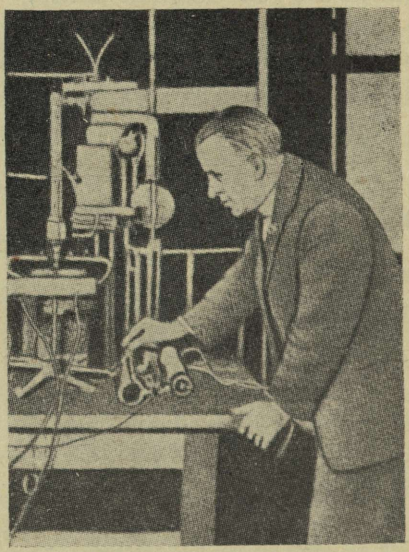
Mõned metalli aatomi elektronid võivad ühest aatomist teise «üle joosta». Neid nimetatakse vabadeks elektronideks.

Elektronide avastamisega sai võimalikuks seletada, mis on elektrivool. Nagu selgus, seisab kogu asi selles, et elektripinge mõjul, kui juhtme otsad on kinnitatud galvaani patarei või elektrimasina külge, hakkavad vabad elektronid metallides liikuma. Järelikult võib kogu seda mitmekesist ning imestusväärset tööd, mida teeb elektrivool, seletada väga lihtsalt — elektronide ümberpaiknemisega.

Elektrivoolu mõjul kuumenevad metalljuhtmed, sest vabad elektronid hakkavad kiiremini liikuma ja aatomitega

kokku põrgates sunnivad neid tugevamini võnkuma. (Aatomid võnguvad pidevalt.)

Ampère ei teadnud elektronidest midagi, kuid tema geniaalne vaist ütles talle magnetismi loomuse selgitamisel, et aatomeis on voolud. Nüüd on võimalik kindlasti ütelda, et need voolud tekivad elektronide katkestamatul ringlemisel aatomi tuuma ümber.



Joon. 174. Robert Millikan (sünd. 1868).

Mateeria elektrilises olemuses peitub looduse kõikide saladuste saladus! Tema on looduse suurima jõu — elektri — kõigi haruldaste nähtuste lahendus. Saavutatu oli alles lahenduse algus. Keegi ei võinud aimata, milliseid ootamatusi võib veel pakkuda teadus elektrist.

Juba oli saadud kindlaks teha, et röntgenikiirte tekkimise põhjuseks on samad elektronid. Selgus, et kujutle-

tamatult väikesed elektronid varjavad endis väga palju salapärasust. Mitte asjata ei öelnud kuulus füüsik William Thomson alati:

«Ütelge mulle, mis on elekter, ja ma seletan teile kõik ülejäänu!»

Varsti kõneldi elektronidest juba seoses teise suure avastusega...

49. peatükk.

Tuuma killud.

Esimesel märtsil 1896 avastas prantsuse füüsik Henri Becquerel (Antoine'i pojapoeg) uued kiired. Ta märkas, et keemilised ained, mille koostisse kuulub metall uraan, kiirgavad pidevalt erilisi, silmale nähtamatuid kiiri, mis tungivad läbi musta paberi ja mõjustavad fotoplaate.

Varsti veendus Becquerel, et tema poolt avastatud kiired, nagu röntgenikiiredki, läbivad puud ja isegi õhukesi metallikihte.

Ajakirjades avaldatud Becquerel'i katsete kirjeldused erutasid uuesti kõiki õpetlasi. Neist huvitus ka noor Pariisi füüsik, Poolast pärinev Marie Curie. Ta otsustas selgitada, kas leidub veel teisi aineid, mis võivad välja saata Becquerel'i kiiri.

Kahe aasta pärast (1898. aasta aprillis) avastas Marie Curie teise uraaniga sarnaneva aine. See oli väga haruldane metall — toorium. Kõik ained, mis sisaldavad tooriumi, avaldasid samasugust toimet nagu uraangi.

Marie Curie nimetas aineid, mis olid võimelised välja saatma Becquerel'i kiiri, r a d i o a k t i i v s e i k s.

Samal aastal tegi Marie Curie uue avastuse. Becquerel'i kiiri kiirgasid ka uraanimaagi tükid, mida saadi Tšehhi

linnakese Joachimsthali lähedalt. Kõige kummalisemaks osutus aga see, et uraanimaagi tükid kiirgasid palju suuremal hulgal Becquerel'i kiiri kui niisama suur hulk puhast uraani.

Koos oma mehe, Pariisi füüsiku Pierre Curie'ga oletas Marie Curie õigesti, et maagis leidub mingit uut ainet, mis on pealegi tõenäoliselt palju aktiivsem kui uraan.



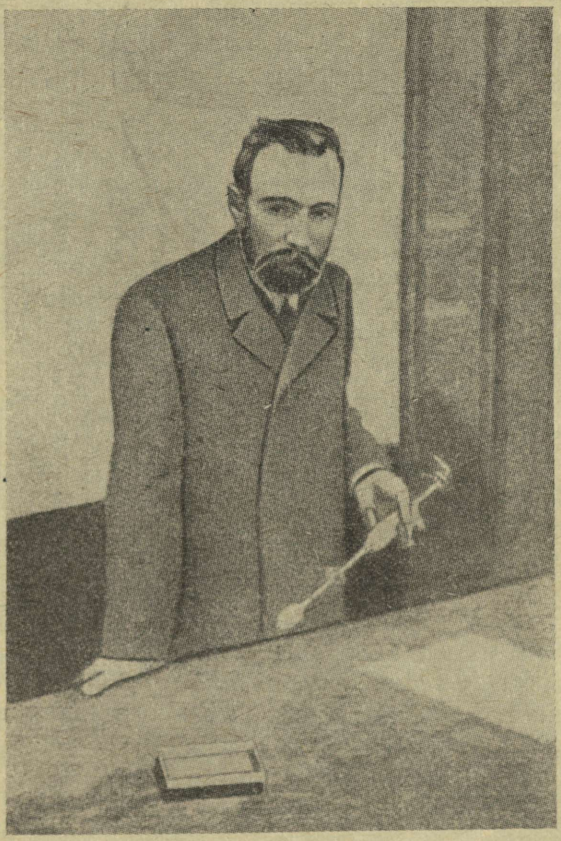
Joon. 175. Henri Becquerel (1852—1908).

Päevad ja ööd läbi vanas viletsas kuuris, halvasti varustatud laboratooriumis töötades tegid nad kindlaks, et selles tähelepanuväärses maagis leidub mitte üks, vaid isegi kaks tundmatut ainet.

Marie Curie tegi ettepaneku nimetada esimest neist tema kodumaa Poola auks «polooniumiks». Teise tundmatu aine nad nimetasid «raadiumiks», mis tähendab «kiirgav».

Polooniumi ja raadiumi saavutati preparaatide kujul, ühenduses teiste ainetega. Puhtal kujul ei läinud korda neid aineid saavutada nelja aasta jooksul — kuni 1902. aastani.

See oli piinavalt raske töö. Visad füüsikud töötasid läbi palju tonne maaki, enne kui nad said umbes 1 grammi raadiumi. Nende vaev polnud asjatu.



Joon. 176. Pierre Curie (1859—1906).

Raadiumipreparaat kiirgas peaaegu tuhat korda rohkem Becquerel'i kiiri kui uraan. Nagu röntgenikiired, panid ka

need nähtamatud kiired erilistele ekraanidele langedes need helendama.

Curie'd märkasid, et aine, mis sisaldab raadiumi, omab kõrgemat temperatuuri kui teda ümbritsevad esemed. Raadium nagu kiirgaks endast pidevalt soojusenergiat.

Varsti märgati veel teist kõiki hämmastavat nähtust. Kui juhtida raadiumikiiri inimese nahale, tekib sellele kohale põletushaavake.

Pierre Curie jutustas raadiumikiirte omapärasest toimest ühele Pariisi arstile, kes oletas, et raadiumikiiri võib rakendada mitte inimeste kahjustamiseks, vaid nende kasuks. Temal õnnestus tähele panna, et paljud nahahaigused (sammaspool, vähikasvajad ja teised) paranevad hästi raadiumikiirte mõjul. Raadiumikiired hävitasid pahaloomuste kasvajate rakke.

Kõik need raadiumikiirte imestusväärsed omadused sundisid kogu maailma füüsikuid pead murdma radioaktiivsete nähtuste olemuse üle. Varsti selgus, et radioaktiivsetest ainetest lendavad välja elektronid.

Tähendab, et radioaktiivsusnähtuste olemus — uued kiired — on ka elektrilised kiired.

Kuulus inglise füüsik Ernest Rutherford tõestas hiljem, et radioaktiivse kiirguse koostisse kuulub ka positiivse elektriga laetud osakeste vool. Ja lõpuks kolmas vool — röntgenikiired.

Igaüks neist kolmest kiirteliigist sai oma nimetuse. Positiivsete osakeste voolu hakati nimetama alfa-kiirteks. Negatiivselt laetud osakeste vool, elektronide vool sai nimeks beeta-kiired. Röntgenikiirgus nimetati gamma-kiirteks.

Õpetlased tunnistasid, et aatom ei ole igavene ning jagamatu. Radioaktiivsete ainete aatomid lagunevad pidevalt. Alfa- ja beeta-kiired osutuvad osakesteks, mis len-



Joon. 177. Marie Sklodowska-Curie (1867—1934).

davad välja radioaktiivsete ainete aatomite tuumadest nende spontaansel plahvatamisel. Need tuuma osakesed tõestasid, et mateeria enda loomus on elektriline.

Selgus, et elekter on mateeria alus; elekter on kõikjal! See oli kõige imestusväärsem: maailmas ei ole midagi, mis meid nii lähedalt ümbritseb ja on meile ühtlasi nii tundmatu!

Paljude maade õpetlased hakkasid elektrone hoolikalt uurima. Elektronide tundmaõppimine tekitas revolutsiooni raadiovastuvõtu ja -saate tehnikas: loodi imepärane elektronlamp — kõikide praegusaegsete raadioseadiste tuum.

50. peatükk.

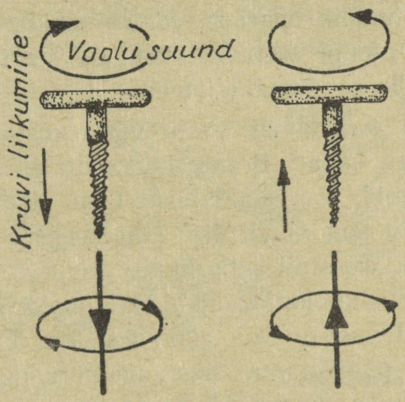
Lehekülg arhiivist.

Uue ajastu avas traadita telegraafi kui sidevahendi alal oma leiutisega kuulus inglise õpetlane, füüsik ja elektrotehnik John Fleming.

Kirglik huvi elektriasjanduse vastu ja soov tungida selle suure ning võimsa jõu saladustesse ilmnesid Flemingi juures juba õige varakult. 1877. aastal täitus noore füüsiku esimene südamesoov: ta asus töötama Cambridge'i laboratooriumi suure õpetlase James Maxwelli juurde. Siin nägi kahekümnekaheksa-aastane Fleming Maxwelli viimaseid kuulsaid katseid. Siin tegi Fleming Maxwelli juhtimisel ka oma esimesed teaduslikud tööd.

Kahele reeglile — Ampère'i poolt avastatud «ujuja reeglile» ja Maxwelli poolt avastatud «korgitõmbaja reeglile» — lisandusid kaks uut, nüüd juba kõigile tuntud Flemingi reeglit («parema ja vasaku käe reegel») magnetvälja voolusuuna ja magnetvälja mõjupiirkonnas oleva juhtme liikumise suuna määramiseks.

Fleming oli paljude aastate jooksul Nottinghami ja Londoni ülikooli füüsika- ja elektrotehnika-professoriks. Koos oma sõbra, kuulsa keemiku James Dewariga uuris Fleming kaua mitmesuguste ainete elektrilisi ja magnetilisi omadusi väga madalate temperatuuride juures. Nende huvitavate katsete tulemusena selgus, et metalljuhtmetes absoluutsele nullile (273° madalam jää sulamistemperatuurist) lähedase temperatuuri juures väheneb takistus elektrivoolule tunduvalt.



Joon. 178. „Korgitõmbaja reegel" (Maxwell). Kruvi liigub allapoole, kui teda keerata kella osuti liikumise suunas (vaatleja vaatepunktist, kes vaatab kruvi allaliikumise suunas). Samuti on suunatud ringvoolu poolt tekitatud magnetvoog.

Varsti pärast neid katseid sai Fleming kutse hakata «Marconi traadita telegraafi ühingu» teaduslikuks nõuandjaks.

Vaatamata oma eale asus Fleming viivitamatult noorusliku hooga tööle. Oma möödunud teadusliku töö kogemustest teadis ta, et küsimust õigesti üles seada tähendab teha esimene tähtis samm selle lahendamiseks.

Sädesaatjast kiirgav elektromagnetiline laine on kustuv. Kui tõugata pendlit (niidile riputatud raskust), siis jääb see peale mõnd võnget seisma. Sellesarnane nähtus võngetega esineb ka elektri vooluahelas: ahela takistus kaotab elektrivõnked. Saatja sädelaeng on samuti tõuge. Esimene tema poolt tekitatud võnge on kõige suurem, järgmised nõrgenevad pidevalt ja lõpuks vaibuvad (kustuvad).

Branly koheerer ei saa vastuvõtja antenni sattunud kustuvat lainet hästi vastu võtta. Branly «elektrisilm» kui mitte küllalt tundlik aparaat vastab ainult kõige tugevamale lainele antenni sattuvast võngete seeriast ja ei reageeri hilisemaile nõrgemaile laineile.

Et telefonis kuuldavalt vastu võtta kustuva laine kogu võngete seeriat, hakati Branly koheereri asemel kasutama kristalldetektoreid, s. o. aaldajaid. Tänu detektori omadusele lasta voolu läbi ainult ühes suunas (see mõnede kristallide omadus avastati juhuslikult) muutub vastuvõtjasse tulev vahelduvvool katkendlikuks, ühtepidi suunatud vooluks. Alaldatud vool on võimeline mõjuma telefoni elektromagnetile ja põhjustama tema membraanis võnkeid. Nii osutus võimalikuks kergesti teostada sädejaama poolt saadetavate Morse'i märkide vastuvõtmist telefonis.

Fleming proovis paljusid eri liiki kristalldetektoreid. Galeniidi, püriidi, karborundi ja teiste mineraalide kristallid avaldasid peaaegu ühesugust alaldavat toimet.

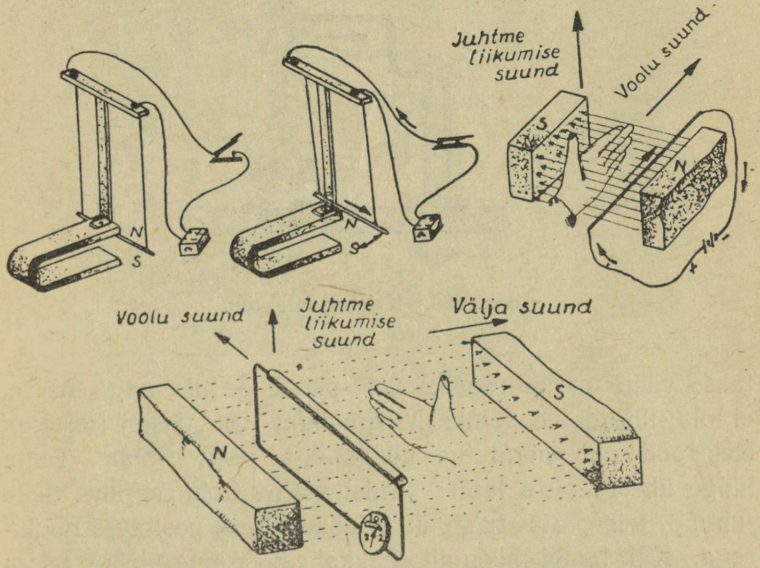
Kuid kristaldetektorid omasid üht suurt puudust: kulus palju aega detektori seadmiseks teatavale lainele, sest metallvedru teravik, mis suruti kontakti saamiseks vastu kristalli, nihkus juhuslike ning nähtavasti vältimatute tõugete puhul kergesti kohalt ära. Pealegi ei olnud kristalldetektor küllalt tundlik.

Kord kavatses Fleming teha järgmise katse. Ta võttis erilise anuma vedela õhuga. Seda anumat nimetati tema

avastaja järgi «Dewari pudeliks». Sellesse vedela õhuga täidetud nõusse kavatses ta asetada detektori, oletades, et kristall omandab madala temperatuuri mõjul suure voolujuhtivusvõime ja muutub seetõttu palju tundlikumaks.

Mingil põhjusel oma varasemate katsete arhiivi päevikuid lehitsedes leidis ta sealt väikese kortsunud lehe. Lehel oli huvitava katse kirjeldus, mille oli teinud suur ameerika leidur Thomas Edison juba 1883. aastal.

Ei Edison ega ka teised õpetlased ning leidurid ei osanud tollal selgitada sel!e «Edisoni efektiks» nimetatud huvitava katse olemust ja varsti vajus see unustusse.



Joon. 179. Flemingi kaks reeglit.

1. Magneti ja vooluga juhtme väljade vastastikusel mõjul hakkab juhe liikuma. Juhtme liikumise suunda saab kindlaks määrata „vasaku käe reegli" järgi (mootor).

2. Magnetväljas liikuvas ringikujulises juhtmes indutseeritud elektromotoorse jõu suunda saab kindlaks määrata „parema käe reegli" järgi (generaator).

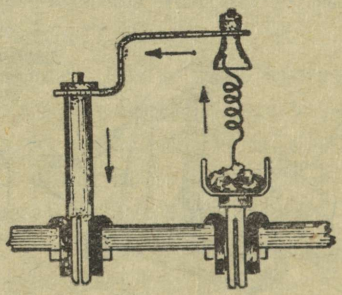
Juhuslikult kätte sattunud lehe sisuga tutvunud, kutsus Fleming ühe laborandi enda juurde.

«Tuleb kohe valmistada niisugune seadis,» ütles Fleming laborandile koltunud lehte ulatades.

«Mulle pole täiesti selge, mis siin on kujutatud.»

Fleming astus tahvli juurde ja joonistas sellele Edisoni katse skeemi.

«See on harilik elektrilambi pirn. Siin on galvaani patarei. Lambi hõõgniidi otsad on harilikul viisil ühendatud patarei positiivse ja negatiivse poolusega. Hõõgniidi kohale aseta-



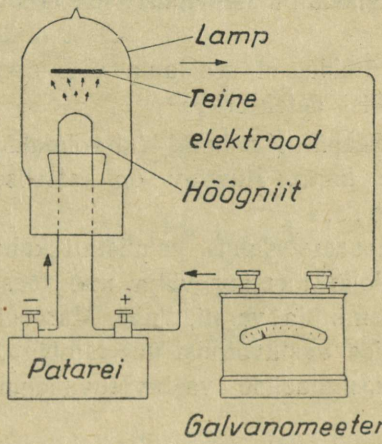
Joon. 180. Kristalldetektor.

takse väike metalltraadike või -plaadike, mis, nagu näete, ei ole ühendatud lambi hõõgniidiga; see täiesti iseseisev elektrood on paigutatud hõõgniidist pisut eemale. Tema külge ühendatakse lambi pirnist väljuv kolmas juhe. Selle juhtme teine ots tuleb ühendada patarei positiivse poolusega. Kui lambi hõõgniit hakkab hõõguma, tekib teises ahelas vool. See on kõik.»

Fleming ja laborant seisid vaikselt tahvli juures ja kumbki tegeles oma mõtetega.

«Ma seletan teile kõik,» ütles Fleming uuesti. «Voolust kuumendatuna kiirgab lambi hõõgniit endast elektrone. Kuid mis on elektronide vool? See on ju elektrivool! Järe-

likult — elektronide kiirgumine ongi Edisoni katses voolu tekkimise põhjuseks. Jälgime nüüd, kuhu lendavad kuumenenud hõõgniidist väljuvad elektronid. Osa suure kiirusega lendavaid elektrone jõuab teise elektroodini ja langeb külmale metallplaadile, mille ühendasime patarei positiivse poolusega. Kui see plaat oleks ühendatud negatiivse poolusega, ei näeks me ahelas voolu. Täiendav plaadike peab alati olema anoodiks, see tähendab — positiivselt laetud, kuna kuumenenud hõõgniit osutub alati katoodiks.»



Joon. 181. Seadeldise skeem, mille abil saab vaadelda „Edisoni efekti".

«Kas teile ei näi, et see katse meenutab katseid Crookes'i toruga?» küsis laborant. «Seal on samuti kaks elektroodi, anood ja katood. Katoodilt eralduvad elektronid, kuid Crookes'i torus ei ole vajadust kuumutada katoodi: ta kiirgab niigi hästi elektrone.»

«Te unustasite ühe väga tähtsa tingimuse: Crookes'i toru elektroodidega ühendatakse alati väga kõrge pinge. Kõrgepinge mõjul omandavad elektronid selle hiiglakiiruse, mis

võimaldab neil metalli pinnast välja tungida. Kuid siin, nagu näete, jätkub juba võrdlemisi väikesest pingest.»

«Milleks vajame seda seadist ja mil määral ta aitab paremustada raadiotelegraafi?» küsis laborant. Talle tundus, et Fleming kaldus oma otsese ülesande lahendamisest kõrvale.

«Me otsime tundlikumat detektorit. Kas teile ei tundu, et Edisoni poolt avastatud nähtust võib kasutada meie eesmärgi saavutamiseks? Niisugune kahe elektroodiga lamp on võimeline alaldama antennist tulevaid kõrgesagedusvoolusid.»

«Kas tahate ütelda, et see lamp võib asendada kristall- või ükskõik millist detektorit?»

«Nimelt nii! Seepärast palungi teid võimalikult kiiresti valmistada selline lamp. Huvitav on katseliselt kontrollida, mis sellest tuleb . . . »

Sellal, kui laboratooriumis valmistati kahe elektroodiga lampi, töötas John Fleming välja uue traadita telegraafi vastuvõtja skeemi. Ja varsti, juba Marconi juuresolekul, teostati signaalide vastuvõtmist uue lambiga. Kõik veendusid selle raadiosignaalide vastuvõtuvahendi suures paremuses.

1904. aasta novembris patenteeris Fleming oma leiutise.

«Õnnitlen teid suure võidu puhul!» ütles Marconi õpetlase poole pöördudes.

«Tänan teid, kuid ma ei loe oma tööd lõpetatuks. Mul on põhjust loota veel paremaid tagajärgi,» vastas Fleming.

«Seda on väga rõõmustav kuulda. Siiski tuleb teil kaasa aidata selle leiutise praktiliseks teostamiseks ja alles hiljem jätkata edaspidiseid uuringuid. Te olete unustanud, et me esijoones oleme äriline ettevõte . . . »

See teade ei meeldinud Flemingile sugugi. Tal oli soov edasi minna värskeid jälgi mööda. Leiutatud lamp osutus

väga tundlikuks seadiseks, kuid oli vaja leida tingimused, milledes tundlikkus tõuseks veelgi. Tuli leida vahend elektronide voolu suurendamiseks lambis. See võis Flemingi arvates anda veel suuremat jõudu telefoni mõjutamiseks, mis tähendaks kuuldavuse tõusu ja signaalide vastuvõtmise kauguse suurenemist. Siiski ei vaielnud õpetlane Marconile vastu, sest tal oli raske loobuda avaratest teadusliku töö võimalustest, töövahendeist, laboratooriumidest ja abilistest.

Oma leiutist kirjeldas Fleming ühes inglise teaduslikus ajakirjas avaldatud artiklis. Loomulikult ei jäänud see artikkel tähele panemata . . .

51. peatükk.

Vajalik lisand.

Üks näiliselt lihtne lisand Flemingi lambile tõstis selle tähelepanuväärse aparaadi omadusi korraga ülisuurel määral.

Flemingi katoodlamp (seda nimetati ka elektronlambiks) mainitud täiendusega osutus kõige paremaks detektoriks ja oli ühtlasi vastuvõtjasse saabuvate signaalide võimendaja.

Püsiva töö ja mitmeaastaste uurimuste tulemusena andis selle täienduse ameerika insener Lee de Forest.

Esimesed teadmised elektrist omandas de Forest lapsena. Koos oma sõpradega ehitas ta mitmesuguste raamatute järgi elektriseadiseid, masinaid, galvaani elemente ja isegi elektriahju prügi põletamiseks.

Chicago gümnaasiumis võlusid de Forestit sümfooniline muusika ja Byroni värsid, kuid kahekümnekuue-aastasena astus ta elektrotehnika-firma «Western Electric» teenistusse.

Siin tundis Lee de Forest esmakordselt oma turjal kapitalistliku orjuse ränkust.

«Töötan nagu neeger kella seitsmest hommikul kuni kella veerand kuueni õhtul. Pärast pikka tööpäeva olen jõuetuseni väsinud,» kirjutas ta omastele.

Sellele vaatamata külastas Lee de Forest igal õhtul raamatukogu ja uuris innuga Ampère'i, Faraday ja Hertzi töid.

1900. aastal teostas de Forest esmakordselt katseid traadita telegraafi alal. Kõigest isiklikust loobudes ostis ta instrumente ja materjale. Vajalikud aparaadid valmistas ta ise.

Lee de Forest otsis lihtsat ja stabiilset detektorit. Ta teostas sadu katseid. Midagi ei libisenud tema tähelepanu eest kõrvale.

Kaheks lõigatud stanniolleheke, mille mõlemaid pooli ühendab veetilgake, on kasutatav detektorina!

Kaks alumiiniumpulgakest ja neile asetatud harilik õmblusnõel on samuti kasutatavad detektorina.

Kuid de Forest mõistis väga hästi, et need on väga puudulikud detektorid.

Kord lõikas de Forest antenni juhtme läbi ja ühendas otsad metallplaatidega, jättes viimaste vahele väikese vahemaa. Siis koostas ta telefonist ja patareist ahela. Selle ahela otsad ühendas ta antenni juhtme külge ühele ja teisele poole metallplaate.

Telefoni kuuldetorud kõrvadele asetanud, tegi de Forest järgmise katse.

Kui plaate Bunseni gaasilambi leegis tugevasti kuumutada, muutuvad raadiojaama poolt saadetavad signaalid telefonis hästi kuuldavaks; kui aga plaadid jahtuvad, kaob kuuldavus.

Lee de Forest teostas ka teise katse. Jättes kõik endiselt, kuumutas ta tugevasti ainult alumist, patarei negatiivse

pooluse külge ühendatud plaati. Seejuures märkas ta, et signaalide kuuldavus veelgi tunduvalt paranes.

Lee de Forest aimas juba tumedalt selle nähtuse põhjusi. Flemingi artiklit lugedes sai talle kõik korraga selgeks.

«Ka siin avalduvad elektronid,» mõtles Lee de Forest.

Kui ta kuumutas üht plaati, hakkasid elektronid kiiresti teisele — külmale plaadile liikuma. Vool, mis polnud miski



Joon. 182. Lee de Forest (sünd. 1873).

muu kui elektronide liikumine, kulges ainult selles suunas. Seepärast ei olnud ka põhjust imestuda, et see riist osutus detektoriks.

Lee de Forest valmistas Flemingi lambi ja hakkas sellega tegema mitmesuguseid katseid. Lampi läbiva voolu täpseid mõõtmisi teostades selgus, et lamp laseb läbi väga väikese osa voolu ka vastassuunas — anoodilt hõõgniidile.

«Vaja asetada lampi veel kolmas elektrood!» lahendas de Forest ülesande.

«Kui lambi hõõgniidi ja anoodi vahele asetada veel kolmas elektrood,» arutas de Forest, «ei kõrvalda see mitte ainult olulist puudust, vaid annab lambile veel uue väga tähtsa omaduse — võimendada voolu. Et mitte takistada elektronide voolu anoodile, tuleb see kolmas elektrood valmistada traatvõrgu- või võretaoline. Ühendades antenni selle võrgu külge, saab sellega võrgule vahelduvalt positiivseid või negatiivseid laenguid. Sellest muutub järsult elektronide vool hõõgniidilt anoodile. Võrk hakkab reguleerima elektronide voolu, täielises kooskõlas vooluga, mille tekitavad antenni läbivad lained.»

Neist tulemustest teatas de Forest oma kaaslastele. Nende heakskiitmisel esitas ta oma leiutise kirjelduse Ameerika patendibüroole.

Ent patendibüroo talitas nii, nagu see on viisiks kõigil kapitalismi teenistuses olevail organisatsioonidel. De Forestile ei öeldud ära, kuid patenti talle ka ei antud. Sellise taktika tagamõtteks oli viivitada patendi andmisega.

Patendi määramine Lee de Forestile venis kümmekond aastat. Oivalise kolme elektroodiga lambi leiutaja kaitses oma õigusi mehiselt. Kuid ta osutus jõuetuks kapitalismi hundiseaduse vastu. Kohtuotsus avaldati lõpuks 1916. aastal. Patent määrati «Marconi traadita telegraafi ühingu raadiospetsialistile professor Flemingile . . .»

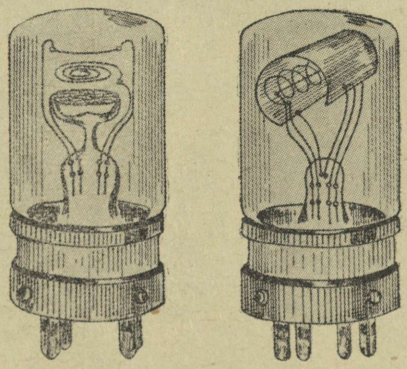
Lee de Foresti kolme elektroodiga lamp, olles tähtsaimaks avastuseks raadio alal, jäi patenditülide tõttu Euroopas kauaks ajaks tundmatuks.

1911. aastal leiutas selle lambi uuesti õpetlane Robert Lieben, kes seda samuti kasutas nii detektorina kui ka võimendajana.

Liebeni ja teiste õpetlaste katsed näitasid, et kolme elektroodiga lampi võib võrdse eduga kasutada nii vastuvõtuantennis tekitatavate vahelduvate kõrgesagedusvoolude

võimendajana kui ka telefonisse juhitavate juba alaldatud voolude (madalsagedusvoolude) võimendajana.

1913. a. jaanuaris avastas insener Alexander Meissner, et kolme elektroodiga lamp osutub ka parimaks elektromagnetiliste kõrgesagedusvõngete generaatoriks. Meissneri tähelepanuväärne avastus sundis kõiki raadiotehnikuid lõplikult loobuma kohmakaist, keerukaist ja kalleist kõrgesagedusmasinaist. Imepärane elektronlamp sai igasuguste raadioseadiste tuumaks.



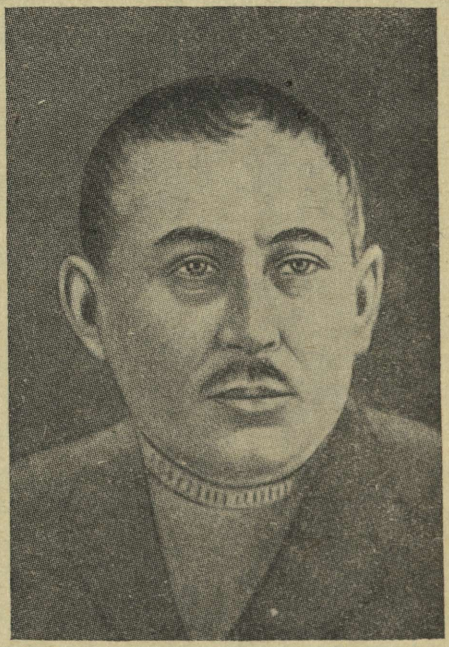
Joon. 183. Esimesed elektronlambid Lee de Foresti võrega.

Esimesed aastad pärast Meissneri leiutist, seoses Esimese Imperialistliku Maailmasõja puhkemisega, varjati hoolega kolme elektroodiga lambi võimet olla elektromagnetiliste võngete generaatoriks. Kapitalism rakendas selle ja teised tähelepanuväärsed leiutised elektri alal sõja veristeks otstarveteks.

* *
*

Silmapaistev vene insener-raadiotehnik Mihhail Aleksandrovitš Bontš-Brujevitš (1888—1940) töötas Venemaal

välja ja ehitas esimesed elektronlambid 1914. aastal. Pärast Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni huvitus tema töödest V. I. Lenin. Tänu Vladimir Iljitši võrratule hoolitsusele ja abile organiseeris M. A. Bontš-Brujevitš nõukogude raadio-teateteenistuse, saate «Ajaleht paberita ja



Joon. 184. Mihhail Aleksandrovitš Bontš-Brujevitš.

kaugusteta». Oma teaduslikkude uurimustega pani ta aluse nõukogude raadiotehnikale.

Popovi leiutisele sai meie maal osaks maailmas seninägematu arendamine. Juba 1922. aasta 17. oktoobril anti Moskvast Liitude majast esimene raadiokontsert Euroopas,

mille võtsid vastu nii NSV Liidu kui ka välismaa raadioharrastajad.

Tänu seltsimees Stalini väsimatule hoolitsusele ja abile tegutses meie maal enne Isamaasõda üle saja tugevajõulise raadiosaatejaama, mis olid kuuldavad ka kõige kaugemais maailmanurkades, meil korraldati regulaarseid raadiokaugnägemis-saateid ja oli loodud võimas raadiotööstus.

52. peatükk.

Pommitajate kool.

«Aatomi tuum» — neid kaht sõna, mis avasid teaduse ajaloos uue epohhi, tarvitas esimesena kuulus inglise õpetlane Ernest Rutherford.

Rutherfordi elu möödus kolmes maailmajaos. Ta sündis väikeses külakeses ühel Uus-Meremaa saartest. Rutherfordi vanemad, vaesed talupojad, pingutasid viimast jõudu, et oma maatükikesest väikest linasaaki välja pigistada. Selle kehva loodusanniga tuli toita mitu suud. Pärast Ernestit (arvult neljas) sündis veel kaheksa venda ja õde. Pere kasvas kiiresti, sissetulekud aga ei suurenenud.

Kaheksateistkümne-aastase noorukina lõpetas Ernest keskkooli. Temale määrati Christchurch'i linnakese ülikooli stipendium.

Just ülikooliaastail hakkas Ernest Rutherford tegelema maailma igavese mõistatuse — mateeria ehitusega.

Kord 1891. aastal tegi Rutherford oma seltsimeestele, üliõpilaste teadusliku ringi liikmeile, ettepaneku võtta arutusele tema ettekanne «Mateeria evolutsioon».

Ettepanek võeti vastu. Saabus ettekandepäev. Koosolekule ilmusid kõik ringi liikmed ja suur hulk külalisi. Vae-

valt oli Rutherford oma ettekande lõpetanud, kui saalis puhkes suur müra. Ükski koosolekul viibinud õpetajaist ei tahtnud nõustuda ettekandja järeldustega.

Ebameeldivuste vältimiseks oli Rutherford sunnitud vabandama auväärse koosoleku ees oma «ebatõepäraste» väidete pärast. Kuid tema teadvuse sügavuses küpses edasi mõte, mis oli võimeline teadust revolutsioneerima, mõte aatomite jagunemisest ja neid moodustavate osakeste ühetaolisusest.

Kolme aasta pärast (1894. aastal) lõpetas Rutherford hiilgavalt ülikooli. Teda autasustati stipendiumiga, mis võimaldas tal mõne aja tagasihoidlikult elada. Saatus oli noorele õpetlasele armuline. Ta sattus Inglismaale, Cambridge'i, ja pühendas end kuulsas Henry Cavendish'i nimelises laboratooriumis teaduslikule tööle. Siin tegi Rutherford kuulsa füüsiku John Thomsoni juhatusel oma esimesed teaduslikud tööd.

Neil aastail juhtus teadusmaailmas sündmus, mis määras Rutherfordi elusihi.

Oli 1896. aasta. Henri Becquerel avastas radioaktiivsusnähtuse. Rutherford tundis, et just siin leiab ta kinnitust oma ülikooliaegsele «ebaõnnestunud» ettekandele mateeria evolutsioonist.

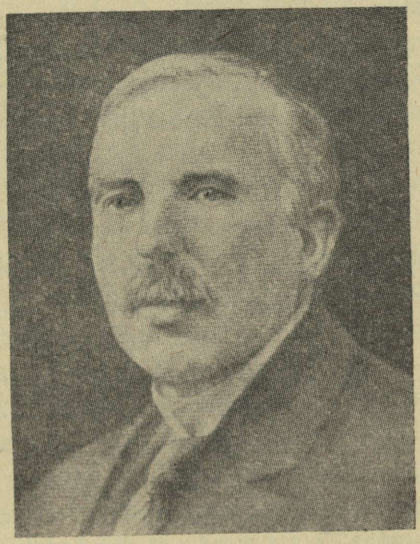
«Tuleb üksinduda ja olla kaugel kõigist teaduslikest autoriteetidest, et uurida radioaktiivsust ilma eelarvamusteta,» otsustas Rutherford.

Sel eesmärgil võttis ta meeleldi vastu Kanadas asuva Montreali ülikooli ettepaneku tulla füüsikakateedri professoriks.

Nii leidis Rutherford end juba kolmandas maailmajaos — Ameerikas.

Kuue aasta pärast, 1903. aastal, avaldas Rutherford koos oma õpilase ja sõbra, keemik F. Soddy'ga radioaktiiv-

sel lagunemisel tekkinud elementide uurimise tagajärjed. Need said kogu maailma hämmastava teooria aluseks, mis hiilgavalt kinnitas oletust aatomite jagunemisest. Rutherford ja Soddy nägid aatomeis hiiglasuurte elektritungidega seotud elektriosakeste kogumikke.



Joon. 185. Ernest Rutherford (1871—1937).

Ernest Rutherford tunnistati uuema füüsika geeniuseks. Ta valiti ühel häälel Inglise Kuningliku Seltsi liikmeks.

Mõne aasta pärast lahkus Rutherford Montrealist, pöördus tagasi Inglismaale ja asus Manchesteri ülikooli füüsikakateedri professoriks. Varsti tegi ta siin töö, mis tõi tema nimele surematuse: 1909. aastal avastas Rutherford Manchesteri ülikooli laboratooriumis aatomi tuuma olemasolu.

Juba 1903. aastal Montreal'is tegi Rutherford kindlaks, et Bequerel'i avastatud kiired koosnevad kolmest osast. Esimene, alfa-kiirte kimp huvitas Rutherfordi eriti. (Alfa-kiirte kimp kujutab endast positiivselt laetud elektriosakeste voolu.)

Alfa-osakeste mitmeaastase uurimise tagajärjel õnnestus Rutherfordil erilisel viisil välja arvutada, kui palju alfa-osakesi kiirgab 1 gramm raadiumi ühes sekundis. Siis määras ta kindlaks iga alfa-osakese laengu, leides, et see võrdub elektroni kahekordse laenguga. Siis arvutas Rutherford välja iga alfa-osakese kaalu, mis osutus neli korda raskemaks vesiniku aatomi kaalust.

Võrreldes lendavaid alfa-osakesi raadiumi kiirguse teise osa, nii-nimetatud beeta-osakestega, osutusid esimesed rasketeks «suurekaliibrilisteks» laenguteks.

Järgneva kolme aasta jooksul uuris Rutherford hoolikalt alfa-osakeste teisi omadusi. 1906. aastal tegi ta kindlaks, et kui kimp alfa-kiiri läbib pilu ja langeb fotoplaadile, siis seile pinna ääred, kuhu kiired langevad, valguvad laiali.

«Nähtavasti põrkavad alfa-osakesed kokku õhu aatomitega ja kalduvad seetõttu oma sirgjoonelisest liikumisest kõrvale,» otsustas Rutherford. «Sellepärast vist toimubki alfa-osakeste hajumine.»

Oma kaastöölistele Geigerile ja Marsdenile tegi Rutherford ülesandeks uurida alfa-kiirte hajumist kimbu läbimisel kindlatest kehadest, näiteks mitmesugusest metallist lehekestest.

Geiger ja Marsden jälgisid sajad korrad, kuidas kitsas alfa-kiirte kimp läbis õhukest ühest või teisest metallist lehekest ja langes tsinksulfiidiga kaetud ekraanile. Kui metall-lehekest ei kasutatud, ilmus alfa-osakeste löökide toimel helendava seguga kaetud ekraanile väike teravapiirdeline helendav täpp; kui aga alfa-osakeste voolu teele

asetati metall-leheke, valgus helendav täpp laiali ja tema ääred muutusid ebaselgeks. Kõik need katsed tõestasid uuesti, et esineb alfa-osakeste hajumine nende kokkupuutel õhu või metalli aatomitega.

Kord tegid Geiger ja Marsden selle katse uuesti. Juhuslikult asetasid nad helendava ekraani mitte metall-lehekese taha, vaid põigiti ette, nii et kiirte allikast tulevad alfa-osakesed ei saanud ekraanile sattuda.

Rutherfordi abilised märkasid imestusega, et sellisest asetusest hoolimata ilmusid ekraanile vahete-vahel valgusevälgatused.

Rutherfordi nõuandel avaldasid Marsden ja Geiger oma tähelepanekud.

Kuid kõigist füüsikuist esimesena selgitas Rutherford oma abiliste poolt märgatud nähtuse. Seletus ulatus kaugele üle tavalise avastuse piiride.

«Alfa-osake kannab positiivset elektrilaengut,» seletas Rutherford. «Et sundida teda tagasi põrkama, peab temale mõjuma erakorraliselt tugev elektri- või magnetväli. Need väljad nähtavasti olelevad aatomeis. Nad on koondatud mingisse väga väikesesse ruumi aatomis ja seepärast tõenäoliselt ei satu sinna mitte kõik alfa-osakesed. Tundub, et aatom ise ei näe nii välja, nagu meie teda seni kujutlesime. Minu arvates koosneb aatom väikesest südamikust ja seda ümbritsevatest osakestest. Aatomi südamikku, kuhu on koondunud harukordselt tugevajõulised elektriväljad, ei suuda alfa-osakesed tungida. Kuid aatomi ülejäänud osa läbivad nad väga tihti. Järelikult omab aatom südamikku ehk tuuma! See tuum tõukab positiivseid alfa-osakesi tagasi. Järelikult peab ta olema laetud positiivselt.»

Rutherford koos oma andekate õpilaste ja pooldajatega pommitasid ja ründasid elektriliste «mürskudega» mitmesuguste ainete aatomite tuumi. Neid katseid, mis tõotasid

palju uut ja ootamatut, tehti kõigis maades. Ja tõesti, aja jooksul läks korda teha tähtis avastus, mis veel enam selgitas mateeria ehitust.

Peaaegu kõik mateeria uute koostusosade tähtsamad avastused tehti Rutherfordi õpilaste poolt samas Cambridge'i laboratooriumis.

1932. aastal avastas üks Rutherfordi andekamaid õpilasi, John Chadwick, n e u t r o n i d — mateeria neutraalsed osakesed, mis kuuluvad aatomi tuuma koosseisu. Nende osakeste olemasolu aimas Rutherford juba kaheteistkümne aasta vältel. Peaaegu samaaegselt avastas neutroni ka abielupaar Curie-Joliot.

1933. aastal avastasid Rutherfordi õpilased Blackett ja Occhialini p o s i t r o n i — positiivse elektroni. See mateeria osake omab elektroniga võrdset massi ja niisama suurt, kuid positiivset elektrilaengut.

1934. aastal süvendasid Rutherfordi õpilased elementide aatomite lagunemise nähtuste uurimist. Selle tulemusena leiutati k u n s t l i k u radioaktiivsuse tekitamise võimalus elementides.

31. jaanuaril 1934 kuulati Pariisi Teaduste Akadeemias Curie ja Joliot' ettekannet nende poolt loodud uutest radioaktiivsetest elementidest: radiolämmastikust, radiosiliitsiumist ja radiofosforist.

Selgus, et kunstlik radioaktiivsus tekib mõnedes ainetes nende pommitamisel alfa-osakestega, prootonite ja neutronitega. Seejuures saadakse ebakindel tuum, mis ruttu laguneb.

1939. aastal avastas füüsik Hahn, et uraani tuumade pommitamisel neutronitega toimub seal uute neutronite eraldumine, mis omakorda pommitavad uraani aatomite tuumi, purustavad neid ja nii uuesti tekitavad neutroneid. See protsess toimub nagu laviin, iseenesest. Seejuures

vabaneb väga suur hulk energiat. Niisugune on suurepärane energia aatomikas «uraan 235», millele peavad jahti kogu maailma füüsikud.

6. augustil 1945 rabas välguna kogu maailma erakordne sõnum aatomienergia kasutamisele võtmisest fašistliku koletise hävitamiseks Ida-Aasias.

Sel päeval heideti fašistliku Jaapani linnale — Hirosimale esimene aatomipomm, mille toime on nähtavasti rajatud hiiglasuure aatomisisese energia äkilisele vabanemisele ime-elemendis «uraan 235». Plahvatus võrdus 20 miljoni kilogrammi dünamiidi plahvatusega.

Ent teade aatomipommi purustuste tohutust ulatusest ei äratanud rõõmujuubeldusi. Imeväärse pommi loojad, paljud Ernest Rutherfordi õpilased ja võitluskaaslased, kes nägid ette aatomi siseenergia kasutamise suurt tähtsust, olid mures muu pärast.

Teaduse eesmärgiks pole hävitamine, vaid loomine, looduse võimsamate ürgjõudude alistamine inimkonna kasuks, aga mitte tema hävitamiseks.

1945. aastal taipas kogu maailm, et aatomi siseenergia vabastamise meetodid toovad inimkonnale ajaloos enneнägematu tehnilise revolutsiooni — uue energeetilise ajastu alguse. Selle noorima ja tähtsaima teaduse edus omavad nõukogude õpetlaste saavutused suurt osa.

Iga-aastastel üleliidulistel teaduslikel konverentsidel tehakse kokkuvõtteid nõukogude õpetlaste — aatomituuma pommitajate imetlusväärsete tööde tulemustest. Need tööd pälvivad lugupidamist kogu maailmas.

* *
*

19. oktoobril 1937 ei olnud Rutherfordi laual enam aparaate ega uute uurimuste päevikuid. Seal olid vaid hunnikud ärevaid telegramme kõigist maakera osadest.

Neli päeva võitles kuulsa füüsiku tugev organism edutult surmaga. Alles hiljuti kohtasid Cambridge'i elanikud teda sageli tänavail, nägid tema haruldaselt lahket nägu, lõbusaid ning väljendusrikkaid siniseid silmi, kuulsid tema tugevat häält ja lõbusat, nakatavat naeru. Kogu Cambridge tundis hästi seda tüsedavõitu, üle keskmist kasvu meest.

Tundus võimatuna, et niisugusest inimesest võiks haigus jagu saada. Cambridge'i ärevust jagasid London, Oxford, kogu maa ja kogu maailma füüsikud. Vene akadeemikud Kapitsa ja Papaleksi muretsesid Rutherfordi elu pärast kauges Moskvas ja Leningradis. Nende muret jagasid suure Nõukogudemaa tuhanded õpetlased, maa, kus teadus ei tunne oma loovale õitsengule tõkkeid ega piire.

Oma sõbra tervisliku seisukorra järele pärisid Pariisist füüsik Langevin, Rutherfordi noored sõbrad — abielupaar Irène Curie ja Frédéric Joliot. Taanist saabusid telegrammid Nils Bohr'ilt, Ameerikast — Albert Einsteinilt ja Robert Millikanilt. Saabus järelepärimisi Inglismaa ja paljude teiste maade akadeemiailt ning teaduslikelt seltsidelt.

Eriti masendavalt mõjusid Rutherfordi haigus ja surm tema rohkearvulistele õpilastele Cambridge'is.

Tekkisid ikka keerukamad teaduslikud probleemid, kuid Rutherfordi andekail õpilasil ei olnud enam geniaalset õpetajat.

Raske oli harjuda sellega, et inimese süda, kes oli avastanud aatomituuma, oli lakanud tuksumast.

Rutherfordi surmapäev kuulutati Inglismaal rahvuslikuks leinapäevaks. Ent Rutherfordi kaotuse kurbus oli kogu maailma rahvaste kurbuseks.

Urn Rutherfordi põrmuga müüriti Westminster Abbey'sse Newtoni ja Faraday haua kõrvale. Kuid Rutherfordi tõelisteks mälestusmärkideks said uued avastused aatomituuma alal. Suure panuse andsid siin ka nõukogude füüsikud.

Enne Isamaasõda töötas Ukraina füüsika-tehnika instituudis võimas generaator aatomituumade pommitamiseks ja purustamiseks. Generaator kiirgas erakordselt kiireid elektrone, energiaga kümneid miljoneid elektron-volte. Loodi uus võimas «kahur» aatomituumade pommitamiseks. See nõukogude tsüklotron on üks suurimaid maailmas.



Joon. 186. Akadeemik Pjotr Leonidovitš Kapitsa.

Nõukogude valitsuse erimäärusega 28. detsembrist 1934 asutati Moskvasse NSV Liidu Teaduste Akadeemia Füüsikaprobleemide Instituut. Selle juhatajaks määrati Ernest Rutherfordi parim õpilane ja tema suur sõber, silmapaistev vene füüsik, akadeemik, Sotsialistliku Töö Kangelane Pjotr Leonidovitš Kapitsa.

Rutherford võttis ise elavalt osa instituudi varustamisest uusimate masinate ja seadistega. Tema eestkostmisel toodi Inglismaalt seadis tugevate magnetväljade uurimiseks.

Akadeemik Kapitsa jätkas uues nõukogude instituudis juba Inglismaal alatud töid tugevate magnetväljade, heeliumi vedeldamise ja teiste uurimuste alal.

Silmapaistvate teaduslike saavutuste eest autasustati akadeemik Kapitsat NSV Liidu Valitsuse poolt Lenini ordeniga, Inglise Teaduste Akadeemia poolt — Faraday medaliga ja Ameerika akadeemia poolt — suure Franklini medaliga.

Nõukogude füüsikud omandavad hoolikalt mateeria elektrilise ehituse saladusi.

53. peatükk.

Meie jõud.

Kes ei tunneks Lenini tarku sõnu: «Kommunism — see on nõukogude võim pluss kogu maa elektrifitseerimine.»

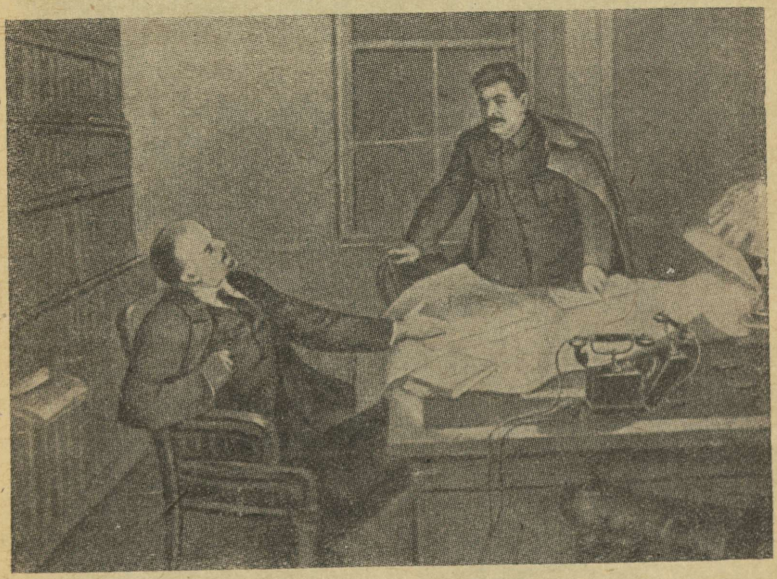
Elektrifitseerimine tähendab kogu maa majanduse viimist uuele elektrotehnilisele baasile.

Elektrifitseerimise plaani koostamist ja meie varem viletsa ning mahajäänud maa elektrifitseerimise teostamist juhtisid Lenin ja Stalin.

Juba ammu enne Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni pidas Lenin elektrit kaasaegse tehnika aluseks ja, nagu Marxki, juhtis tähelepanu elektri revolutsioonilisele osale tootmises.

Lenin lähtus elektrienergia kui kõrgema ja üldise energiavormi kujutlusest, tema tohutuist eeliseist kõigi teiste energialiikidega võrreldes ja võimalikult laialdasest rakendamisest töös ja igapäevases elus

Lenin õpetas, et meie maa elektrifitseerimise teostamisel on peaeesmärgiks kõigi rahvamajandusharude tehniline ümberkorraldamine üldisele elektri kasutamise baasile: suurte elektrijaamade ehitamine, mis varustaksid energiaga terveid rajoone, ja nende jaamade töölerakendamine kohalikul (madalama kvaliteediga) kütteainel; veejõu laialdane kasutamine ja hüdroelektrijaamade asutamine, kõrgepinge-

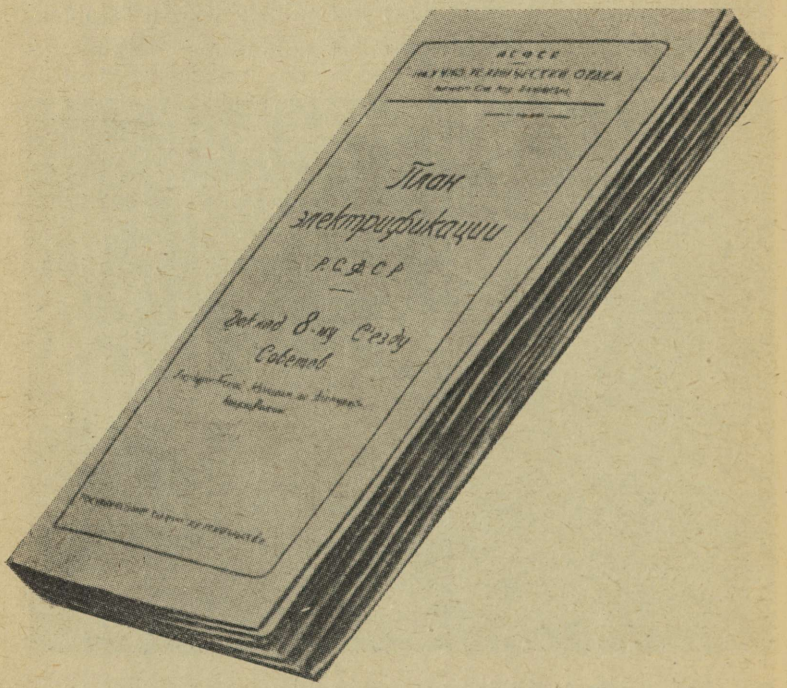


Joon. 187. Lenin ja Stalin arutavad Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaani. (Kunstnik Andrejevi maali järgi.)

liinide ehitamine üksikute elektrijaamade ja energiasüsteemide ühendamiseks; elektrienergeetilise majanduse ühtlane paigutamine üle kogu maa territooriumi.

Need leninliku-stalinliku elektrifitseerimisõpetuse põhilised teesid on aluseks meie kodumaa elektrifitseerimise plaani teostamisel.

Juba Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsiooni esimestest päevadest peale pühendasid Lenin ja Stalin erilist tähelepanu elektrifitseerimisele. Kuid kodusõda lükkas selle tähtsa küsimuse praktilise lahendamise edasi kuni 1920. aastani.



Joon. 188. „VNFSV elektrifitseerimise plaan".

1920. a. veebruaris tõmmati Lenini algatusel maa esimese suure elektrifitseerimise plaani koostamisele kaasa 200 parimat Nõukogude Venemaa õpetlast ja spetsialisti-energeetikut. Sel otstarbel loodi eriline Venemaa Elektrifitseerimise Riiklik Komisjon.

Peaaegu aasta töötasid Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni insenerid rasketes sõjajärgse laostumise ja nälja tingimustes Venemaa elektrifitseerimise plaani koostamisel.

22. detsembril 1920. a. selgitas Lenin VIII Üleliidulisel Nõukogude Kongressil üksikasjaliselt elektrifitseerimisplaani erakorraliselt suurt tähtsust.

See oli esimene ühtne plaan kogu Nõukogudemaa rahvamajanduse tõstmiseks ning arendamiseks uue tehnika — elektri ja elektrifitseerimise baasil.

Lenin pidas Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaani «partei teiseks programmiks».

Kõrge hinnangu Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaanile andis seltsimees Stalin oma kirjas Leninile, näidates, et see on «meisterlik kavand tõeliselt ühtsele ja tõeliselt riiklikule majandusplaanile».

Et taastada meie maa sõja ajal purustatud majandust, üles ehitada ja laiendada seda uuel tehnilisel baasil, nägi Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaan ette ehitada 10—15 aasta jooksul 30 suurt elektrijaama koguvõimsusega 1 750 000 kilovatti, sealhulgas 21 soojusjõul (kivisöel, turbal, põlevkivil, gaasil) töötavat ja 9 hüdroelektrijaama, mis kasutaksid meie jõgede — Volhovi, Sviri, Volga, Dnepri jt. veejõudu.

Sel ajal oli meie maal ainult 9 enam-vähem suuremat elektrijaama, kusjuures neist pooled ei töötanud kütte puudusel. Elektriseadmeid valmistavaid tehaseid meie maa ei omanud.

Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaan 1920. a. osutus tõepoolest suurejooneliseks ettevõtteks.

VIII Üleliiduline Nõukogude Kongress võttis elektrifitseerimise plaani kohta vastu otsuse, milles oli märgitud:

Kongress avaldab tänu Venemaa Elektrifitseerimise Komisjonile Venemaa elektrifitseerimise plaani väljatöötamise eest. ... Kongress väljendab kindlat usku, et kõik nõukogude asutused, kõik nõukogud, kõik töölised ja töötavad talupojad rakendavad kogu oma jõu ja ei peatu ühegi ohvri ees, et teostada Venemaa elektrifitseerimise plaani vaatamata takistustele iga hinna eest."

Ja takistusi oli küllaltki.

Selle plaani teostamiseks oli vaja tohutul määral vahendeid. Kust pidi Nõukogudemaa võtma peaaegu miljard kuldrubla, 6 miljonit tünni tsementi, 150 miljonit telliskivi, 8 miljonit puuda rauda, 2,5 miljonit puuda vaske, 2 miljonit portselanisolaatorit, masinaid ja keerulist elektrotehnilist varustust?

Kuid ei vahendite puudus, ei 14 kapitalistliku riigi armeede kallaletung noorele vabariigile ega sisemiste vaenlaste rünnakud ei suutnud murda maa tahet.

Lenin, Stalin ja bolševike partei innustasid kogu nõukogude rahvast võitma neid erakorralisi raskusi, mis takistasid suure elektrifitseerimisplaani teostamist.

Veel Lenini eluajal hakkasid töötama ajutine Šatura elektrijaam turvasküttel, Kašira elektrijaam Moskva-lähedase söe küttel ja Petrogradi elektrijaam «Krasnõi Oktjabr» turvasküttel; alustati ka teiste Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaanis märgitud võimsate elektrijaamade ehitamist.

1924. a. suri Lenin. Stalini suu läbi andis nõukogude rahvas tõotuse täita kõik Lenini käsud ja ta on pidanud seda tõotust.

Nii ilma Leninita seltsimees Stalini juhtimisel leninlikku teed minnes on kangelaslik nõukogude rahvas märgitud tähtajaks täitnud Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni plaani ja ületanud selle peaaegu kolmekordselt.

1935. aasta lõpuks töötas meie maal 147 suurt elektrijaama võimsusega 7 miljonit kilovatti, sealhulgas Kizeli (süsiküttel) ja Jegoršino (turvasküttel) elektrijaam Uuralis, Gorki (turvasküttel) ja Šterovskaja (süsiküttel) — Donbassis. 1926. a. hakkas töötama esimene rajooni hüdro-



Joon. 189. Seltsimees Stalin Rioni hüdroelektrijaamas. (Kunstnik Toidze maali järgi.)

elektrijaam, Lenini-nimeline Volhovi hüdroelektrijaam, mille ehitamise eest Vladimir Iljitš isiklikult palju hoolitses.

Kolm võimsat elektrijaama hakkasid tööle 1929. a. Need on Šahtõ ja Severodonetsi jaam Donbassis ning Groznõi jaam.

Järgneval aastal rakendati tööle neli võimsat elektrijaama: Saraatovi, Stalingradi, Tšeljabinski ja Ivanovo jaam. 1931. a. hakkas tööle Krasnodari elektrijaam.

1932. a. oli suursündmuseks Lenini-nimelise Dnepri hüdroelektrijaama ja Zujevka elektrijaama käikulaskmine Donbassis. Hakkas tööle üks suuremaid soojusküttel töötavaid elektrijaamu Liidus — Stalinogorski jaam, mis tarvitab Moskva-lähedast sütt, hüdroelektrijaamadest — Nižni-Sviri jaam, jaam Kesk-Aasias (Taškendi lähedal), Taga-Kaukaasias jt.

Odava elektrienergia baasil asusid tööle võimsad alumiiniumi- ja metallurgiakombinaadid ja -tehased, keemiatööstused, masinaehitus-, kergetööstus- ja teised vastehitatud tööstusettevõtted.

Nõukogudemaa muutus elektrimaaks.

Naeruväärt on isegi võrrelda seda, mida omas energeetika alal tsaari-Venemaa, sellega, mida nõukogude rahvas on loonud Lenini-Stalini partei juhtimisel.

Ja tõepoolest:

Juba 1940. aastal tootsid NSV Liidu elektrijaamad 48 miljardit kilovatt-tundi elektrienergiat. 1913. aastal aga tootsid kogu tsaari-Venemaa elektrijaamad vaevalt 2 miljardit kilovatt-tundi.

Elektrienergia tootmiselt asus revolutsioonieelne Venemaa maailmas viieteistkümnendal kohal. Alates 1935. aastast aga asub Nõukogude Liit juba kolmandal kohal.

Nüüd võime uhkusega korrata seltsimees Stalini sõnu:

«Elektrienergia tootmise suhtes asusime kõige viimasel kohal. Nüüd oleme aga nihkunud ühele esimestest kohtadest.»

Elektrifitseerimine sai kogu Nõukogudemaa mitmekülgse tööstusliku tootmise kõigi harude aluseks.

Võimas mustmetallurgia, traktori- ja autotööstus, töömasinate ehitus, põllumajanduslike masinate, keemiasaaduste, lennukite tootmine ja paljud muud tööstusharud on meil loodud stalinlike viisaastakute jooksul.

Iga aastaga võetakse elekter ka põllumajanduslikus tootmises üha laialdasemalt tarvitusele. Elektrienergiat vajatakse põllumajanduslike saaduste ümbertöötamiseks, looma-, linnu- ja juurviljakasvatuses, kuivade põldude niisutamiseks ja paljudeks muudeks ko'hoosnike elutarbelisteks ja kultuurilisteks vajadusteks.

Vladimir Iljitš Lenin ütles:

«Kui Venemaa kattub tiheda elektrijaamade ja võimsate tehniliste seadeldiste võrguga, siis muutub meie kommunistlik majandus eeskujuks tulevasele sotsialistlikule Euroopale ja Aasiale.»

Suure Lenini-Stalini partei tahtel on Nõukogudemaa seltsimees Stalini juhtimisel kattunud tiheda kõrgepingeliinide võrguga elektriülekandeks ja kümnete uute võimsate elektrijaamadega.

Nõukogudemaad katavad juba kümned tuhanded kilomeetrid elektriülekandeliine, pingega 22 tuhandest voldist kuni 220 tuhande voldini. 1913. a. aga oli tsaari-Venemaal kõigest 325 kilomeetrit elektriülekandeliine ja kõrgeim pinge oli 70 000 volti.

Seltsimees Stalini algatusel areneb meie maal iga aastaga ikka rohkem kaugküte. Soojusküttega elektrijaamades toodetakse üheaegselt elektri- ja soojusenergiat.

Ainult Moskvas on praegu sajad suured ehitised Moskva elektrijaamade soojusenergia (kuum vesi) küttel; kümned ettevõtted saavad sealt peale selle neile tootmiseks vajaliku auru või kuuma vee. Kaugkütte puhul muutuvad majades ja ettevõtetes tarbetuks tuhanded väikesed keskkütte-katlad. See annab ülisuurt kokkuhoidu kuludes ja kütteaines, muutes ka linna õhu tervislikumaks.

Kaugkütte edu näitajatelt asub NSV Liit maailmas esikohal.

Sada aastat tagasi, tsarismi süngeil päevil, kirjutas suur vene kirjanik Vissarion Grigorjevitš Belinski oma kodumaa kaunist tulevikust unistades:

«Kadestame oma lapselapsi ja nende lapsi, kellele on antud näha Venemaad 1940. aastal haritud maailma eesotsas seisvana, teadusele ja kunstile seadusi andvana ja kogu haritud inimkonna sügava lugupidamise osalisena.»

V. G. Belinski unistus on saanud tõeks.

Oleme uhked oma kodumaa edule. Elekter, nagu ka kõik teisedki kahekümnenda sajandi teaduse ja tehnika saavutised, on meil rakendatud töötajate teenistusse, et teha nende elu rõõmsaks ja kergendada nende tööd.

Meie maa leninlik-stalinlik elektrifitseerimine jätkab edukat arengut. Meie elektrienergia ressursid on ammutamatud. Juba üksnes meie jõed omavad 280 miljoni kilovati võimsust — see ületab kogu Ameerika elektrijaamade võimsuse 1944. aastal enam kui viiekordselt.

Meie elektrienergiajaamade võrk on nüüd sõna otseses mõttes paisatud üle kogu NSV Liidu — «Soome külmadest kaljudest kuni lõõmava Kolhiseni», Uuralist kuni Altaini, hõlmates subtroopilised oblastid, uuesti elustades ja rajades tugeva energeetilise baasi kõigis vennalikes rahvusvabariikides.

Nõukogude energeetikud kindlustasid kogu sõjatööstuse pideva varustamise elektriga, et toota fašistliku Saksamaa ja Jaapani vastu peetava Isamaasõja aastail Punaarmeele lahinguvarustust. See oli suur panus võidu heaks.

Nõukogudemaa energeetikud on edukalt taastanud kümneid hitlerlike röövvallutajate poolt Isamaasõja aastail metsikult purustatud elektrijaamu Ukrainas, Valge-Venes, Krimmis, Baltimaades, Karjalas, Leningradi ja Muurmani

oblastis. Samaaegselt toimus kogu elektrimajanduse uuendamine kõrgemal tehnilisel baasil.

Järgnevast näeme, kui kõrgelt seltsimees Stalin hindas Isamaasõja aastail nõukogude elektrijaamade ehitajaid.

Tšeljabinsk.

Soojuselektrijaama ehitajaile.

Õnnitlen Tšeljabinski soojuselektrijaama ehitajaid ja montööre võimsa, 100-tuhande-kilovatilise turbogeneraatori monteerimise lõpetamise ja kuuenda katla tööle rakendamise puhul.

Elektrijõujaamade võimsuse pideva suurendamisega kindlustavad nõukogude energeetikud kasvava sõjatööstuse häireteta tööd.

Partei ja valitsus hindavad kõrgelt Teie ennastsalgavat tööd ning abi tööstusele ja vahvale Punaarmeele saksa anastajate purustamisel.

Avaldan kindlat veendumust, et Teie ka edaspidi oma kangelasliku tööga ja kõigi jõudude rakendamisega kindlustate energia võimsuse edaspidist kasvu, mis annab võimaluse pidevalt suurendada maa tootvaid jõude kiiremaks ja lõplikuks saksa fašistlike anastajate purustamiseks.

J. Stalin.

Donbass, Zujevka.

Õnnitlen Zujevka elektrijaama töötajaid töövõidu puhul — 50-tuhande-kilovatilise turbiini ja kahe katla käikulaskmisel.

Elektrijaamade kiireim taastamine Donbassis ja teistes saksa fašistlike metslaste poolt purustatud ja nüüd vabastatud rajoonides on nõukogude energeetikute püha kohus.

Avaldan kindlat veendumust, et Teie ka edaspidi oma kangelasliku tööga ja kõigi jõudude rakendamisega kindlustate energia võimsuse kiireima taastamise, mis võimaldab ka taastada meie armsa kivisöe-metallurgia Donbassi lühima aja jooksul.

Soovin Teile Teie töös edaspidist edu.

J. Stalin.

Kizburun-Baksani hüdroelektrijaam.

Õnnitlen Baksani hüdroelektrijaama ehitajaid ja montööre hüdrotehniliste seadeldiste eduka taastamise ja esimese hüdroturbiini käikulaskmise puhul.

Oma eeskujuliku tööga Teie tõestasite, et saksa fašistlike metslaste poolt purustatud elektrijaamade taastamise rasket ülesannet saab lahendada lühikese ajaga.

Soovin Teile Teie töös edaspidist edu.

J. Stalin.

Isegi sõjaaja rasketes tingimustes toimus meie maal edukalt kümnete uute elektrijaamade ehitamine.

Usbekistani rahvas astus võitlusse Ferghana rajooni elektrifitseerimise eest ja ehitas kogu sõja aja kangelaslikult Farhadskaja hüdroelektrijaama; mitu jaama ehitati põhjas, Uuralis, Armeenias ja Usbekistanis.

Meie kodumaa pealinn Moskva ehitas maailma parima metroo kolmanda liini, mis lasti käiku 19. jaanuaril 1944. a.

Metroo kui parima elektertranspordivahendi ehitajate ennastsalgavat tööd hindas seltsimees Stalin kõrgelt.

Moskva allmaaraudtee kolmanda liini ehitajate kollektiivile.

Õnnitlen Lenini ordenikandja Moskva „Metrostroi" töölisi, naistöölisi ja tehnilisi töötajaid Moskva allmaaraudtee kolmanda liini eduka lõpetamise puhul sõjaaja raskeis tingimustes.

Allmaaraudtee ehitamine sõjaaja tingimustes omab mitte ainult majanduslikku ja kultuurilist, vaid ka sõjalist tähtsust. Partei ja valitsus hindavad kõrgelt metrooehitajate ennastsalgavat tööd.

Avaldan kindlat veendumust, et metrooehitajad ka edaspidi oma kangelasliku tööga ja jõudude rakendamisega kindlustavad Riikliku Kaitsekomitee ülesannete täitmise Moskva allmaaraudtee neljanda liini ehitamisel.

Soovin „Metrostroi" kollektiivile töös edaspidist edu.

J. Stalin.

Need on ainult üksikud näited meie maa leninlikust-stalinlikust elektrifitseerimisest Isamaasõja aastail.

Nõukogude rahvas armastab elektrit nagu oma sõpra ja abilist.

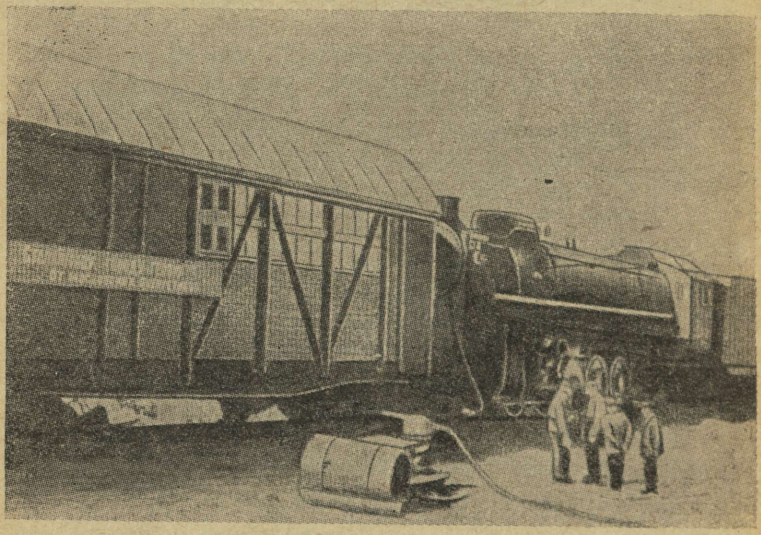
Lenin ja Stalin õpetasid nõukogude rahvast pidama elektrit sotsialismi jõuks, oma jõuks.

Kangelasliku nõukogude rahva õnnelik ja rõõmus elu, mille saksa fašistlikud julmurid ning inimsööjad hävitasid reetliku kallaletungiga, sünnib taas ning areneb võimsal elektrotehnilisel baasil.

Vastavalt meie rahvamajanduse taastamise ja arendamise neljanda viisaastaku plaani seadusele suureneb 1950. aastaks kõigi meie maa elektrijaamade kindlaksmääratud

võimsus võrreldes ennesõjaaegsega kahekordseks — kuni 22,4 miljonit kilovatti, ja energia toodang moodustab 82 miljardit kilovatt-tundi, s. o. 70% rohkem kui 1940. aastal.

See uute võimsuste rakendamise ja elektrienergia tootmise suurendamise grandioosne kava näeb ette 120 uue soojus-kütte- ja eriti suurte hüdrojaamade taastamise ja ehita-



Joon. 190. Esimene energiarong — Moskva energeetikute kingitus linn-kangelasele Stalingradile. Energiarong läkitati linna veevärgi, leivavabrikute ja valgustusvõrgu varustamiseks elektrienergiaga.

mise. Igal aastal lisandub kuni 2,4 miljonit kilovatti uut võimsust, mis on 1,5 korda rohkem kui Venemaa Elektrifitseerimise Riikliku Komisjoni 10—15 aasta plaanis oleva 30 elektrijaama koguvõimsus!

Uuel stalinlikul viisaastakul teostatakse praktiliselt elektri kõrgepingelise alalisvoolu ülekande küsimuse lahen-

damine tuhandele ja rohkemale kilomeetrile, millest juba 1919. aastal enne oma surma unistas praegusaja vahelduvvoolu süsteemi isa M. O. Dolivo-Dobrovolski. Elektrifitseeritakse 5000 kilomeetrit raudteed, ehitatakse mitu tuhat küla-elektrijaama, millede võimsus ulatub 2,27 miljoni kilovatini 1940. a. 275 tuhande kilovati vastu.

Nõukogudemaa vajab väga palju elektrit!

Seepärast töötavad meie õpetlased ja insenerid pingsalt teaduslikes instituutides ja laboratooriumides. Nad jälgivad hoolikalt aparaatide andmeid, töötavad hoogsalt arvutuslükatiga, kummarduvad süvenenult jooniste kohal. Nad ehitavad uusi seninägematute elektrimasinate ja aparaatide mudeleid. Ja kõik selleks, et lahendada uusi suurejoonelisemaid elektrotehnika ülesandeid — külluse saavutamiseks.

Tuleb leiutada uusi vahendeid aatomi hiiglasliku siseenergia reguleeritavaks vabastamiseks ja selle rakendamiseks meie energiatehnikas inimkonna hüvanguks.

Tuleb lahendada elektrienergia traadita ülekande küsimus!

Tuleb õppida säilitama suuri elektrienergia tagavarasid väikestes karbikestes ükskõik kui kaua. Siis on elekter meil igal pool kaasas!

Tuleb õppida muutma päikese, tuule, meretõusude ja maakera sisemise soojuse energiat vahenditult elektrienergiaks. Siis saame peaaegu tasuta uued sajad miljardid kilovatttunnid elektrienergiat!

On vaja sadu ja tuhandeid uusi õpetlasi, insenere ja leidureid, et ehitada uusi suurepäraseid elektrivabrikuid, et lahendada keerukaid, muinasjutuliselt ahvatlevaid elektrotehnika ülesandeid.

Nõukogudemaal on juba ja kasvavad niisugused inimesed!

Eilsed oktoobrilapsed ja pioneerid, tänased kommunistlikud noored, tööstus- ja Suvorovi sõjaväekoolide õpilased-

lööklased, — õpetlased, insenerid ja leidurid tõusevad teaduse tippudele. Hallipäised akadeemikud ja professorid on nendega püsivas sõpruses. Selle sõpruse aluseks on bolševistlik püüe viia teadust edasi, rakendada kõik loodusjõud sotsialismi teenistusse. Koos sammuvad nad oivaliste avastuste, põhjalikkude uurimuste ja hämmastama panevate ehituste projekteerimise teed. Nad on seadnud oma elusihiks tõsta elektriteadus ja elektrotehnika kõrgusele, mida väärib suur stalinlik ajastu.

Iga aastaga vajame ikka rohkem ja rohkem niisuguseid inimesi.

Vallates bolševismi, vallates teadust ja tehnikat, annavad nad maailmale uusi oivalisi elektriuurijaid.

Nemad algavad uut rõõmsat ajaloo peatükki ainulaadseist leiutisist ja uutest haruldastest elektri rakendamise moodustest.

Ja võib-olla, et paljudki neist, kellel praegu tuul sasib punase pioneeriräti nurki, kirjutavad kord unustamatuid lehekülgi elektri edukäigu kroonikasse . . .

Edu kestab!

Kutsub ju seltsimees Stalin noorust millestki hoolimata vallutama kõik takistused ja kindlasti võitma.

„Meie ees seisab kindlus, Seda kindlust nimetatakse teaduseks tema paljude harudega. Selle kindluse peame meie iga hinna eest vallutama. Selle kindluse peab vallutama noorus, kui ta tahab olla uue elu ehitajaks, kui ta tahab olla vana kaardiväe tõeliseks asendajaks.“

«Noorus peab tundma teaduse ajalugu!» nii ütles seltsimees Stalin 1945. aastal.

Nõukogude noormehed ja tütarlapsed pööravad oma pilgud elektri õilsa edukäigu kuldsetele lehekülgedele . . .

Neid innustavad geniaalsete ja julgete vene elektriuurijate, meie maa patriootide surematud avastused ja kangelasteod. Nad püüavad innukalt omandada Lomonossovi, Petrovi, Jablotškovi, Ussagini, Popovi, Bontš-Brujevitši, Lebedevi, Kapitsa ja paljude teiste teaduslike kangelastegude meisterlikkust.

Nad ei keeldu osutamast vaimustatud tunnustust ning austust kuulsatele ameeriklastele — Franklinile ja Henryle, inglastele — Faradayle ja Rutherfordile, prantslastele — Ampère'ile ja Deprez'le, itaallastele — Voltale ja Ferrarisele ja teistele, kes on viinud elektriteadust edasi.

Ja kogu meie tohutu suure, uuendatud kodumaa kohal kostab nõukogude rahva teaduse, töö ja kuulsuse võidulaul.

Sellest paljuhäälelisest laulust-sümfooniast kostab selgesti ehitajate kirveste kopsimist, turbiinide mürinat, laboratoorsete välkude elektripraginat, raadiojaamade suminat, mootorite ja transformaatorite ühetasast surinat ja telegraafikõne katkendlikke hääli...

Pühalikult kõlab kodumaa kohal suur hümn:

Meil tormidest helendas vabaduspäike,
suur Lenin meil valgustas võitluste teid.
Truuks rahvale Stalin meid kasvatas kõiki,
tööks, kangelastegudeks innustas meid.

Au sulle, Isamaa, vaba ja võitmatu,
rahvaste õnne ja õitsengu maa!
Kõrgel me Nõukogu rahvalipp lehvigu,
võidult meid võidule juhtigu ta!

* * *

. . . Olen endiselt valvel — nagu meie suure kodumaa energeetikute-armee sõdur.

Kõik aparaadid kinnitavad mulle, et kõrgekvaliteediline elekter jõuab katkestamatult arvukate tarbijateni, et ühekski minutiks ei katke nõukogude patriootide — energeetikute väsimatu teaduslik ja leiutuslik tegevus, veel laiemalt jätkub kogu maa linnade ja külade leninlik-stalinlik elektrifitseerimine. Nõukogude rahva teenistusse rakendatakse nii jõgede, söe, turba, põlevkivi ning gaasi kui ka tuule ja päikese energia.

Kümnetes kütkestavates raamatutes jutustatakse väljapaistvate nõukogude elektriuurijate uutest kangelastegudest suurel stalinlikul ajastul . . .

Sisukord.

		Lk.
1.	peatükk. Kunagi hommikul	3
2.	„ Öö katte all	10
3.	„ Õukonnaarst	14
4.	„ Magdeburgi bürgermeister	36
5.	„ Uued faktid	41
6.	„ Kaks sõpra	43
7.	„ Botaaniku harrastused	50
8.	„ Imetlusväärne anum	56
9.	„ Sinised mõrvarid	64
10.	„ Teateid Ameerikast	67
11.	„ Piksele vastu	70
12.	„ Kas võib tulega mängida?	74
13.	„ Professori kangelastegu	76
14.	„ Teaduse ja vabaduse heaks	84
15.	„ Ühe sir'i sukad	87
16.	„ Ammutamatu allikas	88
17.	„ Esimene seadus	92
18.	„ Bologna konnade krambid	95
19.	„ Teaduslik kahevõitlus	99
20.	„ Geniaalne avastus	103
21.	„ Unustatud „teade“	107
22.	„ Teiskordne avastamine	116
23.	„ Õnnelik päev	119
24.	„ „Elektri Newton“	124
25.	„ Mida sisendasid Reini lained	135
26.	„ „Füüsikute kuningas“	142
27.	„ Kauguse vallutajad	156
28.	„ Hääl kaugusest	175
29.	„ „Valgustandva pudeli“ ajalugu	191

Lk.

30. peatükk. Kiirkõnest kiirem 206
31. „ Uue ajastu lävel 208
32. „ Kaheksateistkümnendas saalis 217
33. „ Sajandi ülesanne 223
34. „ Kõrgeima tunnustuse märgiks 230
35. „ Tasuta patsient 233
36. „ Asjatu nurin 237
37. „ Miesbachist Münchenisse 244
38. „ Geeniuste silmadega 252
39. „ Põhilüli 259
40. „ „Loodusega omavahel“ 280
41. „ Äikese ennustaja 294
42. „ Nähtamatud tunnused 305
43. „ Pilk läbi esemete 312
44. „ Komeetide sabad 318
45. „ „Ei mingeid üksikasju“ 323
46. „ Läbi takistuste 326
47. „ Häire eetris 333
48. „ Saladuste saladus 339
49. „ Tuuma killud 343
50. „ Lehekülg arhiivist 348
51. „ Vajalik lisand 355
52. „ Pommitajate kool 361
53. „ Meie jõud 370

Vastutav toimetaja A. Koskel.
Tehniline toimetaja H. Kohu.

Ladumisele antud 14. II 48. Trükkimisele antud 21. IV 48. Paberi kaust 56 × 79. 1/16. Trükipoognaid 24¼. Autoripoognaid 15. Arvestuspoognaid 19,24. MB 01391. Laotihedus trpg. 33 600. Tiraaž 4200. Trükikoja tellimus nr. 177. Trükikoda „Noor-Eesti“, Tartu, Kastani 38.

Hind rbl. 14.—

На эстонском языке.
Ф. Вейтков, Летопись электричества.
Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.