

POUČNA KNJIŽNICA „MATICE HRVATSKE.“

KNJIGA XVI.

C R T E

O

MAGNETIZMU I ELEKTRICITETU.

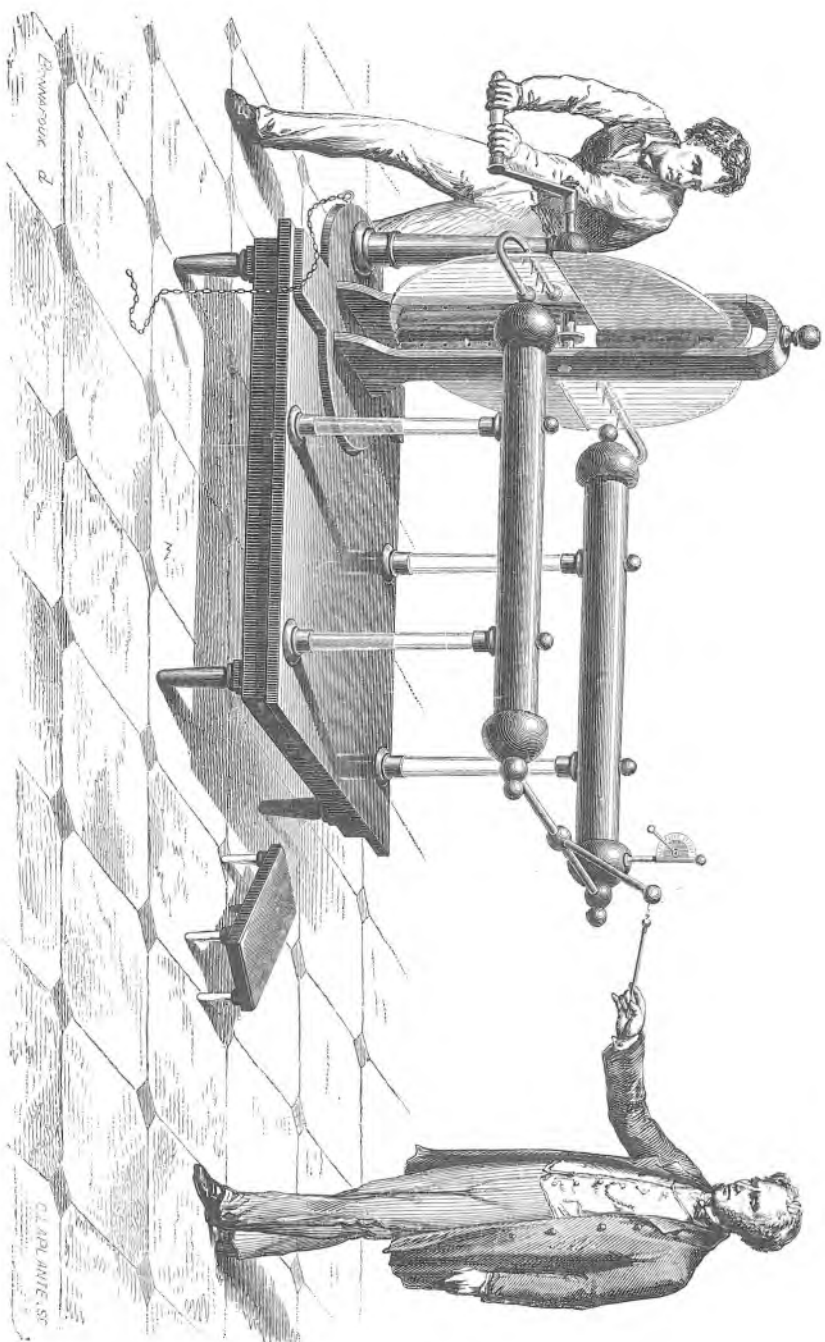
NAPISAO

OTON KUČERA.

Z A G R E B.

TISAK KARLA ALBRECHTA.

1891.



Kučera: Cíle o magnetizmu.

Ramsdenov elektrický stroj.

CRTE
O
MAGNETIZMU
I
ELEKTRICITETU.

NAPISAO
OTON KUČERA.

SA STO DEVETDESET I ŠEST SLIKA.

NAGRADJENO IZ ZAKLADE GROFA IV. NEP. DRAŠKOVIĆA
ZA GODINU 1889.



ZAGREB.
NAKLADA „MATICE HRVATSKE“,
1891.



prvom redu neka je hvala „Matici Hrvatskoj“, što je mogla ugledati svjetlo ova knjiga, u kojoj je učinjen pokus i najeksaktniji dio prirodne znanosti — fiziku — zaodjeti ruhom toliko popularnim, da se na rezultatima njezinim može nasladjivati svaki naobraženi čovjek, ako mu i nije bilo prilike, da se od prije bavio tom naukom.

Kako je ovo prvi pokus u hrvatskoj knjizi, popularizovati za naobraženije slojeve naše publike fiziku, red je na piscu, da sa par rieči označi stanovište, na kojem je stajao, pišući ovu knjigu. Bit će stvar objektivne kritike priznati ovo stanovište izpravnim ili ne, i ocieniti, u koliko je pisac uspio.

Ne da se poricati: uspjesi fizike ili prirodoslovja osobitim nekim sjajem obasjaše zadnja desetgodišta našega vieka i u najšire je slojeve naobraženoga svijeta prodrła živa želja, upoznati se поблиže s tom naukom, kako bi joj uspjehe mogao ne samo gledati i diviti im se, nego takodjer pojmiti, razumjeti ih i dalnji razvitak njihov pratiti.

U narav je čovječju već utisnuta ova težnja za pojimanjem svega, što se oko njega događa, a osobito onoga, što se u prirodi zbiva, i najplemenitiji je užitak čovjeku svakako onaj, što ga osjeća, kad se je svojim trudom dovinuo spoznaji i pojimanju što većega broja istinā, iz kojih se izvija liepi sklad obsežnih i trajnih tvorevina duševnoga života njegovā.

Da čovjek u obće može, i da mu je to životna svrha, uteći pod okrilje ovih silnih i uzvišenih moći duševnoga života izpred nizkih i prolaznih čuvstava svakidanjega života, da ondje nadje neki viši mir, kojega strasti to manje mute, što se više čovjek podigao u one sfere — to je i po nazoru izpitateljā prirode najviša plemenština ljudske naravi. Jedna je od najglavnijih onih moći svakako radost duše, koja niče iz spoznaje i pojimanja prirode.

Posljedica je ovih odnošaja u najnovijem razvitku fizike, da se popularna kujiževnost njezina stala silno razvijati u svih kulturnih

naroda. Nu velika većina toga, što se zove popularna knjiga, kao da ne odgovara onom, što se s pravom od nje smije iskati.

Hoću li, da čitatelj osjeti iztaknuti užitak, nije dosta, da mu pamćenje obteretim velikim brojem raznovrstnih podataka, začinjjenih gdje kojom liepom, ali praznom frazom; ja ga moram povesti u radionicu znanosti, moram ga priučiti metodama, po kojima dotična nauka misli i radi, moram ga upozoriti na nepravilike i zapreke pri tom radu, pa ću mu onda i prirediti radost, koju će osjećati, kad mu nadjena istina padne u duševno krilo — kao zrela jabuka.

Ovim načinom stečeno znanje, postaje pravom duševnom svojinom čovjeka, to mu znanje u istinu proširuje duševni vidik i oplemenjuje ga. Nu stjecanje ovakva znanja ište od čitatelja i rada u mišljenju, bez kojega nije moguće, da si proširi krug duševnoga svoga obzorja: on mora da s nekom ljubavi ide na svladavanje toga bezuvjetno nuždnoga posla, a pisac mu ga tek, koliko zna i umije, olakšava.

Po ovim je načelima pisac ove knjige kušao da hrvatsku inteligenciju povede k spoznaji danas jamačno najvažnijih i najzanimivijih dviju prirodnih sila: magnetizma i elektriciteta. Koliko je ovaj pokus nesavršen i manjkav, osjeća pisac sâm najbolje. On si je tek svjestan, da je proučavao i upotrebljavao najnovije proizvode stranih književnosti o tom predmetu, pa će biti sretan, ako je isto tomu doprinesao, da se ljubav k promatranju i izpitivanju prirodnih sila u hrvatskom narodu razširi.

Evo najvažnijih knjiga, koje su kod izradjivanja ove knjige rabile: Guillemin: *Le Monde physique*. Tome III.; Tyndall: *Electrical phenomena and theories* (u njemačkom prijevodu); Tyndall: *Lectures in electricity at the Royal Institution of Great-Britain* (u njemačkom prijevodu); Urbanitzky: *Die Elektrizität im Dienste der Menschheit*; Hoppe: *Geschichte der Electricität*; Poggendorff: *Geschichte der Physik*.

U Požegi, mjeseca studena, god. 1891.

Oton Kučera.

C R T E

0

MAGNETIZMU I ELEKTRICITETU.

Više je od dvie tisuće godina prošlo, što je čovjek — bar na zapadu — spoznao, da u prirodi oko njega djeluju dvie čudne i tajanstvene sile: sila magnetična i sila električna. Ide priča od drevnih vremena o pastiru Magnesu, komu su se, kad je pasao stado svoje po gorama spartanskim, znali prilepiti uz zemlju opanci okovani željeznim čavlima. I doista on nadje rudu, koja je snažno privlačila komadiće željeza i čvrsto ih držala. Po njem, vele, da se ta ruda zove — magnet, a čudna je u nje sila, koja može da svlada i svesilno inače željezo, — magnetička sila ili magnetizam. To je dakako samo priča, u kojoj ne će biti ništa istine, nu tek nam kazuje, da je čovjek već davno, davno saznao za ovu prirodnu silu.

Nije manje čudnovata bila ni druga prirodna sila, što je u isto gotovo vrieme opaziše neki stari narodi najprije na jantaru, kad su ga trli o čohu svojih haljina: pojedina vlakanca, a i druga laka tjelesa kao da su oživjela, sve leti k jantaru, izpruži se na njem, pak opet otpadne. Jantar se u starih Grka zvao „elektron“, a po njem je ostalo i tajanstvenoj sili, što se u njem probudila trienjem, ime — električna sila ili elektricitet.

Izmedju ovih prvih obreta i zadnjih desetgodišta našega vieka, u kojima se proučavanje baš ovih dviju prirodnih sila tako silno razmahalo, da su im nadjenuli ime električnih desetgodišta, leži doduše ogroman razmak vremena, ali i još ogromniji napredak u spoznaji ovih sila, koji je čovjeku već do danas donio obilnu žetvu. Dosta je, ako spomenemo samo imena: telegraf, električno svjetlo i telefon, pa da tim obilježimo najglavnije uspjehe ovoga proučavanja.

Nu da čitatelji od prilike bar ocijene ovaj duševni napor i rad roda ljudskoga oko izučavanja ovih sila, neka nam bude dozvoljeno, da se poslužimo slikom. Usred smo velike ravnice. Na jednoj je strani obrubljena veličanstvenim gorjem, komu se vr-

hunci gube u oblacima, a krila u maglama obzorja. Crte i likove pojedinih vrhunaca podobro razaznaješ, ali vidiš i to, da su pokriveni vječnim sniegom, u koji se još nikada nije utisnula stopa čovjeka smrtnika. Pa kako mu je lastno putovati po izgrađenim putovima u ravnici, za čas se odlučio, da podje u gore, ni ne sluteći, kakove ga na tom putu čekaju neprilike. Čudna ga i gotovo neponjatna čežnja goni, da se popne na one vrhunce, što se cakle poput bisera o sunčanim tracima. Pući će mu ondje vidik, kakova još nije imao u životu, nanžit će se ondje krasota, kakovim se jedva može da domisli. Blaženi će mir biti oko njega, sav svijet sa svojim čudnim komešanjem pod njim, a duh će mu se, občaran nevidjenim krasotama, vinuti u nebeske visine, da dohvati misli — još nigda nemišljene! Al gle! Put mu izpod nogu odmiče, nu gorâ nema bliže. Još su uvijek jednako plavkaste, još se uvijek gube vrhunci u oblacima, a krila u maglama! I putnik za čas stane: strah ga je, da će sustati, a cilja ne dohvatiti. Nu „jest nešto, što ga napried kreće“ i on uhvati brži korak prama cilju. Umorena dugim putovanjem, eno ga u podgorju. Ali ima i šta da gleda: nestalo je izgrađenih putova, uzka staza zakrčena svakovrstnom šikarom vodi u gore. Treba šikaru krčiti, treba preko gudurâ a valja se i penjati uz brieg!

Ovoj slici veličanstvenoga alpinskoga gorja i tegobama oko dohvata gorja možemo mirne duše porediti nastojanje roda ljudskoga oko izučavanja sveukupne prirode, a osobito magnetizma i elektriciteta. Gledajući sa staza danas jur dobro utrlih liepo razvijenu nauku o ovim silama, čovjek lako zaboravlja na one stotine marljivih ruku, koje su krčile pute u ove najtajanstvenije krajeve prirodne nauke, koje su umjele sve potočiće i sva vrela ovih sila navrnuti u široko korito, da iz njih postane snažna rieka današnje nauke o magnetizmu i elektricitetu, od koje čovjek tako obilne prima darove. Nejaki je čovjek dugo i dugo živio usred ovih prirodnih sila, ali ih nije shvaćao. Stotinu je puta imao da osjeti strašan bič njihov, koji mu je znao i život i kućište u tren oka uništiti, ali si nije znao pomoći.

Čudna tajinstvenost ovih sila s jedne strane, a s druge potreba, da se od njih obrani, možda je i bio prvi povod, da se čovjek dao na njihovo izpitivanje, da se dao na put u one — za njega — divlje krajeve. I niesu zaludu radili toliki odabrani umovi prošlih viekova i

sadašnjega na toj krčevini. Svaki brežuljak, do kojega se popeše, otvorio im nove vidike, a ovi ih opet gonili dalje. Pojimanje je obiju sila njihovom trudom raslo od dana na dan, a čežnja za sve dubljim pojimanjem bila je ona tajna moć, koja nije dala, a ni danas ne da, da im klonu ruke. Koje dostojanstvo čovječjega uma, njegova neodoljiva čežnja za spoznajom istine, a koje borba za blagostanje i napredak stalni su nam jamci, da čovjek u svom radu oko ovih sila ne će sustati, po gotovu ako se obazre na dosadanji svoj uspjeh i na velike [probitke, što ih baš danas erpe iz bolje spoznaje magnetizma i elektriciteta.

Ovim stazama, što su ih utrli i dobro izgradili toliki slavni ljudi, odlučismo povesti prijaznoga čitatelja — u koga još nije oburnula ljubav za prirodu, u kojoj i od koje žive; u koga je — neshrvana kojom strasti ili težkom borbom za obstanak — još dosta snage, da osjeća onaj užitak, što ga daje prava spoznaja onih absolutnih i nepromjenljivih istina, koje se zovu prirodni zakoni. Vodit ćemo ga samo dobro utrtom stazom, ali mu ne ćemo ni toga zatajiti, da i od njega ištemo nešto mara i ljubavi: jer penjati se — pa bilo i utrtom stazom — ipak je napor, a bez toga nigdje u životu, pa ni ovdje, uspjeha. Nu zato smijemo već sada utvrditi, da ovo malo truda ne će požaliti, kad mu se opet pred duševnim okom u skladnoj slici razvije ovaj liepi kraj prirodne nauke. Naći će — nadamo se — osobito zadovoljstvo razumievajuć svaki tajinstveni šapat ovih prirodnih sila i čudno im — na prvi mah — komešanje nad zemljom, na njoj i u utrobi njezinoj.

Nu kao što će putnik-turista, zašav u nepoznatu goru, najprije gledati, da joj uhvati obćenitu sliku, da joj pregleda i prebroji — pa bilo i s daleka, — glavne vrške, tako se i nama treba prebaciti preko svih zapreka i odletjeti — makar u balonu — na otvoreni vrh, s kojega ćemo uhvatiti sliku cijeloj kosi.

S toga ju visokog mjesta pregledajmo!

Čudna je kob s početka pratila naše dvie sile. Da postoje u prirodi, saznao je čovjek već davno, davno: što pouzdano znademo, saznao je za njih 500 g. prije Krista. Nu sve do osvitka sedamnaestoga vieka tek je to znao, da postoje; više se za njih nije zanimao. Sve su drugo o tim silama izpitala zadnja tri vieka. Englezki je liečnik dr. Gilbert malom jednom knjižicom, koja je baš god. 1600. ugledala svjetlo, dao prvi povod, da su na zapadu stali proučavati čudna, ali i zanimiva svojstva magneta i elektrona.

Sedamnaesti i prva polovica osamnaestoga vieka prodjoše proučavanjem pojava i zakona, po kojima ove sile djeluju, a druga nam polovica osamnaestoga vieka već donela važnu spoznaju, da je i striela — taj strah i trepet neukoga čovjeka — tek jedan pojav električne sile u prirodi. Nadjoše redom glavna vrela električnoj sili i sagradiše već velike strojeve, iz kojih je izlazila vatra, koja se pače znala sakupiti u tielu čovjeka, pa iz njega — poput striele iz oblaka — izbijati!

Ovaj će nam postepeni rad slikati prva poglavja ovih „Crtā“.

Osvanulo i devetnaesto stoljeće. Baš licem pred novo stoljeće našao je Volta novo, najznamenitije vrelo električnoj sili i sagradio glasoviti: „Voltin stup“. Ovo najizdašnije vrelo elektriciteta navrnulo je nauku o magnetizmu i elektricitetu na sasma nove staze.

U „galvanskoj struji“, koja teče u spravama gradjenim na istom temelju kao i Voltin stup, našao je čovjek silnu pomoćnicu u svom nastojanju oko napredka, pomoćnicu, koja baš pod konac našega vieka daje čitavomu svijetu novo lice.

Nizao se jedan veliki obret za drugim, a svaki je čovjeku donosio obilne darove. Evo ih nekoliko: Godine 1819. iznenadio je Danac Oersted sviet novim velikim obretom: galvanska struja odklanja magnetnu iglu. Francuz Ampère našao je odmah zatim i zakon, kako ju odklanja, a Niemac Schweigger sagradio je na tom temelju vanredno osjetljivu spravu — multiplikator — na kojem ćeš i najslabije galvanske struje prepoznati, moći ćeš im pače mjeriti i jakost.

Znajući, da ta struja silnom brzinom leti s jednoga mjesta na drugo, niknula je na temelju Oerstedova obreta nova misao, da odklon igle utjecajem struje bude posrednik za davanje znakova u velike daljine — niknula je misao električnoga telegrafa. Trinaest je ipak godina prošlo, dok se misao u praksi izvela: godine 1833. razapela su dva njemačka učenjaka, Gauss i Weber. žice prvoga električnoga telegrafa u Göttingenu. O razvitku ovoga za rod čovječji prevažnoga obreta govori u ovim „Crtama“ posebno poglavje. Ovdje tek spominjemo glavne stanke u ovom obretu. Steinheil u Monakovu našao je, da zemlja sama struju vodi natrag; Morse izveo je g. 1844. prvi svoj telegraf-pisar izmedju Washingtona i Baltimorea. Wheatstone i Siemens grade nove telegrafe s magnetičnim iglama, a 28. kolovoza g. 1856. spustiše u more prvi kabel — 6 milja dug — od Dovera do Calais-a. Kabel se doduše iza nekoliko

dana razkinuo, nu u rujnu druge godine ležao je u moru drugi, koji je posvema uspio: London i Pariz bijahu spojeni telegrafom. Od onda niče jedan kabel za drugim, mreža žića sve više prepliće kontinente i eno već god. 1865. uspio je veliki događaj: prvi pozdrav predsjednika Saveznih država u Americi juri kroz Atlantski ocean kraljici morâ! Za pisanu dakle rieč ne postoji više zapreka daljine: ona leti od jednoga kraja zemaljske kruglje u tren oka do drugoga.

Ne oblieće li te u oči toga nova misao, ne bi li kako i govorena rieč mogla zaoriti u velikim daljinama?

I zaista bilo je ove ruke pokusa mnogo u svako doba, nu tek u zadnjim se desetgodištima dala udesiti električna sila, da i tu služi čovjeka. Trebalo je najprije da se javi genij Faradayev, koji nas je naučio, kako se može magnetizam pretvarati u galvanske struje. Već je bio prije njega pokazao Ampère, da spirala (zavojica) od bakrene žice, kojom teče galvanska struja, u svim svojim pojavima može nadomjestiti pravi magnet, pa je po tom zaključio, da su magnetična i električna sila istovjetne; zaključak, komu su se suvremenici mu Biot i Arago živo opirali. Jedini Faraday — već onda proniknut idejom o jedinstvu prirodnih sila — priključio se nazoru Ampère-a i kušao, kako bi ga potvrdio neoborivim pokusima. Dugo se bez uspjeha mučio, dok napokon oko god. 1830. ne izađe pred svet s novim — možda najznatnijim obretom o električnoj sili. Kad primakneš spirali od bakrene žice, spojenoj sa spomenutim već multiplikatorom, jedan pol magneta, trgne se igla na časak u znak, da se u spirali probudila galvanska struja. Kad odmakneš pol, javi se u spirali druga električna struja protivnoga smjera. Faraday je tim strujama nadjenao ime: inducirane struje.

Ovaj pokus Faraday-ev znao je — doduše tek pol stoljeća kasnije — zgodno upotrebiti Graham Bell i iz njegove je ruke izišao u svet — prvi telefon. Svi smo svjedoci tomu, kako se telefon brzo po svietu širi, kako se već udomio u našim kućama, i kako, osobito gradovima, svojim nebrotjenim žicama, što se po zraku križaju, daje posvema novo lice.

I za rieč govorenu pala je dakle zapreka prostora: već danas možeš na nekoliko stotina kilometara prepoznati i slušati glasove svojih milih!

U oči ovih uspjeha činilo se vjerojatnim, da će električna sila i inače htjeti služiti čovjeka. Već na početku stoljeća vidio je Sir

Humphry Davy kod svojih pokusa sa ogromnom baterijom, koju mu štovatelji njegovi sagradiše u priznanje njegova velikoga obreta novih kemičkih elemenata, onaj sjajni luk svjetla, koji se napravi, kad jake galvanske struje prelaze s jednog šiljastog ugljena na drugi. Veliki sjaj njegov pobudio je odmah misao: „električne razsvjete“. Izvedenje je ove misli s početka veoma priečila slabina i skupoća strujâ, što su ih davale obične baterije. Valjalo je s toga najprije naći nova i obilna vrela jakih galvanskih struja, koja ne bi bila ni skupa ni tegotna.

I u tom je smjeru bio provodić Faraday sa svojim obretom induciranih struja. Opominjemo se, kako se u spirali od bakrene žice bude struje, kad se pred njom kakov magnet amo i tamo pomiče. Evo nam dakle načina, kako da mehaničnu radnju, koju trošimo na pomicanje magneta, pretvorimo u elektricitet. Na dlanu je, da će se isti pojav pokazati, ako se spirala pred stalnim magnetom pomiče. Tu je misao već u četrdesetim godinama znao upotrebljavati Stöhrer u Lipskom, da sagradi stroj, u kojem su se okretanjem spirale pred magnetom budile toliko jake galvanske struje, da se među šiljastim ugljenima napravio onaj sjajni Davy-jev luk. Kod prvih predstava Meyerbeerove opere „Proroka“ sviet se u velike divio izhodu sunca u taboru izpred Münstera, a to je sunce postalo živim okretanjem Stöhrerova stroja iza kulisa.

Kraj sve svoje krasote ostalo je „električno svjetlo“ još dosta dugo samo u kazalištu i na gdje kojim svjetionicima. U praktični se sviet nije moglo proturati, jer su gradnji velikih magneta odsječene bile neke medje, a i najjači su magneti po malo gubili svoju snagu. Tek g. 1867. dosjetio se jedan od najznamenitijih elektrotehnika Niemac Werner Siemens, da trajne magnete nadomjesti mnogo manjima, ali zato ipak mnogo jačim elektromagnetima. Iz ove misli nikos današnja vrela jakih galvanskih struja, koja su danas pod imenom „dinamomakine“ ili dinamo-električnog stroja širom celoga svieta poznata. U njima je problem, mehaničnu radnju pretvarati u jake električne struje, podpuno riešen, odkada Pacinotti i Gramme dadeše spirali, koja se pred magnetom vrti, zgodni oblik obruča. Vrteći obruč pred elektromagnetom, dobivamo iz njega danas najsilnije struje, kojim je i snaga toliko jaka i neprekidna, da se i sjaj električnoga svjetla već ne mienja tako jako, kao prije. Sada je tek bilo moguće među šiljeima ugljena proizvesti trajan i sjajan luk, koji se natjecao sa sunčanim svjetlom. Danas on već na svim stra-

nama svieta razsvjetljuje velike prostorije, ciele trgove i ulice. Nu i s druge je strane električno svjetlo ušlo u sviet. Imademo najviše zahvaliti nastojanju slavnoga Edisona, što je danas oživotvorena na prvi mah presmjela i gotovo neizvediva misao, da se tanke niti od ugljena strujom razžare u staklenom balonu, u kojem nema zraka, i da se tim načinom dobiju „žarnice“, koje imaju prema plinskomu svjetlu veliku prednost, što prostorija toliko ne ugriju, a ni zraka u njima ne kvare.

U najnovije je vrieme elektricitet ušao još s jedne strane u službu čovjeka i njegova obrta, pak se i danas još velikim uspjesima s te strane nadaju. Elektricitet je postao donekle namjestnik pare: on prenosi prirodne sile u tren oka s jednoga mjesta na drugo, ma kako daleko, pak možeš s tim silama raditi, gdje hoćeš. U slapu vode na pr. leži velika radna snaga. Kraj njega namjestiš dinamomakinu, pak joj on vrti obruč i budi u njoj silne struje. Kabel vodi te struje u tvornicu, gdje stoji druga takova makina, koja se, primajući one struje, stane vrtjeti, pa tim ti obavlja u tvornici radnju, kakovu trebaš. Zaista ovdje radi slap, samo je elektricitet prenio radnju s mjesta, gdje je ne možeš upotrebiti, na mjesto, gdje ti dobro služi. Na glasu tvornica oružja, što ju je u Steyeru sagradio Wernld, radi gotovo sve snagom vode u njezinoj okolini, koju joj elektricitet donosi. Jedan dio slapa na Rajni već uspješno radi u velikoj metalurgičnoj tvornici u Neuhausenu. Već odavna smišljaju, kako bi ogromnu energiju, koja se u slapovima Niagare prosipava bez ikakve koristi, navrnuli putem elektriciteta u službu industrije. Već izvode pokuse i u tom smjeru, pa je nade, da će se i ova misao u bližnjoj budućnosti izvesti. Ovaj način izcrpsti radnju prirodnih sila postao bi za rod čovječji osobito važan u onom slučaju, kad bi ponestalo ugljena, ili već onda, kad bi se nepravilno kopao.

Već na početku stoljeća znali su, da galvanska struja, što teče iz baterija, znade raztvorati tekućine, kroz koje prolazi: Carlisle je raztvorio vodu, a Sir Humphry Davy nekoliko je godina kasnije našao dva nova kova. Daniell je opet opazio, da se bakar, što ga struja u njegovom elementu izlučuje iz modre galice i obara na negativni pol elementa, dade lako odljuštiti, pa da daje posvema vjeran otisak one ploče, na koju se bio oborio. Ruski fizik Jakobi uhvatio je ovu misao g. 1839., da elektricitetom obara bakar na medalje i slične im umjetnine, pak ih tako patvara. Pokusi dove-

doše do vanredno povoljnih rezultata i u kratkom se vremenu razvio važan obrt: „galvanoplastike“. Ne zadovoljiše se već samim kopiranjem medalja i umjetnina, nova industrija udje na brzo i u službu štamparsku. Bakrena, čelična ili drvena pločica, što izadje iz ruke umjetnikove, danas ne rabi za štampanje: galvaničkim ju putem po volji patvaraju, i ove kopije služe za štampu, dok se original sam sačuva.

Kako struja iz modre galice izlučuje bakar, tako može iz drugih raztopina izlučivati srebro ili zlato i obarati na razne predmete: evo opet industrije galvaničkog pozlaćivanja i posrebrivanja, od kojih se osobito zadnja silno razvila u fabrikaciji kina-srebra.



Pregledasmo glavne vrške naše gore. U njoj nam se krije obilje svakovrstnih i prevažnih darova, pa se jamačno ne ćemo pokajati, ako je sada podjemo zajednički izkopavati.



I.

Heraklov kamen, elektron i umjetni magneti.

1.

Priča o Magnesu i Heraklov kamen. — Prirodni magnet. — Umjetni magnet. — Privlačenje željeza. — Elektron. — Znanje starih o njem.

Priča o pastiru Magnesu, koju smo po Pliniju mlađem u uvodu k ovim: „Crtama“ pripovjedili, pokazuje, da su već stari Grci nešto znali o magnetu, akoprem se ta priča ne smije ozbiljno uzeti. Nu što su stari Grci o magnetu znali, bilo je vrlo, vrlo malo. Stalno je, da su poznavali nekakav kamen, koji je imao tu čudnu moć, da je i željezo, komu se ništa na svijetu oprieti ne može, koje sve na svijetu svlada, — da je on i željezo svladati mogao, privukav ga na se, i ne dajuć mu, da se od njega odkine. Okrstiše ga: „Heraklovim kamenom“, valjda zato, da tu osobitu snagu njegovu što bolje iztaknu, a ne da označe njegovo porietlo iz Herakleje, grada u maloj Aziji. Pod imenom Herkulov ili Heraklov kamen ta se ruda u starih pisaca najviše spominje; tek kasnije ga nadomješta ime magnet. Nu kako su stari i Grci i Rimljani bili dosta nevješti razpoznavanju kamenja, miešali su često ovaj kamen s drugim kamenjem, kojemu je bio nalik.

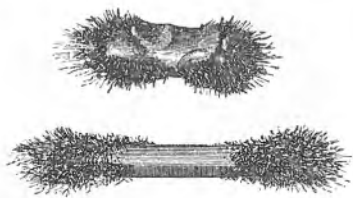
I današnja mineralogija dobro poznaje taj kamen, a kemičar nam je kazao, da je željezo glavna sastavina njegova. Mineralozi ga i zovu magnetit ili magnetovac. Danas ćeš ga obilno naći u Švedskoj, Španiji, Arkansasu i na otoku Elbi. U vrijeme starih Grka kažu, da ga je bilo mnogo oko grada Magnezije (kojega, točno se ne zna, jer su bila dva grada toga imena u Lidiji, a jedan u Kariji). Danas ga nema u ovim krajevima.

Primakneš li ovaki kamen (sl. 1.) komadićima željeza ili željeznoj pilotini, privući će on i čvrsto držati željezo. S te, po sudu

starih, magične sile izišao je kamen i kod njih na velik glas, te su o njem kolale svakojake priče, pridievajuć mu i druge čudotvorne sile. Plinij piše n. pr. sasna ozbiljno o njem: „Rane se dadu na zlo, kad ga se dotakneš (!)“. U fizici ga danas zovu: naravnim magnetom.

Ostaviš li komad željeza ili — radije komad čelika duže vremena na naravnom magnetu, opazit ćeš, da je čudna sila prešla i na željezo: i ovo željezo sada privlači drugo željezo ili željeznu pilotinu. Ako je željezo bilo tvrdo (čelik), nastanit će se sila u njem stalno, dok ju meko željezo posvema izgubi, čim ga skineš sa magneta. Da ne bi pomislio, kao da se sila sa naravnoga magneta preselila na željezo, utakni naravni magnet još jednoč u pilotinu, pak ćeš odmah opaziti, da se njegova sila nije ništa ni umanjila, a kamo li da je sva prešla na željezo. Čudna je to sila! Prelazi na željezo,

na njem se i trajno nastani, ali ni malo ne oslabi. Ovakovo željezo, koje je poprimilo čudnu silu — magnetizam — zovemo umjetnim magnetom (sl. 1. dolnja). Ovim se dakako može dati oblik po volji; obično im daju oblik četverouglaste motke (sl. 1.).



Sl. 1. Magnet privlači željezo.

Mjesto da ostavimo čelik duže vremena na naravnom magnetu,

smijemo — a to će biti uvijek brži način — i naravni magnet prevlačiti po čeliku; i tim će načinom čelik primiti onu silu od magneta.

Ova su dva pojava — privlačenje željeza i prielaz sile na željezo — bila čitavo znanje starih o Heraklovu kamenu. Nu što rekoh! Znali su stari još nešto. Poznavali su još jedan kamen — jantar — koji je po njihovu sudu imao istu magičnu moć. U jantaru se doduše ta moć morala tek probuditi tim, da su ga oštro trli o haljinu; jantar baš i nije privlačio željezo, nego druga laka tjelešca — ali je tek nešto privlačio, pa to im je bilo dosta, da mu prišiju istu magičnu silu. U starih je umjetnost prirodnoga motrenja bila tako slabo razvijena, da ovako očitih razlika, kao što su izmedju Heraklova kamena i elektrona (tako se u njih zvao jantar) niesu ni opazili! Zato je u njih Heraklov kamen (magnet) i elektron jedno te isto s obzirom na silu, koju nam pokazuju. Kako su se ovdje prevarili, o tom će biti kasnije više govora.

Tko je imao prilike da na pr. razgleda veliku električnu izložbu g. 1883. u Beču, gdje je bilo sve na okupu, što je onda čovjek o magnetizmu i elektricitetu znao, tko je n. pr. ondje u Prateru na telefon slušao, gdje pjevačica u Bečkom Novom-Mjestu pjeva uz pratnju glasovira, koji je bio u Kornenburgu, pak onu izložbu poredi ovomu znanju starih o tim silama, mora da prizna: napredak je od vremena Thalesovih (g. 640—548. pr. Kr.) do danas ogroman. Nu što će tek reći, kad čuje, da je ono, što je već Thales o tim silama znao, dvie tisuće godina bilo sve, što je o njima znao rod ljudski — bar na zapadu?

Žalibože, dvie su tisuće godina propale u more vječnosti, a um čovječji nije dospio, da ove čudne sile dalje izpituje. Sav ogroman napredak u magnetizmu i elektricitetu djelo je zadnjih triju stotina godina. Godine 1600. napisao je Englez dr. Gilbert, liečnik kraljice Elizabete i kralja Jakova I., knjigu: „De magnet“ (o magnetu), u kojoj je nastavio ondje, gdje su stari Grci dvie tisuće godina nazad stali. Da ne bude ove silne stanke, tko zna, gdje bismo danas s magnetizmom i elektricitetom bili!

Nu prije razstanka sa starima još jednu o njima, da im ne učinimo krivo!

Neko je vrijeme bila — mogao bi čovjek gotovo reći — moda u našoj znanosti tražiti u starih naroda, osobito Grka, Feničana i Egipćana mnogo veće znanje o magnetima od onoga, što smo ga mi ovdje iztakli. Lako se domisliti razlogu, zašto se to tražilo. Onomu, koji danas imade u rukama naravni magnet i komade željeza, pa s tim, ma bilo i za zabavu, pokuse izvodi, gotovo ne mogu da izmaknu temeljni pojavi magneta, o kojima će malo kasnije biti govora, pa se čovjek u čudu mora pitati, kako da ih niesu našli stari Grci, kod kojih je magnet radi svoga svojstva, što može svladati i težinu željeza, izišao bio na tolik glas.

Ta već je Lukrecije (rodj. 95. g. pr. Kr.) znao, da se na Heraklov kamen može objesiti pet i više željeznih karika, koje se jedna druge drže nevidljivom silom (magnetički lanac). Već Plinij zna, da imade u Egiptu i takovih naravnih magneta — on ih zove etiopskim kamenjem, — koji privlače drugo obično Heraklovo kamenje. On zna pače i to, da imade kamenja u Etiopiji blizu Zimirisa — kamen Theamedes, koji svako željezo odbija mjesto da ga privlači, pa prema tomu luči pet vrsti magneta. Od ovih ponuka do daljnjih novih pojava na magnetima nije bio nego malen

korak — pa ipak ni toga ne učiniše! Stari pripoviedaju o vanrednoj jakosti tih magneta čudne bajke; neke od njih nek budu i ovdje spomenute.

Klaudijan nam pripovieda o zlatnom hramu sa kipom Marta od željeza i Venere od Heraklova kamena, da se tim načinom ljubav boga i božice pokaže. Ako je istine u tom, bio je to hram „en miniature“, sa malim kipovima, kakove su stari Grci rado uzimali za ures svojih stanova. Nu zato opet Plinij ozbiljno priča: „Graditelj je Dinochar bio počeo presvoditi hram Arsinoë u Aleksandriji magnetom, da njezin kip od željeza u zraku lebdi; nu smrt njegova i Ptolomejeva, koji je tu gradnju svojoj sestri u čast naručio bio, zapriečila je, da se dovrši“.

Mnogo se u Grka bajalo i o magnetičkim otocima i bregovima, koji znadu iz brodova izvući željezne čavle, pa tako brod mora da nastrada, kad im se nesrećom približi. Spominju takih otoka i bregova u raznim krajevima svijeta, ali ih ipak najradije namieštaju u krajevima, kojih dobro ne poznaju na pr. u Indiji (Ceylon i Malaka, arhipel Adamanski i Nikobarski), o kojoj su i inače prava čudovišta pričali, ali i vjerovali. Nije li vršak takih bajaka ono, što Plinije priča: „Kraj rieke Inda dva su brega; jedan imade svojstvo, da svako željezo privlači, a drugi da ga odbija. Tko u poplatama imade čavala, ne može sa prvoga da digne noge, a na drugi da stane.“

Gdje se toliko bajalo o magnetu, pravo je čudo, da se o njem nije više saznalo u staro vrijeme. Nu čega stari, kao što vidjesmo, nису znali, to su im novi ljudi silom htjeli da prišiju.

Baš učeni ljudi išli su, da protraže sve stare pisce, pa da pokažu, kako krivo sudimo o starima, kad im tako malo znanja o magnetizmu i elektricitetu dosudjujemo. Što je gdje koji pisac natuknuo o nečem, što bi se moglo tumačiti, kao da se tiče Heraklova kamena ili elektrona, to je odmah služilo dokazom za njihovo duboko poznavanje ovih prirodnih sila. Samo je ovo znanje bilo tajnom svećeničke kaste, pa se s toga slabo širilo i s njom zajedno propalo. Neki su se dapače tako daleko zaboravili, da su mitologije raznih naroda razmatrali sa stanovišta prirodnih sila i njihovih zakona: misterije raznih naroda nису bile drugo nego eksperimenti fizikalni, da u prosti svijet utjeraju strah od bogova, a svećenicima pribave poštovanja i neograničenu moć nad narodom.

Kako su se ove spekulacije nekih učenjaka pokazale netemeljite, nije naša, da ih dalje pratimo.

2.

Dr. Gilbert. — Razlika između magneta i elektrona. — Polovi magneta. — Željezo i magnet uzajmice se privlače. — Magnetička sila djeluje i kroz tjelesa. — Magnetička kretka. — Magnetička igla. — Busola. — Temeljni zakoni magnetički. — Magnetička influencija. — Bit magnetičke sile. — Sastav magneta. — Magnetičke krivulje. — Pretvaranje čelika u trajni magnet. — Magnetički snopovi. — Jaminovi magneti.

Preskočimo bar duhom ono za našu znanost tako prazno vrijeme od nekih dvie tisuće godina, koje su između obreta naravnoga magneta i preporoda prirodne nauke u zapadnoj Europi, pa nas evo na osvitku sedamnaestoga vieka, gdje se javio preporoditelj magnetizma i elektriciteta liečnik dr. Gilbert. Od njegove jur spomenute knjige počinje živahniji rad na tom polju, koji ćemo ovdje nacrtati. Njegova je prva zasluga, da je raznolikimi pokusi pokazao, kako sila elektrona i naravnoga magneta nije ista sila, jer izitiče ove razlike:

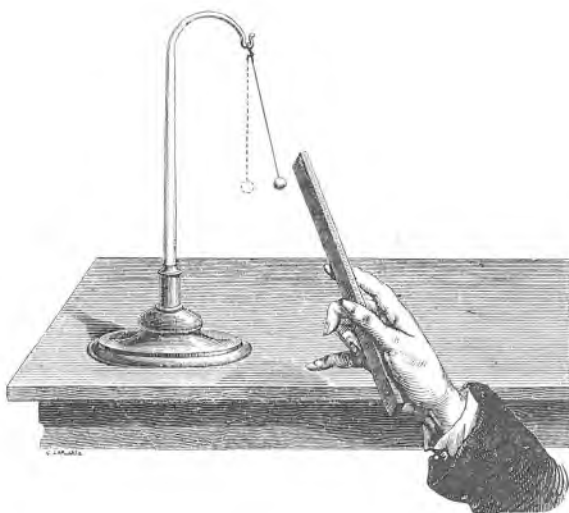
- a) elektronova sila postaje tek trienjem;
- b) ona se sasvim uništi vlagom ili vlažnim zrakom;
- c) elektron privlači mnoga različita tjelesa, a magnet samo željezo i čelik.

On je po tom za silu, koja nam se javlja u jantaru, uveo novo ime: „Svidjelo nam se ovu silu, koja potječe od trienja, okrstiti električnom“. Od toga se vremena pojavi magnetični posebice izpituju, a toga se i mi držimo.

Gilbert je već poznavao umjetne magnete od čelika u obliku četverouglaste motke (sl. 1. dolnja) i znao je dobro, da se magnetizam, koji je na njih prešao sa naravnih magneta, u njima to trajnije nastani, što je tvrdji čelik. Pa kad je dr. Gilbert ovakav magnetični štap sav utaknuo u željeznu pilotinu, opazio je, izvadiv ga iz nje, jasno, da se ta čudna sila osobito nastanila na dvjema mjestima štapa, koja su kod dugoljastih magneta obično pri kraju. Ta je dva mjesta okrstio stožeri ili polovi magneta. (Sl. 1.). Dio magneta, koji je među polovi, očito je mnogo manje magnetičan, jer ga se eno pilotina veoma malo ili baš ništa ne hvata. U sredini između obiju polova ima mjesto, gdje se baš ništa pilotine ne hvata. Gilbert ga zove ekvatorom (polutnikom) magneta, a certu, što spaja oba pola, osju magneta.

Da se još bolje pokaže, kako sila magneta privlači željezo, danas rado rabi mala sprava ili aparat, komu nadjenuše ime: magnetičko nihalo. To je krugljica od željeza, koja visi na tankom koncu (sl. 2.). Primaknemo li magnet sa strane krugljici, krugljica poleti k magnetu i pomakne konac iz naravnog mu osnovnog položaja. Tim se jače pokazuje privlačenje, što je manja daljina između magneta i krugljice.

Kod pokusa izvedena u sl. 2. bila je željezna krugljica tako namještena, da se mogla primaknuti magnetu, koji smo u ruci držali. Promienimo razpored pokusa! Neka magnet bude tako namješten,



Sl. 2. Magnetično nihalo.

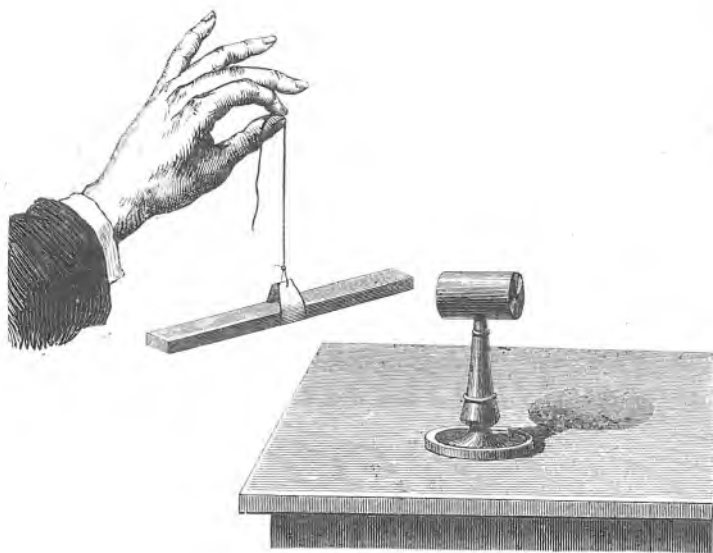
može željeznu primicati, dočim željezno tijelo stalno stoji. Na slici je 3. ovaj razpored izveden. Ako sada viseći magnet približimo željeznomu valjku na stolu, magnet se okreće oko osi tako, da se što više približi željezu. Privlačenje je dakle između magneta i željeza međju-

sobno t. j. željezo privlači magnet baš tako, kao magnet željezo. Ovaj je pojav jedan samo primjer za ono veliko načelo, koje je glasoviti Newton zaodjenuo riječima: svaka sila budi jednaku protusilu „*actio est par reactioni*“.

Pokusi sa nihalom (sl. 2.) već nam pokazаше pojav, da sila magneta već iz daljine djeluje na željeznu krugljicu: nije bilo potrebno krugljicu baš dotaknuti magnetom. U nekoj daljini od krugljice bila je sila magneta, uzprkos zraku između njih, tolika, da je krugljica i sama poletjela k magnetu. A što će biti, ako među njih metnemo drugo kakovo tijelo? Pokušajmo i to ura-

diti. Po drvenoj daski, po ploči od ljepenke, stakla, bakra ili poreulana prospimo željezne pilotine, igala ili čavlića; čim prodjemo odozdo s magnetom, opazit ćemo, gdje se željezna tjelešca gibaju, kao da su oživjela, gdje se redjaju kao vojnici i oponašaju svako gibanje magneta. Magnetička sila djeluje dakle i kroz druga tjelesa kao i kroz zrak, i prisuće ovih tjelesa ni najmanje ne mienja jakost sile, kojom magnet željezo privlači.

Jednu nam je iznimku od ovoga zakona iztaknuti: magnetička sila kroz željeznu ploču ili kroz drugi magnet ne može da djeluje.



Sl. 3. Željezo privlači magnet.

Objesimo li magnet u šupljaj željeznoj kruglji na konac, ne djeluje na nj ni najjači magnet izvana baš ništa. Šuplja željezna kućica djeluje dakle kao magnetička krletka i štiti prostor u svojoj nutrinji od magnetičkih sila vanjskih. Na ulazu u električnu izložbu bečku od g. 1883. prodavali su ovakove magnetičke krletke za džepne ure, jer se bilo pokazalo, da su ure znale stati u prostorijama, gdje rade jake magnetičke sile.

Osim magnetičkih štapova uveo je već dr. Gilbert u nauku i drugu vrst umjetnih magneta, koja će nam u velike poslužiti kod

daljnega izpitivanja magnetičke sile. Dosta tanke pločice od čelika zaoštrene su prema kraju poput igle, a u sredini im je mala jamica, kojom se mogu postaviti na osovan šiljak, pa se s toga lako vrte oko njega u horizontalnoj ravnini. Ako je na ovakovu pločicu prenesena magnetička sila s kojega naravnoga ili umjetnoga magneta, imademo ono, što fizici rado zovu magnetičkom iglom.

Metnimo ju na šiljak pa ju promatrajmo. Nakon nekoliko nihaja, koji su sve manji, stat će igla. Zanišemo li ju opet i opet, opaziti ćemo za čudo, da će joj se os uvijek namjestiti u isti položaj. Poredimo li položaj njezine osi stranama svijeta, otkrit ćemo veoma znameniti i zanimivi zakon, da se položaj gotovo sasvim podudara s pravcem, koji ide na tom mjestu od sjevera k jugu, a zove se meridijan (podnevnik) toga mjesta. Magnetička igla, koja se primirila, pokazuje uvijek jednim svojim krajem na sjever, a drugim na jug.

Pokušajmo ovim obretom ohrabreni još korak dalje sa Gilbertom, zaodjenimo samo njegov pokus nešto novijim ruhom. Zabilježimo polove naše igle i našega štapa raznim bojama: onaj kraj, što pokazuje na sjever bielom (dakako na igli i na štapu isti kraj), a drugi crvenom, priliepić na njih komadiće takih papira. Okrenimo iglu za polovicu kruga tako, da je sada bieli kraj na onom mjestu, gdje je prije bio crveni pol, i obratno. Igla je sada očito u onom istom smjeru, u kojem je i prije bila. Izpustimo ju. Ona sada ne će da ostane u tom smjeru: s velikom se brzinom vraća bieli kraj k svomu predjašnjemu mjestu, igla se jako zaniše, ali napokon ipak stane i, gle čuda, igla je stala opet u zabilježenom već smjeru, ali — i to je za nas novo — bieli, dakle isti kraj opet pokazuje k sjeveru, a crveni k jugu. Pokus, sto puta opetovan, daje isti rezultat: upravo je nemoguće iglu prisiliti, ako na nju ne utječe kakova sila, da joj bieli kraj pokazuje na jug, a crveni na sjever. Na magnetičkoj igli pokazuje dakle uvijek isti pol na sjever (i naravno drugi pol na jug). Pol se, koji pokazuje na sjever, bilježi slovom N (po engl. North = sjever), a onaj drugi slovom S (po engl. South = jug) i ta je oznaka dakako mnogo praktičnija od oznake sa bojama.

Na magnetičkim iglama obično ne ima nikakvih slova; mjesto toga je sva na sjever okrenuta polovica igle označena modrom bojom, dočim južna polovica igle pokazuje bieli metalčki sjaj čistoga čelika.

Na ovom je svojstvu magnetâ osnovan jedan od najznamenitijih aparata, kojemu čovjek, osobito za poznavanje svoje postojbine — zemlje —, ima da zahvali veoma mnogo, a to je busola ili kompas. Busola naime, kakvu u mehanika kupujemo, nije drugo, nego magnetska igla pod staklom (da ju štitimo od kvarenja), koja lebdi nad narisanoj vjetarnicom ili nad krugom, koji je razdieljen na 360 stupanja. Ona je čovjeku najsigurniji vodič po neizmjerljivoj pučini morskoi.

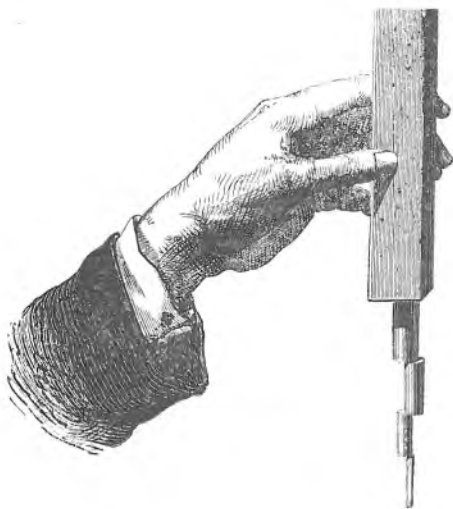
Gilbert je pošao još korak dalje. Dosadašnji mu se pokusi bavili jednim magnetom i već su nam obilno pokazali novih pojava. Nu on je dva magnetâ metnuo na vodu, kojim je prije našao i označio pole *N* i *S*, i gledao, da se jedan drugomu primakne. I gle čuda: Gilbert je opazio, da gdjekada jedan magnet od drugoga bježi, gdjekada opet jedan k drugomu naglo leti. Danas ovaj njegov pokus mnogo zgodnije izvodimo uz pripomoć magnetske igle na osnovnom šiljku.

Približimo polu igle *N* (koji na sjever pokazuje, a poznaje se po modroj boji) pol *N* našega već višekrat upotrebljenoga magnetskoga štapa. Iglin pol *N* bježat će od štapova pola *N*; podjemo li za njom, okrenut će se naokolo sve bježeć pred polom *N*. Okrenimo sada magnetski štap u ruci, pa primaknimo sjevernomu polu igle *N*, koja se u to već povratila u poznati nam stalni položaj, južni pol *S* našega štapa. Ne ima više ni traga predjašnjemu bježanju sjevernoga pola igle. Baš nasuprot: isti taj pol igle *N* s velikom brzinom poleti k polu *S* našega štapa i oponaša svako njegovo gibanje, kao da mu je najvjerniji rob!

Krajevi se ili polovi dvaju magnetâ mogu i privlačiti i odbijati prema tomu, kakovi su. Iz opisanih Gilbertovih pokusa već čitamo i prirodni zakon, koji nam točno kaže, kad ćemo jedan, a kad drugi pojav vidjeti. Evo ga: Polovi su jednoga te istoga magnetâ baš protivne naravi: ako jedan od njih zadani pol kojega magnetâ privlači, mora drugi pol toga magnetâ taj isti zadani pol odbijati. — Istoimeni se polovi dvaju magnetâ odbijaju; raznoimeni se polovi privlače. Ova znamenita, možda najglavnija, istina o djelovanju magnetske sile služit će nam odsele kao glavni provodič u izpitivanju ove sile.

Položimo na jedan pol dosta krepkoga magnetâ komadić običnoga željeza (sl. 4.). U istom se času željezo pretvorilo u magnet,

jer primaknemo li sada njegovomu kraju drugi nešto manji komadić željeza, on će ga privući i držati, dočim malo prije nije imao toga svojstva. Pače i na ovaj drugi komadić željeza prešla je magnetska sila, jer i on može sada držati treći komadić željeza itd. Pred nama je ono, što su stari Grci zvali magnetski lanac. Kao što se karika drži karike, tako se ovdje jedan komadić željeza drži drugoga. Da su ovi komadići željeza i zbilja magneti, lako je pokazati utakav cio lanac u željeznu pilotinu; na svakom ćemo opaziti, po množini uhvaćene pilotine, dva pola i magnetski ekvator.



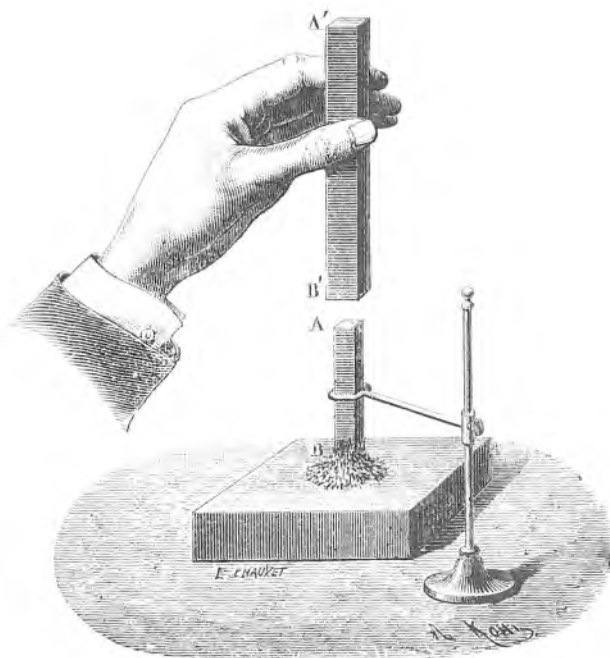
Sl. 4. Magnetski lanac.

ali ta magnetskost traje u željezu samo dotle, dok se željezo dotiče pola. Očito je u ovom pokusu, da se željezo neposredno pod dojmom magnetske sile štapa pretvorilo u magnet, s toga ovaj novi pojav zovemo i novim imenom: magnetska influencija.

Je li nužno, da se komadić željeza baš dotiče magnetskog pola, kad hoću, da mi se njegovinu utjecanjem pretvori u magnet? Nije li možda već dosta, da onaj magnetski pol dodje u blizinu željeza? Unapried na ovo pitanje odgovoriti ne možemo. Ako smo zapamtili, da magnetska sila djeluje kroz staklo, drvo i porculan, privlačeći kroz sva ta tjelesa željezo, pričinat će nam se vjerojatnim,

Iztrgnimo u magnetskom lancu prvi komadić željeza — sada podpun magnet — od pola. U istom će se času sav lanac raspasti i ako se potrudimo, te svaku njegovu kariku posebice utaknemo u željeznu pilotinu, u čudu ćemo se naći pred novim pojavom: ni jedna karika ni najmanje ne privlači pilotine. Našli smo dakle, da magnet pretvara meko (obično) željezo u pravi magnet sa dva pola i ekvatorom, kad se željezo dotiče njegovoga jednoga pola;

da će biti dosta, ako približimo magnetu željezo. Nu s druge nas je strane magnetska krletka uvjerila, da naša sila ne djeluje kroz željezo i to bi nas moglo potresti u našem očekivanju. Ne ima dakle druge, nego treba da u pomoć pozovemo odlučan pokus, koji će nam pitanje odlučiti, da ne bude nikakovoj dvojbi mjesta. Evo i toga pokusa. Na daščici je (sl. 5.) nešto željezne pilotine, a tik nad njom komad običnog željeza $A B$, što ga drži stalak s prikrajka. Pilotina ležat će mirno na daščici, jer u željezu ne ima magnetske



Sl. 5. Magnetska influencija iz daleka.

sile. Čim odozgo približimo jak magnet $A' B'$, oživjet će pilotina i skočit će nje prilična množina na donji kraj željeza, pokazujući tim, da se željezo utjecanjem magnetu već iz daleka pretvorilo u magnet: neposrednoga doticanja ne treba! Ako mislimo, da je potrebno, možemo se opreznim posipavanjem željeza $A B$ pilotinom podpuno o tom uvjeriti, da je željezo pravi magnet sa 2 pola i ekvatorom. Nu izporedimo li množinu pilotine, što ju je željezo moglo uhvatiti, dotičuće se pola neposredno, sa množinom, koju sada

drži, nalazimo, da je u željezu probudjena magnetička sila to manja što je veća daljina od pola, pa s toga sada razumijemo, zašto u magnetičkom lancu (sl. 4.) treba da bude svaki sljedeći komadić nešto manji od predjašnjega.

Odmaknimo sada naglo magnet od željeznoga tiela — sada još magneta — $A B$. U tili će čas s njega pasti sva pilotina na daščicu i ondje mirno ležati kao i prije pokuša. Magnetičke je sile njegove nestalo, kao da je nigda nije ni bilo!

Promienimo pokus u toliko, da je u stalku, na mjesto običnoga željeza, komad čelika ili u obće željeza, koje je kovanjem ili drugim kojim načinom postalo tvrdje od običnoga, pak ćemo doduše opaziti isti pojav, koji smo i prije vidjeli, ali s nekom razlikom, koju odmah ovdje hoćemo da iztaknemo. I tvrdo će se željezo pretvoriti u magnet, ali očito se to teže zbiva, jer ga se pilotina s daščice i sporije i u manjoj množini hvata; da je se onoliko uhvati, koliko se kod mekoga za čas skupilo, treba da magnet dugo vremena ostane nad tvrdim željezom. Nu zato se tvrdo željezo sasama drugačije ukazuje nego meko i onda, kad se magnet odmakne. Željezna pilotina sva ne će od njega odpasti, držat će ga se pače jedan dio pilotine dugo i dugo vremena na jednom i na drugom mu kraju: tvrdo se željezo utjecanjem ili influencijom magneta pretvorilo u pravi trajni magnet (permanentni magnet). Zovemo s toga meko željezo, pretvoreno u magnet, vremenitim ili temporarnim magnetom.

Još niesmo pokus do kraja izerpli, još niesmo umjeli pročitati, sve što će nas ovaj znameniti pokus naučiti. Recimo na pr. da smo (sl. 5.) željezu $A B$ približili odozgo sjeverni pol N magneta; kod B' je dakle pol sjeverni, a kod A' južni S . Uvjerili smo se, da će se AB influencijom ili utjecanjem magneta $A' B'$ i zbilja pretvoriti u magnet, nu sada se pitamo, gdje će se na novorodjenom magnetu $A B$ pokazati sjeverni, a gdje južni pol? Ovo pitanje iste novo i pomno iztraživanje našega pokusa.

Znajući, da u čeliku utjecanjem ili influencijom probudjeni magnetizam dugo vremena ostaje, mi ćemo pokus izvesti sa čelikom $A B$: zabilježiti ćemo goruži mu kraj A crvenim, a donji B bielom papirom; primaknuti magnet ostavit ćemo dosta dugo blizu čelika, da uzmogne svladati njegovu oporbu. Čelik se pretvorio u trajan magnet i ja mogu sada po temeljnom zakonu magnetizma na svakoj magnetičkoj igli izpitivati, gdje mu je koji pol.

Primaknemo li naime gornji, crveni kraj čelika mirnoj igli, najprije njezinu južnomu polu S , naći ćemo, da se odbijaju, da se dakle na gornjem, crvenom kraju čelika načinio južni pol magnetički; u tom će nas još utvrditi i ono, što vidimo, kad taj crveni kraj približimo sjevernomu polu igle: oni se privlače. Ovim nešto dubljim izpitivanjem našega pokusa došli smo do svakako vrlo zanimivoga posljedka: kad smo željezu približili sjeverni pol N magneteta, načinio se na bližem kraju A željeza južni pol S , a na daljem kraju B sjeverni pol N , na bližem dakle kraju pol protivnoga, a na daljem pol istoga imena sa primaknutim polom.

Ovaj bi nas način izpitivanja kod mekog željeza $A B$ posvema iznevjerio, jer smo vidjeli, da se u njem influencijom probudjeni magnetizam s mjesta izgubi, ako ga od magneteta udaljimo. Treba dakle da udarimo drugim putem.

Oslanjajući se na pokuse s čelikom, očekivat ćemo u prvom slučaju (kad smo približili pol N magneteta) na daljem kraju B mekoga željeza takodjer sjeverni pol. Da je zbilja tako, uvjerit ćemo se lako tim, da sada magnetičku iglu oprezno primičemo donjem kraju željeza B ; opazit ćemo odmah, da on zaista privlači južni pol igle, a odbija sjeverni, da je dakle u istinu donji kraj postao sjeverni pol N , kako smo očekivali.

Udesili mi dakle pokuse ovako ili onako, posljedak nam je izpitivanju ostao uvijek isti. Da ga sakupimo još jednoč u par rieči: U blizini magnetičkoga kojega pola pretvaraju se željezo i čelik u magnete; željezo u vremenit a čelik u trajan magnet. Na kraju, koji je zadanomu polu bliži, načini se uvijek pol protivnoga, a na daljem kraju pol istoga imena. Probudjeni je u željezu ili čeliku magnetizam to slabiji, što im je veća daljina od zadanoga pola.

Ovdje spomenimo još i to, da se onaj magnet, čijim utjecajem željezo postaje magnetičko, tim ni najmanje ne slabi. Ma koliko puta mi s njim opisani pokus izveli, on će nakon svih pokusa na svojim polovima hvatati istu množinu pilotine kao prije. njegova je jakost dakle ostala ista.

Ovaj nas razšireni vidik upravo potiče, da o naravi te čudne sile, koja nam tolike i raznolike pojave pokazuje, stanemo ozbiljno razmišljati, ne bismo li mogli pojuniti, kako to biva, da nam ona sve

te raznolike pojave pokazuje. Duh nam se i nehotice pita, zašto magnetička sila sve to baš onako radi, kako smo se pokusima uvjerali i nikako i nikada drugačije? Um nam se doduše raduje, što je našao navedene istine i o njima se uvjerio načinom tako sigurnim, da ne može biti ni sjenke kakovoj dvojbi, al isti naš um još nije potpuno zadovoljan; mala riečca: „zašto?“ još mu ne da, da miruje. Ona ga tjera napried u tu duševnomu njegovu oku još uvijek zastrtu zemlju; on hoće da sazna bit ove čudne sile, koja bi mu sve pojave jednim mahom raztumačila kao naravne i upravo nužдне posljedice te njezine biti.

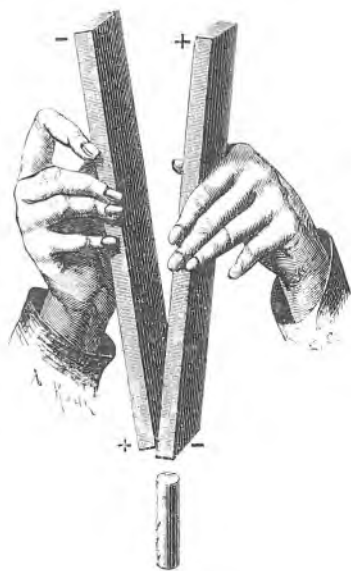
Pokušajmo dakle i mi, da se toj biti magnetičke sile što bliže primaknemo, ne puštajući nikada s vida nuždnú podlogu sigurnoga izkustva ni zakona logičkoga mišljenja, ali iztaknimo odmah, da čovječjemu umu do danas još nije pošlo za rukom do dna pojmiti ovu prirodnu silu. Nu ta nas priznaja naše slabosti ne će od nje odbiti; baš protivno: podvostručenom snagom mi ćemo kušati da joj uhodimo tragove.

Već izpitivanje obiju magnetičkih polova dovelo nas je do zaključka, da su ti polovi protivne naravi: što jedan od njih privlači, to drugi za stalno odbija, i obratno. Ovo nas iskustvo nuka, da o toj stvari dalje mislimo i izpitujemo. Prije svega je jasno, da moramo u svakom magnetu pomišljati dvie vrsti magnetizma, koji su protivne naravi, ili bar dvie vrsti magnetičkih polova, koji se po poznatom nam sada zakonu privlače i odbijaju; osim toga imade jedna vrst tih polova karakteristično svojstvo, da uvijek traži sjever, a ona druga jug; po tom smo ih svojstvu i nazvali sjevernim i južnim polom.

Nu ako su ova dva magnetizma zbilja protivne naravi, kaže nam razum, da će jedna vrst svakako uništiti djelovanje druge sasvim. Da budemo jasniji, evo pokusa (sl. 6.), koji će naš zaključak potvrditi. Na sjeverni pol magneta [na slici 6. je označen znak +, dočim južni dobiva protivni znak —] objesili smo komad željeza; željezo se pretvorilo u magnet, koji imade na svom bližem kraju južni, a na daljem sjeverni pol; južni se pol željeza sa sjevernim polom magneta privlači i željezo se čvrsto drži toga pola. Istina je doduše, da se sjeverni pol magneta i sjeverni pol željeza na drugom mu kraju opet odbijaju, pak bi čovjek mogao misliti, da će se ovo privlačenje i odbijanje uništiti. Nu mi se sjećamo, da je magnetička sila to slabija, što je pol dalji, dakle će u našem slu-

čaju svakako privlačenje bližega južnoga pola nadvladati odbijanje daljega sjevernoga pola, i mi sada na temelju magnetičke influencije posvema razumijemo, zašto svaki magnetički pol željezo privlači. Duševno nam je oko taj pojav shvatilo. Nu izpitujmo odmah dalje. Dotaknimo sada na sjevernom (+) polu viseći komad željeza [sada već vremenit magnet sa južnim polom gore] južnim polom (—) isto tako jakoga magneta. Što ćemo po dosadašnjem našem znanju očekivati? Južni pol ovoga novoga magneta odbija na gornjem kraju željeza načinjeni južni pol, i jer su oba magneta iste jakosti, odbija ga isto tako jako, kako ga sjeverni pol prvoga magneta privlači. Ove se dvie jednake i protivne sile moraju uništiti i — ako su, kako mislimo, one dvie vrsti magnetizma zbilja protivne naravi — očekujemo za stalno, da će komad željeza, čim ga drugim magnetom dotaknemo, odpasti, kao da na nj ne djeluje nikakova magnetička sila. Pokus, komu rado nadievaju ime: magnetični paradokson, jer ga ne mogahu shvatiti, dok nису poznavali pojav i zakon magnetičke influencije — taj nam pokus očekivanje naše podpuno potvrđuje: željezo odmah odpane i mi ga dvostrukim onim magnetom uzalud kušamo uhvatiti. Ovaj nas je pokus bliže primaknuo biću ove sile pokazavši nam, da se dva jednaka i protivna magnetizma unište (neutralizuju) u svom djelovanju na željezo.

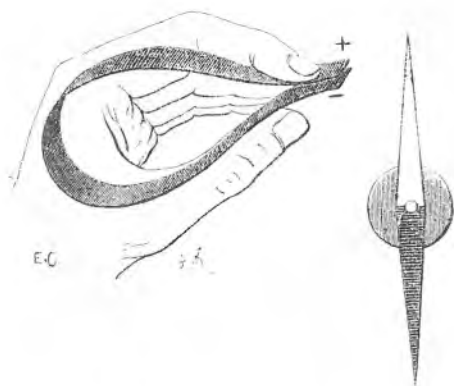
Ovaj nam pokus daje prilike, da podjemo još korak dalje u poznavanju magnetičke sile. Imademo pero od čelika, koje smo, rećimo magnetičkom influencijom, pretvorili u trajan magnet. Savinimo ga (sl. 7.) s nakanom, da mu budu polovi, po svojoj naravi protivni, jedan uz drugi, i primaknimo ovaj dvostruki pol magnetičkoj igli. Opažamo, da se magnetička igla iz svoga stalnoga položaja ni ne miče, akoprem na nju oba pola magneta djeluju:



Sl. 6. Magnetički paradokson.

nema nigdje na cijeloj igli ni privlačenja ni odbijanja! Našli smo dakle novu istinu, da su polovi istoga magneta jednako jaki.

Gilbert nas je u poznavanju magnetičke sile poveo još dalje pokusom, koji idemo odmah da opišemo. Mogli bismo lako po predjašnjim pokusima pomisliti, da su se obje vrsti magnetizma tako po štapu porazdijelile, da na cijeloj polovici štapa, koja traži sjever, imademo sjevernoga magnetizma, a na drugoj južnoga magnetizma. Kako bismo se siluo prevarili, sudeći ovako bez podloge iskustva, pokazao je vrlo liepo Gilbert ovim pokusom. Prekinimo magnetički štap *AB* (sl. 8.) na četiri komada, pak izpitujmo pojedine komade. Da nam je prije iztaknuti nazor valjao, mi bismo



Sl. 7. Jednaka snaga magnetičkih polova.

u lievim komadima morali naći samo sjevernoga, a u desnim samo južnoga magnetizma. Nu gle čuda! Utaknuvši pojedine komade u željeznu pilotinu, nalazimo, da je svaki od njih podpuni magnet sa dva pola, jer se pilotina svakoga od njih hvata na objema krajevima jako, a prema sredini sve manje. Pače, sudeći po množini uhvaćene pilotine, svaki je od novih magneta go-

tovo tako jak, kao i predjašnji cijeli magnet!

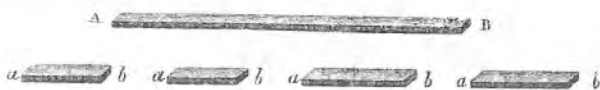
Nu još nas uvijek oko može da vara. Možda u lievim komadima imade ipak samo sjevernoga magnetizma, pa se on pribrao tek na krajevima, pa zato pilotinu hvata, nalik pravomu magnetu, sa dva protivna pola?

Izpitujući prvi lievi komad na magnetičkoj igli, zaista nalazimo, da je na predjašnjem kraju štapa ostao sjeverni pol *N*, a ondje, gdje je štap prelomljen, napravio se južni pol *S*, komad je dakle pravi magnet. Isti pojav pokazuje i drugi odlomak: i on je pravi magnet sa dva protivna pola, nu ondje, gdje se držao prvoga komada, načinio se sjeverni pol, a na drugom kraju južni; protivnoga imena polovi načinili su se baš ondje, gdje su

se komadi prije doticali. Isti pojav pokazuje i treći i četvrti komad. Polovi su dakle u komadima upravo tako okrenuti kao u prvanjem cijelom magnetu.

Ako smo magnet uz nešto opreznosti slomili, ne će baš teško biti sve komade opet sastaviti, da čine cijeli magnet. I gle, oni protivni polovi, koji se sada opet dotiču, uništili su se, a preostaje samo djelovanje onih dvaju polova na krajevima, baš kako je i prije loma bila!

Očito je, da bih sada mogao pojedine komade opet razpolavljati, a što bih našao, mogu sada već unapried kazati. Svaki će komad biti posebni pravi magnet i ako komade složim, kako sam ih kidao, naći ću i opet, da su svi polovi u komadima prama onoj strani okrenuti, kojoj je istog imena pol bio u cijelom magnetu. Kako daleko smijemo tjerati ovu razdjelbu magneta, a da nam svaki komad ostane još uvijek pravi magnet? Opet je pokus odgovorio: Ako se magnet sruče u prašinu, pak jedan prašak izpitujemo, nalazimo, da je još i on mali magnet sa dva protivna pola.



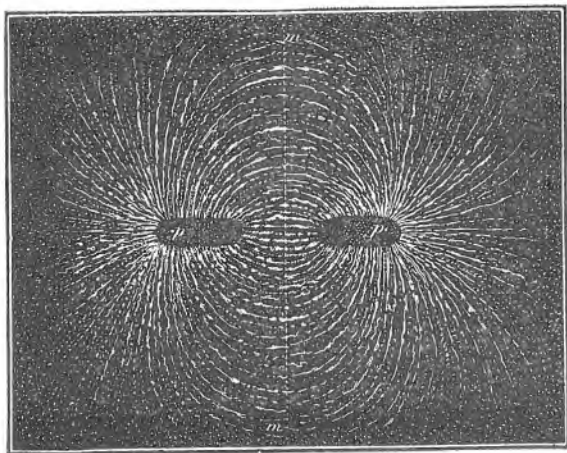
Sl. 8. Razdioba magnetičkoga štapa. — Razpored polova po komadima.

Dušeвно nam je oko već zavirilo i u nutarnjost magneta: moramo da smatramo svaki magnet sastavljenim od velike množine veoma malih magneta, koji su ipak u njem tako poredjani, da svi polovi istoga imena pokazuju na istu stranu štapa. Prelomimo li magnet na kojem mu drago mjestu, očito je, da će jedna strana lomne plohe pokazivati same južne, a druga same sjeverne polove.

Nadjenom redjanje malih magnetiča upotrebio je isti Gilbert, da nam predoči djelovanje magnetičke sile načinom, koji ljepotom svojom nadilazi sve dosadanje. Idemo, da ga upoznamo. — Ako se magnetički štap savine, prima on oblik podkove, koji osobito za jače magnete, rado rabi, jer, osim drugih dobrih strana, imade i tu, da su polovi u istoj ravnini i jedan blizu drugoga. Na polove ovakove podkove položimo papir, pa ga pospemo željeznom pilotinom; pilotina će se poredjati u krivulje, koje nam pokazuje

sl. 9. Vidimo, da te krivulje iz jednoga i drugoga pola niču poput zrakâ, pa da se savijene u luk priklanjaju drugomu polu. Čini se, kao da se krivulje uzajmice odbijaju, jer inu je u sredini daljina najveća.

Jedan od najvećih izpitatelja magnetičkih i električnih sila bio je M. Faraday, koji se od knjigoveže znao podignuti do nadstojnika glasovitoga kemičkoga laboratorija na kraljevskom institutu u Londonu (r. 1813. umro 1867). Taj veliki nasljednik Gilbertov u Londonu s osobitom je pomnjom proučavao magnetičke krivulje, te nas i naučio, kako ih s pomoću gumiranoga papira možemo i trajno uhvatiti. On je i došao do misli, da nam ove



Sl. 9. Magnetičke krivulje.

krivulje jasno pokazuju smjerove, u kojima magnetička sila izmedju polova djeluje.

Svaki je naime prašak pilotine izložen djelovanju dviju magnetičkih sila, koje polaze od obiju polova. Iz zajedničkog njihova djelovanja proizlaze nova sila, u koju su se obje predjašnje složile, a

u smjer te nove sile postavlja se svaki prašak pilotine. Cio prostor oko magneta, u kojem još njegove magnetičke sile djeluju, nazvao je Faraday magnetičkim poljem, koje je očito najjače u blizini polova, a postaje sve slabije, što se više od njih udaljujemo. Ove su nam krivulje prava slika magnetičkoga polja: svojim nam položajem pokazuju smjer, u kojem zajednička sila obiju polova željezo vuče, a svojim brojem opet pokazuju jakost magnetičkog polja; jedno se i drugo jasno vidi i na našoj slici 9. Gdje se dakle radi o tom, da erpemo koristi od jakosti magneta, prvo je upoznati njegovo magnetičko polje i po

broju krivulja ocieniti mu jakost. S toga su ove krivulje u naše dane opet izišle na velik glas.

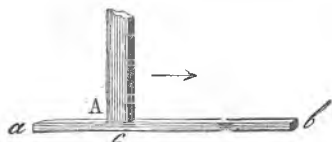
Nakon svih ovih pokusa s pravom će se čitalac upitati: pa šta je ta magnetska sila, kojoj smo gotovo sve tragove obišli? — Odgovora na to pitanje današnja znanost ne daje. Običaj je doduše u starije vrijeme bio, a i danas se još u mnogim knjigama javlja, po prijedlogu francuskoga fizika Coulomba (god. 1779.) govoriti, da imademo u svakoj magnetskoj tvari, n. pr. u željezu, dvije magnetske vanredno tanke tekućine. Te da su protivne naravi, pak se zato unište u svom djelovanju, dok su u istoj množini pomiješane. Ovim magnetskim tekućinama, koje bi još k tomu morale imati nama neponjatno svojstvo, da nemaju nikakove težine, kušali su raztumačiti sve pojave i zakone, koje smo upoznali. Nu danas se o takovim tekućinama ili fluidima više ne može govoriti. Što bio da bio magnetizam, tekućina ne može nikako da bude.

Mi s toga ne ćemo čitaoce ni zabavljati ovom, ma kako inače duhovitom hipotezom, nego mu kažemo punu istinu: Današnja znanost ne zna, što je magnetizam; ona skuplja gradju sa svih strana, da mu bit shvati i imade danas razloga tvrditi, da su magnetizam i elektricitet jedna prirodna sila. Bit će kasnije mjesta, da se povratimo na te razloge. Tu je polje i razboritomu kušanju i dubokomu razmišljanju na temelju pojava i zakona, nadjenih pokusima, još širom otvoreno!

Mjesto da se od prirode same udaljimo i upuštamo u gonetanje, o kojem smo uvjereni, da ne vodi do istine, povratimo se k našim magnetima, pak se radije upitajmo, kako bismo mogli načiniti više jakih, trajnih magneta, ako imademo jedan ili njih nekoliko.

Najjednostavniji način, kako bismo čelik pretvorili u trajan magnet, već smo opisali kod pojava magnetske influencije. U blizini magnetskoga pola ili — radi jakosti sile još bolji način — u doticaju sa polom pretvorit će se čelik u trajan magnet, kojemu unapried po zakonu magnetske influencije znademo polove.

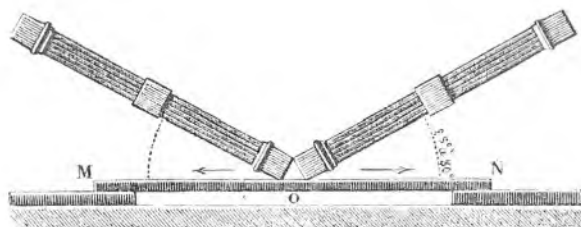
Brže se čelik pretvori u još jači magnet načinom, koji je dobio ime jednostavnoga vlaka. Gilbert je već znao ovako dobivati magnete. Na jednom se kraju štapa *a b* (sl. 10.) metne



Sl. 10. Magnetovanje jednostavnim vlakom.

pol A magneta, pak se jednim vlakom bez stanke vuče do drugoga kraja b . Ova se operacija više puta opetuje, ali uvijek s istim polom i u istom smjeru t. j. uvijek od a do b . Ako je pol A magneta bio sjeverni pol, načinit će se i na kraju a pol istoga imena N , a na kraju b pol protivnoga imena; a da tako mora da bude, lako je shvatiti po poznatom nam zakonu, da se istog imena magnetizmi odbijaju, a protivnog privlače.

Opetujući ovaj vlak naći ćemo, da nam se čelik pretvara u sve jači i jači magnet. Hoće li to ići u neizmjernost? Nipošto! Ne će dugo potrajati i mi ćemo se uvjeriti, da uzalud pol A prevlačimo; čelikov se magnetizam ne će više da pojačava; mi velimo, da se čelik nasitio magnetizmom. Svaki dakle komad čelika može da primi samo neku stalnu množinu magnetizma.



Sl. 11. Magnetovanje dvostrukim vlakom. Metoda Duhamelova.

Do polovice prošloga stoljeća znali su samo jednostavnim vlakom magnetizovati čelik. On se i danas preporuča za tanke i kratke igle; nu čim imademo pred sobom nešto deblji i duži štap, nije praktičan, jer se lako dogodi, da se magnetizam po štapu nepravilno porazdieli, pa dobijemo, mjesto dva, više polova. Ta je neprilika potakla neke fizike, da potraže bolje načine za magnetizovanje i tako postade dvostruki vlak.

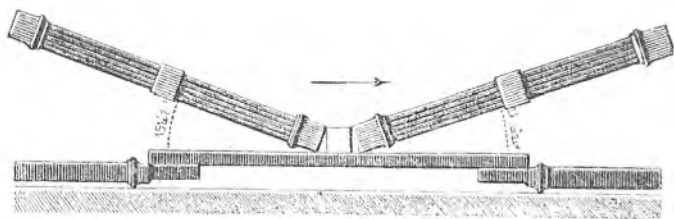
Duhamel pravi dvostruki vlak ovako. Štap se od čelika po njem položi na protivne polove dvaju jakih magneta A' i B' ; (sl. 11.) kraj M n. pr. na sjeverni pol magneta A' , a kraj N na južni pol magneta B' . U kutu od 25° — 30° polaže Duhamel posred štapa dva magneta sa protivnim polovima, pazeć pri tom, da položeni pol magneta imade isto ime, kao pol čvrstoga magneta,

koji je na njegovoj strani. Po našem bi predjašnjem rasporedu dakle desni položeni pol magneta bio južni, a lievi sjeverni pol.

Povlačeć uz stalni kut oba magneta u protivnom smjeru jedan na desno a drugi na lievo i opetujuć ovu operaciju uvijek istim načinom, dobije štap od čelika na kraju *M* jak južni, a na kraju *N* jak sjeverni pol.

Aepinus radi nalik Duhamelu. I on polaže štap na dva magneta (sl. 12.). U sredinu, u kutu od 15° — 20° , položi takodjer dva magneta sa protivnim polovima, ali medju njih utiče komadić drveta, te pomiče oba magneta zajedno napried i natrag po štapu od čelika. Ovaj je Aepinsov način magnetizovanja najviše rabio, jer je davao najjače magnete, nu i kod njega treba opreznosti, da se ne pojavi više polova.

Ovo su bili načini magnetizovanja prije nego što se znalo za odnošaj izmedju elektriciteta i magnetizma. Danas se najjači



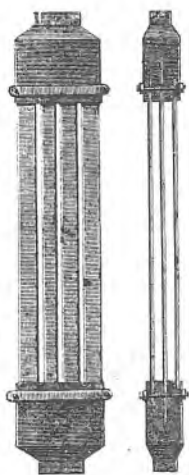
Sl. 12. Magnetovanje dvostrukim vlakom. Metoda Aepinsova.

permanentni magneti dobivaju električnim strujama. Opisat ćemo i ovaj način, nu mnogo kasnije, kad se upoznamo s električnim pojavima, koji su mu osnovom.

Netom nadjena istina, da se štap od čelika uskoro magnetizmom nasiti, daje nam povoda, da razmišljamo o pitanju, kako da dobijemo vrlo jake magnete, a da nam pri tom težina njihova ne bi narasla dotle, da budu nespretni i skupi. Znajući, da zadani štap ne može da primi više od neke stalne množine magnetizma, trebalo je izpitivati, kakovi štapi primaju više, a kakovi manje magnetizma. Nu tu opet treba da se složimo u mjeri, po kojoj ćemo da sudimo o jakosti magneta. Najpoznatiji je izljev magnetičke sile privlačenje željeza, pa je očito, da će morati magnetov pol to jačim ocieniti, što je teži komad željeza, koji još može

nositi. Po ovoj najvećoj težini, što ju koji pol još nositi može, sude obično jakost magneta. Ispitujuć ovom mjerom, da li raste jakost magneta u istoj mjeri, u kojoj on postaje teži, našli su zaista čudan rezultat.

Niemac je Haecker (g. 1844.) napravio magnetâ vrlo različite težine, pa na svakom pokušao, koliko može da nosi. Njegov magnetić od 1 lota mogao je da nosi 32 puta veću težinu; magnet od 1 funta tek 12 puta svoju težinu, a magnet od 40 funta tek četverostruku svoju težinu*. Mali magneti su dakle razmjerno jači od velikih. Iz toga je iskustva niknula nova misao: zgodnom kombinacijom od mnogo razmjerno malih i slabih magneta načiniti nov jaki magnet; tako postadoše najprije magnetički snopovi.



Sl. 13. Magnetički snop.

Položimo li nekoliko jednakih magnetičkih štapova jedan na drugi tako, da su im svi polovi na jednoj strani, pak ih svežemo, imademo ono, što zovu magnetičkim snopom, koji je to jači, što sam više štapova spojio. Mogao bih dakle pomisliti, da ću množeći broj tih štapova, dobiti po volji jak magnet. Nipošto! Već je Coulomb opazio, da istoga imena polovi, kad su jedan uz drugi, slabe ukupnu snagu svih, te čela snaga snopa nije nipošto jednaka zbroju od pojedinih snaga, nego zaostaje iza toga zbroja to više, što više štapova uzmem; napokon dodavanje novih štapova ništa ne koristi. Kako da izbjegnemo tomu slabljenju?

Nakon mnogih pokusa našao je Nobili, da je vrlo dobro srednji štap načiniti najduži, a svaka dva, što sliede s objiju strana; nešto kraća; krajevi štapa čine stube. Scoresby je opet našao, da je osim toga dobro štapove nešto razstaviti i ovakov magnetički snop pokazuje naša sl. 13. Na njoj vidimo 4 razstavljena štapa u prvom redu; nu iza njega imademo pomišljati još 2 takova reda, od kojih srednji imade duže štapove, kako to i desna slika poka-

* Za Newtona kažu, da je nosio u prstenu mali naravan magnet, koji da je svoju 200 kratnu težinu nosio.

zuje. Napokon se i to pokazalo, da magnetizam nipošto ne seže daleko u nutrinju čelika: on jedva zalazi $\frac{1}{10}$ mm. duboko, kako je dokazao Jamin, koji je snagu magneta najbolje izpitao. Koristeći se tim obretom, ne treba u magnetičkom snopu debelih štapova; i veoma tanke pločice od čelika, zovu ih rado lamele, mogu biti isto tako jaki magneti, kao i debeli štapovi. U londonskom „kraljevskom društvu“ (akademiji) čuva se ovaki magnetički snop sa 450 pločica, 40 cm. dugih, što ga je napravio Knight. On još danas nosi 50 klgr., nu u početku, vele, bio je mnogo jači. Izgubio je nešto od svoje snage tim, da se slučajno jako ugrijao prigodom požara.

Nu razgledajući sliku 13. nalazimo, da su krajevi štapova utaknuti u dva komada mekoga željeza; zovu ih armaturom ili kotvom magneta. Čudan je upravo utjecaj tih armatura na snagu magnetičkoga snopa. Mi već znademo, da će svaki pol magnetičkoga snopa influencijom djelovati na meko željezo, pa ga pretvoriti u magnet, koji će uz pol magneta imati pol protivnoga, a na drugom kraju pol istoga imena; nu pokusi su još čudniji utjecaj pokazali: pol je magneta jači, kad je na njem armatura! Čini se dakle, kao da protivni magnetizam armature sav magnetizam pola, na kojem je, nekim načinom dovuče u pol, i tim snagu pola poveća.

Kod magnetičkih je snopova mala neprilika, što trebaju dvie armature, svaki pol svoju. Iz težnje, da se za oba pola upotrebljava jedna armatura i da budu polovi što bliži, izišla je konstrukcija magneta u obliku podkove (sl. 14.). Armatura je komad mekoga željeza, koji sada oba pola privlače. Težina toga željeza i obješenih još na nj utega mjeri sada zajedničku snagu obiju polova. Upitamo li se, kolika li može da bude ta zajednička snaga, bit ćemo rado pripravniji reći, da će biti tolika, kao dvostruka snaga jednoga pola.



Sl. 14. Magnetička podkova sa armaturom i utegom.

Nu ma koliko nam se ovaj zaključak činio sam sobom razumljiv, u njem nema istine! I opet liep primjer, s kolikom nam je opreznosti u spoznavanju prirodnih istina postupati. Pokusi su nam naime u ovom pitanju pokazali, da je zajednička snaga obiju polova mnogo veća od dvostruke snage jednoga pola. Što više, svaki dan

možemo dodavati po jedan novi uteg i magnetska će podkova svaki dan više nositi, dok ne dodjemo do neke najveće težine, kod koje će se armatura najjednoč odkinuti, a magnet se u isti mah povrati na svoju prvu snagu, ako je bio sit magnetizma. Nije li bio sit, snaga će mu saći i pod onu snagu, koju je imao na početku.



Sl. 15. Jaminov magnet
u obliku podkove.

Najsavršenije je magnetske snopove u obliku podkova sastavio već spomenuti Jamin. Njemu rabe sasna tanke pločice ili listovi od čelika. Sastavljajući ih u većem broju dobiva vrlo jake magnete, a pri tom im težina nije prevelika (sl. 15.). Nekoliko će nam primjera najbolje pokazati zaista vanrednu jakost ovih Jaminovih magneta. Tri je pločice do sitosti magnetizovao i od njih načinio magnetski snop, koji je bez armature nosio najviše 4 klgr. Iste pločice, u svezi s njegovom armaturom od 350 čestvornih cm. površine nosile su 140 klg. Podkova njegove konstrukcije sa 55 listova nosila je 680 klg.

I danas su još Jaminovi magneti daleko najjači uz razmjerno malu težinu. Tko želi da imade trajan i vrlo jak magnet, učinit će najbolje, ako nabavi magnetsku podkovu Jaminovu, kakovu pokazuje naša slika.

II.

Zemlja kao magnet.

Dokazi, da je zemlja doista jak magnet. — Polovi zemaljskoga magneta. — Magnetički meridiijan. — Magnetički odklon. — Magnetičke karte. — Magnetički naklon. — Izogone. — Izokline. — Promjene zemaljskoga magnetizma na istom mjestu tečajem vremena. — Stoljetne promjene. — Dnevne promjene. — Magnetičke oluje i nepravilni trzaji igle. — Polarno svjetlo, pjege na suncu i zemaljski magnetizam.

emlja je naša jak magnet. „Zaista? Ta to se ne slaže sa onim, što do sada znademo o magnetizmu“, čujem, gdje u čudu kaže čitalac. Mi znademo, da magnetička sila trajno obitava samo u čeliku, a da naša zemlja nije od čelika, to znade svako diete.

Pa ipak nas iskustvo sili na temelju neoborivih pokusa, da ovu tvrdnju držimo istinitom. Da vidimo te pokuse! Magnetička se igla, koja je položena na osnovni šiljak, uvijek postavlja u stalan smjer i to s istim polom *N* pokazuje uvijek k sjeveru zemlje, ako i ne sasama točno k sjeveru. Zašto se magnetička igla uvijek postavlja u taj stalni smjer? * Neka nam pravi uzrok nadje pokus. Metnimo na dosta jak magnetički štap *NS* (sl. 16.) malu magnetičku iglu položenu u svom težištu na osnovnu os. Igla se ovakova može u horizontalnoj ravnini okretati, ali se ne može dolje naginjati. Gdjegod ju na štap *NS* postavimo, opazit ćemo pojav, da će joj se os *ns* postaviti u isti smjer sa osi štapa *NS*, ali tako, da će južni pol igle pokazivati prama sjevernomu polu štapa i obratno. Uklonimo li sada magnetički štap, igla će se žurno okrenuti natrag u svoj stalni položaj od sjevera k jugu. Ne izgleda li nam, kao da je sada

* S početka tražili su uzrok izvan zemlje. Cardanus, koji u jednom svojih spisa ozbiljno pripovieda, kako se sastao s čovjekom iz mjeseca, tražio je uzrok ovomu pojavu u jednoj zvijezdi medvjeda.

negdje pod iglom novi nekaki magnet, kojemu je južni pol okrenut k sjeveru, a sjeverni k jugu? Po tom bar, što se igla tolikom žurbom okrenula u svoj stalni položaj, morao bi na to misliti.

Nu sledimo odabrani pokus još dalje. Pomaknemo li iglu, dok stoji na magnetu (sl. 16.) iz položaja *s n*, koji je sama odabrala, opazit ćemo, da će nekoliko puta oko njega tamo amo nihati, pak se u nj opet povratiti, pokazujući kao i prije polom *s* prama polu štapa *N*. Pače, ako iglu okrenemo za polovicu celoga okruga, pa *s* stoji nam onom mjestu, gdje je prije stajao njezin pol *n*, vidjet ćemo, da igla ne će ostati u tom smjeru, akoprem je on istovjetan sa predjašnjim. Velikom će se žurbom iglin pol *s* vraćati u svoj predjašnji položaj. Nekoliko će se puta oko njega žestoko zanihati, ali će na koncu ipak stati u prvom položaju. Nismo li baš isti pojav opazili na igli, koju smo iz njezinoga stalnoga položaja prama zemlji krenuli? Ne vodi li nas ova velika analogija (naličnost) i nehotice k misli, da i stalnomu položaju igle prama nebeskim stranama mora da bude uzrok nekaki nama još nepoznati magnet, koji je pod njom? Mogli



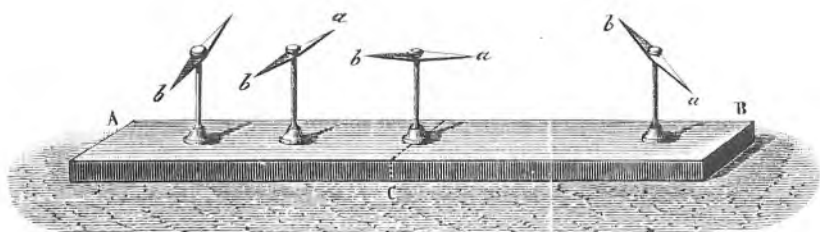
Sl. 16. Položaj magnetičke igle na magnetu.

bismo pomisliti, da je možda baš pod nama u kori zemaljskoj slučajno skriven jak naravni magnet sa južnim svojim polom okrenut k sjeveru. Nu što da reknemo, kad čujemo, da isti kraj magnetičke igle ne pokazuje samo u nas k sjeveru zemlje, nego svagdje na površini zemaljskoj? Hipoteza o slučajnom magnetu u kori ne može više da stoji i mi ne nalazimo drugoga izlaza iz ove dileme, nego reći, da je naša zemlja sama taj magnet, da ima negdje oko sjevernoga svoga pola (geografijskoga) veoma jak južni magnetički pol, a blizu svoga južnoga (geogr.) pola isto tako jak sjeverni magnetički pol. Samo uz ovaj zaključak razumijemo, zašto se igla svagdje na zemlji postavlja u onaj stalni smjer. Nu iskustvom naučeni, da nam valja u prirodnoj nauci veoma oprezno postupati kod ovakih zaključaka, idemo da tražimo još novih razloga, koji će za ovu našu tvrdnju vojevati.

Imademo veoma jak i dugačak magnetički štap *AB* (sl. 17.) sa magnetičkim svojim polutnikom u *C*. Baš na magn. polutnik na-

mjestimo iglu ba , ali ne onakovu kao prije, nego takovu, koja se u osnovnoj ravnini može okretati, te se k štapu može po volji naginjati. Takovu iglu dobijemo, ako joj kroz težište protaknemo os horizontalnu i tu os na zgodan stalak položimo. Dok takova igla stoji na magn. polutniku štapa, vidimo, da stoji vodoravno, kao i štap AB , okrenuvši polu A svoj pol protivnoga imena b . Čim ju pak više primičemo n. pr. polu A , evo sasma novoga pojava: igla se sa polom protivnoga imena sve više naginje k polu A , što bliže dolazimo k tomu polu. Ovaj nas pokus vodi do nove misli, da ovu magnetsku iglu izpitujemo glede njezina položaja k zemlji. Učinimo to.

U vilici na stalku (sl. 18.) visi magnetska igla s ovakvom osi. Kako joj os prolazi baš kroz težište, nema igla nikakova razloga, da se s jednim ili drugim svojim krajem nakloni k zemlji: u svakom bi položaju, koji joj dadem, imala ostati na miru. Ze-



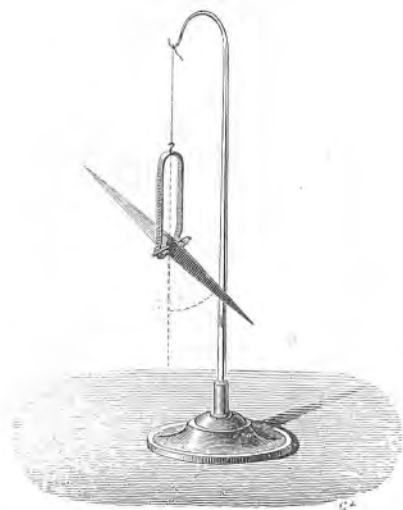
Sl. 17. Djelovanje magneta na magnetsku iglu.

ljezna bi igla, koja nije magnetizovana, tako i radila. Ali ne će tako naša magnetska igla. Pustimo li, da se okreće i oko konca, na kom vilica visi, i oko horizontalne osi, koja je u toj vilici, otkrit ćemo dva veoma karakteristična gibanja igle. Najprije će se igla, okrećući se oko konca, namjestiti u onaj stalni položaj k zemlji, pokazujući svojim sjevernim polom k sjeveru zemlje. Nu ujedno opažamo i drugo gibanje igle. Sjeverni joj pol pokazuje doduše k sjeveru, ali se ujedno u našim krajevima naginje jako k zemlji; dakle opet isti pojav, što ga čas prije vidjesmo kod štapa (sl. 17.).

Što da reknemo o ovoj drugoj analogiji izmedju pokusa sa štapom i iglom, koja se slobodno na zemlji namješta? Nije li nam sada već očit zaključak, da zemlja mora da je jak magnet, koji

na sjevernoj polutki imade svoj južni pol, dok se sjeverni pol igle k zemlji nagine? Po gotovu ćemo odobriti taj svoj zaključak, kad saznamo, da su ljudi išli na raznim krajevima zemlje taj kut mjeriti, pa su našli rezultate, koji našu tvrdnju upravo sjajno podkrepljuju. Evo ih :

Naklon se igle svagdje na zemlji pokazuje, dakle je zemlja kao cjelina onaj magnet, koji je tomu naklonu uzrok. Nu kao što vidjesmo na našem štapu, da igla u magnetskom polutniku horizontalno stoji, tako su i na površini zemlje našli, u blizini njezinoga geografijskog polutnika mjestâ, gdje igla takodjer horizontalno stoji ;



Sl. 18. Magnetička igla, što pokazuje naklon k zemlji.

ta su mjesta na magnetskom polutniku zemaljskoga magneta. Putujući s tih mjesta s iglom na sjever, vidjeli su, da se sjeverni pol njezin sve više nagine k zemlji, a putujući k jugu, našli su, da se njezin južni pol nagine k zemlji u potpunom suglasju sa pokusom na štapu. Daleko na sjeveru zemlje našli su pače mjesto, gdje se igla sasama osovno postavila prama zemlji: tamo je dakle južni pol zemaljskoga magneta. Našao ga je na svojim putovanjima k sjevernomu polu zemlje kapetan James Ross na poluostrvu Boothia Felix izmedju sjeverne Amerike i geografijskog sjevernog pola nekih 20°

daleko od njega. Sjeverni pol zemaljskoga magneta je na južnom polarnom kontinentu kod Vulkana Erebus i Terror nekih 16° daleko od geografijskog južnoga pola.

Što će se dogoditi, ako komad željeza donesemo blizu k južnomu polu jakoga magneta, znademo od prije. Radi magnetske će se influencije željezo pretvoriti u magnet sa protivnim polom u bližem, a istoga imena polom na daljem kraju željeza. Ako je, kao što smo do sada po analogiji sudili, naša zemlja jak magnet, moramo očekivati, da će i naša zemlja pretvoriti željezo u magnet,

osobito, ako ga postavimo u položaj, koji nam naznačuju obje naše igle, dakle najprije u smjer od sjevera k jugu i onda još jedan kraj željeznoga štapa onako u kut nagnemo, kako nam druga igla pokazuje. Trebat će, da naše nemagnetično željezo baš tako postavimo, jer nam igle jasno kažu, da magnetička sila zemlje, — ako je ona uzrok tim pojavima, — baš u tom smjeru djeluje. Mi ćemo pače očekivati, da će se u nagnutom k zemlji kraju našega štapa po zakonu influencije načiniti sjeverni pol magneta, a na kraju gore okrenutom južni pol.

Uspijemo li i s ovim odlučnim pokusom, bit će jasno, da dalje ne smijemo sumnjati o tom, da je zemlja i zbilja magnet. Da vidimo dakle, što pokus kaže!

Štap od mekoga željeza do 60 cm. dug, o kom smo se uvjerali, da nije ništa magnetičan, nčvrstimo na horizontalnoj daski pa ju položimo što točnije u sjeverno-južni stalni smjer magnetičke igle. Dasku zajedno sa štapom dignemo s jedne strane tako visoko, da sa ravninom stola čini isti kut, kao i druge vrsti magnetička igla. I gle čuda: u istom se trenu željezni štap zaista pretvorio u pravi magnet, jer dolnji njegov kraj privlači južni, a odbija sjeverni pol primaknute mu magnetičke igle, on je dakle, baš kako smo očekivali, sjeverni pol novo postaloga magneta; gornji mu kraj opet odbija južni, a privlači sjeverni pol primaknute igle, dakle je južni pol. Da pojačamo ovaj magnetizam, dobro je udariti željezni štap nekoliko puta drvenim batom na gornjem kraju: ovi udarci pospješuju redjanje poznatih nam već sitnih magnetića.

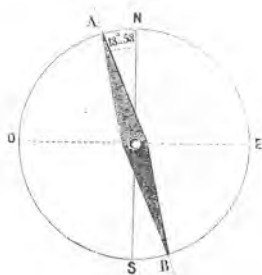
Okrenimo sada naš željezni štap! Zbilo se gotovo čudo. Kraj, koji je čas prije bio sjeverni pol, sada je južni, a predjašni južni pol sada je sjeverni! Nama to ipak nije čudo. Dok smo naime štap okretali, izgubio se njegov magnetizam, jer je željezo meko. Nu čim smo ga opet namjestili u smjer zemaljske magnetičke sile, on je njezinom influencijom opet postao magnet sa sjevernim polom dolje a južnim gore. Polovi su se dakle morali izmijeniti po zakonu influencije. A baš s toga, što se sve to ovako točno po našem očekivanju zbivalo, nema druge, već priznati, da je naša zemlja sama jak magnet, koji imade svoje polove i svoj magnetički polutnik, kao ma koji umjetni magnet, i taj je zemaljski magnetizam uzrok tomu, da nam se magnetička igla svagdje na zemlji postavlja u stalni od prilike sjevero-južni

smjer, da se naginje k zemlji na sjevernoj polutki sjevernim, a na južnoj južnim svojim polom.

Zemlja je dakle zaista pravi magnet! To je bila jedna od najvažnijih stečevina u proučavanje magnetskih sila, do koje je opet god. 1641. došao isti toliko puta spomenuti Gilbert. Sa visa ove stečevine puca nam novi prostran vidik. Ispitujući pomno sve, što s njega pregledati možemo, došao je čovjek do novih — smjelo smijemo utvrditi — veoma čudnovatih posljedaka. Evo glavnih pitanja, koja nam se glavom roje, ako se u taj novi zemaljski magnetizam samo malo zamislimo.

U kojem smjeru djeluje zemaljski magnetizam na svakom mjestu zemaljske površine? Mienja li se taj smjer od jednoga mjesta do drugoga ili je svagdje isti? Kolika je snaga toga zemaljskoga magneta i je li ona svagdje na zemlji ista ili se možda i ona mienja?

Je li napokon snaga toga zemaljskoga magneta uvijek ista ili možda i on tečajem vremena slabi, kako to vidjamo na svim našim umjetnim magnetima.



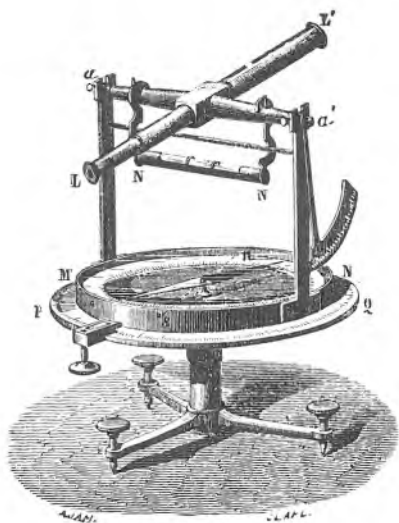
Sl. 19. Magnetička deklinacija.

Red je, da čitatelja kroz povorku ovih i sličnih pitanja povedemo, ne samo s toga, što će nam se spoznaja magnetskih sila nenadanim upravo načinom usavršiti, nego i s obzirom na to, što se na tom temelju razširilo brodarstvo po cijeloj zemaljskoj kruglji,

te nam donielo geografskih obreta, kojim važnosti ne treba da tek crtamo.

Smjer je magnetske sile zemaljske točno označen jednom i drugom magnetskom iglom. Prva se igla (na osnovnoj osi) postavlja u stalni sjeverno-južni smjer. Nu imali smo već prilike iztaknuti, da ova igla ne pokazuje baš točno k sjeveru. Sad je vrijeme, da točnije izpitamo taj stalni smjer igle. I tu neka nas vodi pokus. Nije baš teško na svakom prozoru, koji je okrenut na jug, naći i zabilježiti onaj pravac, koji jednim svojim krajem pokazuje točno prama sjeveru, a drugim prama jugu, a taj se zove geografski meridijan toga mjesta. Kad bismo ga mogli na obje strane po volji produžiti po površini zemlje, dobili bismo kružnicu, koja bi išla kroz sjeverni i južni pol zemlje.

Nam je međjutim dosta, što znamo, da nam pravac pokazuje a ma točno na sjever i jug. Neka bude *NS* (sl. 19.) taj pravac, gdje kraj *N* (North) pokazuje na sjever, a kraj *S* (South) na jug. Na njem okomiti pravac *OE* pokazuje dakle na iztok i zapad (*O* na zapad, *E* na iztok). Postavimo li malu iglu prve vrsti, koja igra nad krugom razdieljenim u 360° , sredinom njezinom u smjer *NS*, naći ćemo u našim krajevima uvijek, da igla ne će ostati točno u smjeru *NS*, nego će poći nešto prama zapadu u smjer *AB*. Pravac položen kroz oba pola *A* i *B* i po volji produžen predstavlja mi dakle onaj stalni smjer, u koji se igla uvijek postavlja; zvat ćemo ga odsele magnetičkim meridijanom našega mjesta, da iztaknemo razliku od pravoga geografijskoga meridijana *NS*. Pogled na sliku ili krug, iznad kojega igla igra, pokazuje, da oba smjera čine kut (u slici $18^\circ 56'$), a taj su kut nazvali magnetičkim odklonom toga mjesta ili magnetičkom deklinacijom. Naša slika vrijedi za Pariz god. 1864., dakle bismo rekli, da je magnetička deklinacija u Parizu u listopadu god. 1864. bila $18^\circ 56'$ prama zapadu. Je li i danas tolika, o tom će biti kasnije govora.



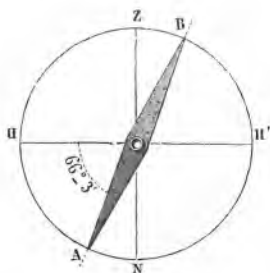
Sl. 20. Deklinatorij.

Kako je ovaj kut razmjerno malen, mislili su u srednjem vijeku, da igla zbilja točno k sjeveru pokazuje. Tek je Kolumb g. 1492. opazio, da postoji magnetička deklinacija. U Zagrebu je magnetička deklinacija sada od prilike $8^\circ 20'$ prama zapadu.

Isti je veliki obretnik novoga svijeta već opazio, da se deklinacija mienja, kad se igla prenosi s jednoga mjesta zemlje na drugo. On je pače i to našao, da imade mjestâ na zemlji, gdje je ta deklinacija jednaka ničtici i našao je takovo mjesto na jednom od Azorskih otoka. Mjesto rieči evo maloga priegleda, kolika je magnetička deklinacija na nekim mjestima zemlje nadjena g. 1880.

Ime mjesta:	Deklinacija:	Inklinacija:
Boothia Felix	—	90° N
London	18° 40' W	67° 40' N
Petrograd . . .	0° 40' W	70° N
Berlin	11° 30' W	64° N
Pariz	16° 45' W	66° N
Rim	11° 30' W	60° N
New-York . . .	7° 57' W	72° 12' N
St. Helena . .	26° 25' W	28° S
Kapstadt . . .	30° 2' W	56° 30' S
Sydney	9° 30' E	62° 45' S
Hobarton . . .	8° 49' E	71° 5' S
Tokio	4° 5' W	50° N

Za krmilare na brodovima, koji daleko putuju, prevažna je stvar poznavati magnetsku deklinaciju na što više mjestâ površine



Sl. 21. Magnetička inklinacija.

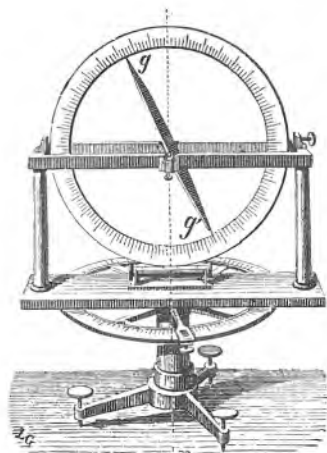
zemaljske, jer će samo na temelju ovoga znanja sigurno voditi brod. Bila je dakle jedna od najvažnijih zadaća za nautiku (nauku o pomorstvu), točno izmjeriti deklinaciju, a za taj posao rabi sprava, koju zovu: deklinatorijem (sl. 20.). U kutiji je MN , na oštrom šiljku od ahata, igla. Možeš je šarafima na nozi aparata tako namjestiti, da je točno horizontalna. Na kutiji su dvie osovine motke, koje nose os aa' , a na njoj se okretati može dalekozor LL , koji se tako namjesti, da pokazuje točno na sjever. Ako se sada još i pravac ns u poznati meridian namjesti, treba na razdieljenom krugu samo pročitati kut, što ga čini igla sa meridianom ns .

Nu ni ova sprava ne da, da se deklinacija veoma točno nadje s razloga, što se igla i na najoštrijem šiljku nešto tare, pa se s toga ne može da giba posvema slobodno. S toga su u naše dane Gauss i Lamont sastavili aparate, s kojima se deklinacija kud i kamo točnije izmjeriti može. Nu ne može biti svrha ove knjige, da vodi čitatelja u ove tančine mjerenja. Neka znade, da se ti vanredno osjetljivi aparati namještaju u podrumima, daleko od svakoga željeza na stupovima uzidanim neposredno u zemlju, da im

ne smeta neprestano drhtanje zgradâ. Imade ih i takovih, koji deklinaciju sami bilježe s pomoću fotografije. Takov je n. pr. „magnetograf“ namješten na glasovitim magnetičkim observatorijima u Kewu i Pavlovsku.

Hoćemo li da saznamo točnije smjer, u kojem magnetička sila zemlje vuče k sebi naše magnetete, porazgovoriti nam se još sa magnetičkom iglom druge vrsti, za koju znamo, da se u nas sa sjevernim svojim polom naginje k zemlji, pokazujući nam tim točno smjer, u kojem ju vuče zemaljski magnetizam. Izmjeriti nam je dakle još kut, za koji se nagne igla (sl. 21.) k zemlji, kad je već namještena u magnetičkom meridijanu. Taj kut zovu magnetičkim naklonom igle ili inklinacijom igle. On je, kako je na slici za-bilježeno, u Parizu u oktobru g. 1864. izmjeren sa $66^{\circ} 3'$. U Zagrebu je sada od prilike $61^{\circ} 9'$. Nu kako da ga izmjerimo? Opet samo pomno izradjenom spravom, kakovu u slici 22. vidimo, a zovu ju: inklinatorijem. Na stupnje razdieljen krug nosi u svom središtu magnetičku iglu na vodoravnoj osi, koja prolazi kroz težište igle. Krug s iglom nose 2 stupa, te se on može po donjem krugu okretati, dok ne dodje igla točno u magnetički meridijan. Kut, za koji se nagnula igla, može se neposredno pročitati na razdjelbi kruga. Lako će čitalac i ovdje uvidjeti, da će se igla radi trenja nešto zaustavljati, pak da se ne će dati izmjeriti inklinacija veoma velikom točnošću na ovom instrumentu. Nu na današnjim velikim observatorijima imadu i zato kud i kamo osjetljivijih aparata.

Kad je graditelj instrumenata u Londonu Robert Norman godine 1576. prvi put opazio, da se ovakova igla, akoprem u težištu podbočena, tako jako naginje k zemlji, pomislio je u prvi mah, da je magnetizam promienio težinu igle, pak joj je mjerio težinu. Uvjerio se dakako, da promjene nema. Gilbert je već na temelju svojih pokusa sa umjetnim magnetom u obliku kruglje (te-



Sl. 22. Inklinatorij.

rella = zemljica) prerekao, da inklinacija mora da raste od polutnika prama polovima zemlje u vrijeme, kad se samo znalo za inklinaciju u Londonu. On nije doživio užitka, da vidi svoje proročanstvo potvrđeno; tek pet godina iza njegove smrti mjerio je poznati Hudson, obretnik Hudsonova zaliva, inklinaciju daleko na sjeveru, pa je našao, da je zbilja mnogo veća od one u Londonu.

Od vremena Kolumbovih i Gilbertovih rastao je sve više broj izmjerenih deklinacija i inklinacija i kako su se redjali geografski veliki obreti, tako su se množile i bilješke o smjeru magnetičke sile zemaljske na raznim točkama zemaljske kruglje. Samo odgovor na pitanje, kolika je ta sila zemaljskoga magnetizma, ostao je sačuvan sredini našega stoljeća. Njemački na glasu matematik i fizik Gauss u Göttingenu proračunao je na temelju pokusa sa osjetljivim svojim magnetometrom, da je zemaljski magnet od prilike tako jak kao 8464 trilijona umjetnih magneta, kojih je svaki jedan funt težak.

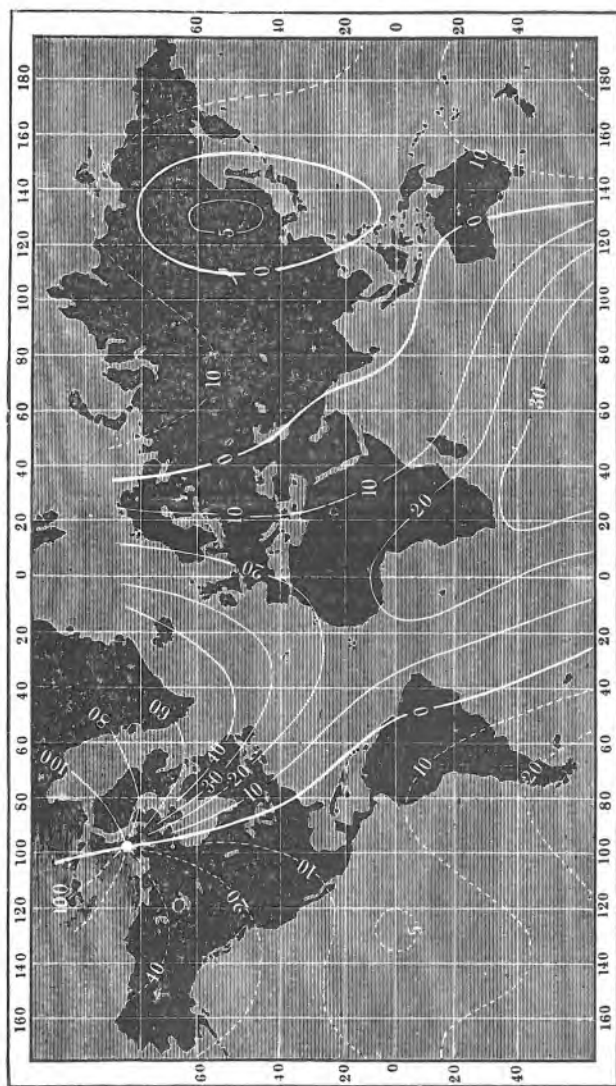
Znademo sada, da je i deklinacija i inklinacija magnetičke igle na raznim mjestima zemlje veoma različita. Izmjerene im vrijednosti mogle bi se sastaviti u ogromnu tabelu poput one naše, na kojoj su i inklinacije onih mjesta zabilježene. Nu takova bi tabela i prevelika i veoma nepraktična bila. Već za pomorske svrhe, a ništa manje i za znanstvene, mnogo je zgodnije sve bilješke o jednom i drugom kutu pregledno unieti na kartu cieloga svijeta. Ovako nastadoše poznate magnetičke karte. Razgledajmo ih časak!

Bilješke su pokazale, da nema baš svako mjesto na zemlji drugačiju deklinaciju; nadje ih se idući od sjevera k jugu cio niz, koja imaju istu deklinaciju. Ako se na karti svijeta svi gradovi ili mjesta spoje, gdje je deklinacija jednaka, izadje nepravilna krivulja, koja se zove crta jednake deklinacije ili kraće izogona (isos = jednak, gonion = kut). Slika 23. pokazuje u maloj mjeri ovakovu kartu zemlje, na kojoj su zabilježene izogone, po Englezu Evansu, onako, kako su tekle g. 1878. Na karti je osobito izvučena crta bez deklinacije; na njoj su mjesta, gdje igla pokazuje točno na sjever.

Blizu naših krajeva prolazi po karti izogona od 10° ; dakle je ovuda deklinacija oko 10° prema zapadu. U obće se može reći za izogone, da teku kroz oba magnetička i oba geografska pola zemlje od sjevera k jugu.

Sasma je ovaj nalik karta za crte jednake inklinacije (sl. 24.). Kako su magnetički polovi zemlje blizu geografskim,

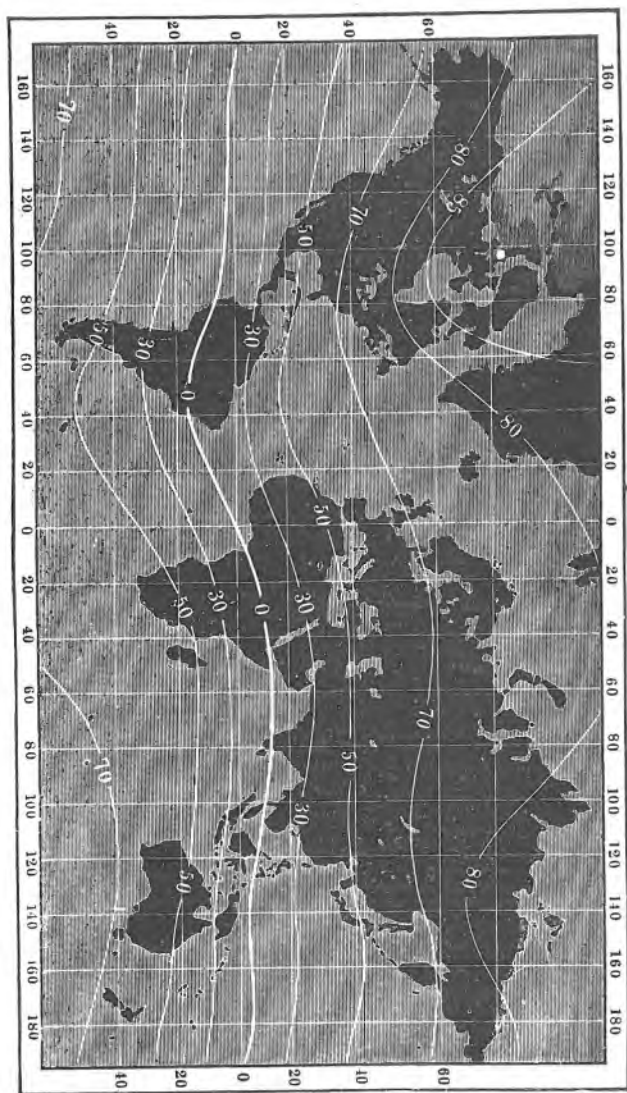
očito je, da će i magnetički polutnik zemlje biti blizu geografskoga. Na magnetičkom je pak polutniku inklinacija igle = 0 t. j. igla horizontalno stoji. I zbilja karta pokazuje, kako se crta s inklinacijom od 0° neprestano povlači u blizini geografskoga polutnika,



Sl. 23. Crte jednake deklinacije (izogone).

koji siče dva put: u Tihom i Atlanskom oceanu. Crta s inklinacijom od 85° već se vije blizu južnoga magnetičkoga pola oko njega.

Ovake su magnetske karte i brodaru i putniku po kopnu prava blagodat, osobito karte prve vrste za deklinaciju, ako su izvedene u većem mjerilu.



Sl. 24. Crte jednake inklinacije (izokline).

Odkad se mreža magnetskih bilježaka širom cele zemlje razširila, odkako se na stalnim magnetskim observatorijima motri instrumentima divne točnosti, koji pače i sami bilježe svoje po-

datke, otkrili su, da magnetska deklinacija i inklinacija, a i jakost zemaljskoga magnetizma ni na jednom te istom mjestu zemlje ne ostaju uvijek jednake. Tečajem se vremena na istom mjestu mienjaju i smjer i jakost zemaljskoga magnetizma.

Ovaj je obret brodare u velike prestrašio, jer su se pobojali, da će im kompas izgubiti svoju vrijednost, da će im se iznevjeriti desna njihova ruka. Već to je bio dovoljan razlog, da se fizici upustiše u dublje iztraživanje ovih nenadanih i nepojmljivih promjena. Nu ako je već sam po sebi čudan pojav, — komu ne shvaćamo uzroka, — da se zemaljski magnetizam na istom mjestu u obće mienja i po smjeru i po jakosti, još nam je svakako neponjatniji način, kojim se on mienja.

Najprije da pogledamo promjene deklinacije u Parizu jer ih na tom mjestu najdulje motre: u Parizu od god. 1550., a odmah zatim u Londonu od g. 1580.

U Parizu bila je deklinacija igle:

Godine: 1550.	8°	prama iztoku.
„ 1580.	11° 30'	„ „
„ 1622.	6° 30'	„ „
„ 1666.	0°	„ „
„ 1700.	8° 12'	prama zapadu
„ 1740.	15° 30'	„ „
„ 1790.	22°	„ „
„ 1806.	21° 51'	„ „
„ 1814.	22° 34'	„ „
„ 1835.	22° 4'	„ „
„ 1858.	19° 36'	„ „
„ 1879.	16° 56'	„ „

Ako smijemo da sudimo po tom, što se igla od g. 1666. do g. 1814., dakle za nekih 150 godina okrenula za $22\frac{1}{2}^\circ$ stupnja k zapadu, a od onda se opet vraća k podnevniku, mogli bismo slutiti, da će se, računajući od g. 1814., za 150 godina vratiti u podnevnik astronomijski, za daljnjih 150 godina došla bi do $22\frac{1}{2}^\circ$ prama iztoku, onda opet za 150 godina u podnevnik i t. d. Igla dakle za nekih 600 godina opiše kut od 45° i to $22\frac{1}{2}$ prama zapadu i isto toliko prama iztoku. Da li će tako u istinu biti, to je pitanje, koje u današnjoj znanosti neriješeno stoji. Znamo pod izvjestno samo to, da u našim krajevima deklinacija zapadna faktično pada za ne-

koliko ($6\frac{1}{2}$ —10) minuta na godinu i da se u ovim promjenama pokazuje povrćaj ili perioda, koja traje više stoljeća (možda šest). To je razlog, da se ove promjene u deklinaciji zovu stoljetne promjene ili sekularne varijacije magnetske deklinacije.

Nu možda je to samo pojav mjestne naravi, koji se javlja samo u Parizu i okolici? Nije. Ove su stoljetne promjene obćenite na cijeloj kruglji zemaljskoj, dakle i cijeli zemaljski magnet mjenja smjer svoje sile tečajem stoljeća. Kaki zakoni tu vladaju, je su li zamasi (amplitude) igle na svim mjestima zemlje isti, je su li i periode svagdje na zemlji jednake ili niesu, sve su to danas otvorena pitanja, koja istu motrenje ovih pojava na stotine godina. Što je pak uzrok tim pojavima, o tom se danas gotovo ništa ne zna, baš s toga, što je pedalj vremena, odkad ove pojave prate.

Nalik ovim pokazuje promjene i inklinacija igle. Primjer Pariza neka nam i to pokaže.

Bijaše tamo naklon igle (sjevernoga joj pola) k zemlji:

Godine: 1671.	75°
„ 1754.	72° 15'
„ 1791.	70° 52'
„ 1810.	68° 50'
„ 1835.	67° 24'
„ 1868.	65° 45'
„ 1879.	65° 35'

Inklinacija dakle, to znamo pod izvjestno od g. 1671. neprestano pada, ne samo u Parizu, nego svagdje na zemlji. Ona se ipak znatno manje mjenja, jer se na godinu poprieko umanju za 2·7'. Nu to je i sve, što o stoljetnim promjenama inklinacije znademo.

Kad vidimo, da magnetska sila zemlje tečajem stoljeća polako mjenja svoj smjer, smijemo očekivati, da će se i jakost toga zemaljskoga magneta mjenjati, ali ne onako — a to je baš najčudnije — kao jakost naših umjetnih magneta, koji postaju sve slabiji, što su stariji. Jakost će zemaljskoga magneta možda nekoliko stotina godina padati, ali će se on najednoč okriepiti i njegova će snaga ponovno rasti. Kako je to moguće? Zašto se to ovako zbiva? Gdje je uzrok tim pojavima?

Sve su ovo doduše zanimljiva pitanja; um bi im čovječji rad došao do dna, on ne štedi ni umne snage, ni vremena ni troška, da upozna čudnu i zagonetnu bit toga zemaljskoga magneta, koji

koliko ($6\frac{1}{2}$ —10) minuta na godinu i da se u ovim promjenama pokazuje povraćaj ili perioda, koja traje više stoljeća (možda šest). To je razlog, da se ove promjene u deklinaciji zovu stoljetne promjene ili sekularne varijacije magnetske deklinacije.

Nu možda je to samo pojav mjestne naravi, koji se javlja samo u Parizu i okolici? Nije. Ove su stoljetne promjene obćenite na cijeloj kruglji zemaljskoj, dakle i cijeli zemaljski magnet mjenja smjer svoje sile tečajem stoljeća. Kaki zakoni tu vladaju, je su li zamasi (amplitude) igle na svim mjestima zemlje isti, je su li i periode svagdje na zemlji jednake ili niesu, sve su to danas otvorena pitanja, koja ištu motrenje ovih pojava na stotine godina. Što je pak uzrok tim pojavima, o tom se danas gotovo ništa ne zna, baš s toga, što je pedalj vremena, odkad ove pojave prate.

Nalik ovim pokazuje promjene i inklinacija igle. Primjer Pariza neka nam i to pokaže.

Bijaše tamo naklon igle (sjevernoga joj pola) k zemlji:

Godine: 1671.	75°
„ 1754.	72° 15'
„ 1791.	70° 52'
„ 1810.	68° 50'
„ 1835.	67° 24'
„ 1868.	65° 45'
„ 1879.	65° 35'

Inklinacija dakle, to znamo pod izvjestno od g. 1671. neprestano pada, ne samo u Parizu, nego svagdje na zemlji. Ona se ipak znatno manje mjenja, jer se na godinu poprieko umanju za 2·7'. Nu to je i sve, što o stoljetnim promjenama inklinacije znademo.

Kad vidimo, da magnetska sila zemlje tečajem stoljeća polako mjenja svoj smjer. smijemo očekivati, da će se i jakost toga zemaljskoga magneta mjenjati, ali ne onako — a to je baš najčudnije — kao jakost naših umjetnih magneta, koji postaju sve slabiji, što su stariji. Jakost će zemaljskoga magneta možda nekoliko stotina godina padati, ali će se on najednoč okriepiti i njegova će snaga ponovno rasti. Kako je to moguće? Zašto se to ovako zbiva? Gdje je uzrok tim pojavima?

Sve su ovo doduše zanimljiva pitanja; um bi im čovječji rad došao do dna, on ne šteti ni umne snage, ni vremena ni troška, da upozna čudnu i zagonetnu bit toga zemaljskoga magneta, koji

se poput fenić-tice pomladnije — ali danas im ipak još ne zna odgovora. Evo polja velikomu i zaslužnomu radu na dugo vremena!

Nu tko bi mislio, da su ove stoljetne promjene u smjeru i jakosti magnetske sile zemaljske jedine promjene, ljuto bi se prevario! Sasma neodvisno od ovih stoljetnih promjena mjenja se deklinacija igle i svaki dan, kako su najprije u Luvo-u (kraljevstvo Siam) opazili Gellibrand i o. Tachard, a Graham u Londonu g. 1722. поближе proučavao. Kad je 12 cm. dugu iglu na šiljku od ahata pažljivo motrio, opazio je, da se deklinacija ne mjenja samo od dana na dan, nego čak i od jednog sata na drugi. S početka je mislio, da je tomu uzrok trljanje igle o šiljak. Nu kad je napravio bio igala razne težine, pa ih objesio raznim načinom, pa opet našao iste promjene, zaključio je na temelju svojih preko 1000 opažaja, da igla zbilja pokazuje redovito dnevno gibanje, koje se svaki dan periodično povraća.

Nu tek današnji, već spomenuti, osjetljivi aparati, osobito oni, koji fotografijom sami neprestano bilježe sve promjene u položaju igle, pokazale su točno, kakove su i kolike te dnevne promjene magnetske deklinacije. Evo rezultata dosadašnjih motrenja za srednje širine na sjevernoj polutki. Sjeverni kraj igle najviše se primaknuo k iztoku oko 7 sati u jutro; do $\frac{1}{2}$ 2 po podne igla se neprestano miče k zapadu; cijelo se po podne igla polako vraća na iztok sve do 10 sati na večer; u to doba igla neko vrijeme stane, ali se oko ponoći opet počne gibati prema zapadu. Ne uztraje međutim u ovom zapadnom gibanju, već se pred zoru opet kreće k iztoku sve do 7 sati u jutro, da drugi dan opet isto gibanje započne.

Dnevna je promjena magnetske deklinacije doduše dosta malena (najviše 15' na dan blizu polova, a samo 3—4' blizu ekvatora), ali s toga ništa manje zanimiva. Ta promislmo samo: magnetska igla ni časka ne miruje, neprestano se, sad k iztoku, sad k zapadu, giba.

O uzrocima ovoga čudnoga kolebanja zemaljskoga magnetizma današnja znanost ne zna pozitivno ništa, jer je broj dosadanjih motrenja još daleko premalen. Čini se samo, da su ove dnevne promjene u nekoj — za sada nepoznatoj — svezi sa položajem sunca i mjeseca prema zemlji. Ako još spomenemo, da se deklinacija i po godišnjoj dobi mjenja, da igla od svibnja do rujna ide k zapadu, a od rujna do svibnja opet k iztoku, iztakli smo tri glavne

periodične promjene u zemaljskom magnetizmu: stoljetnu, dnevnu i godišnju.

Odkad se neprestane promjene u deklinaciji pozorno i uztrajno motre, pokazalo se, da se igla ne giba uvijek onako pravilno, kako joj to propisuju iztaknute tri periode. Iznenada se bez ikakova izvanjega povoda znade igla trgnuti iz svoga položaja, pa čas na jednu, čas na drugu stranu skakati. Čudan je se nemir uhvati i igla neprestano drhće, kao živo čeljade od straha! Ne prodje puno vremena i igla se opet smiri, da se pokori svomu redovitomu dnevnomu gibanju. Kad se A. Humboldt vratio sa svoga američkoga puta god. 1806. odlučio je, da svaki sat motri deklinaciju igle i opazio je prvi ovo nepravilno gibanje igle, pa mu i nadjenuo ime „magnetičke oluje“, ali tim nije htio da iztakne kaku svezu sa olujama i burama; ove baš ništa ne djeluju na iglu. Magnetičko društvo u Göttingenu posvetilo je ovim nenadanim, brzim i gdjekada jakim trzajima igle osobitu pomnju. I gle, pokazao se rezultat, komu se nije nitko ni nadao! Igle se na svim mjestima na istu stranu trgnu i trzaji se svagdje jednako opetuju. Evo primjera. Dne 26. veljače g. 1841. između 3 i 4 sata u jutro trgnula se igla u Upsali za 12' na zapad, u Göttingenu za 8', a u Milanu za 5' na zapad! Trzaj je dakle na sjeveru doduše bio jači, ali ipak na svim mjestima prama zapadu.

Noviji aparati, osobito na stalnim observatorijima, potvrđiše ovaj obret i razširiše ga u tom smjeru, da se onakov trzaj u isti čas javi na svim mjestima iste polutke, koja su na istom stupnju dužine, da se pače gotovo u isti čas javi na svim mjestima ciele polutke!

Očito je dakle, da ovi nepravilni trzaji, — danas ih rado zovu perturbacije, — nikako ne mogu da budu mjestne naravi, da im ni uzroci ne mogu biti mjestni. Tim će manje biti takovi, što su u najnovije vrieme uspjeli s dokazom, da se u isti čas i na drugoj polutki zemlje javljaju trzaji igle, ali na protivnu stranu.

Gdje su uzroci tim trzajima? Jesu li u zemlji, u zraku, ili u svemiru? Tko da nam odgovori, ako ne pomna i savršena motrenja zadnjih desetgodišta. Ustavimo se još časak kod njih, pak da se ponovno začudimo novomu obretu, koji nam otvara nove vidike.

Ako i jesu trzaji igle i nenadani i nagli i nepravilni, pokazale su savjestne bilješke ipak neku svezu sa drugim pojavima na zemlji, o kojima ne bi ni slutio, da su u ma kakovoj svezu sa trzajima naše magnetičke igle. Iztaknuli smo čas prije činjenicu, da su trzaji

igle sve jači, što bliže dolazimo polu zemlje. Novija su putovanja k polu pokazala i to, da su u onim krajevima perturbacije kud i kamo češće. Poznati vodja austro-ugarske ekspedicije Weyprecht opazio je često, gdje se igla u jednoj minuti trgnula za čitav stupanj; a bilo ih je i za 5 i više stupanja! U onim se krajevima pak pokazuje češće nego u nas krasni pojav polarnoga svjetla, koji će nas kasnije zanimati. S toga je već Halley g. 1716. slutio, da postoji neka sveza izmedju obiju pojava: polarnoga svjetla i trzaja magnetičke igle.

Već god. 1741. mogao je Celsius u Upsali potvrditi ovu slutnju, opazivši veliki nemir igle za vrijeme polarnoga svjetla. Sva su kasnija iztraživanja potvrdila, da pojava polarnoga svjetla djeluje na iglu i na mjestima, gdje se svjetlo ne vidi, pa da u našim krajevima po većoj magnetičkoj perturbaciji igle smijemo suditi: daleko na sjeveru pokazalo se jako polarno svjetlo. Tako je n. pr. bilo u Beču dne 31. siečnja god. 1881.

Mogli bismo se sada upitati, je li polarno svjetlo uzrok trzajima igle, ili su pak obratno promjene zemaljskoga magnetizma uzrok polarnomu svjetlu. Gdje nam je tražiti istinu, neka nam kaže sljedeći novi obret od god. 1852.

Motrimo li sunce i najmanjim dalekozorom (crnim staklom!), naći ćemo na njem gotovo uvijek više ili manje veoma crnih pjega. Schwabe u Dessavi, koji od god. 1826. do god. 1868. nije ni jednoga vedroga dana propustio, a da ne bi motrio i zabilježio broj i veličinu tih pjega, našao je već god. 1843. veoma zanimiv rezultat, da se broj pjega na suncu po stalnoj periodi mienja. Pet godina od prilike iza najvećega broja pjega riedke su vrlo pjege na suncu, a onda im broj opet nekih 5 godina raste. Wolf je u Zürichu dužinu ove periode točnije odredio na $11\frac{1}{3}$ godine: na jedno stoljeće dolazi takih perioda upravo 9.

Godine 1852. našla su isti čas tri učenjaka: Wolf u Zürichu, Sabine u Londonu i Gautier u Genevi, da je i dnevna promjena deklinacije vezana uz istu periodu od $11\frac{1}{3}$ godina, da je ta dnevna promjena najveća one godine, kad je na suncu najviše pjega, a najmanja baš one godine, kad je na suncu najmanje pjega. Ta je sveza izmedju obiju pojava tako jaka, da je Wolf n. pr. za godinu 1859. po broju sunčanih pjega izračunao za dnevnu promjenu deklinacije u Pragu broj $10^{\circ}36'$, a kasnije se pokazao kao rezultat motrenja u Pragu broj gotovo isti, $10^{\circ}44'$.

Kako se već prije bilo pokazalo, da polarno svjetlo djeluje na trzaje magnetičke igle, potakao je ovaj obret odnošaja između magnetičkih promjena na igli i sunčanih pjega dva učenjaka: Amerikanca Loomisa i Niemca Fritza, da u tom smjeru izpitaju i polarno svjetlo. Brojeći od godine do godine opažena polarna svjetla, našli su u brzo, da ovaj broj nije svake godine jednak. Točno one godine, kad je na suncu najmanje pjega, imademo i na zemlji najmanje polarnih svjetala; kako sada broj pjega svake godine raste, baš tako raste i broj polarnih svjetala; napokon one iste godine, koje je na suncu najviše pjega (maksimum pjega), najviše je na zemlji polarnih svjetala.

Sunčane dakle pjege kao da ravnaju i pravilnim promjenama zemaljskoga magnetizma, a uzporedno i polarnim svjetlom. Ali i nepravilni trzaji naše igle kao da se ravnaju po sunčanim pjegama! Jedan primjer neka govori za njih stotinu. Godine 1859. potrajala je magnetička perturbacija vanredne jakosti od 28. kolovoza do 7. rujna. U isto je vrijeme na suncu bila jedna od najvećih do sada vidjenih pjega, u kojoj se neprestano miešalo i kuhalo, sudeć po promjenama u obliku joj. Kad ju je Carrington dne 1. rujna motrio, silno li se začudio, kad je na svoje oči vidio, gdje je izsred crne pjege najednoč probilo intenzivno bijelo svjetlo! Bilo je to u 11 sati 18 časova Greenwichskoga vremena. Točno na isti čas opažen je na magnetičkom observatoriju u Kewu silan trzaj igle, koja je u 10 časova promienila svoj položaj za $10'$ ili $\frac{1}{4}$ stupnja.

Od onda se točno prati akcija gorostasnih sila sunčanih, koje u daljini od 20 milijuna milja znadu u istom času trgnuti našu sitnu iglu magnetičku. Svaka nam godina nosi novih tomu primjera, a ovdje neka bude spomenuto, da u tom smjeru osobito mnogo radi observatorij u Pavlovsku.

Nu već se daleko zaletjesmo usred današnjega rada na tom polju, koji još nije doveo do stalnih zakona, koji nam još ne umije da tumači cijelo klupko zagonetaka na zemaljskom magnetu. Kao vjerni kroniste mi smo zagonetke tek pribilježili, a dušu nam oblieta pitanje: kako dolazi sunce do toga, da ravna zemaljskim magnetizmom i polarnim svjetlom?

III.

Temeljni električni pojavi.

Električno privlačenje. — Električna i neelektrična tjelesa. — Dobri i loši vodiči elektriciteta. — Električno odbijanje. — Dvie vrste elektriciteta: pozitivni i negativni. — Temeljni zakon. — I tarivo postaje električno. — Što je elektricitet? — Hipoteza dvaju fluida. — Električna influencija. — Elektroskop. — Elektrofor. — Razdjelba elektriciteta po tjelesima. — Električna krletka. — Elektricitet na uglovima i šiljcima. — Šiljci sišu elektricitet.

hales (580. g. pr. Kr.), utemeljitelj jonske filozofske škole, znao je već, da jantar trienjem prima svojstvo, privlačiti laka tjelešca. On je mislio, da je u jantaru neka vrst života. Više nego dvie tisuće godina ostao je ovaj pojav osamljen; smatrahu ga nekom riedkosti, nekim čudovištem u prirodi, miešahu ga sa privlačenjem magneteta. Dr. Gilbert, u magnetizmu toliko spominjani umnik, bio je prvi, koji je taj pojav cienio toliko zanimivim, da se dao na pokuse o njem. On je naše znanje o toj sili i razširio, dokazavši, da istu silu dobivaju trienjem i mnoge vrsti, osobito dragoga kamenja, sve vrsti stakla i voska. Kako su staklo i vosak obična tjelesa, bilo je lako Gilbertove pokuse opetovati.

Da vidimo ponajprije, što nam pokazuje tielo, koje smo dosta živo trli!

Primaknimo prije svega štap od jantara, voska ili stakla k toploj peći ili vatri, da se dobro osuši. Pobrinimo se, da nam i krpe od sukna ili svile budu suhe. Tarimo ovako priredjenim krpama ma koje od prije spomenutih tjelesa i primaknimo ga na nekoliko centimetara rpici razdrobljenih papirića na stolu: papirići, kao da su oživjeli i kao da su izgubili svu svoju težinu, dižu se sa stola i lete na jantar, vosak ili staklo.

Papirići će se uhvatiti štap i nakon kratke stanke natrag pasti na stol. Primakneš li štap k licu, imadeš osjećaj, kao da je licem

prešla paučina. Ako je štap bio nešto jači, a trienje živo, čut ćeš, kad štapu primakneš prst, i slabo pucketanje, a ako je tamno, vidjet ćeš, gdje izmedju prsta i najbližega diela štapa preskoči veoma mala, ali svjetla iskrica. Čim pak telo povučesh kroz голу ruku, u tili je čas svih tih pojava nestalo.

Svako telo, koje, jače ili slabije, pokazuje svojstva u ovom pokusu iztaknuta, zovemo električnim tielom; velimo pak, da je telo u naravnom stanju, kad ne pokazuje nikakva traga privlačenja ili odbijanju.

Temeljni električni pojav, da električno telo privlači laka tjelesa, danas se pokazuje kud i kamo ljepše električnim nihilom. Na stalku visi o svilenoj niti krugljica od bazgove srčike. Čim joj primaknemo električni štap, na pr. stakleni, poleti krugljica s velikom brzinom k štapu.

Ne treba medjutim za ove prve pokuse električne nikakovih osobitih sprava, kako obično misle. Arak papira, svilen konac i komad je žice dosta, da svaki čas, kad hoćemo, ovaj temeljni pojav električni vidimo.

Na drvenoj kakovoj motki privezana su uzpored 4—5 cm. daleko dva svilena konca ili uzka svilena vrvca. Na dolnjem je kraju svile privezana žica savita u dvostruku kuku, na koju mogu metati električne ili neelektrične štapove. Iz arka papira izrežemo po dužini dva komada, široka kojih 8 cm., pak ih ovijemo oko okrugloga držka drvene žlice i svezane koncem metnemo k vatri ili peći, da se dobro osuše. Kad su se osušili, skinemo konce, jer će papiri sada već trajno ostati smotani. Čim s njima priedjemo preko komada krzna ili sukna našega kaputa, postanu vrlo električni. S ovim papirima opetujemo još jednom opisani pokus. U dvostruku kuku položimo jedan papir, pa mu primaknemo drugi, što možemo bliže; papir u kuki ostaje na miru. Taremo li papir, što ga imademo u ruci, nekoliko puta sasma lako o krzno ili kaput, pa ga opet primaknemo papiru u kuki, opažamo, gdje leti k njemu već iz daleka i ide za njim u okrug. Privlačenje je zaista vrlo živahno, ako su papiri suhi, i ako je stanje atmosfere povoljno. Već je naime Gilbert opazio, da pojavi električni u velike vise o našoj atmosferi: kad vjetar duše sa sjevero-iztoka (suh), pojavi su kud i kamo izrazitiji, nego kad duše od juga ili jugo-zapada (vlažan).

Prodjemo li češljem od kaučuka, kakovi se danas već mnogo prodavaju, kroz kosu, češalj je električan, jer se trô o kosu;

meka se i duža kosa uzpinje za češljem, a primaknemo li ga štapu u kuki, poći će za češljem. Ako je kosa mastna, ne smeta ništa pokusu; čim pak kosu nakvasimo, nema više električne sile u češlju, ma koliko ga puta provlačio kosom. To je potvrda prije iztaknutoj činjenici, da vlaga jako smeta pokuse o elektricitetu. Kasnije ćemo razabrati, zašto.

Veoma je liep i jednostavan ovaj pokus: Na kvadratičnoj dašćici razprostir je arak papira, nu prije je oboje dobro ugrijano. Izmedju papira i dašćice ne će biti nikakovoga privlačenja. Nu čim po papiru priedjemo komadom kaučuka, papir će se sasma priljubiti dašćici. Odvučemo li papir pruženom rukom sa dašćice, da se ne bi papir dotakao našega tiela, pa ga donesemo pred vrata ili zid, poletjet će on živahno na vrata ili zid.

Ovaj nam je pokus pokazao novu istinu. Ne privlači samo električno tielo laka neelektrična tjelesa, nego i obratno: neelektrično tielo (vrata, zid) može da privlači električno (papir trven kaučukom). Velike je važnosti za jakost probudjenog elektriciteta tvar, kojom se tielo tare, recimo joj tarivo. Isti naš papir ne će biti ni malo električan, ako ga taremo rukom ili platnom i mekom kožom. Najjače će opet biti električan, ako ga taremo kaučukom. Ovakim su pokusima našli, da je za smole najbolje tarivo krzno, a za staklo svila.

Godine 1729. pravio je pokuse Stjepan Gray u Londonu sa staklenom cievi, koja bijaše na jednom kraju začepljena plutom. Kad je živo trô ciev, našao je, da pluto privlači laka tjelešca, akoprem ga nije ni malo trô. Gray spominje, kako ga je taj pojav silno iznenadio i kako odtuda zaključuje, da se privlačiva sila priobćila plutu. Taj na prvi mah neznatni pokus bio je izhodište veoma važnomu obretu na polju električnom. Da se s njim upoznamo!

Od Gilberta do Gray-a bilo je prošlo sto godina. Bilo je dakle prilike sva prirodna tjelesa izpitivati, da li postaju trienjem električna ili ne. Ti su se pokusi i zbilja izvajali na raznim stranama kulturne Evrope, osobito u Italiji. Nu uzprkos svim pokusima preostala je velika množina prirodnih tjelesa, koja nikakim trienjem ne htjedoše da postanu električna. U tu su rpu tjelesa išli prije svega svi kovovi, kamenje, tjelesa živih bilina i životinja, napose i tielo čovječje. S toga podielše sva prirodna tjelesa na električna, koja su trienjem mogla postati električna, i neelektrična, koja nikakim trienjem ne htjedoše ma i trag električnosti pokazati. Ova

čudna razlika prirodnih tjelesa ostala je nerazumljena do vremena Gray-eva. Gore opisani pokus bio je prvi korak, da se ova zagonetka rieši.

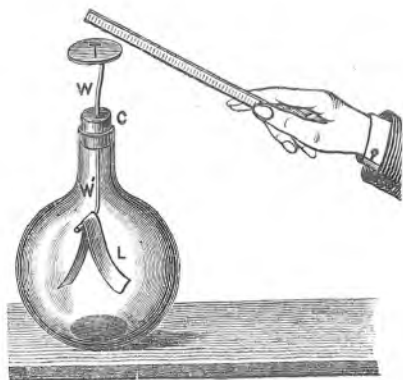
Potaknut plutom, koje je bez trienja bilo primilo svojstvo, da privlači laka tjelešca, pošao je Gray korak dalje. U pluto utaknuo je drveni štapić 4 palca dug. Kad je trô stakleni štap, privlačio je i drveni štapić laka tjelešca. Uzimao je sve duže štapiće i našao uvijek, da im krajevi pokazuju električno privlačenje. Napokon je prešao na špagu i duže žice. Iz prozora u najvišem spratu kuće virio je staklen štap, a na njem je visjela špaga, koja je sezala gotovo do zemlje i na svom kraju imala malu krugljicu. Opazio je, da krugljica privlači laka tjelešca (papiriće), čim je gore počeo trti stakleni štap. Tim je pokusima našao, da se električna sila po tjelesima dosta daleko širi. Odlučan bijaše sljedeći pokus: 765 stopa dugu špagu vodio je Gray kroz uzlove običnoga konca do stolića, nad kojim je lebdjela krugljica privezana na kraju špage. Kad je trô stakleni štap, privezan na prednjem kraju špage, opazio je, da se elektricitet sada ne će da širi po špagi; na drugom kraju ne bijaše ni traga kakovu privlačenju. Izmienivši pak obične konce, preko kojih je vodio špagu, sa svilenimi, opazio je, da špaga sada i na drugom, 765 stopa dalekom kraju zbilja privlači. U prvi je mah pripisivao to velikoj tančini svile naprama koncu. Kad mu se jedan svileni konac razkinuo, on ga zamieni još tanjom žicom, misleći, da će privlačenje biti još jače. Al gle čuda: privlačenju ne bijaše sada više ni traga. Ne bijaše dakle uzrok tomu, što je špaga kod drugoga pokusa prenašala električnu silu do svoga kraja, tančina svilenih konaca, nego okolnost, što su konci bili od svile!

Gray je tim našao novu, po spoznaju električnih pojava prevažnu istinu, da imade tjelesa, (na pr. žica u njegovu pokusu), koja elektricitet u velikoj mjeri i brzo odvedu, dočim opet druga ovo odvajanje prieće (n. pr. svileni konci).

Ova je spoznaja potakla Graya, da i druga tjelesa u tom smjeru izpita, ne bi li saznao, koja imadu prvo, a koja drugo svojstvo. Nu usred ovih pokusa zatekla ga je smrt; ali nam je ostavio riedak primjer ljubavi za znanost. Gotovo umirući izvadjao je zadnje svoje pokuse o tom pitanju, ali bijaše nemoćan, da ih sam opiše. Na samrtnoj postelji, dan prije nego je izdahnuo, kazivao je u pero tajniku londonskog kraljevskog društva, dr. Mortimeru, svoje pokuse i ovaj ih je u časopisu društva iza njegove smrti štampao!

Spomenimo se još Grayeva pokusa, kojim je pokazao, da i čovječje tijelo ide u red onih tjelesa, koja elektrecitet brzo vode od jednoga kraja na drugi. Nebrojeno je puta taj pokus izveden u fizičkim kabinetima, pa se još i danas izvadja. U jake je svilene vrvce objesio dječaka, pa kad se ovaj dotakao elektrizovanoga staklenoga štapa, našao je, da su mu sve česti tiela pokazivale elektrecitet: i lice i ruke, pače i halje dobile su svojstvo, da privlače laka tjelešca, kad im se primakne. Isti je uspjeh postigao, kad je dječaka posadio na kolač od smole, pak ga se dotakao svojim električnim štapom.

Iztraživanje svih prirodnih tjelesa dovelo je do vrlo zanimljive spoznaje. Prije svega bilo je jasno, da se trienjem probudjen elektrecitet može prenašati na velike daljine, preko nekih tjelesa (na pr. žice), preko drugih se opet (na pr. svile) elektricitet ne prenaša ništa ili veoma teško. Prva se tjelesa zovu dobri vodiči elektriciteta ili konduktori, a druga loši vodiči elektriciteta ili izolatori. Danas možemo Gray-eve pokuse jednostavnije i bolje izvesti, da se posvema uvjerimo o ovom znamenitom faktu. Dobro će nam za te pokuse poslužiti ova sprava. Trbušasta je boca (sl.



Sl. 25. Elektroskop.

25.) začepljena prikladnim čepom *C*, kroz koji prolazi žica *WW'*. Na donjem je kraju savinuta žica u pravi kut i na toj kuki vise dva zlatna papirića *L*, kakovi rabe o božiću za pozlatu oraha i jabuka. Ako na gornji kraj žice još priliepimo okruglu pločicu od lima *T*, imademo spravu, koja će nam u izpitivanju čudne sile električne češće poslužiti. Zvat ćemo ju jednom rieči: elektroskop. Ova nam sprava naime vrlo liepo pokazuje, da li je koje tijelo električno ili ne. Dotaknem li se n. pr. trvenim staklenim štapom pločice *T*, elektricitet će preći i na pločicu i na žicu i na oba papirića, koji su vanredno laki i nama će se pokazati pojav, da će se papirići jako razmaknuti. Dotaknemo li se pak netrvenim štapom pločice, nema tomu razmicanju ni traga. Zašto se papirići razmiču, izpitivat ćemo ka-

snije; za sada smo tim zadovoljni, što u razmicanju imademo sigurnoga viestnika elektriciteta.

Na jednom je kraju sobe elektroskop i na pločicu je njegovu privezan jedan kraj žice, koja seže preko ciele sobe, ne tičući nigdje stol ili koje drugo tielo; drugi je kraj žice omotan oko staklene cievi. Tarimo ciev živo, ali blizu žici. Ako tarivom jedanput priđeš, dosta je, da se papirići u elektroskopu živo razmaknu. Elektricitet im je u ovom pokusu očito doveden žicom. Zamienimo žicu koncem i tarimo ciev. Papirići će se opet razmaknuti, ali ne tako jako i ne tako brzo kao prije. Žica dakle elektricitet bolje vodi nego konac. Zamienimo napokon žicu svilenim koncem i tarimo staklo, što možemo jače. Razmicanju papirića nema ni traga. Svila ne može nikako da vodi elektricitet od stakla u papiriće.

Ovdje je mjesto, da se sjetimo izkustva Gilbertova, da su električni pojavi slabiji, kad je zrak vlažan. Ispitajmo djelovanje vode ili vlage na vodjenje elektriciteta. Tomu je liepa prilika na svilenom koncu. Smočimo svileni konac od jednog kraja do drugog vodom; omotani kraj na staklu izžmičimo, da nam voda ne curi po staklu, i tarimo staklo. Papirići će se u elektroskopu s mjesta razmaknuti. Voda je u tom slučaju bila ona tvar, koja je povela elektricitet od stakla u papiriće. Francuz je Du Fay ovakovim mokrim koncem uspio, da povede elektricitet 1256 stopa daleko!

Sad su nam i Gray-evi pokusi sa špagom razumljivi. Dok je špaga na običnom koncu ili na žici ležala, odveden je s nje sav elektricitet u zemlju. Svileni su konci ovaj biljeg elektriciteta u zemlju zapriečili.

Na temelju ovakovih pokusa našli su tri kategorije tjelesa: dobre vodiče elektriciteta ili konduktore, poluvodiče, i loše vodiče ili izolatore. Evo malog priegleda takih tjelesa:

Dobri vodići ili konduktori: kovovi (svi), drveni ugljen (dobro paljen), kiseline, raztopljene soli, kišnica, platno, žive biline i životinje.

Poluvodići: alkohol i eter, suho drvo, mramor, papir i slama.

Loši vodići ili izolatori: mastna ulja, kreda, kaučuk, suh papir, kosa i dlaka, svila, staklo, vosak, sumpor, šelak i suh zrak.

Obret ovoga, za daljnje proučavanje elektriciteta zamašnoga pojava, da tjelesa elektricitet ne vode jednako, raztumačit će nam odmah, zašto su prije lučili električna od neelektričnih tjelesa, zašto

na pr. nije mogao komad mjedi, kad su ga ma čim trli, postati električan, dočim su staklo ili vosak odmah postali električni.

Sva tjelesa, koja su Gilbert i njegovi suvremenici metnuli u red neelektričnih tjelesa, idu baš u onu rpu tjelesa, koja smo mi uvrstali u red dobrih vodića, a sva električna u red naših loših vodića. Može biti, da su ipak postali električni trienjem, ali su odmah probudjeni elektricitet preko ruke, koja je takodjer dobar vodić, odveli u zemlju, pak zato ne mogoše na njima te sile opaziti. Vriedno je svakako, da stvar izpitamo.

Kad taremo staklen štap, probudjeni se elektricitet ne će razširiti po čitavom štapu, nego će sav ostati ondje, gdje je postao, jer je staklo veoma loš vodić. Ne će biti tako na štapu od mjedi. Ako se trienjem na jednom njegovom kraju probudi elektricitet, razići će se odmah po čitavom štapu i doći će i u ruku, koja ga drži; pa kako i ruka elektricitet dobro vodi, prieći će preko nje i u naše tielo, a kroza nj u zemlju. Razumijemo dakle posvema, da je mjed mogla trienjem postati električna, a ipak ne pokazivati nikakova privlačenja lakih tjelesa. Nu isto je tako moguće, da mjed trienjem nije postala električna. Nema dakle druge, nego raspored pokusa tako udesiti, da saznamo pravu istinu.

Velimo, ako je mjed trienjem zaista postala električna i elektricitet pobjegao preko naše ruke u zemlju, zapriečit ćemo ovaj bieг elektriciteta tim, da mjed natakremo na staklen držak, za koji znamo, da elektriciteta sa mjedi ne će dovesti do naše ruke, dakle ni dalje odvesti u zemlju. Probudjeni elektricitet mora da ostane na mjedi, — jer je suhi zrak oko njega loš vodić, — i pokazat će se privlačenjem lakih tjelesa. Nije li pak mjed postala trienjem električna, toga privlačenja ne će biti.

Pokus izveden sa mjedenim štapom, nataknutim na stakleni držak, u istinu pokazuje, da i mjedeni štap, čim se nekoliko puta tare ili bije krznom (obično rabi lisičji rep), zaista privlači laka tjelešca: on je dakle trienjem postao električan.

Medju ruku i mjed upleli smo tielo — staklo — koje elektriciteta ne vodi, pa smo odmah našli, da se mjed, koju smo čas prije okrstili neelektričnim tielom, pretvorila na jednoč u električno. Uzrok je tomu pojavu sada na dlanu.

Nema dakle neelektričnih tjelesa, nema tiela, koje ne bi trienjem postalo električno i laka tjelešca privlačilo, ako samo na to pazimo, da elektricitet nema prilike, kako bi pobjegao u zemlju.

Te prilike ne će imati, ako medju njega i zemlju ili naše tielo upletemo kakav loš vodić, ako ga na pr. natakemo na staklenu nogu, ili na štap od voska ili ako ga objesimo na svilen konac, jednom rieči: ako ga izolujemo.

Sada nam je i jasno, zašto smo naglašivali osobito kod pokusa sa papirom, da bude sve suho. Voda ide u red dobrih vodića, a papir i mnoga druga tjelesa imaju svojstvo, da rado upijaju vodu paru iz zraka, pak su s toga obično vlažna. Vlažan je dakle papir dobar vodić elektriciteta, s toga ne će trienjem postati električan, ako ga držimo u ruci. Razumijemo sada i opazku Gilbertovu, da su električni pokusi kud i kamo izrazitiji, kad je zrak suh, jer je suh zrak jedan od najlošijih vodića, a zrak pun vodene pare vodi elektricitet dobro. Električni će dakle pokusi najbolje uspjevati zimi u blizini vruće peći, a ljeti na suncu.

I čovječje su tielo brojili u neelektrična tjelesa, a naš je pokus pokazao, da je i čovjek dobar vodić elektriciteta. Sada razumijemo, kako da čovječje tielo ne htjede postati električno, kad su ga bili lisičjim repom. Sav je trienjem probudjeni elektricitet s mjesta pobjegao u zemlju.

Metnimo na tlo 4 suhe i tople čaše i na njih suhu dasku, pa stanimo na nju. Prijatelj neka nas bije lisičjim repom i nuto, mi smo električno tielo, kako i staklen štap. Približimo li naime gliežanj kojega svoga prsta papirićima, prst će ih živo privlačiti. Francez je Du Fay prvi ovaj pokus izveo sa dječakom obješenim na svilenim koncima bijući ga krznom mačjim. Silno li se uplašise gledaoci njegova pokusa, kad vidješe, gdje je iz lica dječakova na primaknuti gliežanj prsta preskočila prva električna iskra, pri čem su i dječak, iz kojega je „električna vatra“ izišla, i osoba, u koju je ušla, osjetili, kao da ih je na onim mjestima ubola igla. Bijaše to prva „vatra“ iz živoga čovjeka! Danas se ta „vatra“ dakako često pokazuje u svakom fizikalnom kabinetu.

Kad smo opisivali prvi električni pojav sa trvenim jantaron, spomenuli smo se, da se gdje kada iza privlačenja papirića pokazuje i odbijanje. Idemo, da sada ovaj drugi pojav nešto bolje proučimo.

Otto Guericke, glasoviti načelnik Magdeburžki, bio je jamačno prvi, koji je opazio, da električno tielo ne zna samo privlačiti laka tjelešca, nego da ih znade gdje kada i odbijati. God. 1662. kad je svoju sumpornu kruglju trô rukama, postala je električna i privukla malo gušćije pero; jedva se pero dotaklo kruglje i već je od nje odle-

tijelo, a pojedine se dlačice perca nakostrušiše. Nu ovaj je pokus ostao sam; niti ga je Guericke umio tumačiti niti se s njim dalje zabavljao. Kao što i neki drugi njegovi pokusi, zaboravljen je i ovaj, pa ga je tek 60 godina kasnije Francuz Du Fay na svjetlo iznio, ali i dalje izpitivao, pa se zato pravom smatra obretnikom njegovim.

Da se što jasnije o njem uvjerimo, rabi nam danas za taj pokus aparat posvema nalik magnetičkomu nihalu. S toga ga i zovemo električnim nihalom. Na stalku obješena je na svilenom koncu mala krugljica od srčike bazgove. Kako je svila veoma loš vodič elektriciteta, elektricitet, priobćen ma kojim načinom krugljici, ostat će na njoj. Primaknimo joj štap od kaučuka, što smo ga trli lisičjim repom. Štap će s početka privlačiti krugljicu i krugljica će k njemu poletjeti. Nu tek što ga se dotakla, odletjet će od njega. Podjemo li za njom s električnim štapom, ne će se više pokazivati pojav privlačenja: krugljica će još uvijek izpred štapa bježati i možeš ju lako naokolo tjerati izpred štapa.

Što se to najednoč dogodilo s krugljicom?

Metnimo na stran štap, pa joj primaknimo ruku, dakle tielo, koje nije električno. Vidimo, gdje krugljica k ruci leti, dokaz, da je sama električna. U času, kad se bila dotakla voštana štapa, postala je i krugljica — bez trienja — električna; smijemo dakle reći, da je elektricitet na nju prešao sa kaučuka. Nu od toga časa više ne mari za štap, nevidljiva ju sila tjera od njega!

I. naš bi jednostavni aparat od papira sa dvostrukom kukom liepo pokazao ovaj novi pojav električni uz razpored pokusa, komu se lako domisliti.

Dva se električna tiela dakle odbijaju.

Nu tko bi mislio, da se dva električna tiela uvijek odbijaju, krupno bi se prevario. Imade slučajeva, gdje se dva električna tiela i privlače!

Neka nam pokus na električnom nihalu o tom pripovieda. Malo smo prije krugljici njegovoj primaknuli bili štap od kaučuka, trven lisičjim repom. Opazili smo najprije, da je krugljica živo poletjela k štapu, nu tek što ga se takla, odbila se isto tako naglo od njega, primivši na se nešto njegova elektriciteta. Tarimo sada staklen štap svilom, pa ga mjesto vošanoga primaknimo krugljici. Kako je i on trienjem postao električan, očekivali bismo možda

pojav, da će krugljica i pred njim bježati, ali tomu ni traga. Mjesto da od njega bježi, krugljica k njemu poleti još kudi kamo živahnije, nego k neelektričnoj ruci, koju joj prije primakosmo.

Što nam ovaj pokus kaže? Krugljica je primila bila na se nešto elektriciteta kaučuka, pa kad smo joj primaknuli štap od kaučuka, ona je pred njim bježala. Primaknuli smo kasnije krugljici, koja je još sveudilj imala na sebi elektricitet kaučuka, staklen električni štap, pa smo vidjeli van reda živahno privlačenje; smijemo dakle reći, da se elektricitet kaučuka — na krugljici — i elektricitet stakla — na štapu — privlače.

Prvomu pokusu nalik pokus sa staklenim trvenim štapom i nihalom pokazao je opet, da se i stakleni elektriciteti uzajmice odbijaju.

Saberimo nadjene istine u jedno. Pokusi nam na električnom nihalu doglasiše ove istine:

- a) stakleni se elektriciteti odbijaju;
- b) kaučukovi se elektriciteti takodjer odbijaju;
- c) stakleni se i voštani elektriciteti pak privlače.

Nema dakle druge, nego priznati, da nam valja lučiti dvie vrsti elektriciteta baš protivne naravi. Du Fay, koji je prvi do ove važne spoznaje došao, nadjenuo im je imena: stakleni i voštani elektricitet. Du Fay je pri tom dakako smišljao, da staklo trienjem uvijek isti elektricitet prima, a isto tako i smole. Nu kasniji su pokusi pokazali, da ovaj Du Fayeve pretpostavak ni malo ne odgovara istini.

Imena dakle stakleni i voštani elektricitet ne bijahu zgodno odabrana, pak ih je valjalo zamieniti drugima zgodnijima. Trebalo je to učiniti tim više, što su se uvjerili, opetujući pokuse trienja sa jantarom, sumporom, gumijem, pečatnim voskom, kaučukom, papirom itd., da jedna tjelesa primaju isti elektricitet kao i staklo, a druga opet kao smole ili kaučuk. Ne uvidjamo dakle, zašto da oba elektriciteta dobiju svoja imena baš po staklu i kaučuku. Neumrlji je s toga Franklin predložio, a to su svi primili, neka se elektricitet, koji postaje u staklu, kad ga taremo svilom, zove pozitivni (+), a elektricitet, koji postaje u smolama (vosak, pečat, gumi, kaučuk i t. d.), kad ih taremo krznom, negativni (—).

Koristeći se ovom novom oznakom, možemo istine, što ih nadjosmo u opisanim pokusima na kratko ovako sabrati: Svak o elek-

trično tijelo, bilo pozitivno ili negativno, privlači tjelesa, koja su u naravnom svom stanju (neelektrična). Dva se tijela, puna elektriciteta istoga imena, odbijaju, a dva se tijela, puna elektriciteta protivnoga imena, privlače.

Tarući staklen štap svilom, postao je on pozitivno električan, a voštan štap trven krznom postao je negativno električan. Nu kad taremo staklo svilom, očito je, da se i svila tare o staklo. Što se dakle zbiva u svili, dok njom taremo staklo? Oslanjajući se na dokazanu činjenicu, da svako tijelo trienjem prima elektricitet, očekujemo, da će i svila, dok njom taremo staklo, postati električna. Nu uvjereni, da u prirodnoj znanosti nikada ne smijemo naprećac zaključivati, nema druge, nego opet odlučne pokuse upitati, što nam oni kažu. Ne ćemo žaliti maloga truda, jer će nam izpitivanje opet donieti novu istinu.

Tarući staklo svilom, držimo svilu u ruci, pak se lako može dogoditi, da nam elektricitet, ako se na svili i probudi, kroz tijelo pobjegne u zemlju. To treba da zapriečimo. U prilog nam je pri tom poznata činjenica, da su i svila i krzno veoma loši vodiči elektriciteta, pa nam ne će biti teško zapriečiti, da elektriciteti ne pobjegnu u zemlju. Tarimo dakle staklen štap većim komadom svile, koji smo više puta sklopili, da bude deblji. Svila — ako u obće postaje električna — bit će električna samo na nutarnjoj strani, gdje se baš tare o staklo, i elektricitet će ondje i ostati, jer je svila loš vodič. Otvorimo li svilu oprezno, pa primaknemo li ju neelektričnoj krugljici našega nihala, vidjet ćemo zbilja, da krugljica ide za svilom. Svila je dakle zbilja trienjem o staklo takodjer postala električna. Taremo li kaučuk flanelom, pokazat će nam nihalo, da je i flanel postao električan. I tarivo je voštanoga štapa dakle trienjem postalo električno.

Tko bi naprećac sudio, rekao bi, na svilu je prešao pozitivni elektricitet stakla, a na flanel negativni elektricitet kaučuka. Koliko nam se ovaj zaključak činio naravnim, mi mu ne vjerujemo, dok nas pokus o njem ne bi uvjerio, a kako smo dobro uradili, što niesmo povjerovali, pokazat će nam uspjeh pokusa.

Svilom trveni stakleni štap primaknimo krugljici nihala. Poletjet će k njemu, primiti od njega nešto pozitivnog elektriciteta i odmah će se od njega odbiti i pred njim neprestano bježati. Primaknimo sada krugljici punoj ovoga pozitivnoga elektriciteta

oprezno razmotanu svilu. Ako je svila poprimila pozitivni elektricitet stakla, bjezat će krugljica i izpred nje. Nu toga pokus ne pokazuje. Baš protivno: krugljica veoma živo poleti k svili! Kako smo se prije uvjerali, da je svila trienjem postala električna, nema sada više sumnje, da je taj elektricitet svile negativni elektricitet, jer znademo po dokazanom jur zakonu, da se samo protivnoga imena elektriciteti privlače. Čemu se niesmo ni nadali, to je postalo istinom. Kad staklo taremo svilom, razvija se ovim trienjem na staklu pozitivni, a na svili negativni elektricitet.

Pokus sličan, izveden sa štapom od kaučuka, pokazuje, da je kaučuk postao negativno, a flanel pozitivno električan.



Sl. 26. Neutralizacija elektricitetâ razvijenih trienjem. Prvi pokus.

Evo nas na spoznaji nove istine. Kadgod se dva tiela taru, postaju oba električna, ali tarivo prima uvijek protivni elektricitet od onoga, što ga prima tielo, koje smo trli. Trienjem se dakle uvijek bude obje vrsti elektriciteta, jedan u trvenom tielu, a drugi u tarivu.

Trienjem se dakle probude oba elektriciteta. Koje ga se elektriciteta probudilo više? Naši nam dosadanji pokusi ne odgovaraju na ovo pitanje točno. Neka odgovori odlučan pokus.

Dvie jednake okrugle pločice, jedna od stakla, a druga od na kakova kova, prevučena svilenom krpom, nataknete su na ručice od kakova lošeg vodiča, na pr. tvrdog gumija. Taremo li jednu pločicu o drugu i razstavimo li ih naglo, imat će svila negativni, a staklo pozitivni elektricitet. Radi se o tom, da saznamo, kojega se elektriciteta probudilo više. Poslužit će nam za to nihalo, kojemu je krugljica u naravnom stanju i visi na običnom koncu. Tarimo pločice jednu o drugu, ali ih ostavimo u dotiku (sl. 26.) i primaknimo krugljici; vidjet ćemo, da se krugljica ni ne miče, kao da pločice niesu ni malo električne. A ipak su električne, jer primaknemo li jednu za drugom krugljici, a da ih niesmo po drugi put trli, vidjet ćemo, da svaka privlači krugljicu od bazge (sl. 27.).

Trienje dakle dvaju tjelesa ne probudjuje samo obje vrsti elektriciteta, nego se ovi protivni elektriciteti porazdiele i u jednakim množinama jedan na jednom, a drugina drugom tielu. Ove se dvie sile, protivne naravi i jednake, unište, ako im damo prilike, da zajedno djeluju na istu krugljicu. Pojav taj rado zovu neutralizacijom protivnih elektriciteta.

Evo nam dakle dokazane nove važne istine: Množine su elektriciteta, probudjenih trienjem dvaju tjelesa, jednake, ali protivnoga imena: one se, kad zajedno djeluju na koje tielo, unište ili neutralizuju, baš kao dva protivna broja: $+ 3$ i $- 3$. Ovaj pojav dakle potpuno opravdava nadjenuta im imena pozitivnoga i negativnoga elektriciteta.

Korak smo po korak prodirali u čudno djelovanje električne sile; jednu smo istinu nizali do druge i tako se eno već do sada nakupio skupocjen materijal samih činjenica. Kad ih duševnim okom pregledamo, zaista ćemo morati da kliknemo: čudne li sile elektriciteta!

Samo poznavanje ovih istina već je velik duševni užitak, ali duh nam ne može da stane kod njih. Mi tražimo uzroke, koji se iza ovih istina kriju, uzroke, koji se mogu očitovati jedino duševnomu oku našem. Do sad smo samo vidjevali čudna i tajanstvena gibanja električnih tjelesa i govorili o zaprekama tomu gibanju. Red je, da se upitamo, pa što se to tako čudno giba tamo i amo? Što je taj elektricitet?

Već je Thales osjećao potrebu toga pitanja, ako i nije od električnih pojava ništa drugo znao, nego da jantar privlači laka tjelešca. Odgovorom je na to pitanje prema filozofijskomu svom sustavu bio brzo gotov. Dao je jantaru, kao i magnetu, posebnu dušu. I preporoditelj naše nauke, toliko spominjani Gilbert, osjećao je potrebu onoga pitanja, a isto tako i njegovi prvi nasljednici



Sl. 27. Neutralizacija elektricitetâ razvijenih trienjem. Drugi pokus.

Boyle i Newton. Prvi je elektricitet pomišljao kao nekakovu pri-
ljepljivu tvar, koja iz električnoga tiela najprije izlazi, ali se odmah
opet i povraća, a drugi je pomišljao na osobitu tekućinu (fluidum),
koja može da udje u trveno staklo. Nu kako je rastao broj novih
istina o elektricitetu, napušteni su svi oni prvi pokusi, kojim je bila
svrha, da si čovjek u duhu nacрта sliku o stvarima, koje se u pri-
rodi zbivaju, ali ih s našim slabim sjetilima ne možemo da opa-
zimo. Ovakovo je slikanje, — dakako osnovano samo na dokazanim
istinama, — u nauci potrebno. jer bez njega ne bismo nikada došli
do uzrokâ prirodnim pojavima.

Takovo je razmišljanje dovelo Franklina (g. 1749.) do toga,
da je pokušao jednim električnim fluidom sve poznate istine protu-
mačiti. Po njem je u svakom tielu jednako razdieljena nekakva oso-
bita, veoma tanka tekućina (fluidum), dok je tielo u naravnom svom
stanju. Kad dva tiela taremo, poremeti se razpored fluida u jednom
i drugom: u jednom ga se nakupi više, u drugom manje, nego što
je obično u njima. Prvo je tielo pozitivno električno (plus, +), a
drugo negativno (minus, —). Symmer je opet pomišljao na dva
različita električna fluida, protivne naravi, ali bez ikake težine.
Svako tielo u prirodi imade oba fluida u istoj množini; dok su
pomiešana, neutralizuju se, i tielo je u naravnom stanju. Trienjem se
oba fluida razstave i jedan se nastani na trvenom tielu, a drugi
na tarivu.

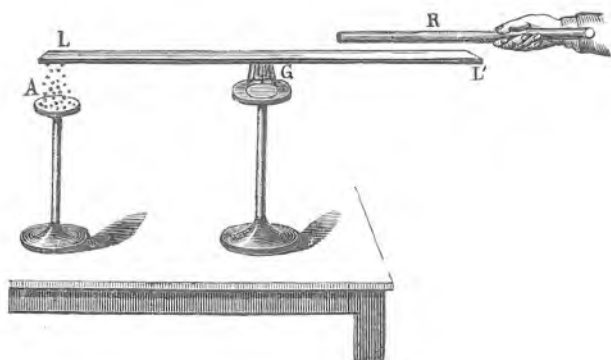
Iztičemo, da su ovo sve tek nazori, ničim ne dokazani. Ne da
se tajiti, da uz njihovu pomoć, osobito početnik, pojave lakše pre-
gleda i panti, ali je po današnjoj nauci ipak stalno, da elektricitet,
kao ni magnetizam, ne može da bude nikako materijalna
tekućina (fluidum), ma što inače bili. Nalik su na tekućine samo
u toliko, što se čini, kao da teku s jednoga mjesta na drugo. U
svem su drugom od njih posvema različni. Nemaju na pr. težine,
čestice im se uzajmice odbijaju itd., a što je najgore, kad čovjek
stane dosljedno ovu misao o fluidima provadjati, dodje do velikih
protuslovja.

U novije je vrijeme osnovao novu misao o tom, što bi mogao
biti elektricitet, jedan od najvećih električara Faraday. On misli, da
je elektricitetu uzrok osobito stanje drobnica (molekula), iz kojih je
svako tielo sastavljeno, a drobnice se baš trienjem u to osobito stanje
namjestje. Ako i imade mnogo razloga, koji govore u prilog ovomu na-
zoru, iztičemo ipak, da ni on nije dokazan. Znanost dakle danas

još ne zna, što je elektritet. Mi ćemo s toga gledati, da se u ovoj knjizi što više ugibamo svim nazorima, pa ćemo se služiti samo riečju elektricitet, a ne fluid, upotrebljavat ćemo pak Symmerovu teoriju dvaju fluida samo za nuždu, ali ne, kao da joj dajemo ikakovu prednost, nego samo zato, da nove pojave električne, koje ćemo naskoro naći, bolje pregledamo duševnim svojim okom.

Tjelesa postaju električna, kad ih taremo. Je li to jedini način, da dovedem tielo u stanje električno? Može li tielo i drugim kojim načinom da postane električno?

Ako se sjetimo sile magnetičke, pomislit ćemo odmah, da će se možda i elektricitet probuditi u tielu, ako mu dosta primaknemo drugo jur električno tielo, kao što se tamo magnetizam u željezu javio, kad smo mu primaknuli magnet.



Sl. 28. Električna influencija.

Idemo da izpitamo stvar na temelju sigurnih i odlučnih pokusa.

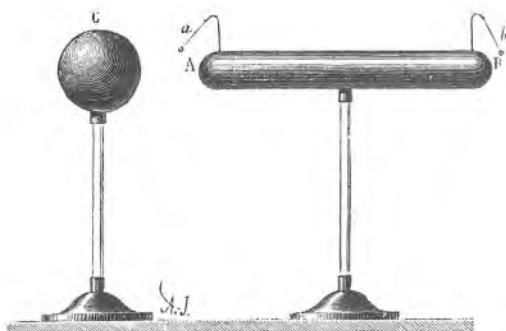
Na ugrišanu čašu G (slika 28.) položimo žioku (letvicu) LL' , a izpod kraja L leži na malom stoliću A nekoliko komadića papira, nekih 10 cm. izpod L . Tarimo živo stakleni štap R , pa ga držimo iznad drugoga kraja žioke, ali pazimo na to, da se staklo nigdje ne dotiče žioke. Žioka će, pa bila i 2 m. dugačka, papiriće na drugom svom kraju odmah privući, ako smo bili oprezni kod izbora čaše, jer imade stakala, koja bi u žioci probudjeni elektricitet odvela u zemlju.

Žioku niti smo trli, niti smo je se taknuli električnim tielom, pa ipak privlači laka tjelešca, dakle je svakako električna. Odkuda žioci elektricitet? Očito odtuda, što sam joj približio električno

staklo. Da je to istina, evo odmah potvrde. Odmaknemo li daleko stakleni štap, ne će više biti ni traga nikakovu privlačenju: žioka već nije električna! Telo dakle nije ostalo trajno električno, nego samo dotle, dok mu je bio blizu stakleni električni štap.

Koje je vrsti ovaj na kratko vrijeme probudjeni elektricitet? Ne bi li se telo ovim veoma jednostavnim načinom dalo pretvoriti u telo, koje bi ostalo električno? Idemo da tražimo odgovore na ova pitanja.

Da stvar pomnije izpitamo, služimo se aparatom, koji je u priloženoj slici 29. naran. Na staklenoj nozi stoji kruglja od mjedi C , kojoj sa staklenoga štapa priobćimo pozitivnog elektriciteta. Ovoj električnoj kruglji primaknemo dugoljast, na krajevima zaokružen valjak AB takodjer od mjedi, a na staklenoj nozi, da probudjeni elek-



Sl. 29. Elektricitet se budi influencijom.

tricitet s njega ne pobjegne u zemlju. Da nam valjak sam pokaže, da je električan, namjestimo mu na krajevima 2 mala električna nihala a i b . Čim se valjak primaknuo kruglji, pokazuje on jasne znakove svoga elektriciteta: krugljice na nihalima, koje su čas prije mirno ležale na valjku, odbijaju se od njega, očit dokaz, da je valjak na jednom i na drugom kraju postao električan.

Kaki je taj elektricitet, pozitivan ili negativan?

Neka pokus odgovara. Električnomu nihalu priobćimo staklenim štapom pozitivnog (+) elektriciteta, pa onu pozitivnim elektricitetom nabijenu krugljicu primaknemo kraju B našega valjka. Primaknuta kraju B krugljica pokazuje jako odbijanje: na kraju se B našao jak pozitivni elektricitet.

Primaknem li istu pozitivnu krugljicu svoga nihala kraju A našega valjka, vidjet ću mjesto odbijanja veoma živo privlačenje krugljice, dokaz, da je na kraju A negativnog elektriciteta.

Na našem se valjku AB dakle u istih mah pojaviše oba elektriciteta. Na kraju, koji je pozitivno električnoj kruglji C bliži, javio se negativni elektricitet, a na daljem kraju B pozitivni.

Ovaj nas nenadani uspjeh pokusa nuka, da ga opetujemo, ali s tom razlikom, da kruglji C dadem sa voštanoga štapa negativnoga elektricita. Tom ćemo prilikom opaziti još jedan pojav, koji je ovdje znamenit. U istom času, kad sam kruglju C odmaknuo od valjka, pala su na valjku oba nihalea na mjed, i valjak ne pokazuje nigdje na svom površju ni najmanji trag kakovomu elektricitetu: oba su se protivna elektricita slila i valjak je opet u svom naravnom stanju, a to nam je opet dokazom, da su prije bile jednake množine pozitivnoga i negativnoga elektriciteta, koje su se sada neutralizovale ili uništile.

Nu dajmo sada kruglji C negativnog elektriciteta, pa ju opet primaknimo valjku AB . Predjašnjemu sasma jednako izpitivanje sa električnim nihalom pokazuje, da je sada na kraju A pozitivni, a na kraju B negativni elektricitet. I sada se dakle na valjku pojaviše oba elektriciteta, samo se obratnim redom poredjaše.

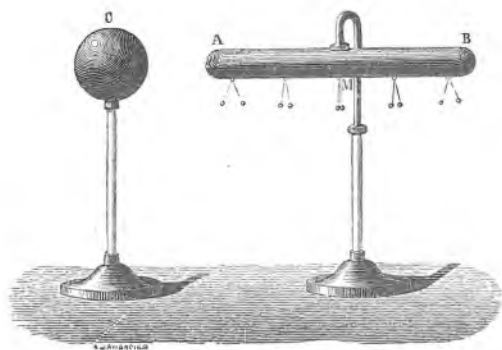
Nadjosmo evo novu istinu, koju je jur god. 1753. prvi našao Englez Canton pokusima, koji su našem bili nalik.

Kad se neelektričnomu tielu približi električno, pojave se na onom tielu oba elektriciteta: na kraju, koji je električnomu tielu bliži, elektricitet protivnoga, a na daljem kraju elektricitet istoga imena. Čim se električno tielo ukloni, ova se dva elektricita pomiešaju i unište, tielo nema nikakvoga elektriciteta.

Ovaj za cijeli nauk o elektricitetu prevažni pojav zvat ćemo od sele električnom influencijom, jer je očito, da je naš valjak samo utjecanjem (influencijom) kruglje C postao električan. Ovaj je pojav nalik na onaj, koji smo kod magnetizma upoznali i okrstili magnetičkom influencijom.

Po nazoru dvaju električnih fluida, koji da su u svakom tielu u jednakoj množini pomiešani, ovi su pojavi posvema razumljivi,

mi bismo ih pače mogli u svakom slučaju i prорећи. Pozitivnim elektricitetom nabijena kruglja djeluje na oba u valjku pomiešana elektriciteta po temeljnom električnom zakonu: negativni privlači, a pozitivni odbija. Naravno je dakle, da se elektricitet protivnoga imena skupi na najbližem, a elektricitet istoga imena na najdaljem kraju tiela, a u sredini će se tiela pokazati mjesto, gdje nema nikakvoga elektriciteta, neutralno mjesto. Pokus predоčen sl. 30. potvrđuje ovaj zadnji zaključak. Uzduž celoga valjka u parovima obješene krugljice, pokazuju zbilja svojim razmakom, da je na krajevima *A* i *B* najviše, prema sredini manje, a u sredini samoj, gdje su krugljice ostale sklopljene, da nema nikakvoga elektriciteta. Odmaknemo li sada električnu kruglju, oba se razstavljena elektri-



Sl. 30. Razdjelba elektriciteta po tielu, koje je postalo električno influencijom.

citeta opet pomiešaju i unište, pa valjak ne pokazuje nikakvoga elektriciteta.

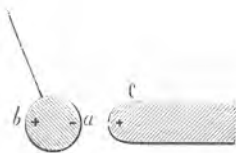
Kod opisanoga netom pokusa sa krugljom i valjkom stajao je valjak cijelo vrieme na staklenoj nozi; elektriciteti, na njem probudjeni, ne mogoše u zemlju, jer je staklo izolator. Promienimo sada razpored pokusa. Krâj valjka *B* spojimo žicom sa podom sobe prije, nego mu primaknemo kruglju *C*. Što da očekujemo, kad smo mu primakli kruglju? U valjku pomiešani elektriciteti opet će se razlučiti: na kraju će se *A* i oko njega skupiti elektricitet protivnoga imena, istoga imena elektricitet radi odbijanja leti kraju *B* i preko dobrog vodiča (žice) bježi još dalje u zemlju. Skinem li sada žicu, dok je još kruglja pred valjkom, ostao je na njemu samo jedan elek-

tricitet i taj se, poradi privlačenja sa protivnim elektricitetom na kruglji, skupio oko A .

Odmaknemo li sada kruglju daleko od valjka, bit ćemo svjedoci novoga pojava. Nema sada više na valjku obiju protivnih elektriciteta, koji bi se slili i neutralizovali. Oko kraja A čas prije skupljeni elektricitet razići će se po čitavom valjku, jer je dobar vodič i sav će valjak ostati trajno električan, kao da smo ga trli kojim tielom. Ako je kruglja imala pozitivni elektricitet, valjak će se pokazati negativno električan; ako je pak kruglja imala negativni elektricitet, valjak će se pokazati pozitivno električan.

Evo nas opet pred istinom zamašne vrijednosti. Da tielo postane trajno električno, ne trebam ga baš trti: i influencijom mogu to isto postići. Možemo pače tielu po volji dati jedan ili drugi elektricitet!

Na temelju netom stečene istine, da sva tjelesa postaju influencijom električna, prođiremo u tajne električne sile i njezi-



Sl. 31. Uzrok električnoga privlačenja i odbijanja.

noga čudnoga djelovanja znatno dublje. Mi znademo, da električno tielo laka neutralna tjelešca najprije privuče pa onda opet odbije. Ova su dva pojava baš protivne naravi, pa nam se na prvi mah čine posvema neponjatni. Sad, kad znamo zakon električne influencije, duševno nam oko oba pojava pojmlje. Što se zbiva u krugljici od bazgove srčike, kad joj primaknemo stakleni električni štap C ? (Sl. 31.)

U krugljici pomiešani elektriciteti se razstave; negativni se skupi na kraju a , pozitivni na kraju b . Kako se negativni elektricitet oko a privlači sa pozitivnim elektricitetom stakla, pa kako krugljica visi na koncu, poletjet će ona k štapu C . Moglo bi se prigovoriti, da je u b isto toliko pozitivnoga elektriciteta, koji se sa pozitivnim elektricitetom stakla odbija; nema dakle razloga gibanju krugljice. Ovaj prigovor ne stoji, jer je negativni elektricitet staklu

uvijek bliži, nego pozitivni, dakle će i privlačenje uvijek biti nešto jače od odbijanja, a taj je suvišak dostatan, da krugljica poleti k staklu: staklo je krugljicu privuklo.

Nu u onom času, kad se krugljica taknula stakla, spojile su se jednake množine protivnih elektriciteta, a na krugljici i na staklu preostao je samo pozitivni elektricitet. Ovi se elektriciteti odbijaju i krugljica će od štapa odletjeti. Uzrok dakle jednomu i drugomu pojavu nalazimo razkriven električnom influencijom.

Povratimo se na časak aparatu, koji smo jur upotrebili, da dokažemo, kako se po dobrim vodičima elektricitet lako širi, elektroskopu (sl. 25.). Hoćemo da ga nabijemo na pr. pozitivnim elektricitetom. Kratko će nas razmišljanje uputiti, kako da udesimo stvar na temelju influencije.

Primaknimo pločici elektroskopa T (sl. 25.) krznom trven štap od pečatnoga voska. Što ćemo vidjeti? Papirići će se u boci odmah jako razići. Pečat je negativno električan, pa će u pločici T' razlučiti oba pomiešana elektriciteta. Negativni će pobjeći u papiriće i oni će se po temeljnom zakonu električnom odbijati; pozitivni pak elektricitet pločice T' skupit će se sav što bliže pečatu i bit će vezan.

Dotaknimo sada pločicu prstom. Negativni će elektricitet iz papirića pobjeći kroz ruku u zemlju i papirići će se sklopiti. Odmaknemo li sada najprije prst, pa onda i pečat, vezani će se pozitivni elektricitet odmah razširiti po cijeloj pločici T , po cijeloj žici WW' i po zlatnim papirićima L , koji će se sad po drugi put razići napunjeni pozitivnim elektricitetom, koji će u njima i ostati, dok ga ne odvedemo u zemlju, dotakavši se prstom pločice.

Da smo htjeli svoj elektroskop napuniti negativnim elektricitetom, bili bismo mu, mjesto pečata, primaknuli trveni stakleni štap.

Ne ćemo požaliti, što znademo naš elektroskop napuniti ovako jednostavnim načinom jednim ili drugim elektricitetom, jer nam je ovako napunjeni elektroskop najbolji vodja, da saznamo, koji se elektricitet u ma kojem tielu trienjem probudi.

Neka bude n. pr. elektroskop napunjen pozitivnim (+) elektricitetom. Trveno tielo, komu elektriciteta ne poznajemo, približimo napunjenomu elektroskopu. Ako je i tielo pozitivno električno, papirići L će se elektroskopa još jače razmaknuti, jer će primaknuto tielo sav pozitivni elektricitet potjerati u papiriće; ako je li tielo bilo negativno električno, privući će sav pozitivni elektricitet iz

papirića gore u pločicu i mi ćemo vidjeti, gdje se papirići sklapaju. Ovaj nas veoma jednostavni pokus svagda sasvim izviestno upućuje, kako se električnost trljenjem probudio u kojem tijelu i po tom će čitalac moći razumjeti, zašto velimo, da je ovakvi elektroskop sa zlatnim papirićima jedan od najpotrebitijih aparata u električnosti.

* * *

Godine 1775. predao je Aleksandar Volta kao gimnazijski profesor u Comu svijetu aparat, što ga je nazvao imenom: „*elettroforo perpetuo*“ (vječni nosilac električnosti). Ovaj se vrlo jednostavni aparat po cijelom svijetu razširio i danas nema jamačno naobražena čovjeka, komu bi ovaj „elektrofor“ Voltin bio nepoznat. Bilo je vrijeme, kad je ovaj električni aparat bio veoma u modi, pa su neki učenjaci sagradili prave orijase — elektrofore. Poznati n. pr. Lichtenberg u Göttingenu napravio je elektrofor, komu je kolač od smole bio 7 stopa u premjeru, a poklopac 6 stopa. Kolač je bio težak 56, a poklopac 76 funti, pa su ga koloturnikom morali dizati i spuštati. Još je veći elektrofor napravio direktor dvorskoga fizikalnoga kabineta u Beču Eberle.

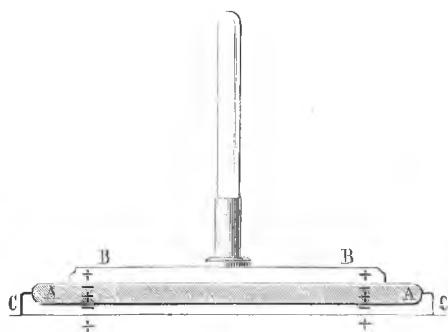
Ipak su se ovi orijasi pokazali nespretni, pa s toga danas ne prave elektrofora većih od 30 cm. u premjeru. Kako je lako ovakov aparat i u kući napraviti, a opet je prilično vreo električnosti, naći ga je još i danas u svakoj i najmanjoj zbirci a i u mnogih diletanta, koji se zanimaju samostalnim izviđanjem električnih pokusa.

Sastavljen je taj aparat po konstrukciji Voltinoj (sl. 32.) od okrugle ploče smole *AA*, koju je Volta raztaljenu ulio u limenu formu *CC*; ta se ploča od smole zove obično kolač elektrofora. Nešto manjim premjerom načinjena je ploča *BB* od dobrog vodiča električnosti, na pr. lima, i natakuta je na staklen držak ili visi na tri svilen konca; to je poklopac elektrofora.

Hoćemo li da ovim aparatom dobijemo električnosti, skinuti nam je najprije poklopac *BB* sa kolača, pa kolač *AA* sa lisičjim repom ili mačjom kožom koso biti. Kolač postane veoma jako negativno električan na cijeloj svojoj površini. Ako mu primakneš članak prsta u tmini, opazit ćeš, gdje iz njega skaču u prst male iskrice uz osobito pucketanje. Poklopac, držeći ga za staklenu ručicu, položimo na električni kolač. Negativni električnost smole ne će da priedje

na poklopac, jer je smola veoma loš vodič, s kojega elektricitet veoma nerado prelazi na druga tjelesa. Nu s toga ovaj negativni elektricitet smole djeluje na pomiešana u poklopcu oba elektriciteta, pa ih razluči. Pozitivni privuče u donju stranu poklopcu i veže ga, a negativni odbije na gornju stranu poklopcu (sl. 32.). Dotaknemo li sada prstom poklopac, pobjeći će ovaj negativni elektricitet u zemlju, a na poklopcu ostaje samo pozitivni, koji je još vezan sa negativnim elektricitetom smole.

Dignimo sada poklopac *BB* u vis. U kakovu će stanju biti poklopac? Po poznatom nam jur pojavu influencije odgovor je jasan. Poklopac će na cijeloj svojoj površini pokazivati pozitivnog elektriciteta. Primaknemo li ga n. pr. krugljici nihala, privući će ju velikom silom i odmah iza toga odbiti. Pridjemo li mu u blizinu sa člankom prsta, preskočit će s poklopcu na prst mala iskra i u prstu imat ćemo osjećaj, kao da smo se ondje uboli iglom!



Sl. 32. Elektrofor.

Spomenusmo prije, da je Volta svomu aparatu nadjenao ime „perpetuo“, t. j. da je on neko skladište elektriciteta, koje ti ga daje, kad god hoćeš. Pa zbilja je tako, ako ga čuvaš po nekim pravilima, koja hoćemo da iztaknemo.

Množina elektriciteta pozitivnoga, što ga nadjemo u poklopcu, kad

smo ga dignuli s kolača, dosta je velika, jer daje i električnu iskra. Odvedemo li ovaj elektricitet u zemlju, poklopac dakako nema nikakvoga elektriciteta. Nu želiš li, da u njem imaš opet toliko pozitivnoga elektriciteta, koliko si ga čas prije imao, ne trebaš ništa drugo uraditi, nego poklopac opet metnuti na kolač, prstom dotaknuti i odmakav prst, poklopac dignuti. Dobit ćeš iskra kao i prije. Ako to zasebice i sto puta uradiš, dobit ćeš svaki put iskra iste jakosti. Elektrofor je dakle zbilja pravo skladište elektriciteta, iz kojega možemo po volji grabiti. Nu još više. Čuvamo li n. pr. danas bijeni elektrofor, sa poklopcem na kolaču, cio mjesec dana u suhoj sobi, pa opet pokušamo po poznatom nam sada propisu,

poklopac dizati, eto nam opet iz njega jedne iskre za drugom! Izgubi li napokon tečajem dugoga vremena kolač svoj negativni elektricitet sasma, lako ćeš ga u njem opet probuditi, ako ga ponovno biješ krznom. Elektrofor je dakle pravi „vječni nosilac elektriciteta.“

Imajući u elektroforu izdašno vrelo elektriciteta idemo, da se upoznamo s novim veoma čudnim — na prvi mah — pojavom: razdjelbom elektricita po tjelesima.

Ako taremo loš vodič elektriciteta na pr. staklo na jednom kraju, postaje samo taj kraj električan. Taremo li opet kolač elektrofora samo na jednom mjestu krznom, privlačit će on samo na tom mjestu laka tjelešca. Na lošem dakle vodiču ostaje elektricitet samo na onom mjestu, gdje je postao. Sasma se drugačiji pokazuje pojav, ako elektriciteta priobćimo kakovom dobrom vodiču, koji je izolovan n. pr. tim, da je nasadjen na staklenoj nozi. U istom se času elektricitet razdielio po čitavom vodiču, svaka je njegova strana električna, što lako mogu dokazati, ako mu sa svih strana primičem krugljicu električnoga nihala. Zanimaju nas sada dva pitanja: Je li priobćeni elektricitet tielo proniknuo, t. j. je li cielo tielo i na površini i u nutrinji električno, i ako je svagdje električno, je li se elektricitet po čitavom tielu jednako porazdielio ili ga je možda na jednom mjestu više a na drugom manje?

Na staklenu je nogu nasadjena mjedena šuplja kruglja sa otvorom na gornjoj strani. Iz elektrofora pustimo nekoliko iskara na kruglju pa ju tim napunimo. Da izpitamo, gdje je kruglja i kako je električna, upotrebljavamo malu pločicu drvenu, oklopljenu zlatnim papirom, i nataknutu na stakleni štap (to zovu obično pločicom kušnje). Dotaknemo li se tom pločicom gdje god površine kruglje, prieći će nešto elektriciteta i na pločicu. Ako ovaj elektricitet sad prenesemo na elektroskop, moći ćemo po razmaku zlatnih papirića suditi o jakosti elektriciteta na dotičnom mjestu.

Dotaknimo dakle našu električnu kruglju na kojoj točki vanjske joj površine pločicom kušnje, pa prenesimo uhvaćenu probu elektriciteta na elektroskop: opažamo raznicanje papirića. Odvedimo elektricitet sa pločice, dotakavši je se prstom, u zemlju, pa ju oprezno turimo u kruglju i dotaknimo se njom koje točke na nutarnjoj strani kruglje. Ako smo pripazili, da se izvlačeći pločicu, ne dotaknemo nigdje kruglje, opaziti ćemo, da nam pločica na

elektreskopu ne da nikakvoga razmaka: kruglja na nutarnjoj svojoj strani nije nigdje električna. Pokus nas je doveo do nove istine: Elektricitet ne poniče nikada celoga tiela, on se sav porazdieli po površini njegovoj.

Veoma je čudnovato s toga djelovanje šupljih električnih tjelesa. Faraday je celim nizom pokusa dokazao, da šuplje električno tielo na točke u svojoj šupljini ne utječe upravo ništa. Pokrio je n. pr. svoj elektroskop zvonom od metalčke mreže, ili kretkom od žice ili zdjelom od žice, kakova rabi za kruh, pa je našao, da elektroskop ostaje posvema neosjetljiv, ako ovakoj kretki iz vana primiče kakovo električno tielo, pače, ako i samo kretku ma kako jako elektrizuje: električno tielo na nutrinju svoju ne djeluje. Isti je glasoviti fizik ovu istinu i pokusom u veliko dokazao. Sagraдио je sobu u obliku kocke sa 3·6 m. dugom stranicom, kojoj su stiene izvana oklopljene bile papirom i metalčkom



Sl. 33. Razdjelba elektriciteta na kruglja.

mrežom. Ovu je veliku kretku objesio na jake svilene vrvce i zatvorio se je sam u nju sa veoma osjetljivim elektroskopima. Pomoćnici su izvana kretku toliko elektrizovali s jakim električnim strojevima, koje ćemo i mi čas kasnije upoznati, da su na sve strane kretke skakale, iskre i cieli snopovi „električne vatre“ izlietali sa vanjske površine kretke, ali unutra nije mogao Faraday ni na najosjetljivijem elektroskopu opaziti ma ni traga kakovomu razmaku papiřića.

Znajući, da se elektricitet razdieli samo po površini tjelesa, možemo se sada primaknuti i drugom zanimivom pitanju: kako se elektricitet razdieli po površini tiela?

I na ovo pitanje neka odgovore zgodni pokusi.

Za prvi će nam pokus dobro poslužiti kruglja od kova na staklenoj nozi. Dotaknimo ju gdjegod pločicom kušnje i prenesimo

uhvaćenu probu elektriciteta na naš elektroskop pa motrimo, kolik će biti razmak papirića. Odvedimo elektricitet s elektroskopa i pločice, pa opetujmo predjašnju operaciju više puta, dotakavši se svagda kruglje na drugom mjestu.

Ni najvjestiji izvadjač pokusa ne će naći razlikâ u veličini raznaka zlatnih papirića: odtuda s pravom zaključujemo: elektricitet se po kruglji tako razdielio, da ga je svagdje jednako. Možemo po onom nazoru dvaju fluida pomišljati električni fluidum kao more, koje se oko naše kruglje tako sleglo, da mu je dubljina svagdje jednaka (sl. 33.). Nu tko bi mislio, da se elektricitet na svakom tielu ovako porazdieli, opet bi se ljuto prevario. Baš je protivno od toga istina: kruglja je jedino tielo, na kojem se elektricitet tako porazdieli, da je dubljina fluida, koja se takodjer zove „električna gustoća“ svagdje jednaka. Evo odmah dokaza.

Pomislmo, da smo našu kruglju pritiskom splosnuli, te je do-



Sl. 34. Razdjelba elektriciteta na elipsoidu.

bila oblik više nalik jajetu (u znanosti kažu oblik elipsoida) kako pokazuje slika 34. Nabijemo li sada taj elipsoid elektricitetom našega elektrofora, pa izpitujemo li pločicom kušnje gustoću elektriciteta na raznim mjestima, pokazuje nam raznak zlatnih papirića, da je gustoća najveća ondje, gdje se površina najjače savija, a najmanja, gdje se najmanje savija. Upotrebljavajući sliku mora, rekli bismo, da fluidum električni i sada oklapa svu površinu tiela, ali kao more nejednake dubljine.

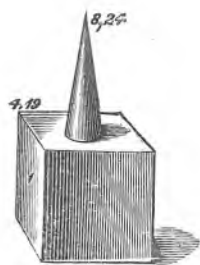
Ovi nam pokusi pokazaše opet novu istinu, da je raspored elektriciteta u velike ovisan o obliku tiela, na kojem se elektricitet redja. Gustoća je elektriciteta ondje najveća, gdje se površje tiela najjače savija.

Ovaj nas obret nuka, da prijedmo na veoma važno, a ne manje zanimljivo pitanje, kako se elektricitet redja na tjelesima, koja imadu uglova i šiljaka. Predjašnji nas pokusi upućuju, da ćemo

kod uglastog tiela najveću gustoću elektriciteta tražiti na uglovima, jer se ondje površina tiela naglo savija. Na šiljastim opet tjelesima tražit ćemo najveću gustoću na šiljku, jer se i tamo površje najjače savija.

Berlinski profesor Riess izpitivao je s velikom pomnjom razdjelbu elektriciteta. Slika 35. pokazuje kocku i na njoj oštar čunj. Ako gustoću elektriciteta na jednoj strani čunja označim brojem 1, pokazao je Riess, da moram gustoću na jednom uglu kocke označiti brojem 4·19 a na šiljku čak sa 8·24, a to će reći: elektricitet se po kocki i čunju tako razredjao, da je na šiljku čunja 8 i četvrt puta gušći nego na strani kocke, ili da se opet poslužimo slikom mora, fluid je električni oko šiljka 8 i četvrt puta tako dubok, kao na strani kocke!

Isti je Riess ovim načinom riješio vrlo interesantno pitanje o oštirini različitih šiljaka i trnja. Polazeći sa stanovišta, da je šiljak



Sl. 35. Razdjelba elektriciteta na uglastom tielu i šiljku.

to oštiriji, što je gušći elektricitet na njem, mjerio je on gustoću toga elektriciteta, pa je po njoj veoma točno odredio oštirinu šiljaka. Poredjivao je oštirinu raznih trnova bilinskih oštirini englezke igle. Trn od euforbije pokazao se na pr. šiljatiji od igle, a trn divlje ruže i kaktusa bar tako šiljat kao igla, trn crne ruže i obične ruže tuplji od igle.

Ova velika gustoća elektriciteta u svezi sa temeljnim zakonom, da se istoga imena elektriciteti odbijaju, tumače nam dva nova pojava, koji se obuhvaćaju imenom učinci šiljaka, a poslužiti će nam u velike kod gradnje velikih električnih strojeva.

Jednostavni pokusi neka ova svojstva šiljaka pokažu.

Na daščicu priliepimo jedan kraj pečata osovno. Ugrijanu iglu

zabodemo u drugi kraj i na nju natakemo valjkasto tielo, na pr. mrkvu, pa joj iz elektrofora dademo elektriciteta. Elektricitet će se po njoj razdijeliti i biti na šiljastom kraju najgušći. Promienimo razpored pokusa u toliko, da u mrkvu negdje, na pr. na jednom kraju, zabodemo iglu tako, da joj oštri vrh iz mrkve viri. Dademo li mrkvi i 20 ili 50 iskara iz elektrofora, mrkva će ostati neelektrična, akoprem je izolovana. Kud je nestalo elektriciteta? Očito je naglomu gubitku elektriciteta kriva utaknuta igla. Elektricitet je naime na šiljku bio tako gust, da je počeo iztjecati iz šiljka, te se gubio u zraku. Ako ovaj pokus u tamnoj sobi izvedemo, vidjet ćemo zaista oko šiljka slab pramen svjetlih zraka, koje ćemo kasnije kod električnih strojeva поближе izpitivati; primaknemo li najosjetljivije dielove tiela šiljku, osjetit ćemo ono iztjecanje elektriciteta iz šiljka kao slabi vjetrić, a zovu ga električnim vjetrom.

Iz šiljka dakle elektricitet iztječe, pa se u brzo razaspe po okolini. Izolovano tielo sa oštrim šiljkom ne da se napuniti elektricitetom.

Tarimo staklen štap pa ga približimo što više šiljku igle u mrkvi, ali ipak ne toliko, da elektricitet sa stakla priedje na iglu. Što će se događati u mrkvi? Električna nam influencija odgovara. U mrkvi će se oba pomiešana elektriciteta razlučiti. Pozitivni će pobjeći na dalji kraj mrkve i skupiti se ondje, a negativni će poletjeti u šiljak igle, ali odmah iz njega iztjecati na stakleni štap, gdje će se sa istom množinom pozitivnoga elektriciteta spojiti. Uklonimo li sada stakleni štap, razširiti će se pozitivni elektricitet, koji je bio odbijen u drugi kraj mrkve, po čitavoj mrkvi i ona će nam se sva pokazati pozitivno električna.

Šiljci dakle imaju dva veoma karakteristična svojstva. Imade li električno tielo na sebi oštar šiljak, sav se elektricitet u kratak čas preko šiljka razaspe po zraku. Ako obratno neutralnomu tielu, koje imade šiljak, primaknemo električno tielo, imade šiljak svojstvo, da prividno usiše taj elektricitet i po tielu, na kojem je, razširi. Znademo, da je ovo sisanje tek prividno; duševno nam oko to sisanje tumači kao posljedicu električne influencije i velike gustoće elektriciteta na šiljku.

Naoružan ovolikim znanjem o električnoj sili, mogao je čovjek pomišljati na konstrukciju velikih električnih strojeva, koji bi mu

davali i mnogo više i mnogo jačega elektriciteta, nego na pr. trven stakleni štap ili poklopac elektrofora. Ne trebamo čitaocu tek izdicati, da bi se ovakim strojevinu svi dosadanji pojavi električni — a tih je liep broj — mogli pokazati kud i kamo ljepše, a oni pojavi, koje smo do sada mogli tek primjetiti — a ovamo ide u prvom redu pojav, što su ga prvi motritelji nazvali električnom vatom — vidjet će se na ovim velikim strojevima u pravom svom sjaju i mi ćemo ih tek uz pomoć tih strojeva moći поближе izpitati i pojmiti, a to nam je glavna težnja, da svaki pojav električnih sila upoznamo i, ako je moguće, i pojмимо. Pokušajmo dakle napried!

IV.

Električni strojevi i Leydenska boca.

Glavne česti električnog stroja. — Oton Guericke. — Ramsdenov stroj. — Dje-lovanje stroja. — Winterov stroj. — Van Marumov veliki stroj. — Arm-strongov stroj. — Holtzov elektroforni stroj. — Pokusi sa strojem. — Električno zvonce. — Električna tuča. — Električna kantica. — Električna iskra. — Električna zmija. — Magična ploča. — Kinnersleyev termometar. — Električni mužar. — Električni vjetar. — Električni mlin. — Leydenska boca; nje-zini jaki udarci. — Franklinova ploča. — Pokusi sa Leydenskom bocom. — Odponac. — Baterija. — Električna iskra probija tjelesa, ugrije ih i zapali. — Lichtenbergove slike. — Učinci električnih udaraca u tiehu čovječjem.

Svaki električni stroj mora da ima dvie česti, jednu, u kojoj se elektricitet obilno budi, a drugu, koja će probudjeni elektricitet tako sakupiti, da nam ne pobjegne u zemlju. Prvi se slabi početci ovakova stroja javljaju skoro iza preporoda nauka o elektricitetu. Oton Guericke, koji se iza dosta burnoga vojničkoga života napokon stalno nastanio u svom rodnom gradu Magdeburgu, te mu služio kao slavni načelnik, bio je prvi, koji je postavio nešto, čemu se može nadjenuti ime električnog stroja. Mjesto staklenog ili voštanog štapa upotrebljavao je Guericke oveću kruglju od sumpora, na koju je pomoćnik položio suhe svoje ruke, a drugi je ručicom okretao sumpornu kruglju. (Vidi: Novovjeki izumi, knj. I. sl. 8.) Pojaćao je tim načinom trienje toliko, da je on već vidio električnu vatru: primakav naime članak prsta trvenoj kruglji, preskočila je s nje na prst mala, ali svietla iskrica. Isaac Newton nadomjestio je sumpornu kruglju, koja se lako lomila, staklenom krugljom, koju je i on još trô suhim rukama ili papirom osušenim kraj vatre.

Mnogo kasnije god. 1740. dodao je njemački elektrik profesor Bose u Wittembergu staklenoj kruglji drugi glavni dio stroja, koji sakuplja elektricitet sa staklene kruglje. Bijaše to željezna ciev,

koju je dječak, stojeći na kolaču od smole, držao tik iznad trvene kruglje ili pak ciev, koja je visjela na svilenim vrpčama iznad kruglje, a lanac je vodio elektricitet sa trvene kruglje na ciev, koja je dobila ime konduktor ili sakupljač. Drugi je njemački profesor Winckler u Lipskom suhe ruke, koje su imale trti kruglju, namjestio kožom, koja je slabim tlakom bila pritisnuta uz kruglju. To je bio velik napredak, jer su tim izbjegli vlazi čovječje ruke, koja je znatan dio elektriciteta odvajala. Gordon u Erfurtu, opet Niemac, popravio je taj stroj dalje tim, što je mjesto kruglje upotrebio stakleni valjak. Tim je postigao, da se mnogo veća površina stakla tare o kožu. Vodio je elektricitet sa valjka na konduktor još uvijek lancem. Kad je napokon slavni Franklin svojim znamenitim istraživanjima svijetu priobćio onu zanimivu snagu šiljaka, koju smo čas prije i mi upoznali, uticali su u konduktor šiljke od kova, pa su šiljke tik pred stakleni valjak namjestili. Oko godine 1760. stali su napokon De la Fond, Planta, Ramsden i Cuthbertson mjesto staklenih valjaka upotrebljavati staklene okrugle ploče, koje se okreću oko osi u sredini njihovoj.

Od onih vremena do danas imademo zabilježiti samo taj napredak, da danas mjesto staklenih rabe i ploče od ebonita ili tvrdog kaučuka i da su u naše dane našli novi električni stroj, u kojem se elektricitet ne budi trienjem nego influencijom.

Za množinu probudjenog elektriciteta važno je i tarivo; iskustvo je malo po malo pokazalo, da dobijemo iz staklene ploče najviše elektriciteta, ako kožu na onoj strani, gdje se tare o staklo, namažemo smjesom od žive, kositra i cinka, koja se zove Kienmayerov amalgam. Ova se smjesa, što sitnije razdrobljena, rado uhvati kože, ako ju prije namažemo nešto malo mašću. Za pravo se dakle ne tare staklo o kožu nego o Kienmayerov amalgam (1 dio kositra, 1 dio cinka i 2 dva diela žive).

Ovo je u kratkim crtama bio razvitak električnoga stroja od sićušnih početaka Guericke-ovih do današnjih silnih strojeva, koje daju toliko električne vatre, da ih se čovjek u prvimah i prestraši. Idemo da neke od ovih modernih strojeva upoznamo i nekoje pokuse na njima opišemo.

U zapadnih naroda romanskih najviše rabi danas od strojeva, koji su osnovani na trienju, stroj Ramsdenov, kako ga naslovna slika ove knjige pokazuje. Velika okrugla staklena ploča osovno je postavljena na metalčku os, oko koje se može okretati

uz pomoć ručice. Prolazeći medju dva stupa, koji nose os ploče, tare se ploča o dva para jastučića, koji su, jedan par iznad osi, a drugi izpod osi, pričvršćeni na oba stupa. Ovi jastuci nisu izolovani, nego baš protivno, žica ili lanac odvadj a na njima trienjem probudjeni negativni elektricitet u zemlju, jer kad bi se mnogo toga elektriciteta u jastucima tariva nakupilo, vezao bi on jedan dio na staklenoj ploči probudjenoga pozitivnoga elektriciteta i stroj bi bio slabiji. Jastuci su napunjeni dlakom, a omotani kožom, koja je namazana spomenutim amalgamom.

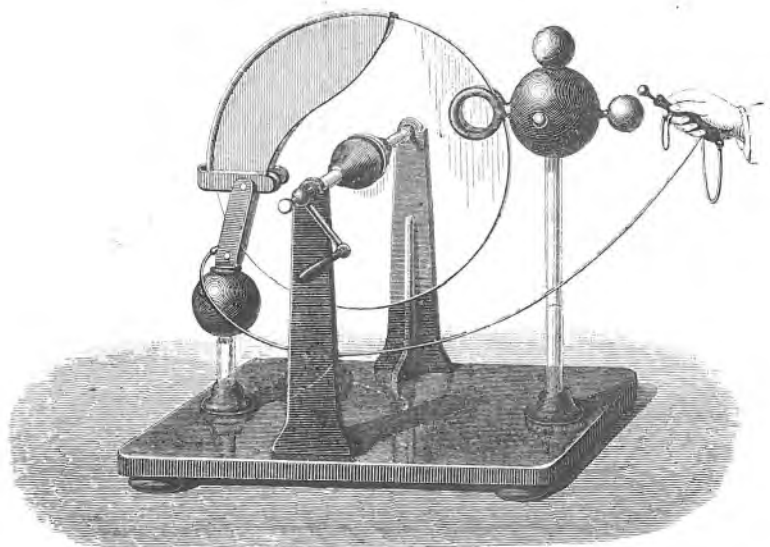
Ovo je dio stroja, komu je svrha, da trienjem probudi što veću množinu elektriciteta. A sada da vidimo, kako će ovaj elektricitet da priedje na konduktore, kojih imademo dva na ovom stroju. Dva su to mjeden a valjka, dugoljasta i na krajevima zarubljena polukrugljami, da na njima ne bude oštarih zavoja. Svaki valjak stoji na dvjema staklenim nogama, koje ne dadu, da na njima sakupljeni elektriciteti pobjegnu u zemlju, a oba su na stražnjem kraju spojena mjedenim štapom, koji u sredini nosi malu krugljicu od mjedi. Krajevi valjaka, okrenuti k ploči, nose po jednu vilicu od mjedi, koja ploču obilazi, i sa nutarnje strane imade priličan broj oštarih šiljaka okrenutih k ploči.

Što se u stroju zbiva, kad mu ploču okrećemo?

Svaki čitalac, koji je djelovanje električnih sila do sada s nama pratio, jamačno bi mogao sve unapried reći. Ploča se trienjem o amalgam napuni velikom množinom pozitivnoga elektriciteta, a negativni elektricitet tariva pobjegne u zemlju. Šiljci sišu neprestano elektricitet ploče i sakupljaju ga na konduktoru. Malo električno nihalo na kraju valjka pokazuje, kako se sve više puni konduktor pozitivnim elektricitetom. Znademo ipak od prije, da je ovo sisanje šiljaka tek prividno; u istinu je to pojav influencije, kako smo ga, tumačeći svojstva šiljaka, razložili duševnomu oku svomu. Samo da se kraće izrazimo, ostavljamo rieč, da šiljci elektricitet sa ploče sišu. Ploča dakle na jednoj i na drugoj strani neprestano gubi svoj elektricitet poradi šiljaka, nu odmah zatim prodje kroz oba tariva, pa se napuni na novo elektricitetom. Kako se taj proces sveudilj ponavlja, lako će čitalac razumjeti, da će konduktor već nakon jednoga ili nekoliko okreta ploče biti pun pozitivnoga elektriciteta velike gustoće.

Po našoj se monarkiji, po Njemačkoj, a možemo reći i po celom svijetu zadnjih desetgodišta razširio stroj, što ga je bečki strojilac

Winter sastavio. Ovaj je stroj jednostavniji od Ramsdenova, a odlikuje se ipak veoma znatnom snagom (sl. 36.). Velika okrugla staklena ploča stoji osovno na staklenoj osi, oko koje ju možeš ručicom okretati. Na lijevoj strani nosi mjedena kruglja, nataknuta na staklenu nogu, tarivo: sa svake strane komad kože, namazan amalgamom, koji prijanja uz staklo slabim perom. Žica ili lanac, koji je utaknut u tarivo, odvadja trienjem u tarivu probudjeni elektricitet ili u zemlju ili na mjesto, gdje ga trebamo. U tarivu ga ne bismo smjeli ostaviti, jer bi vezao i neutralizovao priličan dio u staklu probudjenoga pozitivnoga elektriciteta i stroj bi bio nerazmjerno slab. Ovo je dio



Sl. 36. Winterov električni stroj.

stroja Winterova, koji ima da budi trienjem oveće množine elektriciteta. — Kako da sada sakupimo sav taj na staklu probudjeni elektricitet? Tomu služi na desnoj strani na staklo postavljena mjedena šuplja kruglja, konduktor. Ona nosi na lijevoj strani sa svake strane staklene ploče po jedan drveni obruč, u kojima je cio niz oštih mjedениh šiljaka, koji se gotovo dotiču staklene ploče.

Što se sada zbiva u ovom stroju, kad stanemo okretati staklenu ploču, nije nam teško razumjeti na temelju stečenoga već poznavanja električne sile. Ploča se staklena tare o amalgam i prima pozitivni

elektricitet, dočim se u tarivu probudjeni negativni elektricitet lancem vodi u zemlju. Električna ploča prolazi kraj šiljaka na prstenu; oni usišu sav pozitivni elektricitet s ploče i skupljaju ga na konduktoru. Ploča, predavši sav svoj elektricitet konduktoru, dolazi daljnom vrtnjom opet među tariva, tu se ponovno napuni elektricitetom, da ga čas kasnije opet preko šiljaka preda konduktoru. Kako se taj proces neprestano ponavlja, razumijemo, da će se već nakon nekoliko okretaja ploče na konduktoru sakupiti prilična množina pozitivnoga elektriciteta velike gustoće. Trebam li samo pozitivni elektricitet, odvedem negativni sa njegova konduktora žicom u zemlju; trebam li pak samo negativnoga, objesim istu žicu na pozitivni konduktor mjesto na negativni. Winterov nam dakle stroj daje oba elektriciteta, nu množine elektriciteta, koje se na konduktorima mogu skupiti, razmjerno su prema Ramsdenovu stroju dosta malene. S druge pak strane može da bude gustoća elektriciteta na Winterovu stroju veoma velika i s toga daje mnogo duže iskre od Ramsdenove.

U povjesti je fizike još na veliku glasu električni stroj, što ga je već g. 1787. sastavio holandezki fizik Van Marum, a sljedećih ga godina nešto popravio Cuthbertson. Dvije se staklene ploče, svaka 162 cm. široka, istosmjerno vrte i taru o osam parova tarivâ; kruglje konduktora imaju premjer od 30 cm. Van Marum izveo je s ovim orijaškim strojem mnogo zanimljivih pokasa, osobito o električnim iskrama i svjetlim snopovima, kojih je dobivao do 60 cm. dugih. Ovaj se silni stroj još danas čuva u muzeju Teyler u Amsterdamu.

Osim strojeva sa pločama rabe danas i strojevi sa staklenim valjcima. Ove je vrsti i stroj Nairnov. (Vidi: Novovjekni izumi, knj. I. sl. 11.)

Kad je godine 1765. prenašao francuzki astronom Picard u Parizu svoj barometar iz observatorija Porte St. Michel, opazio je, da se u gornjem dielu cievi pokazuje nekakvo svjetlo. Sebastian i Cassini vidješe isti pojav i u cievima drugih barometara. Ivan Bernoulli znao je već i umjetnim načinom ovaj „merkurijalni fosforus“ — tako je on zvao taj pojav — probuditi. Uzdušnom je sisaljkom iz cievi staklene, u kojoj je bilo nešto žive, izsisao zrak, pa kad je tresao živu u cievi, pokazalo se svaki put ono čudno svjetlo u cievi. Ovaka je ciev došla i u ruke Fridriku I., kralju pruskomu, koji ga je zato na-

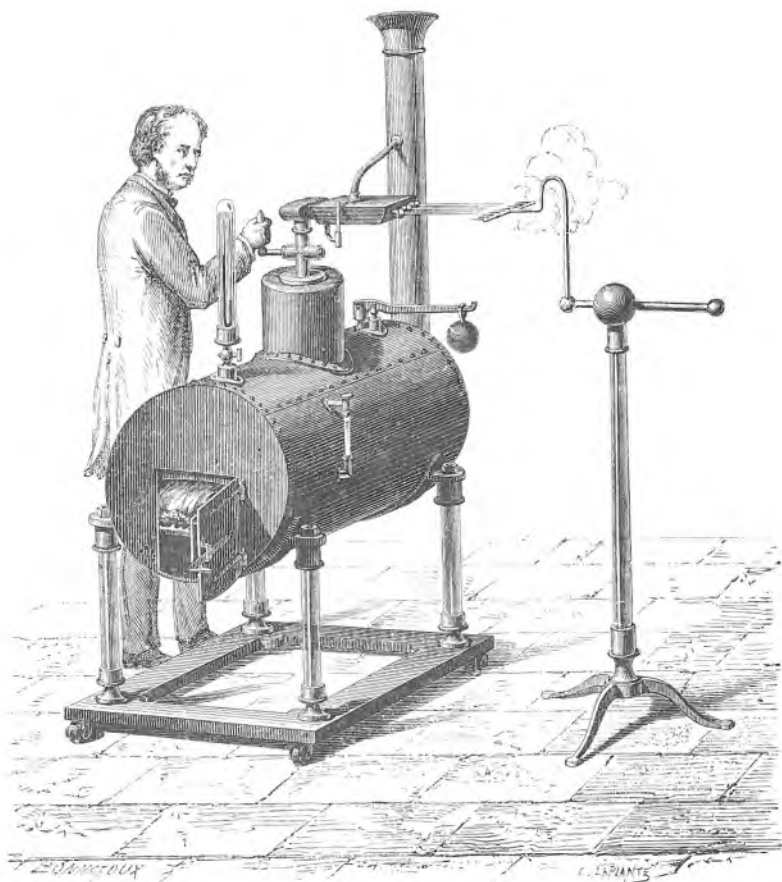
gradio zlatnom medaljom težkom 40 dukata, a slavni mu se matematik zahvalio posebnom pjesmom! Uzrok ovomu čudnomu svjetlu našao je tek Englez Hawksbee god. 1706. Živa se tare o staklo i tim postaje staklo električno. U razriedjenom se zraku taj elektricitet javlja kao slabašno svjetlo; drugi je to oblik „električne vatre“, koju je jur Guericke poznavao. Ivan se Bernoulli doduše rugao ovomu tumačenju Hawksbee-ovu, nu istina preživjet će uvijek svako ruganje, i danas svatko daje za pravo Hawksbee-u!

Ovaj slučajni obret pokazao je prije svega, da čvrststva tjelesa postaju i onda električna, kad se taru o kakovu tekućinu, ondje na pr. o živu. Na drugoj opet strani pokazao je ovaj pokus, da se trienjem stakla o živu mora da budi velika množina elektriciteta, kad je već ono malo treskanje žive dostatno, da se pojavi „električna vatra“. To je i bio povod, da su stali staklo trti amalgamom, u kojem je glavna stvar živa.

Drugi obret, ovomu nalik, i opet slučajem nadjen, dao je englezkomu inžiniru Armstrongu povod, da načini veoma jaki električni stroj na ovom novom osnovu. Bilo je to godine 1840. Radnik je opravljao kraj Newcastla parostroj. Jednu je ruku držao na otvoru, kojim je neprestano izlazila para, a drugu je slučajno primaknuo poluzi ventila s utezom. Na ruku mu skočila sjajna iskra i on je osjetio jak trzaj u svom tielu. Armstrong je ovaj pojav izpitivao i našao, da se trienjem iz kotla izlazeće pare o cievi, iz kojih izlazi, razvija veoma velika množina elektriciteta. Na tom je osnovu on sagraadio veoma jaki hidro-električni stroj (sl. 37.). Kotao, posadjen na 4 staklene noge i napunjen čistom vodom, razvija paru visokoga tlaka; ova izlazi u zrak iz cievi; prije toga prolazi kroz posudu, koja je puna mokrih krpa te se u njoj para djelom pretvori u sitne vodene kapljice. Da bude trienje ovih kapljica što žešće, cievi su koso probušene. Kotao se napuni pozitivnim, para i kapljice negativnim elektricitetom. Da se ovaj skupi, namješten je nasuprot cievima izolovani konduktor, na kojem je cio niz šiljaka. Ovi su električni strojevi Armstrongovi silne snage; stroj na pr. politehničkog zavoda u Londonu daje iskre, duge 60 cm., a stroj Sorbonne u Parizu takodjer nekoliko decimetara duge. Armstrong je pače sagraadio kolosalan primjerak svoga stroja, koji je davao iskara do 180 cm. dugih.

Winter je po svom sustavu sagraadio najveći stroj za politehnički zavod u Beču; on daje, kad se na konduktor natakne Win-

terov drveni obruč, koji imade svrhu, da poveća površinu konduktora, iskre duge 105 cm. Veliki je ovakav stroj i u dvorskom fizikalnom kabinetu u Beču. Dobar stroj ove vrsti daje, ako je premjer ploče 65 cm., iskre duge do 36 cm., a mali stroj sa pločom od 25 cm., koji danas stoji oko 30 for., daje iskara do 10 cm. dugih.



Sl. 37. Armstrongov hidro-električni stroj.

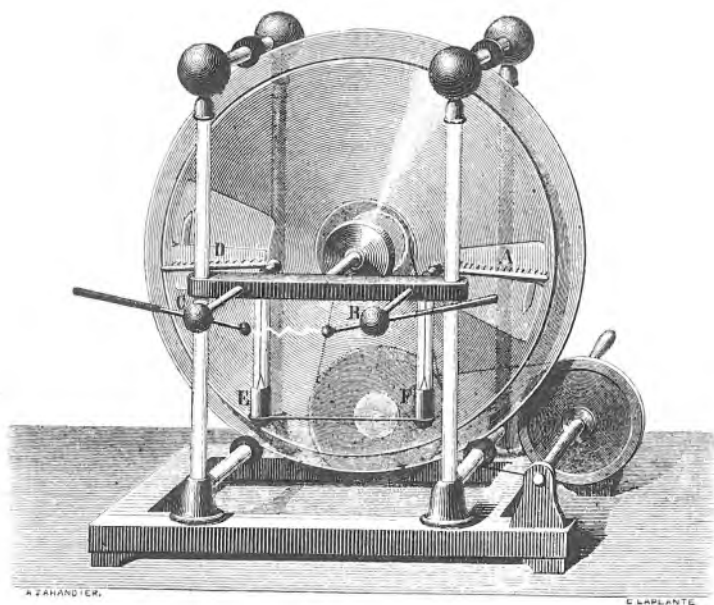
Iz ovih se podataka čitalac uvjerio, kolik je napredak u znanosti učinjen tim, što su sagradjeni ovi noviji električni strojevi osnovani na trienju tjelesa. Kolike li razlike izmedju sićušnih iskrica trvenoga štapa staklenoga i 10 cm. dugih iskara najmanjega Winterova stroja!

Strojevi su ovi bili izhodište novomu proučavanju ove sile, te su nas doveli do spoznaje novih, još zanimljivijih i važnijih istina. Nu čovjek nije bio posvema zadovoljan ni s ovim strojevima. On je kušao sve načine, da dobije još veće množine elektriciteta, nego što ih daje i najbolji stroj osnovan na trienju. Iz ovoga je nastojanja nikao god. 1865. nov električni stroj, koji je sagradio njemački fizik Holtz, sada profesor u Berlinu. Ovi su strojevi za veoma kratko vrijeme čas prije opisane toliko nadmašili, da na pr. već na međunarodnoj električnoj izložbi u Beču g. 1883. niese mogao vidjeti baš ni jednoga primjerka od strojeva prve vrsti. Odkuda ta promjena? Holtzov stroj i drugi na istom osnovu građeni daju kud i kamo više elektriciteta u mnogo kraćem vremenu. To je razlog, da je Holtzov stroj u kratko vrijeme svietom obredao, pa ne će ni nama biti žao, ako ovo diete naših dana bolje upoznamo.

Hoćemo li da iz naših strojeva, osnovanih na trienju, dobivamo elektriciteta, valja nam neprestano ploču okretati, da se tare o tariva: čim prestane trienje, nema novoga elektriciteta. Kod elektrofora našli smo sasvim drugačije razvijanje elektriciteta: kolač od smole treba samo jednoč trti, da nam poklopac dugo i dugo daje nove množine elektriciteta. Električni su strojevi druge vrsti svi osnovani na načelu elektrofora; u njih se ne razvija novi elektricitet trienjem, nego samom električnom influencijom, kao i u poklopcu elektrofora. S toga ih za razliku od prvih rado zovu elektrofornim strojevima. Među raznim oblicima ovih strojeva izićemo ovdje samo noviji oblik Holtzova stroja (sl. 38.). Bitni su mu dielovi dvie staklene ploče. Veća je čvrsto namještena i izolovana, a manja se kolom i uzicom može veoma brzo vrtjeti. Na protivnim su krajevima čvrste ploče dva otvora (prozora). Iznad lievoga, a izpod desnoga prozora priličljena su dva papira, na onoj strani čvrste ploče, koja je odkrenuta od gibive ploče. Zovu ih armaturami stroja. Sa svake armature polazi papirnati šiljak kroz prozor skoro do gibive ploče. Ploča treba da se vrti u protivnom smjeru od onoga, što ga pokazuje papirnati šiljak, t. j. gdje šiljak pokazuje dolje, treba ploča da ide gore i obratno. Nasuprot prozorima, ali s onu stran gibljive ploče, namještena su na staklenim nogama dva niza kovnih šiljaka, zovu ih češlji stroja (*D* i *A* u slici); svaki se češalj završuje mjedenom krugljom (*B* i *C*).

Već po opisu stroja vidimo, da ovdje nigdje nema trienja, kojim bi se mogao proizvoditi elektricitet, pa ipak ovaj stroj daje

upravo sjajne iskre i veliku množinu elektriciteta. Da vidimo dakle, odkuda mu taj silni elektricitet. Hoćemo li da radimo s ovim strojem, dademo jednoj armaturi nešto malo elektriciteta iz elektrofora ili trvenoga staklenoga štapa. Gibljivu ploču stanemo živo vrtjeti; za koji čas osjećamo u ruci, da vrtnja ploče iste više snage, nego prije; u isto doba vidimo, ako je u sobi mrak, gdje iz šiljaka obiju češalja iztječu snopovi slaboga plavkastoga svjetla i, razmaknemo li krugljice konduktora *B* i *C*, preskaču eno između njih sjajne iskre jedna za drugom, a iza svake čuješ jak prasak. Osobitog su sjaja

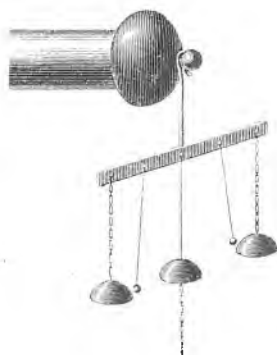


Sl. 38. Holtzov električni stroj.

ove iskre, ako je svaki konduktor spojen sa jednom Leydenskom bocom (*E* i *F*), kojim je svrha, da bude sakupljeni na konduktorima elektricitet što gušći.

Djelovanje ovoga stroja nije danas posvema raztumačeno do najtanjih sitnica. U glavnom se osniva na influenciji i na učincima šiljaka. Poznati elektrik Riess tumači djelovanje ovako. Recimo, da smo lievoj armaturi *D* dali malu množinu negativnog elektriciteta. Ona djeluje kroz staklo na suprotni joj češalj *D*: pozitivni elektricitet privlači u šiljke, a negativni odbija u konduktor *C*. Po-

zitivni elektricitet iz šiljaka iztječe na ono mjesto ploče, koje im je baš nasuprot, a ploča taj elektricitet, vrteći se ondje dolje, sobom nosi do papirnatoga šiljaka kod *A*. Ovaj pozitivni elektricitet djeluje opet influencijom kroz staklo na papirnati šiljak kod *A*; negativni privuče u šiljak, a pozitivni odbija u armaturu *A*, koja se s toga sve više puni elektricitetom. Ova armatura opet razluči u suprotnom češlju oba elektriciteta: negativni privuče u šiljke, a pozitivni odbija u konduktor *B*. Brzom se vrtnjom ploče ovo nabijanje konduktora *C* sa negativnim, a konduktora *B* sa pozitivnim elektricitetom tako brzo zbiva, da jedna iskra za drugom poskače. Stroj je veoma osjetljiv na vlagu zraka, ali kraj jednakih ploča i iste brzine vrtnje, daje u istom vremenu do 30 puta veću množinu elektriciteta, nego na pr. Ramsdenov stroj.



Sl. 39. Električno zvonce.

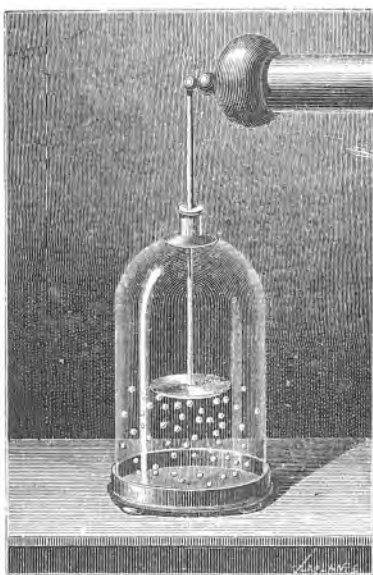
Na ovom su istom temelju osnovani i svi drugi noviji elektroformni strojevi: Töplerovi, Birtschovi i Carréovi. Nije svrha ovoj knjizi, da sve ove konstrukcije na tanko opiše.

S opisanim se električnim strojevima dade izvesti velik niz veoma zanimljivih pokusa, koji nam s jedne strane daju prilike, da mnogo jasnije potvrdimo već poznata svojstva električne sile, a s druge nas opet vode i do spoznaje novih, kao što n. pr. električne vatre. Idemo da izaberemo najinteresantnije između ovih pokusa.

Na motki od kova (sl. 39.), koja visi na konduktoru električnog stroja, vise tri zvonca; dva krajnja na lančićima, a srednje na svilenoj uzici, ali zato od njega vodi lanac na zemlju. Između zvonaca vise na svilenim koncima dvie kovne krugljice. Kad stroj radi, prelazi elektricitet preko motke u oba krajnja zvonca; krugljice polete k njima, ali se odmah napune elektricitetom zvonaca, pa se od njih odbiju i udare o srednje zvonce; tu izgube svoj elektricitet, koji preko srednjega zvonca i lanca pobjegne u zemlju. Krugljice su opet u naravnom stanju, vrate se u svoj prvi položaj, ali ih sada zvonca na kraju opet privuku, ako im stroj još elektriciteta daje. Ovi udarci o zvonca daju neprestani niz glasova, pa s toga se čuje sveudilj zvonjava zvonaca, dok je elektriciteta u konduktoru

stroja. Franklin je ova zvonea objesio na donji kraj dugih kovnih i šiljastih štapova, koji su mu virili nad krov kuće. Zvonjava mu je već iz daleka javila, ako su štapovi postali električni, sišući na šiljke elektricitet, koji je slučajno bio u zraku.

Drugi je fizik Volta izumio aparat, koji je dobio ime: „električna tuča“, jer je Volta njime mislio tumačiti i gibanje prave tuče za vrijeme oluje. U staklenom zvonu (sl. 40.), komu je dno od kova, a u svezi sa zemljom, mjedena se motka gornjim krajem dotiče konduktora ma kojeg električnog stroja, a na drugom kraju drži okruglu ploču od kova. Na dnu je zvona oveci broj krugljica od bazgove srčike. Kad stroj radi, dodje elektricitet njezin u okruglu ploču; ova privuče krugljice, koje su influencijom postale električne, i one skoče u vis pa se dotaknu ploče, ali se odmah i odbija na dno zvona, gdje svoj elektricitet izgube, da odmah na novo skaču u vis. I ovo se skakutanje krugljica zbiva, dok je elektriciteta u konduktoru. Umjesto krugljica rabe gdjekada dvie lutkice od bazgove srčike, pa onda imademo pokus, koji se zove: „ples električnih lutaka“.



Sl. 40. Električna tuča.

„Električna kantica“ (sl. 41.) je limena posuda na dnu na više mjesta provrtana, a u otvore su utaknute veoma uzke cjevčice (kapilarne cievi). Iz pune kanticе voda iztječe kroz te cievi, ali tek kap po kap. Čim se kantica objesi na konduktor stroja, koji radi, stane voda iz cievi bez prekidanja teći u obliku tankih konaca ili pak trakovica, koji se sve više razilaze; ako je u sobi tamno, svjetli voda slabim svjetlom. Pojav, da voda curkom teče, akoprem u kantici sada nema više vode nego prije, imade svoj uzrok u razdjelbi vode na sitne čestice (molekula), a ova je razdjelba opet posljedica odbijanja njihova uslied elektriciteta, što su ga dobili od stroja.

Navedena četiri pokusa niesu drugo nego zanimljive uporabe nam već poznatih svojstava električne sile, da privlači i odbija laka tjelesa.

Mnogo nas više zanima drugi pojav, električna vatra. Kod trijenja staklenoga štapa spomenuli smo već, da se pokaže mala iskra, kad članak prsta primaknemo štapu, a svaki put kad taka iskra preskoči, čujemo i pucketanje. Nu stakleni štap ostaje na svim mjestima električan, gdje se prst baš nije primaknuo tik pred štap. Znademo i uzrok tomu pojavu. Staklo je jedan od lošijih vodića elektriciteta, pa nerado odstupa svoj elektricitet drugomu tielu na pr. prstu. Nadomjestimo sada loš vodič sa dobrim, pa ga napunimo elektricitetom, na pr. sam konduktor kojeg električnog stroja. Primaknemo li ovomu članak prsta, bit će uspjeh pokusa kud i kamo žešći: od konduktora preskočit će na prst već iz daleka jaka i veoma



Sl. 41. Električna kantica.

svietla iskra, i čovjek osjeti to jači trzaj, što je jači bio naboj konduktora. Nu električno ni-halo namješteno na konduktoru u istom času padne u osovni položaj, kazujući nam, da je iza iskre konduktor ostao bez elektriciteta, da je izpražnjen, nalik puški, kad se izpali. Okrećemo li pako ploču stroja neprestano, sliedit će brzo jedna iskra iza druge, jedan prasak za drugim, a prst će osjećati bockanje i jedan trzaj za drugim. Odmaknemo li ruku dalje od konduktora, skupit će se na njem elektricitet gušći, a isto tako influencijom i u članku prsta protivni elektricitet. Kad budu oba elektriciteta toliko gusta, da mogu svladati odpor, što ga veća daljina konduktora i ruke nametnula njihovu spojenju, vidjet ćemo, gdje najednoč preskoči veoma duga iskra, a trzaj u ruci osjetimo sve do ramena.

Postavimo li koga na „izolovani stolić“ (vidi naslovnu sliku ove knjige), t. j. dasku sa četiri staklene noge, pa drži li ruku na konduktoru, dok stroj radi, nanapunit će mu se cijelo tielo elektricitetom, jer je i ono dio konduktora. Druga će osoba, koja stoji na tlu, moći iz tiela mu, kao i iz konduktura vući iskre i obje će osobe na onom mjestu, gdje iskra preskoči, osjetiti trzaj.

Što je električna iskra, to su nam ovi pokusi već raztumačili. Konduktor je stroja bio napunjen pozitivnim elektricitetom. Na primaknuti članak prsta djelovao je influencijom i sakupio u članku

istu množinu negativnoga elektriciteta, dočim je odbijeni pozitivni pobjegao u zemlju. Ovi se protivni elektriciteti privlače to jače, što su gušći i napokon će svladati i odpor zraka, koji je med njima, pak će se kroz zrak spojiti i neutralizovati; konduktor će dakle i članak prsta ostati iza toga bez elektriciteta, a to je nihalo na konduktoru i pokazalo. Iskra električna dakle postaje, kad se protivni elektriciteti dosta velike gustoće spoje i unište.

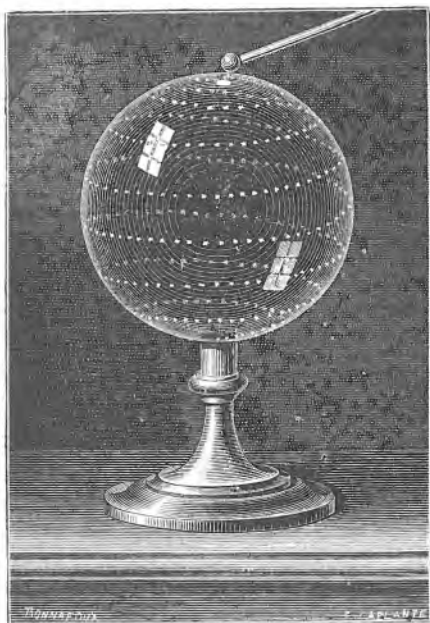
I električnu su iskru upotrebili, da sastave sprave, na kojima se ona pokazuje veoma liepa. Nekoje od ovih pokusa sa električnom iskrom vrijedno je da upoznamo.

Stakleni je valjak oklopljen iz vana komadićima staniola, koji se oko njega savijaju poput zmije (sl. 42.); izmedju svakih dvaju komadića je mali razmak. Na krajevima su zmije poklopci od mjedi, kojih se jedan objesi na konduktor stroja, a drugi lancem spoji sa zemljom (u slici je lanac zaboravljen). Čim stroj radi, djeluje elektricitet prvoga staniola influencijom na drugi komadić; privuče u bližnji kraj negativni, a odbije u dalji pozitivni elektricitet. Ovaj opet razluči oba elektriciteta u trećem komadiću i t. d. do zadnjega. Mala daljina komadića daje protivnim elektricitetima svaki čas prilike, da se spoje. U isti čas se na cijeloj zmiji pokažu male iskrice, koje su osobito liepe u tami; pojav traje, dok se god ploča na stroju vrti. Ta se sprava zove „električna zmija“ ili „svietla ciev“.

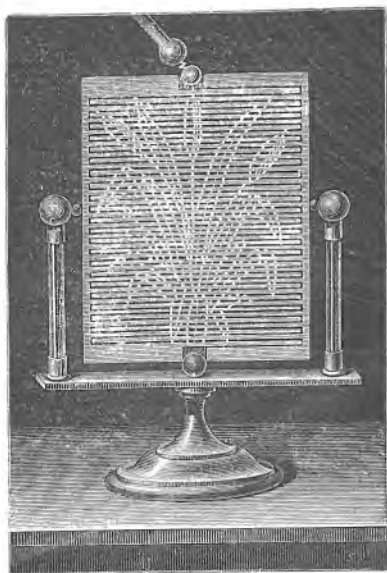
Ako se zmija od staniola savija po staklenoj kruglji, imademo „svietlu električnu kruglju“ (sl. 43.). Na staklenoj su ploči priliepljeni istosmjerni pravci od staniola, tvoreći neprekinutu certu, kako pokazuje sl. 44. Oštrim šiljkom možemo na toj ploči izrezati po volji sliku. Spojimo li početak staniola sa strojem, a kraj sa tlom, preskočit će svagdje, gdje je staniol prorezan, iskrica, čim stane stroj raditi i mi ćemo na ploči vidjeti u sjajnim crtama sliku, narisano na staklu. To je „svietla ploča“. Pospemo li takovu ploču, koju smo malo gumirali, željeznom pilotinom, preskakivat



Sl. 42. Električna zmija.



Sl. 43. Svetla električna kruglja.



Sl. 44. Svetla električna ploča.

će iskra u nepravilnim crtama od jednog zrnca k drugomu i mi imademo, što radu zovu: „magičnom pločom“.

Bude li medju krugljama, nabijenima protivnim elektricitetom, kaki izolator, na pr. zrak, pa spoje li se kroza nj protivni elektriciteti, nastat će u zraku med krugljama jako i naglo gibanje čestica; to pokazuje sliedeći pokus. Dvie su staklene cievi spojene i u njima je vode (sl. 45.). U široj su cievi dvie mjedene motke, koje se završuju u kruglje; gornja je kruglja u svezi sa konduktorom stroja, a donja sa zemljom. Čim preskoči iskra izmedju krugljica, skoči voda naglo u vis u užoj cievi; ako je iskra veoma jaka, izskočit će voda iz otvorene uže cievi.

Ovo silovito gibanje vode imade dva uzroka. S jedne je strane spajanje protivnih elektriciteta silno potreslo čestice zraka izmedju obiju krugaljica, a s druge se strane zrak i ugrijao i raztegao, pa tim potisnuo vodu u užoj cievi u vis. Ovomu je aparatu ostalo do danas ime „Kinnorsley-ev termometar“, po njegovu obretniku, koji je mislio, da je skakanju vode uzrok samo povišena temperatura zraka.

Da se zbilja tjelesa naglo i silno raztegnu, kad iskra preskoči, pokazuje liepo „električni mužar“. Na dno mu ulijemo par kapi etera, koji brzo izhlapi. Ako ga pokrijemo težkom krugljom, pa pustimo iskra s konduktora stroja, da skoči kroz pare etera, odletjet će kruglja daleko. I pod vodom će iskra preskočiti. Evo i tomu dokaza. Dvie mjedene motke, omotane kaučukom, da budu od vode izolovane, završuju se krugljicama, kao u mužaru, ali su krugljice pod vodom u zdjelici. Kraj se jedan spoji s konduktorom, a drugi lancem sa zemljom. Bude li gustoća protivnih elektriciteta na krugljicama dosta velika, skočit će iskra i kroz vodu, al u tom će se času voda tako silno potresti, da će često i zdjelicu razbiti.

I treće nam već poznato svojstvo električnih sila, da osobitim načinom djeluju na šiljke, dade se na konduktoru jakog električnog stroja kud i kamo ljepše pokazati.

Neka je električni stroj u redu, pa neka daje na pr. 10 cm. duge iskre, kad mu primaknemo članak prsta. Namjestimo li na konduktoru tanku i oštru iglu, izpražnjivat će ova igla preko svoga šiljka konduktor tako krepko, da ćemo tek posvema neznatne iskrice dobivati iz konduktora, al zato će iz šiljka teći tanak trak ili cio snop trakova slaboga modroga svjetla. Primaknemo li šiljku plamen svieće, nagnut će struja, što iz šiljka teče (sl. 46.) plamen na stran, gdje kada će i utrnuti svieću. I ruka će osjetiti onu struju zraka, ako se približi šiljku. Ona potječe odtuda, što se čestice zraka, elektrizovane elektricitetom šiljka, od njega odbijaju. Zovu ju rado „električnim vjetrom.“

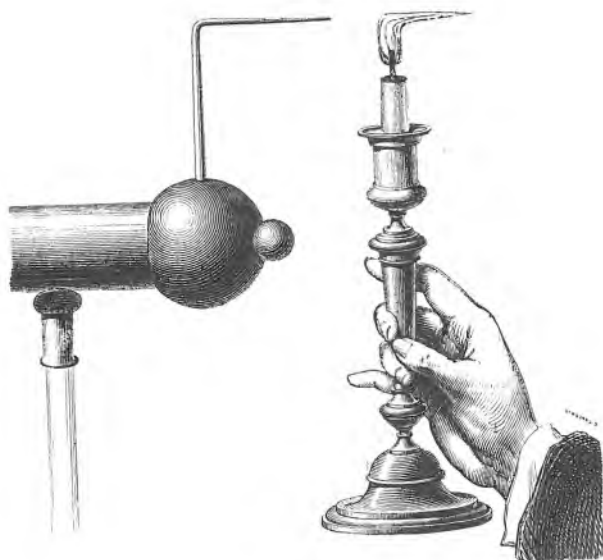
Englez je Hamilton ovo odbijanje električnoga zraka od šiljaka veoma liepo upotrebio za konstrukciju „električnoga mlina“ (sl. 47.). Na osnovnom je štapu nataknuo nekoliko žica, koje se stječu u maloj krugljici, a ova je tako namještena, da se cijeli sustav žica na šiljku osnovnoga štapa što lakše vrti. Sve su žice na istu stranu zavrnutе u oštar šiljak. Metnemo li cio aparat na konduktor jakog stroja, okretat će se u smjeru, koji je protivan smjeru šiljaka. Vrtinja postaje sve brža, te se napokon ni ne vide



Sl. 45. Kinnersley-ev termometar.

pojedine žice. U tami se na svakom šiljku vidi još i pramen svjetlih zraka. Svi nam ovi pokusi jasno kažu, s kolikom pomnjom treba da se kod električnih pokusa uklanjamo šiljeima, želimo li da radimo s električitetom velike gustoće. Gubi doduše svaki konduktor, pa i ne imao šiljaka ili uglova, polako svoj električitet u zrak, jer napokon ni zrak nije podpuni izolator, pa bio i najsuši: nu ovaj je gubitak ipak veoma spor prema onomu iz šiljaka.

Šiljaka ne smije biti ni blizu konduktora. Evo dokaza: Primaknimo konduktoru jaka stroja iglu. Ako je čas prije davala i 10 cm. duge iskre, sada ne će davati nikakovih. Zašto? Konduktor



Sl. 46. Električni vjetar.

razluči oba električteta u igli. Negativni teče iz šiljka na konduktor, pa se spaja sa pozitivnim električitetom, što ga konduktor neprestance prima od ploče. Plamen i žarki ugljen djeluju na konduktor isto tako.

Ovdje opisani pokusi sa električnim strojem tek su mala zbirka najzanimljivijih, jer nam veoma liepo očituju najglavnija tri pojava električnih sila: privlačenje i odbijanje, električnu vatru i djelovanje šiljaka. U raznim oblicima izvedeni su još mnogi električni pokusi sa strojevima. Spominjemo još električni snop

papira, koji se nataknut na konduktor nakostrieši, i „zlatnu ribicu“ Franklinovu.

* * *

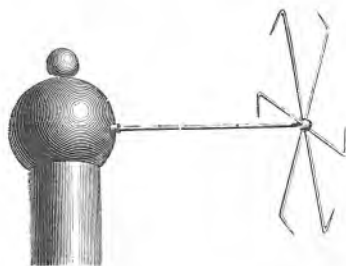
Idemo da opišemo obret, koji je daleko nadmašio sve dosadanje na polju električnih sila, — obret, koji je u ono vrijeme, kad je učinjen, cio svijet zadivio, ali i prestrašio. Prvi se put spominje u pismu, što ga je pisao dekan Kleist u Kamminu na Djevonovi u Pomorju (Pommern) dne 4. studenoga g. 1745. dru. Lieberkühnu u Berlin. Povod su tomu obretu bili pokusi sa električnim strojem, koji je takodjer baš u ono vrijeme sagrađen. Kao što toliko puta u prirodnoj nauci, tako je i ovdje slučaj doveo do najznamenitijega obreta električnoga u prvoj polovici osamnaestoga vieka.

Kleist opisuje u tom pismu medicinsku bočicu, napunjenu do dvie trećine vodom ili živom, u koju je kroz čep zabio željezni čavao; zašto je on to radio, to se ne zna. Držeć bocu u ruci, elektrizovao je čavao na svom električnom stroju. „Ako“, piše Kleist, „glavu čavla prstom ili komadom zlata u svojoj ruci dotaknem, osjetim udarac, koji mi ruku i pleća obnemogne.“

Poljak je Svietlicki već 28. studenoga iste godine ovaj čudni pokus naravoslovnomu društvu u Gdanskom priobćio. Nu kako su oni ljudi u zapadnom svijetu, koji je tada kulturu svijeta nosio, bili nepoznati, ovaj njihov obret nije prešao praga Berlina i Gdanskoga.

U isto se vrijeme profesor u Leydeni Pieter van Muschenbroek trudio oko toga, kako bi zaprijećio gubitak elektriciteta tim, da električno tijelo zatvori u izolator, na pr. bocu od stakla (vidi: Novovjeki izumi, knj. I. sl. 12.). Mislio je prema tomu, da će vodu najjače elektrizovati, ako ju zatvori u bocu. Pokusi su mu bili bez uspjeha: voda u boci nije primila ništa više elektriciteta, nego u otvorenoj zdjelici. Diletant C u n a e u s, koji je bio prisutan kod pokusa Muschenbroekovih, opetovao je pokus, ali mu je nehotice razpored u toliko promienio, da je bocu držao u ruci, dok je žica iz vode visjela na konduktoru stroja. Kad je, skinuvši bocu sa žicom s konduktora, žicu drugom rukom dotaknuo, primio je jak udarac, koji je osjetio i u rukama i u prsima.

Kučera: Crte o magnetizmu i elektricitetu.



Sl. 47. Električni mlin.

Muschenbroek je pokus na novo fizveo i početkom g. 1746. o njem pisao u Pariz poznatomu Réaumuru. Piše, da je naišao na strašan električni pokus, od kojega je dobio tako silan udarac, da ga ne bi ni za krunu Francuzke još jednoč htio primiti. Pošla mu je iza toga udara krv na nos, dobio je i jaku groznicu, a glava mu bila nekoliko dana teška; — sve je to pripisao tomu nesretnomu udarcu! Njemački profesor u Wittenbergu Bose izrazio je pače želju,

da bi rado umro od takova udara, ne bi li mu smrt našla mjesta u ljetopisima pariške akademije!

Kleist si nije znao raztumačiti pojava. Leydenski su pak fizici sve uvjete za podpuni uspjeh pokusa uhvatili, i zato je abbé Nollet, koji je iz spomenutoga pisma saznao za novi električni obret, toj čudotvornoj boci nadjenao ime: „Leydenska boca“, koje joj je i ostalo. Niemci ju dakako rado zovu i „Kleistovom bocom“.

Cieli je naobraženi svijet u kratko vrijeme saznao za čudna svojstva Leydenske boce. Na svim se stranama staroga i novoga svijeta počelo novo izučavanje električnih pojava. U Londonu su s njom pokuse izvajali Wilson (g. 1746.), Watson i dr. Bevis (g. 1748.), u Lipskom Winkler, u Gdanskom načelnik Gralath, u Parizu osobito abbé Nollet. Je li čudo, da je Leydenska boca na skoro do-

bila onaj lik, što ga ima i danas? Wilson je već našao, da je udarac puno jači, kad je boca i iz vana obkoljena vodom do iste visine. Watson i Bevis su opet našli, da je udarac to jači, što se veća površina boce izvana i iznutra dotiče vode. Isti je Watson napokon mjesto vode upotrebljavao staniol za dobri vodič, kojim je bocu iznutra i izvana oklopio, a taj oblik imade i danas.

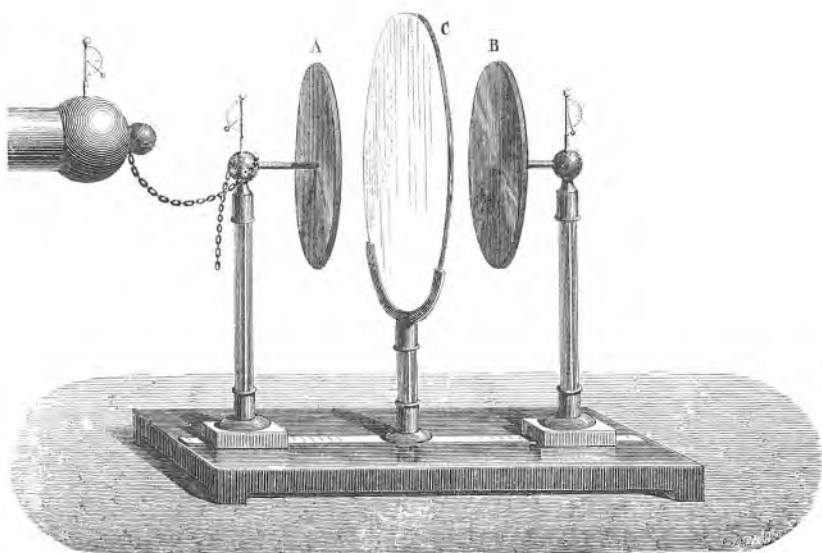


Sl. 48. Nabijanje Leydenske boce.

Bevis je opet bio prvi, koji je mjesto boce upotrebio kvadratnu ploču staklenu 25 cm. dugu, koju je s jedne i druge strane oklopio manjim kvadratima od staniola 18 cm. dugima. Kad je jedan oklop spojio s konduktorom, a drugi sa zemljom i ploču napunio elektricitetom, dobio je jak udarac, čim je jedan oklop dotaknuo prstom, a drugom rukom došao blizu drugoga oklopa. Ta je ploča i danas poznata uz ime „Franklinova ploča.“

Odkuda Leydenskoj boci i Franklinovoj ploči ova čudotvorna snaga, da daje ovako silne udarce?

Pomno izpitivanje boce i dosadanja naša spoznaja električnih

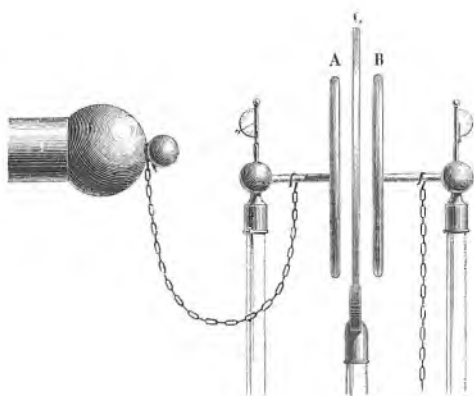


Sl. 49. Kondenzator Aepinusov.

sila bit će dosta, da pojмимо i ovaj novi aparat električni. Današnja je Leydenska boca staklena tanka čaša, koja treba da bude što bolji izolator. Izvana je, na dnu i sa strane, do $\frac{3}{4}$ svoje visine oklopljena dobrim vodičem staniolom; to je vanjski oklop boce. Iznutra je do iste visine takodjer oklopljena staniolom ili gdjekada i željeznom pilotinom; to je nutarnji oklop. Čaša je začepljena plutom, a kroza nj ulazi mjeden štap baš na dno čaše tako, da se ovdje tiče nutarnjega oklopa. Da se svaka komunikacija između nutarnjega i vanjskoga oklopa zaprieči, obično se vrat boce, koji je ostao

neoklopljen, namaže šelakom ili pečatom, jer su ova tjelesa još bolji izolatori, nego staklo. Vanjski kraj mjedenoga štapa ili je ravan ili zavinut u kuku i nosi na svom kraju malu krugljicu (sl. 48.).

Da nabijemo bocu, objesimo ju na konduktor stroja, a vanjski oklop spojimo lancem ili kojim drugom dobrim vodićem, na pr. rukom, sa zemljom. Nekoliko će okreta ploče biti dosta, da se Leydenska boca napuni. Spojimo li sada vanjski i nutarnji oklop na kakovim dobrim vodićem, boca će se izprazniti uz pratnju sjajne iskre i jakog praska. Bude li taj dobri vodić naše tielo, obje ruke i prsa, osjetit ćemo u cijelom tielu jak trzaj, koji je tako silno prestrašio prve motritelje. Nollet je čak pred kraljem Ljudevitom XV. izveo pokus sa 300 grenadira francuzkih, koji su se



Sl. 50. Nabijanje Aepinusa kondenzatora.

držali za ruke. Prvi je držao bocu u ruci, a zadnji je primaknuo prst krugljici nutarnjega oklopa i svi su u isti mah osjetili udarac.

Pitamo se i opet, kako se to zbiva, da se mala Leydenska boca može napuniti električitetom daleko gušćim, nego što ga daje konduktor i najjačeg stroja? Trzaj naime iskre sa konduktora nije ni sjena ovomu silnomu udarcu boce; dakle je očito, da je električitet u boci kud i kamo gušći.

Prvi, koji je posvema jasno odgovorio na ovo pitanje, bio je Aepinus, rodom Niemac, profesor fizike i član petrogradske akademije. Umro je g. 1802. u Dorpatu. Vodili su ga pri tom pokusi sa posebnim aparatom, i mi ćemo tragom ovih pokusa poći, da se

dovinemo pojimanju čudnoga djelovanja Leydenske boce. Sjetimo se najprije, što je Leydenska boca. To su dva dobra vodiča, među kojima je izolator, staklena boca. Prema tomu je Aepinus namjestio na daski dvie izolovane ploče od kova *A* i *B* (sl. 49.); svaka stoji na staklenoj nozi, a među njima je na posebnoj nozi staklena ploča *C*. Ploče će se *A* i *B* na letvici toliko primicati, da među njima nema veće daljine, nego što je debela *C*. Sa svakom je pločom u svezi malo električno nihalo, koje na polukruglu pokazuje veću ili manju gustoću elektriciteta.

Neka budu najprije ploče *A* i *B* daleko od *C*, i spojimo *A* sa konduktorom. Ploča se *A* napuni pozitivnim elektricitetom, koji je tako gust kao i na konduktoru: nihalo se digne. Elektricitet se po cijeloj ploči *A*, po njezinom držku i po krugljici, na kojoj je nihalo, razdielio. Primičimo s druge strane ploču *B*. Što će se na njoj zbivati, znademo po zakonu za električnu influenciju. U prednju stranu ploče *B* pohrlit će negativni elektricitet, a pozitivni će se odbiti u krugljicu i nihalo; i ovo će se nihalo dignuti.

Nu negativni elektricitet ploče *B* privuče sav pozitivni elektricitet ploče *A* također na njezinu prednju stranu, i nihalo *A* padne, jer sada na krugljici nema više nikakva elektriciteta.

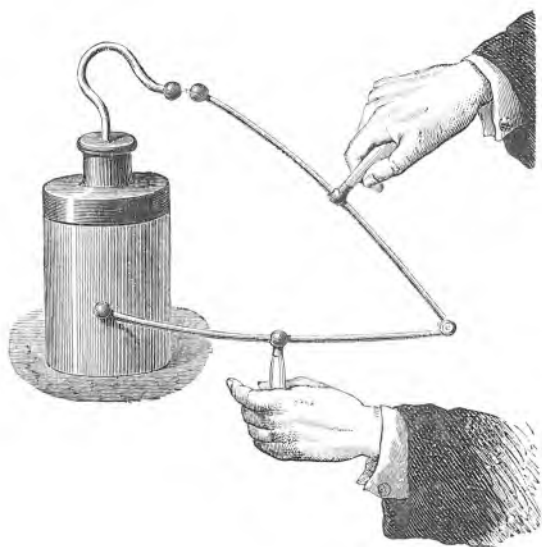
Ako u tom času ploču *B* (sl. 50.) spojimo sa zemljom, što će se dogoditi? Pozitivni će elektricitet ploče *B* odletjeti žicom u zemlju i nihalo će se sklopiti. Na pločama se *A* i *B* nalaze jednake množine pozitivnoga i negativnoga elektriciteta, koje su vezane i sakupljene na prednjim stranama ploča. Cio aparat ne djeluje na laka tjelešca ništa, kao da u njem ni nema elektriciteta, jer se jednake množine protivnih elektriciteta neutralizuju. Dodje li sada na ploču *A* iz konduktora nova množina elektriciteta, ova će influencijom u ploči *B* na novo razlučiti neke množine pomiešanih elektriciteta: sebi ravnu množinu negativnoga elektriciteta privući će opet u prednju stranu ploče *B*, a isto toliko pozitivnoga odbit će kroz lanac u zemlju. Na svakoj ploči imademo sada veće množine elek-



Sl. 51. Leydenska boca sa razstavljenim oklopima.

triciteta, dakle i gušćega, nego prije; nu jer su protivni, vežu se na prednjim stranama ploče i iz konduktora može da priedje na ploču *A* opet nešto pozitivnoga elektriciteta.

Nakon nekoliko okreta ploče skupile su se na jednoj i drugoj ploči veoma velike množine protivnih elektriciteta. Njihovo zajedničko djelovanje na koje tijelo jednako je ništici. Pa ipak je aparat veoma gustim elektricitetima nabijen, koji se i velikom silom privlače, ali im staklo ne da, da se spoje. S toga se Aepinusov aparat i svaki drugi, koji mu je nalik, zove: kondenzator (od latinske rieči: *condensare* = sgušćivati).

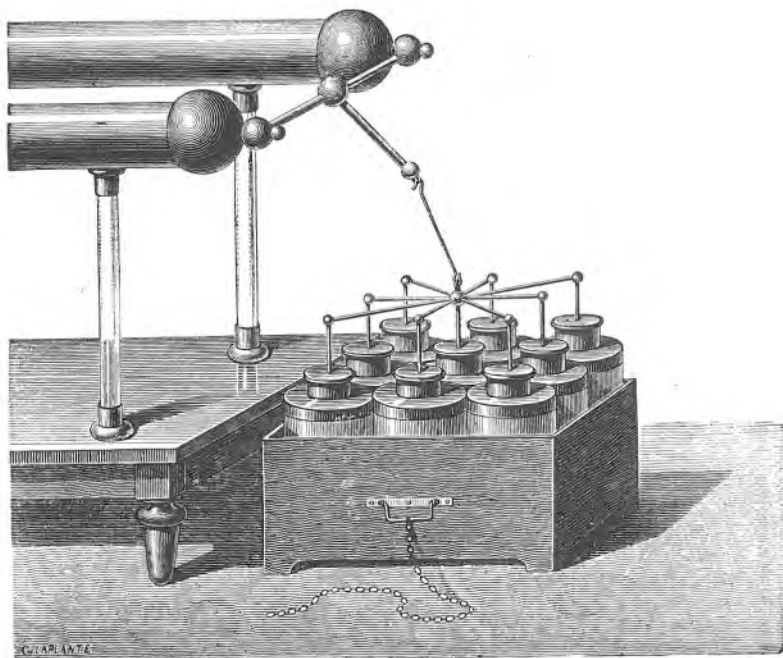


Sl. 52. Leydenska se boca izpražnjuje odponcem.

Da je Leydenska boca tek po obliku različna od Aepinusova kondenzatora, ne treba da poblize iztichemo. I ovdje imademo dva vodiča razlučena staklom. Kad su Kleist i Cunaeus svoje boce pune vode držali u ruci, bila je njihova ruka vanjski oklop. U vodu preko čavla dovedeni elektricitet razlučio je oba elektriciteta u ruci influencijom: negativni je vezao, pozitivni odbio u zemlju. Franklin je bio prvi, koji je opazio, da zbilja iz vanjskoga oklopa boce toliko elektriciteta bježi u zemlju, koliko ga se na nutarnji

oklop dovadja. Kad je naime bocu postavio na ploču od smole i vanjski oklop spojio sa elektroskopom, vidio je, da se zlatni papirići razidju, čim na nutarnji oklop dodje nešto elektriciteta sa konduktora. Elektricitet mu se pokazao pozitivan, ako je sa konduktora prelazio pozitivni elektricitet na nutarnji oklop. To smo po električnoj influenciji mogli i prореći.

Gdje je sielo ovim jakim električnim nabojima u Leydenskoj

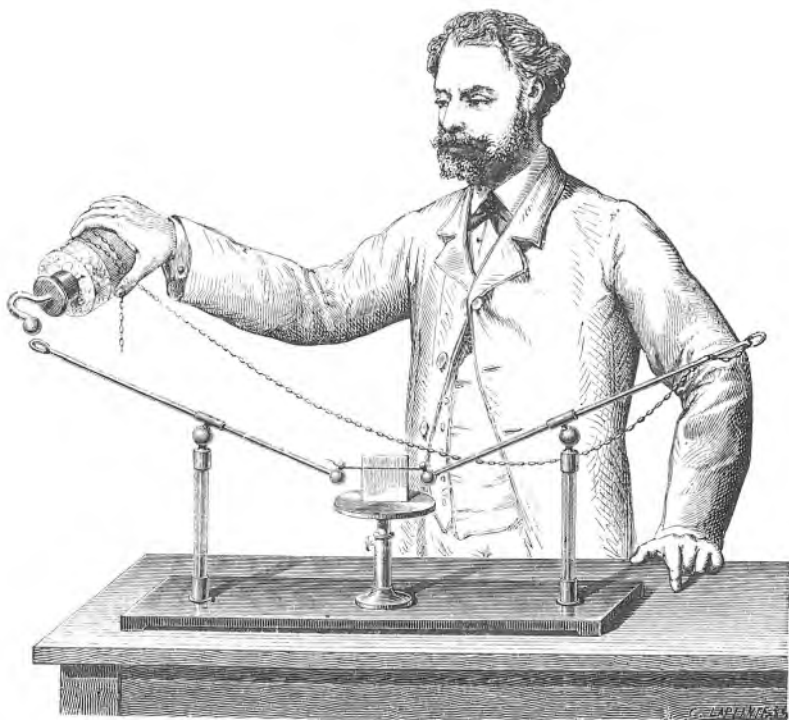


Sl. 53. Baterija od devet Leydenskih boca.

boci? Po našem tumačenju očito na onim stranama oklopâ, koje su obrnute staklu. Nu radi jakog privlačenja protivnih elektriciteta udju oba elektriciteta i u staklo do neke dubljine. To veoma liepo pokazuje ovaj pokus (sl. 51.). Leydenska je boca tako gradjena, da se i nutarnji i vanjski oklop mogu dignuti sa stakla. Nabijena se boca položi na staklenu ploču. Nutarnji se oklop digne na željeznom štapu: on imade na sebi veoma malo ili ništa elektriciteta; isto pokazuje i vanjski oklop: jedva ćeš iz njega dobiti iskricu. Sastaviš

li opet bocu, dobit ćeš iz nje živu iskra, kao da nesi odveo s oklopa njezinih ništa elektriciteta.

Prvi su motritelji umjeli Leydensku bocu izprazniti samo kroz svoje tijelo i dobivali su one jake udarce, kad su se gusti protivni elektriciteti mogli spojiti. Iskra, koja se pri tom pokazala, bila je doduše kratka, ali veoma svjetla, a prasak iza nje bio je jak. Čim je iskra preskočila, ostala je Leydenska boca prazna: ni vanjski ni unutarnji oklop nije imao elektriciteta.



Sl. 54. Sveobći odponac.

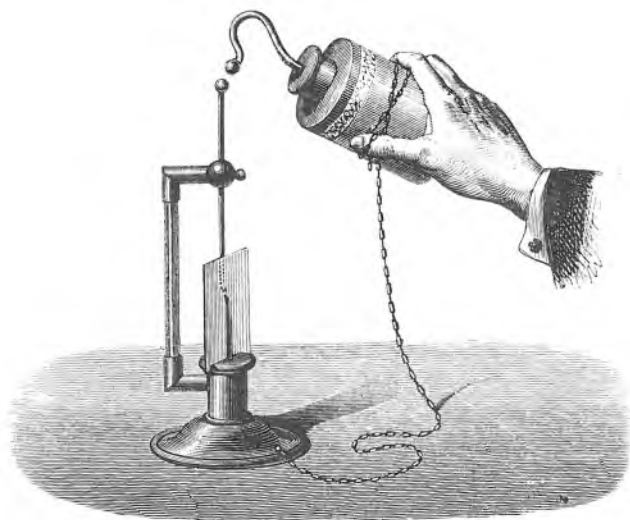
I ovaj nam je pojav ponovnim dokazom, da se električna iskra pokaže, kadgodj se jednake množine protivnoga elektriciteta kroz zrak spoje i neutralizuju.

Ako nekoliko vremena nakon toga, što smo bocu izpraznili, opet pokušamo, imade li u njoj elektriciteta, dobit ćemo zbilja ponovno udarac, daleko slabiji od prvoga i pokazat će se slaba iskrica.

Očito je dakle, da je u staklu boce zaostalo i s jedne i s druge strane nešto elektriciteta, koji se zove: električni zaostatak ili residuum.

Leydenska je boca opet dala povoda mnogim zanimljivim pokusima. Idemo da neke opišemo.

Prvi su eksperimentatori bocu uvijek izpražnjivali kroz svoje tijelo. Grčeviti trzaj u rukama i prsima bio je veoma neugodan, a znao je donieti čovjeku i bolest. Sigurni način, kako da se boca izprazni, a da čovjek ništa ne osjeti, pokazuje slika 52. Dva se mjedena štapa mogu okretati oko zajedničkoga šarnira, a na dru-



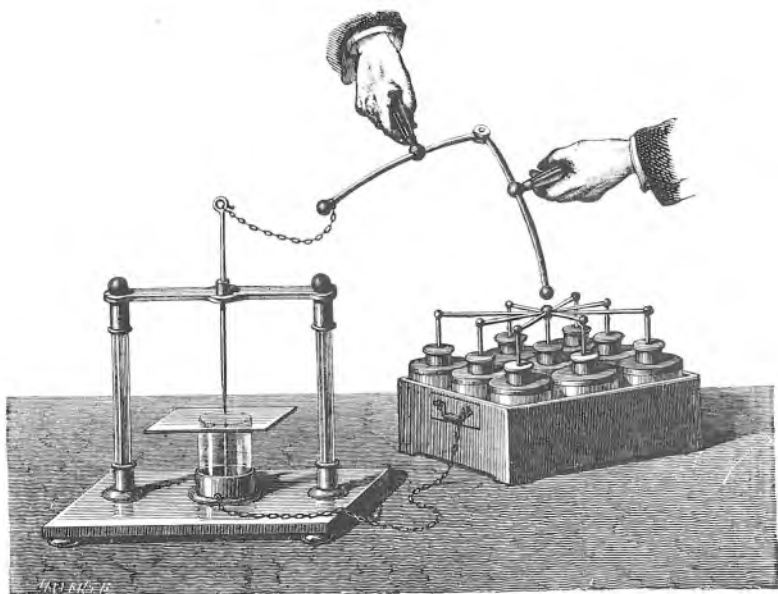
Sl. 55. Pokus o probijanju karte.

gim krajevima imadu male mjedene krugljice. Svaki štap imade ručicu od stakla, koje se uzmu u ruke. Položimo li jednu krugljicu na vanjski oklop, a drugu primaknemo krugljici nutarnjega, spojiti će se protivni elektriciteti kroz oba štapa ovoga aparata, koji možemo zvati *odponač* (*excitateur*).

Naboji su električni Leydenske boce to veći, što je veća površina obiju oklopa. S toga su gdjekada upotrebljavali veoma velike boce. Takove su boce opet za pokuse nespretne. Mjesto toga spojili su više boca, kako pokazuje sl. 53. Ovdje su svi vanjski oklopi boca uzajmice spojeni tim, da sve boce stoje u ormariću, komu je dno

pokrito pločom od staniola. Nutarnji su oklopi mjedanim štapovima spojeni sa krugljicom srednje boce, a ova konačno sa konduktorom stroja. Ovaka se sveza od više boca zove baterija.

Ovake baterije mogu, ako su boce velike i ako ih je mnogo, primiti i nagomilati silne množine elektriciteta, pa s toga treba dosta vremena, dok se baterija običnim strojem napuni. Nu s toga su i učinci veoma jaki. Udarci baterije od 6 boca ubit će već manje životinje, na pr. zeca ili psa. S njima treba dakle oprezno raditi, da nam se ne bi slučajno izpraznile kroz tielo. Veoma je



Sl. 56. Pokus o probijanju stakla.

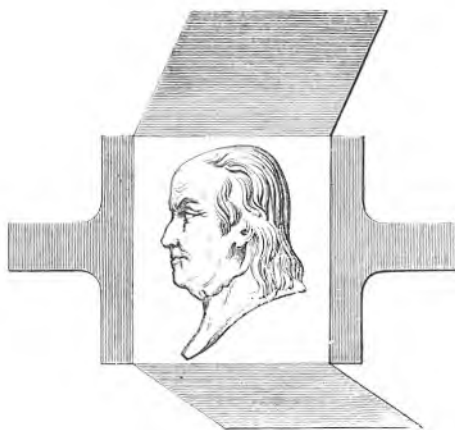
zgodan za to „občeeniti odponac“ (sl. 54.), koji rabi za mnoge pokuse, a mnogo je sigurniji od običnoga. Poraba je toga odponca jasna. Dvie mjedene motke na staklenim nogama završuju krugljicama, koje su nad stolićem, a na ovaj se smjesti tielo, kroz koje treba da se boce izprazne. Lanac spaja vanjski oklop s jednim štapom, a nutarnji se oklop primakne drugomu štapu.

Jak električni naboj boce ili baterije prije svega probija tvrda tjelesa. To se obično pokazuje na karti od tvrdoga pa-

pira ili na ljepenki, i na staklu. Za prvi pokus dostaje oveća boca, za drugi rabi baterija.

Između krajeva dvaju vodića (sl. 55.), koji su razstavljeni staklenim valjkom, stoji karta. U ruku uzmeš bocu, kojoj je vanjski oklop u svezi sa jednim vodićem (na pr. donjim na slici); krugljica se nutarnjega oklopa primakne drugomu vodiću. Električni se naboji spoje kroz kartu, koju ćeš naći probušenu među krajevima vodića. Vriedno je i to upamtiti, da su rubovi rupe na objema stranama uzdignuti nad površinu karte.

Sličnim se načinom može probiti i staklena ploča, $\frac{1}{2}$ —1 mm. debela (sl. 56.), utaknuta horizontalno među dva šiljka, kojih je



Sl. 57. Pokus o Franklinovu portretu.

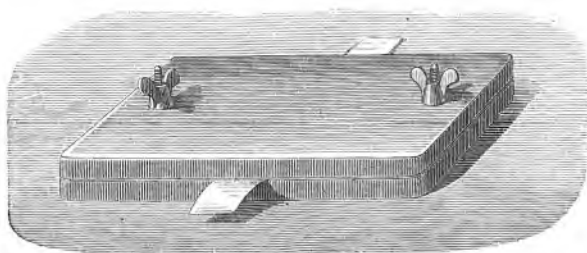
jedan sa vanjskim a drugi s nutarnjim okloпом baterije spojen. U staklu se načinila mala okrugla rupa i staklo se na putu električneta pretvorilo u sitan prašak. Da pokus uspije, dobro je oko šiljaka pustiti po kap ulja, jer se inače električitet rado po staklenoj ploči raztrese i tim oslabi.

Električna iskra ne probija sanuo tjelesa, nego ih ugrije, paće i zapali. Evo nekoliko primjera tomu.

Ako krugljice obćeg odponca spojimo kratkom i veoma tankom žicom, na pr. srebrnom, pa kroz nju izpraznimo Leydensku bocu, žica će se tako jako ugrijati, da će se zažariti. Ako mjesto boce upotrebimo bateriju, žica će se raztaliti i izpariti. Jake baterije, što ih

imade „Conservatoire des Arts et des Metiers“ u Parizu, raztope i pretvore u paru željeznu žicu dugu nekoliko metara. Mnoge su kovine tako raztalili, neke lakše, druge teže. Željezo, platina i olovo se lako, a zlato i srebro, a osobito bakar teško tale. Spojimo li obje krugljice odponca svilenim pozlaćenim koncem, raztali se zlato, a svila ostane netaknuta. Čestice zlata, koje su se pretvorile u paru, možemo papirom prislonjenim uz konac uhvatiti, pa vidimo ondje crn pravac od veoma finoga zlatnoga praška.

Ovo su izparivanje kovova upotrebili, da dobiju kovne otiske raznih risarija. Često izvadjaju u školama pokus Franklinova portreta (sl. 57. i 58.). U papir je urezan lik ovoga znamenitoga fizika; na svaku su stranu papira prilipljeni komadi staniola: papir se pokrije tankim listom zlata, a pod papir dolazi biela napeta svila. Sve se metne u zgodno tiskalo (sl. 58.) iz kojega vire samo dva



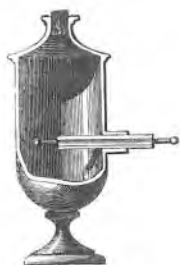
Sl. 58. Tiskalo za Franklinov portret.

okrajka staniola. Pustimo li kroz ove okrajke naboj jake baterije, pretvorit će se zlato u paru, a odmah će zatim ohladnjeli prašak proći kroz izrezani papir i sjesti će na svilu po izrezanim crtama lika. Na svili ćemo naći lik Franklinov zlatnim crtama označen.

Po ovim pokusima već smijemo suditi, da će se svako tijelo ugrijati, kad kroza nj prodje naboj boce ili konduktora. Tjelesa, koja se rado zapale, čim se nešto jače ugriju, zapalit će dakle i električna iskra. Prvi eksperimentatori sa Leydenskom bocom, na pr. Nollet, mučili su se oko toga pokusa dugo bez ikakova uspjeha. Ludolf je bio prvi, koji je električnom iskrom mogao eter zapaliti. Taj svoj uspjeh pokazao je on u Berlinskoj akademiji, koju je dne 23. siječnja g. 1744. kralj Fridrik Veliki svečano otvorio. Ludolf je u toj sjednici zapalio eter iskrom, koju je dobio iz sablje jednoga od

prisutnih dvorana. Klingenstierna zapalio je g. 1785. pred kraljem švedskim Fridrikom žlicu alkohola (žeste) komadom leda. Električna je naime iskra iz leda skočila u alkohol i ovaj je planuo. Kralj se nije mogao načuditi tomu pokusu.

Danas se običava ovaj pokus izvadjati „električnim pištoljem“, što ga je sagrađio Volta (sl. 59. i 60.). Prva ga slika pokazuje iznutra, a druga izvana. On je kovna posuda, gore začepljena čepom i napunjena smjesom od vodika i kisika, koja se zove plin praskavac, jer se lako zapali i silno prasne. Sa strane ulazi u posudu mjeden štap, utaknut u staklenu ciev, da bude izolovan od posude. Ako je ova spojena sa zemljom, pa se vanjski kraj štapa primakne konduktoru, preskoči iskra i kroz plin praskavac; on se zapali, pri čem se oba plina i kemički spoje u vodu, a čep velikom snagom izleti i daleko odleti (sl. 59.). Električna je iskra smjesu obaju plinova zapalila i



Sl. 59. Voltin pištolj (iznutra).

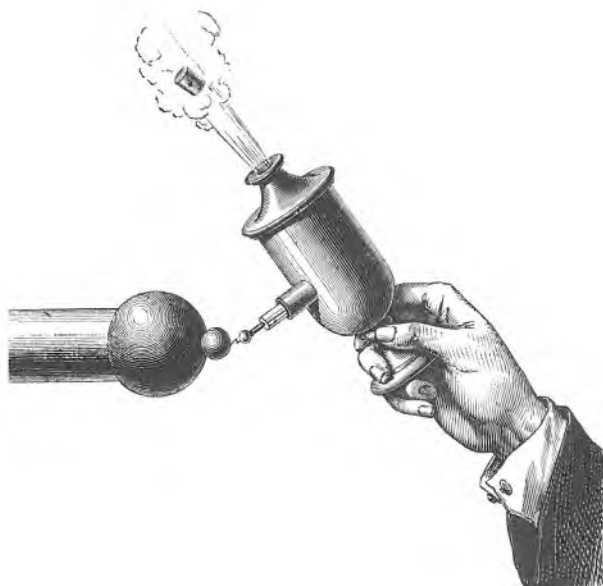
pri tom su se oba plina spojila, te je postalo novo tielo: voda. Nalik je ovomu pojavu i pretvorba kisika u zrak. Kad naime mnoge električne iskre kroz zrak skaču, osjeti čovjek blizu stroja osobit miris, koji podsjeća na bijeli luk. Ispitivanje je pokazalo, da se kisik pretvorio u ozon, i miris potječe od ovoga — mogli bismo reći — jakoga kisika.

Paljenju je srodan pojav — sama električna iskra. O njoj bit će prilike da kažemo koju, kad se vratimo na električno svjetlo.

Ovdje još iztječemo liepi pokus Lichtenbergov, koji pokazuje našim očima razliku obaju elektriciteta.

Spomenuli smo, da ploče od smole dugo čuvaju elektricitet, koji je na njima probudjen, a kao loši vodiči ne dadu, da se on po cijeloj površini im razastre. Na ploču elektrofora preskočila je

iskra pozitivnoga elektriciteta. On ostaje u neposrednoj blizini toga mjesta, ali se veoma čudno oko njega porazdieli. Da se ova čudna razdjelba pokaže, metnemo u kesicu, zatvorenu velom, nešto prašine od minija i pospemo tom prašinom dotično mjesto. Prolazeć kroz velo, minij se o nj tare i postaje negativno električan, pa se zato sav slegne na ona mjesta ploče, koja su postala čas prije pozitivno električna od iskre. Slika 61. nam pokazuje, kako se minij razgranao, a tim je i pokazano, kako se pozitivni elektricitet po površini lošega vodića razgranao.



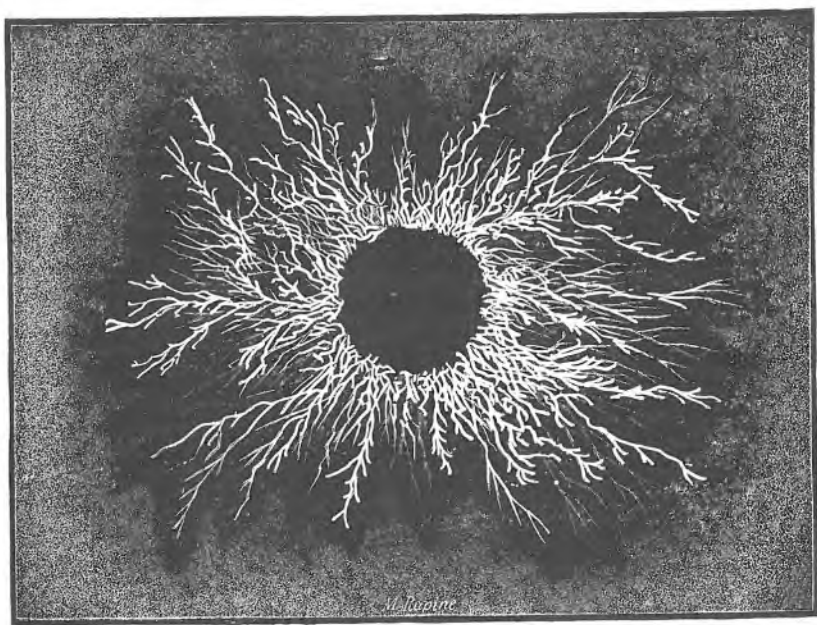
Sl. 60. Eksplozija Voltina pištolja.

Sasma je drugačija slika, što ju daje negativni elektricitet, kad skoči na ploču od smole. Mjesto minija upotrebljavamo ovdje finu prašinu od sumpora, koja trienjem postane pozitivno električna. Slika 62. pokazuje, kako se negativni elektricitet poredjao u pravilnim krugovima oko dotičnoga mjesta, a ti su kruzi odijeljeni mjestima, na kojima nema ništa elektriciteta.

Na koncu da se sjetimo učinaka električnih na tijelo čovječe i životinjsko. Jaki smo udarac Leydenske boce već spomenuli. Čovjek ga osobito osjeća u rukama i u šaci, u koljenu

i u nogama. Kad se više ljudi uhvati za ruke u kolo, udarac je jednak za one na kraju, koji se tiču boce i za one, koji su u sredini kola. Jednom se bocom lako ubiju manje životinje, na pr. ptice. Nu životinje hladne krvi, ako su i malene, opiru se posljedicama udarca mnogo bolje, nego životinje tople krvi.

Singer priobćuje zanimive opazke o osjećajima uslied električnih udaraca. „Električni fluid silno djeluje na živce, i ako udarac prodje kroz koji dio tiela, sliedeć živce, daje on povoda u obće

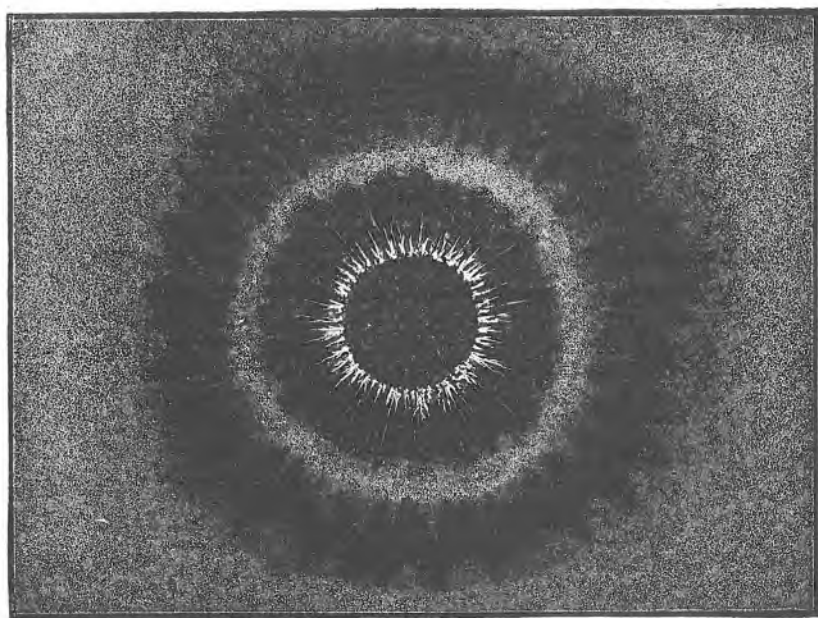


Sl. 61. Lichtenbergove slike. Pozitivni elektricitet.

težkim nezgodam. Kad prodje naboj baterije kroz glavu ptice, optički su živeci svaki put ozliedjeni ili razoreni, a kad ovaj pokus izvedemo na velikoj životinji, opažamo obćenito malaksanje sila uz drhtanje. Jednoč sam slučajno dobio udarac jake boce kroz glavu: osjećaj je bio, što sam ga dobio, bolan i obćenit trzaj, popraćen časovitim gubitkom pamćenja i mutnim vidom; nu ove nezgode bijahu tek prolazne. Ako fluid prolazi kroz diafragmu, silno se, po M. Morganu, napinju pluća, i čovjek žestoko vikne; nu dok je naboj slab, draži jako na smijanje. Osobe, kojih se flegma i tromost ni

najradostnijim događajima ne da svladati, riedko se kad mogu oprieti podražaju elektriciteta na smieh. Jak naboj djeluje na diafragmu tako, da čovjek uzdiše, protiv volje plače, a gdje kada i baca. Prodje li udarac hrbtenjačom, proizvadjja veliku slabinu u dolnjim dielovima tiela tako da čovjek, koji stoji, padne na koljena, a gdje kada se i sruši.“

„Električni trzaj može biti uzrokom raznim težim ili lakšim nezgodama, osobito ako ga čovjek neoprezno upotrebljava; treba da



Sl. 62. Lichtenbergove slike. Negativni elektricitet.

oprezno izvadjamo ove ruke pokuse, pa bilo da ih samo zabavi za volju izvadjamo. Čini se ipak, da se ne treba bojati nikakva zla, ako je udarac tako upravljen, da mora proći kroz ruke.“

Baterije, koje imadu velike oklope, ipak su pogibeljne i za velike životinje. Kažu, da je baterija muzeja Teylerova u Harlemu dosta jaka, da ubije i vola.

V.

Elektricitet u zraku.

Munja i električna iskra. — Franklinovi pokusi. — Strielnica. — Elektricitet u zraku i oblacima. — Vrsti munje. — Strašni učinci munje. — Striela udarila u crkvu Chateaucneuf de Moustiers g. 1819.; opis toga događaja. — Povratni električni udarac. — Vatra sv. Elma; opis Obermayerov. — Zrak je električan i onda, kad nema oblaka. — Polarno svjetlo.

Kad je god. 1708. Englez dr. Wall izvodio svoje pokuse sa veoma velikim komadom jantara, slušao je ono neprestano pucketanje i vidio je, da se uz to javlja jedna iskrica za drugom. „Ovi pojavi svjetla“, kaže dr. Wall, „sjećaju te nekako munje i groma“. Stjepan Gray, koji je god. 1729. proučavao iste pojave svjetla na električnim tjelesima, kaže, da su ti pojavi danas doduše veoma slabi, nu proriče, da će ljudi kasnije u tom uspjeti, da saberu veće množine „električne vatre“, te će pojačati djelovanje ove sile, za koju mu se po svem, što pokusi kazuju, čini, kao da je istovjetna s onom, koja u prirodi proizvodi munju i grom, ako se smije malo porediti velikomu.

Dvadeset godina kasnije izpunilo se proročanstvo Grayevo. Ljudi su već imali prve velike električne strojeve, koji su davali velike iskre, a doskora je bila sagradjena i Leydenska boca. Umni je Franklin već g. 1749. mogao pred učeni svijet izaći ne sa slutnjom — nego s dokazanom istinom, da je munja — velika električna iskra. Podjimo njegovim tragom, da se uvjerimo o toj istini.

Vratimo se najprije k električnoj vatri, što ju daju veliki električki strojevi. Kad god su dva tiela nabijena protivnim elektricitetima dosta gustima, pa se jedno drugomu primakne, pokaže se svagda električna iskra, ako je između obaju tjelesa loš vodič na pr. zrak. Težnja protivnih elektriciteta, da se spoje i uzpostave na-

raano stanje tjelesâ i zapreka toj težnji sa strane sredstva, koje ne će da vodi jedan elektricitet k drugomu, pretvara elektricitet u toplinu i svjetlo, pa odatle iskra i sve, što iza nje sledi.

Poredimo li električnu iskrâ naših strojeva munji, nalike su si i po boji i po obliku toliko, da ti se i nehotice nameće misao: i munja je velika električna iskra, koja postaje tim, da se protivni elektriciteti dvaju oblaka ili pak oblaka i zemlje kroz zrak spoje. U boji se, iztiče Franklin, slažu; oblik im je jednak, jer i munja obično krivuda po zraku; brzo leti i iskra i munja; iskrâ vode kovovi dalje, a i munja po njima ide; iza iskre čuješ prasak, a iza munje grom; kao što voda elektricitet dobro vodi, vodi i munju; loše vodiće raztrga električna iskra i probije, a isto radi i munja na pr. sa drvom ili zidom; električna iskra ubija životinje, a to čini i muja; iskra razžari, pače raztali kovne žice, munja takodjer znade raztaliti i teške lance; iskra zapali tjelesa, koja lako gore, — munja znade zapaliti i kuću; iskra napokon daje zraku osobitu duhu, mi znademo, da potječe od ozona, iza munje se ista duha osjeća: — prije dok nису znali za ozon, mišljahu, da je duha od sumpora.

Sva je ova zajednička svojstva između iskre i munje već g. 1749. Franklin našao i izrekao bio, tvrdeć na tom temelju, da je munja električan pojav. Nu od tvrdnje, ma kako vjerojatne, do istine još je velik korak. Franklin, pravi uzor savjestnoga izpitatelja prirode, osjećao je to dobro. U to mu dodje u zgodan čas njegov veliki obret o djelovanju šiljaka na elektricitet. Dva su osobito pokusa sa šiljcima u Franklinu probudila misao, da bi se uz njihovu pomoć moglo izravno dokazati, kako je munja električna iskra. Evo ih:

Na svilenim koncima objesio je na stropu svoje sobe 3 metra dugu, a 2 decimetra široku ciev od ljepenke, koja je s vanjske strane bila pozlaćena. Franklin ju napunio elektricitetom. Kad joj je na 2 dem. primaknuo šiljak igle, izpraznila se ciev za jedan tren; kad joj je pak mjesto šiljka igle primaknuo tupo ili zaobljeno tijelo, morao ga je na 5 cm. primaknuti, da izprazni ciev, ali se sada, dodaje Franklin, izpraznila iskrom i praskom.

Drugi put je Franklin na svom stropu objesio i vagu sa bakrenim zdjelicama, koje su visjele na svilenim užicama. Kako je vaga visjela na zasukanoj užici, stala se u krugu okretati. Kad je zdjelice napunio elektricitetom, postavio je pod njih, 2 dem. daleko, željezno dlieto; čim bi koja električna zdjelica došla na dlieto, spu-

stila bi se do dlieta, dotakla ga se i tako izgubila svoj elektricitet; je li izpod vage stajao kakvi šiljak, zdjelica se nije ni malo spuстила, ali se ipak izpraznila.

„Ako je dakle“, nastavlja Franklin, „vatra elektriciteta i munje ista, mogu nam ona ciev i ove zdjelice predstavljati električne oblake. Ako se ciev, duga samo 3 m., izprazni u dlieto daleko 2 ili 3 palca (5 cm.), moći će električan oblak, koji je možda 10.000 jutara velik, poslati svoju vatru na zemlju iz daljine razmjerno mnogo veće. Okretanje zdjelica na vagi može nam predočiti vodoravno gibanje oblaka iznad zemlje, a dlieto bregove i visoke zgrade, pa razumijemo, kako električne oblake, što prolaze iznad bregova i zgrada odviše visoko, a da bi mogla udariti munja, ovi predmeti mogu dolje privući, da im se primaknu dosta blizu za udarac; napokon, ako je na dlietu smještena igla, sa šiljkom gore, privući će igla vatru zdjelice na tiho iz mnogo veće daljine, nego što ju treba vatra, da preskoči u dlieto, i igla će zapriečiti tim prielaz vatre na dlieto; dodje li sada zdjelica na svom putu nad dlieto, te bi se elektricitet na nj mogao izprazniti, dlieto se nema ničega bojati, jer je zdjelici već prije šiljak oteo elektricitet, dlieto je zaštićeno od udarca!

Ovo pomno izpitivanje dvaju tako liepo zamišljenih i izvedenih pokusa, poredjivanje pokusa, izvedenih u malom, pojavima u prirodi, koji se vide za oluje, nije ostalo bez ploda. S jedne se strane Franklin odmah dosjetio strielnici, a s druge je našao način, kojim bi mogao izravno dokazati svoju slutnju ili tvrdnju, da je munja električna iskra. Evo kako nastavlja Franklin, opisav iztahnute pokuse.

„Mislim, da bi spoznaja ovoga svojstva šiljaka mogla koristiti ljudima, da im štite kuće, crkve, brodove itd. od udaraca munje, nukajući nas, da na najviše dielove tih zgrada metnemo željezne motke sa pozlaćenim šiljcima (da ih čuvamo od rdje), a sa dna motke da spustimo mjedenu žicu niz vanjski zid zgrade u zemlju, ili niz konope na brodu, dok se taknu vode. Ne će li ove željezne motke po svoj prilici privući na tiho električnu vatru iz oblaka, prije nego što će im se toliko primaknuti, da može udariti striela? Pa ne bi li se mogli ovim sredstvom očuvati od nagle i strašne nesreće?

Da se odluči pitanje, jesu li oblaci, iz kojih dolazi munja, električni ili ne, namislio sam predložiti pokus, da se izvede na zgodnu mjestu u tu svrhu. Na vršku visokoga zvonika namjestite vrst stražarnice, dosta veliku, da primi čovjeka, i izolovan

stolac. Sa sredine stolca neka se uzpinje željezna motka, savijajući se kroz vrata, a odavle neka se osovno diže u vis 20—30 stopa i završi sa oštrim šiljkom. Ako je izolovani stolac čist i suh, moći će čovjek, koji na njem sjedi, dok električni oblaci nad štapom prolaze, postati električan i davati iskre, koje mu je željezni štap privukao iz oblaka.“

Dvie godine kasnije g. 1752. izveo je Francuz Dalibard ovaj pokus i njega ide čast, da je prvi dokazao istovjetnost munje i električne iskre. On je iz ovakova štapa zbilja dobivao iskre, nabijao Leydensku bocu itd. Mjesec dana kasnije pustio je Franklin sa svojim sinom poznatoga zmaja (Vidi: Novovjekni izumi knj. I. sl. 21.), s istim uspjehom, a godinu dana kasnije opetovao je pokus Romas, prisjednik zemaljskoga suda u Neracu u južnoj Francuzkoj. (Vidi: Novovjekni izumi knj. I. sl. 19.)

Slične su pokuse stali učenjaci na svim stranama svijeta izvajati u Francuzkoj, Englezkoj, Italiji, Njemačkoj i Rusiji, ali ne bez pogibli, kako je pokazala smrt profesora Reichmanna u Petrogradu. (Vidi: Novovjekni izumi knj. I. sl. 20.)

Što nam dokazuju ovi mnogi pokusi? Da su slutnje Gray-a i Walla, da su tvrdnje Franklinove bile opravdane. Oblaci su za oluje nabijeni elektricitetom u velikoj množini; munja su i grom u mnogo većoj mjeri isti pojavi, što ih prirodoslovci dobivaju u svojim radionicama, kad rade s električnim strojevima.

* * *

Do polovice prošloga vieka poznavao je čovjek samo jedno vrelo elektriciteta, trienje; Franklin je ovomu dodao drugo, kud i kamo obilnije: oblake za vrijeme oluje. On je raztumačio ovaj strašni prirodni pojav, koji je neuku svijetu još danas strah i trepet, ali njegov je veliki um čovječanstvu ponudio i sigurno sredstvo, da ga se čuva: strielnicu.* Ustavimo se časak kod ovoga Franklinova dara, kojim je ovaj čovjek rod ljudski u velike zadužio, pa je posvema opravdana hvala, koju mu je veliki Francez D' Alembert napisao pod kip, što ga je izveo Houdon:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis.

(Oteo je nebu munju, a žezlo tiranima.)

Obret strielnice učinio je Benjamina Franklina neumrlim i jednim od najvećih dobrotvora čovječjega roda. Praktični su zemljaci

* Ovu riječ predlažemo mjesto rieči: munjovod.

Franklinovi odmah prihvatili liep obret svoga zemljaka i već oko godine 1760. bilo je u Americi mnogo zgrada štićenih strielnicom. Mnogo se sporije širila misao o koristi strielnice po Evropi, ako i jest Čeh Prokop Diviš bio prvi na svijetu, koji je crkvu u Prenđu kraj Znojma u Moravskoj već g. 1754. pokušao štititi strielnicom. U Englezkoj sagrađena je prva strielnica tek g. 1762.; u Njemačkoj god. 1769. na zvoniku, crkve sv. Jakoba u Hamburgu. Razlog je tomu bila žestoka razpra o obliku, koji treba da ima strielnica, — razpra, u koju su i Franklina samoga upleli.

Prije predloga Franklinova, da se kuće od užasnih posljedica munje štite šiljcima od dobrog vodiča, bijahu ljudi posvema nemoćni spram munje. Od starih su vremena doduše ljudi i neuki i učeni preporučali kojekakva sredstva, da se oblaci razidju i da ne udari striela. Da bar neka spomenemo. Mišljahu na pr. da je veoma dobro naložiti u polju velike vatre, koje da oblacima oduzimlju moć, munjom zapaliti predmete. Drugi su opet preporučali paliti topove, da se oblaci raztjeraju.

Franklin je, naslanjajući se na svojstva šiljaka u malenom, predložio šiljaste strielnice od željeza, koje će munju, ako bi slučajno poletjela na zgradu, sasna mirno povesti u zemlju, ali će ujedno i oblak na tiho izprazniti, sišući njegov elektricitet i vodeći ga po malo u zemlju.

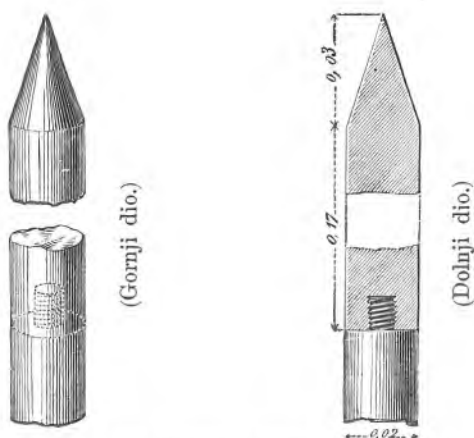
Baš je u to vrijeme munja u Bresciji u zrak digla magazin, pun praha. Taj je slučaj potakao bio oblast englezkoga topništva, da upita učeno društvo u Londonu, kako da se ovakovi magazini najsigurnije brane od munje. Društvo je g. 1772. izabralo posebnu komisiju, da ovo pitanje rieši, u kojoj su bili Cavendish, Watson, Franklin, Robertson i Wilson. Prva se četvorica izjaviše za šiljaste strielnice, a Wilson odlučno za tupe ili okrugle, da budu samo vodiči munje u zemlju, a ne da ju još privlače na zgradu. Godine 1777. udarila je munja u Purfleetu u vojnički magazin, koji je imao šiljastu strielnicu, pak je u njem dosta štete načinila. Taj je slučaj prividno bio u prilog Wilsonu i on se na novo podiže protiv šiljastih strielnica. Nu mehanik u Londonu Edward Nairne oprovrgao je već sliedeće godine 1778. sve zaključke Wilsonove i tim je razpra svršena u prilog šiljastoj strielnici.

Mi, koji poznajemo svojstva šiljaka, razumijemo strielnicu posvema. Ona ne može da bude ništa drugo, nego dobar vodič elektriciteta, komu se jedan kraj toliko uzdiže nad kuću, da je može

štititi od munje, a drugi joj kraj zalazi u vodu ili bar u vlažno tlo. Dvie su joj česti glavne: štap i konduktor ili konduktori. Evo im opisa:

Željezni je štap gornji kraj strielnice; on treba da se završi bakrenim valjkom 2 cm. debelim, koji se pričvrsti na željezni štap (sl. 63.). Taj se bakreni valjak opet završuje oštrim čunjem; željezni je štap sve deblji, što se niže prama krovu spušta: ondje, gdje se stiče sa konduktorom, deo je u promjeru 4—5 cm. (sl. 64.). Cijela je visina štapa prema okolnostima 3—5 m. i on je čvrsto udjelan u gredu na krovu kuće.

Drugi dio strielnice, konduktor, koji treba da bude u prerezu bar 15 četvornih milimetara, pomno se i trajno spoji sa štapom,



Sl. 63. Bakreni valjak i čunj na strielnici.

da elektricitet sigurno priedje sa štapa u konduktor, a ne možda na zgradu (sl. 65.). Mjesto čvrstih štapova rabe rado spletene tri ili četiri debele žice od željeza, namazane katranom, da ne rdja.

Prema veličini zgrade treba da bude napokon i broj strielnica na njoj. Izgustvo je pokazalo, da je prostor, što ga strielnica štiti od munje, to veći, što je viši štap nad krovom. Obično se predpostavlja, da strielnica štiti prostor u obliku kruglje, kojoj je pre-mjer jednak dvostrukoj visini štapa. Po tom je lako naći broj potrebnih na zgradi strielnica. Englez je Preece nasuprot proračunao, da strielnica štiti prostor u obliku čunja, komu je vrh u šiljku, a polumjer je podnice jednak visini štapa.

Za kuće, koje niesu previsoke, dostaju osovni štapovi na krovu: u drugim pak slučajevima treba da su i bokovi kuće šticeeni ko- sim štapovima, jer ima pri- mjera, da je u kuće sa striel- nicama dosta duboko na strani znala udariti striela.

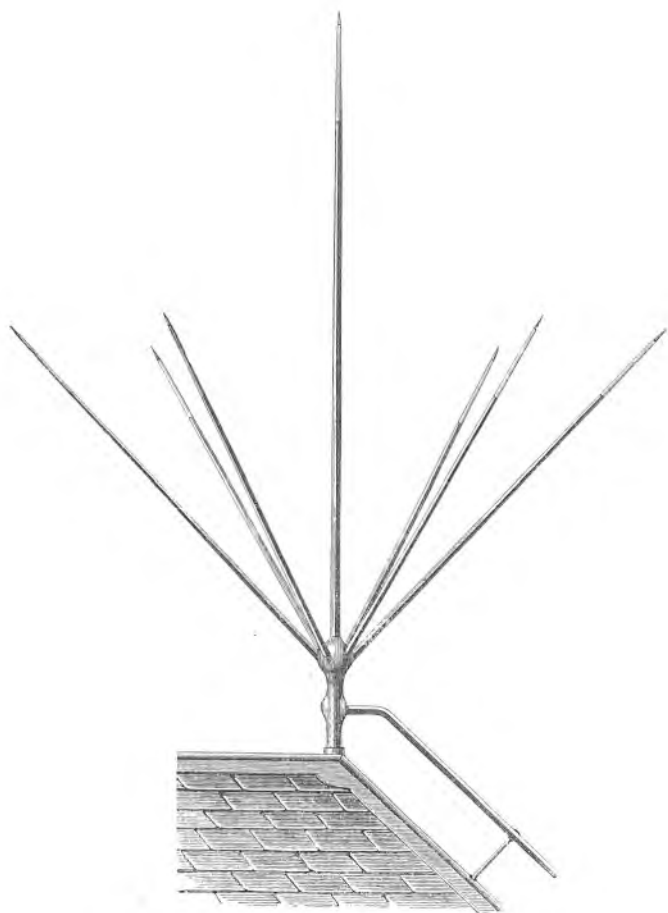
I brodovima na otvo- renoj pučini morskoj veoma prieti munja, jer im se jar- boli uzdižu visoko nad pu- činu. Treba ih dakle štititi strielnicama, koje su postav- ljene na vrhove jarbola. Za konduktore rabe konopi sple- teni od žice, koji vode do bakrenog oklopa na krmilu: neprestani dotik sa ogro- mnom masom mora čini, da su ove strielnice veoma si- gurne. Englez je Harris za brodove predložio nešto dru- gačiji sustav strielnica, koji je i uveden na englezskoj rat- noj mornarici. On oklapa jarbole širokim limom od bakra, i spaja ih dobrim vo- dičima sa ostalim oklopom broda. Ako bura jarbole i slomi, naći će i u tom naj- gorem slučaju elektricitet oblaka na brodu dobar vo- dič, po kojem može da teče u more, a da na brodu ne počini velikoga zla. Arago pripovieda, da je englezku fregatu Dryadu, koja je imala strielnice po Harrisu, na oba- lama Afrike nekoliko puta uhvatila strašna oluja, zovu je tornado, pa da je u tim prilikama elektricitet niz bakrene cieve tekao u to-



Sl. 64. Strielnica sa konduktorom sa strane.

likoj množini, da se oko njih napravila svietla atmosfera, a šuštilo je na njima, kao da vri voda; brodu ipak nije bilo ništa.

Ostavimo blagotvorni obret Franklinov, pa se na čas ustavimo kod munje i groma. Zanima nas pitanje: odkuda u oblacima tolike množine elektriciteta, da iskra gdjekada dosegne i cielu milju, i da



Sl. 65. Strielnica sa više šiljaka.

počini štetu, koja je prama šteti od naboja i najjačih naših baterija Leydenskih boca upravo strašna.

Znademo, da se elektricitet kod čvrstih tjelesa i tekućina samo na površini njihovoj kupi; u nutrinji elektriciteta nema. Drugačije

je kod para i plinova, koji su sastavljeni od nebrojenih čestica ne-suisvilih. Ovaka se tjelesa i u nutrinji svojoj mogu nabiti elektricitetom. Zrak u sobi, u kojoj radi električni stroj, pun je elektriciteta, jer je svaka čestica zraka posebno tielo i na svakoj se s toga može skupiti neka, ako i malena, množina elektriciteta. I oblaci su uvijek više ili manje puni elektriciteta, koji, sva je tomu prilika, potječe od hlapa vode na površini zemlje. Nekoliko kapi modre galice bačenih u vruću zdjelicu od platine, daje izhlapljujué jaki elektricitet.

Malene vodene krugljice, iz kojih je oblak sastavljen, bolji su konduktori elektriciteta, nego čestice zraka, s toga se i jače nabiju elektricitetom; nu, jer su teške, padaju u zraku, pa ih se više slije u veću kapljicu, a tim se električni naboj njihov pojača. Na dolnjoj strani oblaka bit će gustoća elektriciteta najveća, jer se površina zemlje nabije radi električne influencije oblaka protivnim elektricitetom, ova se dva elektriciteta vežu i naboj dolnje strane oblaka može da raste, baš kao na Leydenskoj boci. Bude li gustoća protivnih elektriciteta tolika, da im zrak između oblaka i zemlje ne može da zaprieči spajanje, preskočit će iskra s oblaka na zemlju onom stazom, na kojoj nadje najmanji odpor. Nu ova iskra nije izpraznila čitavog oblaka, nego samo elektricitet na dolnjoj mu strani. Ostali dielovi oblaka djeluju sada na dolnju stranu, privlačeći ju i djelujući na nju influencijom, pri čem se javljaju iskre i u nutrinji oblaka, a tim nam se tumači i čudni oblik ovakovih oblaka, koji nose oluju. Obično su oštro zarubljeni i na dolnjoj strani ravni, a u gornjim dielovima se neprestano gibaju i gomilaju, kao da u njima nešto vri.

Arago je lučio tri vrsti munje: 1. munju u cik-caku ili krivudastu munju; ovaj oblik potječe odtuda, što se na onom putu zrak najmanje opire munji; 2. plosnatu munju, gdje se prividno ciele plohe užegu; ova se često vidi noću na obzorju i potječe valjda od munje prve vrsti, koje ne možemo vidjeti radi velike daljine, a još manje čujemo grmljavinu. Svjetlo se daleke munje odrazuje od oblaka, koji su nad našim obzorjem, pa ih za čas razsvietli. Narod ju naš zove sijavicom; 3. okruglu munju u obliku vatrene kruglje, koja se u opreci sa prvom vrsti polako napried kreće i napokon prasne. Ove su okrugle munje veoma riedke i mnogi su opisi njezini sigurno pretjerani, ali svakako stoji, da se gdjekada pokazuje. Evo opisa ovoga osobitoga pojava po Peltieru.

„Dne 28. kolovoza g. 1839. usred teške oluje, gdje su gusti crni oblaci doticali vrške zgradâ, udarila je striela u dvorište još nedogradjenoga središnjega carinskoga ureda za grad Pariz. Ova je striela imala oblik velike vatrene kruglje, a iza nje se vukao rep od para: pogodila je tek nedavno nasuto tlo i izdubila jamu 18 cm. široku; živahno se amo tamo gibala, vrteći se oko osi, izbacila zemlju, zatim je sama izskočila, da 3 m. dalje opet padne, gdje je izdubila novu jamicu od 9 cm., vrteći se sveudilj žestoko. Ova vatrena kruglja skoči malo iza toga na zid, koji je bio dvorištu ograda, te se na vrh zida nekih 30 m. daleko gibala. Došavši do kuta na zidu, strovali se, sada već mnogo manja, nasuprot bolnici sv. Ljudevita na pločnik, mokar od kiše; ovuda se dugo verala, prošla kroz kapiju bolnice i izčezla usred dvorišta pred crkvom. Kako je prolazilo vrijeme i kako se duže ticala zida i tla, vidjelo se, da joj se masa umanjivala; kad je bila stigla usred dvorišta bolnice sv. Ljudevita, vidio si samo tanak remen, malo svijetao, koga je najednoč nestalo. U času, kad je ova vatrena kruglja pala u dvorište carinare, osjetili su svi radnici i činovnici, koji su se skrili bili pod kolarnicu, jak električni trzaj i osjetili su jaku duhu po sumporu.“

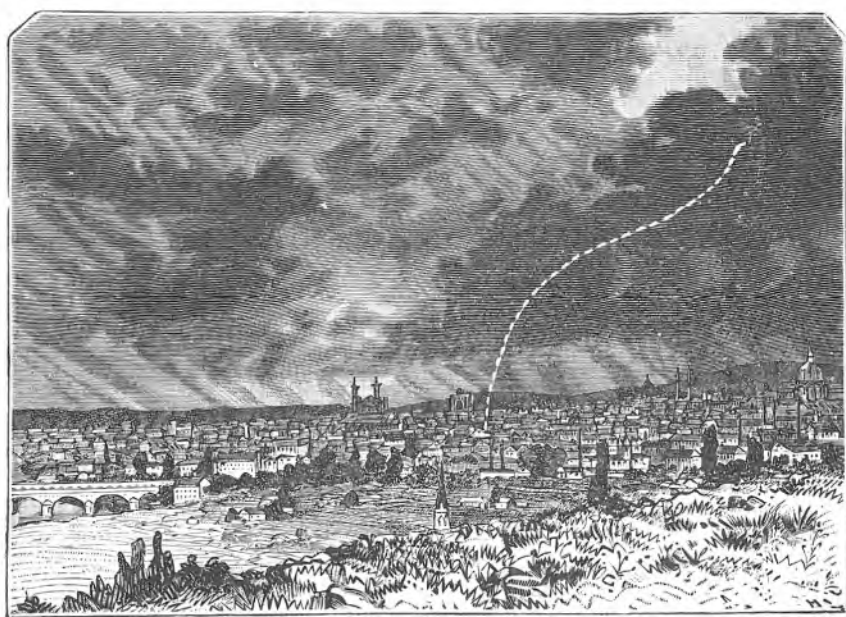
Gdjekada je ovakova kruglja velikom eksplozijom na koncu prasnula. Slični su pojavi vidjeni i na električnim aparatima, ali uvijek slučajno. Cavallo, veoma zaslužan talijanski fizik, pripovieda o vatrenoj kruglji, koja se polako uzpinjala uz mjedenu žicu jako nabite Leydenske boce, a kad se opet dolje spuštala, prasnula je. U najnovije je vrijeme Francuz Planté sa svojim „reostatičnim strojem“, o kojem će kasnije biti govora, izveo nalike ovim, ali veoma malene vatrene kruglje.

Isti je francuzki učenjak opazio 18. kolovoza 1876., a M. Joule 16. kolovoza 1877. još jednu vrst munje, kojoj je Planté nadjenulo ime striela u krunici. Vidio je naime, gdje se jedna kruglja vatrena niže uz drugu, kao što su krugljice nanizane na krunici, bilo s toga, što je zbilja mnogo krugalja, ili s toga, što se jedna kruglja razdieli u drobnice.

„Okolo sedam sati u jutro dne 18. kolovoza 1876., veli Planté, u času, kad se oluja počela spuštati nad Parizom, spustila se iz oblaka na zemlju striela sasma različita od drugih, opisujući krivulju nalik dugačkomu *S* (sl. 66.), i vidjela se prilično dugo, gdje se razvija kao krunica svijetlih zrna, nanizanih na svjetlom, veoma tankom koncu.“

Čini se, da je ovaj oblik striele neki prielaz od prvoga krivudastoga oblika u treći oblik vatrene kruglje.

Grom ili grmljavina, što se iza striele čuje, u velikoj je mjeri isti zvuk, što ga daju iskre naših jakih strojeva i Leydenskih baterija. Kad iskra zrakom prolazi, ugrije zrak ondje, gdje prolazi, s toga se u okolici njezinoj zrak naglo i jako raztegne i stlači, a isto tako jako i natrag nahrupi u prazni prostor, koji je tim nastao. Ako je iskra kratka i upravna, čut ćemo kratak i oštar grom; ako je pak iskra bila dugačka i krivudasta, čut ćemo jedan grom za



Sl. 66. Striela u krunici.

drugim sa nekim karakterističnim zveketanjem, a jeka pojedinih gromova dolazi k nam mnogo kasnije — narod veli, da se vozi sv. Ilija! Striela sama nikada ne traje više nego $\frac{1}{100.000}$ sekunde.

Završimo ovo razmatranje o strieli sa nekoliko primjera o učinicima njezinim, koji će nam jasno pokazati, da se i s te strane posvema podudara sa električnom iskrom naših strojeva i baterija.

Učinci su striele različiti prema tomu, da li je pogodila loš ili dobar vodič elektriciteta. U lošijem se vodiču iztiču osobito me-

hanični učinci. Bijahu već starim narodima poznati. Arago sakupio je sve pripoviesti starih pisaca o tim učincima striele, te su u četvrtom svezku njegovih djela složene. Nas više zanimaju noviji primjeri, jer su bliži istini. Evo ih nekoliko po Arago-u:

U noći od 14. na 15. travnja 1718. digla je striela krov i zidove crkve u Conesnonu, blizu Brest-a, u zrak, kao da si podpalio lagum. Kamenje se razletjelo na sve strane do 51 metar daleko.

Dne 6. kolovoza 1809. izvela je striela znatne mehaničke učinke u Svintonu, 5 milja daleko od Manchestera, na kući nekoga M. Childmicka. Dvie ure poslije podne čuo se od oluje, koja je sve bliže dolazila, silan prasak. Neposredno iza njega stala je lievati kiša. Nekoliko časaka kasnije bila je duha u cijeloj kući po sumporu. Izvanji zid male kućice, podruma i bunara, dignut je od temelja i poletio cio u zrak. Prasak ga je osovno digao, a da ga nije razrušio, i odnio dosta daleko od mjesta, gdje je prije stajao. Jedan se kraj zida odmaknuo devet, a drugi četiri stope. Ovako podignuti i preneseni zid, a da mu se pri tom nije ni kreč odrunio, bio je sastavljen od 7000 opeka i vagao je nekih 26 bačava (po 1000 klg. bačva!)

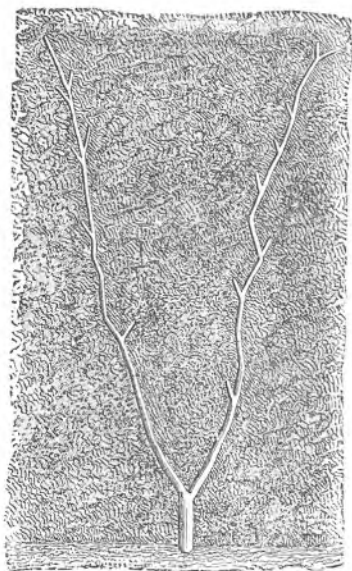
Ovakovih bismo primjera za mehanične učinke striele mogli nanizati hiljadu i opis bi njihov zapremao cijelu knjigu. Nu na drugoj nam je strani opet iztaknuti, da striela gdje-kada udari u tielo, a da ne ostavi gotovo nikakova traga, napose da ga ne razkine. Staklenu je ploču na prozoru na pr. probila na nekoliko mjesta i načinila nekoliko jamica u njoj sa premjerom od više milimetara, ali ploče nije razbila! Tko se ne sjeća pri tom Leydenske boce?

Kraj ovih mehaničkih učinaka osobito je karakteristično taljenje kovova. To su svojstvo striele dobro znali Rimljani, ali su i u tom pretjeravali. Seneca na pr. pripovieda, da je striela sablju u koricama raztalila, a koricama nije bilo ništa. Plinije opet tvrdi, da striela može da raztali zlato, srebro i bakar u kesama, a kese ne izgore, pače ni voska ne razkine, kojim su zapečaćene.

Stari su pače tvrdili, da imade bilina i kamenja, u koje striela ne će da udari, a da u obće više od pet stopa duboko u zemlju ne ide. S toga se na pr. car August, kad god se primicala oluja, zavukao pod zemlju duboko u posvođjenu sobu, a Tiberije je svaki put nosio lovor-vienac, kad se na nebu spremalo na oluju, jer da striela ne će u lovor-vienac! August je s istoga razloga nosio kožu morskoga psa.

Nu ako i jesu pričanja starih pretjerana i nepouzdana, potvrdili su u novije vrijeme savjestni motritelji činjenicu, da striela zaista može da raztali kovove. Evo primjera:

Godine 1827. udarila je striela u poštarski brod „New-York“; šiljak se njegove strielnice, koji je bio 30 cm. dug i 6 mm. širok, raztalo; isto se to dogodilo i lancu, koji je spajao šiljak sa morem, a bio je načinjen od karika 6 mm. debelih i 45 cm. dugih; lanac je bio bar 40 m. dug. Sve, što je nakon udarca striele od lanca ostalo, nije bilo duže od 1 m. Od prilike 8 cm. staroga lanca ostalo



Sl. 67. Fulgurit.

je na gornjem štapu strielnice, a na brodu ostale su dvie kuke, sa karikom izmedju njih i mali komadić od jedne karike lanca. Iza praska bio je most broda posut željeznim krugljicama, koje su zapalile drvo mosta i broda na bar 50 mjesta, akoprem je kiša lievala i tuča padala 6—8 cm. široka.

Franklin sam opazio je na svojoj kući u Filadelfiji, da je striela raztalila bakren čunjast štap 24 cm. dug i 8 mm. debeo na dnu i u paru pretvorila žicu, debelu kao igla, a dugu bar 6 m.

Ovamo idu i veoma zanimljivi pojavi, koji se pokazuju, kad striela udari u pjeskovito i vlažno tlo. Našao je naprije pastir Herman u Šlezkoj god. 1711. na takovu

mjestu krivudaste cievi osobitoga oblika. Godine 1805. otkrio ih je na novo liečnik Hentzen i prvi je protumačio njihovo porietlo. Znanost im je dala ime fulguriti, a poznaje ih i naš narod, misleći, da je to striela sama.

Obično su valjci ili čunjevi većinom šuplji, a stiene su im staklu slične mase, koja je unutra veoma gladka, a iz vana oklopljena korom, sastavljenom od kremenova zrnja, koje se pritalilo. Najčešće se načini jedna ciev, koja ide osovno u piesak, i znade doseći dužinu od 10 m. Gdjekada ide ciev i koso: znade se razdieliti

u dvie ili tri glavne grane, iz kojih niču druge manje grančice, duge 3—30 cm.

Osim ovih fizikalnih učinaka spominjemo još, da je striela gdjekada na brodovima promienila magnetizam u busolama, pače i magnetizam preokrenula, i pokvarila kronometre.

Najstrašnji su za čovjeka ipak fiziološki učinci striele. Striela naime čovjeka i životinju, ako ih pogodi, ili ubije ili veoma teško ozliedi. Lešina ne pokazuje gdjekada nikakovih vidljivih ozleda; drugda opet imade na njoj rana, kontuzija, opaljenih pruga, gdje je koža odkinuta. U prvom je slučaju sekcijska pokazala kongestiju prama moždanima ili izljev krvi u nutarnje organe. Uzrok je smrti po Gay-Lussacu ili razorenje živčevlja ili ozleda organa i ganglija. Osoba, u koju udari striela, pogodjena je prije, nego što vidi strielu ili čuje grom. To pripoviedaju svi, koje je striela samo ranila ili omamila, pa su ih kasnije životu povratili.

Na velik je glas izišla u poviesti striele strašna nesreća, koja je u srpnju g. 1819. uništila život devetorici ljudi, a ozliedila 82 osobe u crkvi mjesta Chateaufneuf de Moustiers, jer je o njoj podastirto obširno izvješće akademiji znanosti u Parizu; u tom je izvješću zanimljivih podataka o učincima striele, te ga dielom ovdje priobćujemo po Guilleminu:

„Dne 11. srpnja g. 1819., bila je nedjelja, išao je g. Salomé, župnik Moustier-ski, u Chateaufneuf, da ovdje uvede novoga župnika. Oko 10 sati i pol podjoše u procesiji iz župničkoga dvora u crkvu. Vrieme bijaše liepo, mogao si vidjeti samo nekoliko većih oblaka. Misu je počeo čitati novi župnik.

Mlad čovjek od sedamnaest godina, koji je dopratio župnika Moustierskoga, pjevao je poslanicu, kad čuše tri detonacije, jedna je za drugom sledila kao striela za strielom. Misna knjiga mu se iztrgla iz ruku i poderala na komade; on se osjećao zavijen u plamen do vrata. Zatim je ovaj mladi čovjek, koji je s početka strašno vikao, pomakav se nehotice, najednoč zatvorio usta, srušio se na zemlju i valjao se u svjetinu sakupljenu u crkvi, koju je takodjer bacilo na zemlju i pred vrata. Došav k sebi, bila mu je prva misao, da se povrati u crkvu u blizinu g. župnika Moustierskoga, koga nadje ukočena i bez svijesti. Ovaj mladi čovjek svrati na svoga poštovanog i nesretnoga župnika pozornost i brigu svih, koji su, lako ozliedjeni, mogli pomoći. Digoše ga, utruše vatru na misnoj mu košulji i dozvaše ga s pomoću octa u život, od prilike dvie ure kasnije, što je

bio izgubio svijest. Bacao je mnogo krvi. Kazivao je, da nije opazio striele, i da ne zna ništa o tom, što se dogodilo. Odneseše ga u župnički dvor. Električni je fluid udario u gornji dio zlatne postave na njegovoj stoli, potekao dolje, skinuo mu jednu cipelu, koju je odnio na kraj crkve, i razkinuo kovni zapon na cipeli. Stolac, na kojem je sjedio, bio je takodjer polupan.

Treći dan prenesoše župnika u župni dvor Moustierski, da mu zamotaju rane, koje su tek dva mjeseca kasnije zacielile. Imao je više prsti široku ranu na desnom ramenu; druga je sezala od stražnje sredine desne ruke do prednje sredine; treća isto tako, ali mnogo dublja na lijevoj ruci; četvrta bila je nešto manja, na donjoj strani lijeve noge, a peta na gornjoj ustnici do nosa. Mučila ga je gotovo dva mjeseca absolutna bezsuenot; ruka mu je obumrla, a trpio je mnogo, kad se mienjalo vrijeme.

Jedno je malo diete tom istom zgodom dignuto materi iz ruku i odneseno gotovo šest koraka dalje. Niesu ga mogli privesti životu, dok mu ne dadoše obilno disati svježega zraka. Sav je svijet imao obumrle noge. Sve žene, razpletene, bijahu strašan prizor. Sva je crkva bila puna crnoga i gustoga dima: niesi mogao razpoznati predmeta, ako ne po plamenu na zapaljenoj od striele odjeći.

Osam je osoba ostalo mrtvo na mjestu. Djevojka od devetnaest godina odnesena bezsvjestna u svoju kuću, umrla je sutradan u jutro, shrvana strašnom boli, sudeći po njezinom jauku; poginulo je dakle u svem 9 osoba, a ozliedjenih je bilo 82.

Svećenika, koji je služio misu, striela nije pogodila, bez sumnje s toga, što je imao odoru od svile.

Svi su psi, koji su bili u crkvi, ostali mrtvi u položaju, u kojem su prije bili.

Žena, koja je bila u kolibi u gori Barbin, zapadno od Chateaufeufa, vidjela je takove tri vatrene kruglje, gdje padaju na mjesto jedna za drugom, da bi čovjek mislio, da moraju zapaliti čitavo mjesto.

Čini se, da je striela najprije udarila u križ na zvoniku, koji su našli zasadjem u pukotinu jedne pećine 16 m. daleko. Električna je vatra ušla u crkvu kroz pukotinu na svodu, a odatavde se pustila niz konop zvona. Biskupski je stolac razlupala. Našli su u crkvi jednu jamu sa premjerom od pol metra, koja se izpod temelja zida sterala do pločnika na cesti, a druga je izpod temelja išla u blizu štalu, u kojoj su našli mrtvih 5 ovaca i jednu kobilu.

Zvona su zvonila, kad je udarila striela.“

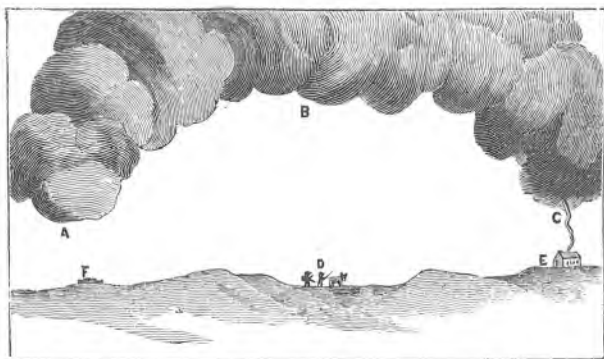
U ovom znamenitom događaju sabrani su svi prije opisani učinci striele, koji nam pružaju strašnu sliku zla, što ga može da počinii striela. Sad tek pravo pojmimo veliku blagodat Franklinova obreta.

Nu kud je striela sama već strašna, još nam je strašnije, kad čujemo, da čovjek za vrijeme oluje može da ostane na mjestu mrtav, a da ga striela nije ni pogodila. Riedko se kada to dogodi, ali primjerâ sigurnih imade, pa s toga nam se na čas zabaviti i ovim čudnim djelovanjem gorostasne električne sile, sabrane u oblaku za vrijeme oluje. Da ga razumijemo, valja nam segnuti nešto dalje natrag u izpitivanje električne sile.

Godine 1779. izdao je Lord Mahon knjižicu, kojoj je naslov: „Principi elektriciteta.“ Na naslovnom je listu opazka: Ova razprava tumači povratni električni udarac i opasno njegovo djelovanje na mjestima, koja su daleko od one točke, gdje je udarila striela.“ U toj knjižici pripovieda Lord Mahon o svom obretu ovo: „Namjestio sam blizu konduktora mjedeni valjak, ali ipak tako daleko, da nije mogla skočiti iskra sa konduktora na valjak. Daljina je izmedju njih bila 20 palaca (engl.) Valjak bio je 18 palaca dug i 2 palca u premjeru. Kraj ovoga namjestio sam drugi izolovani mjedeni valjak 40 palaca dug i $3\frac{3}{4}$ palca širok, ali tako blizu, da su bili tek $\frac{1}{10}$ palca daleko jedan od drugoga. Sada sam konduktor napunio. Za nabijanja sa pozitivnim elektricitetom skakale su sveudilj male crvene iskrice sa kraja prvoga valjka na bliži kraj drugoga.“ — Ovo nam je preskakivanje iskrica jasno, kad se sjetimo električne influencije. Konduktor je u prvom valjku razlučio oba pomiešana elekciteta; negativni je privukao na bliži, a pozitivni je odbio na dalji kraj, a ovaj je u obliku iskrica prelazio na drugi valjak.

„Kad se veoma nabijeni konduktor najednoć izpraznio na krugljicu, spojenu sa zemljom, bila je nuždna posljedica predjašnjega prelaženja, da se električni fluid, koji je za nabijanja iz prvoga valjka prelazio na drugi, povratio u obliku sjajne i glasne iskre na prvi valjak u onom času, kad se konduktor izpraznio. Ovaj pojav zovem „povratnim električnim udarcem.“ — I ovaj nam je pojav jasan: na prvom valjku vezani negativni elektricitet postao je u onaj čas, kad se konduktor izpraznio, slobodan i spojio se sa pozitivnim elektricitetom, sakupljenim na drugom valjku.

Ovaj se pojav električnoga povratnoga udarca može da javi i kod elektriciteta sakupljenoga u oblaku, i njegovi učinci mogu da budu isto tako strašni, kao i učinci striele same. To je jur Lord Mahon upoznao i razjasnio ovom slikom (sl. 68.). ABC je oblak oluje, kojemu se krajevi A i C spuštaju k zemlji. Oblak se najjednoč kod C izprazni i striela udari u kuću E . Posljedica tomu može biti, da pogine čovjek kod F , dočim ljudima kod D , koji su mjestu striele mnogo bliži, ne bude ništa. Krajevi naime A i C , budući zemlji najbliži, djeluju influencijom na površinu zemlje i sve, što je ondje, nabije se velikom množinom protivnih elektriciteta. U času, kad je striela u C udarila, izpraznio se oblak. U čovjeku F vezani protivni elektricitet oslobodio se, i naglo poletio u zemlju. Ovaj povratni udarac može da bude tako jak, da čovjek ili životinje ostanu na mjestu mrtvi.



Sl. 68. Povratni udarac električni.

Spomenimo se još jednog pojava, koji je takodjer u svezi sa olujom, ili, da točnije rečemo, s elektricitetom zraka za oluje. Oluju samu možemo porediti dramu u našoj atmosferi, koja imade svoj prolog, svoje čine i svoj razplet, kao i drama na daskama. Nu ova električna drama znade imati i epilog, a to je pojav, s kojim nam se za časak zabaviti.

Noć je. Strašna je oluja minula; silne električne sile oblakâ odigrale su svoju ulogu i nebo se razčistilo, a zrak ozonom očistio. Umirile su se doduše grdne sile električne u zraku, ali zato nije nestalo svih električnih pojava: na mjesto strahovite striele stupa

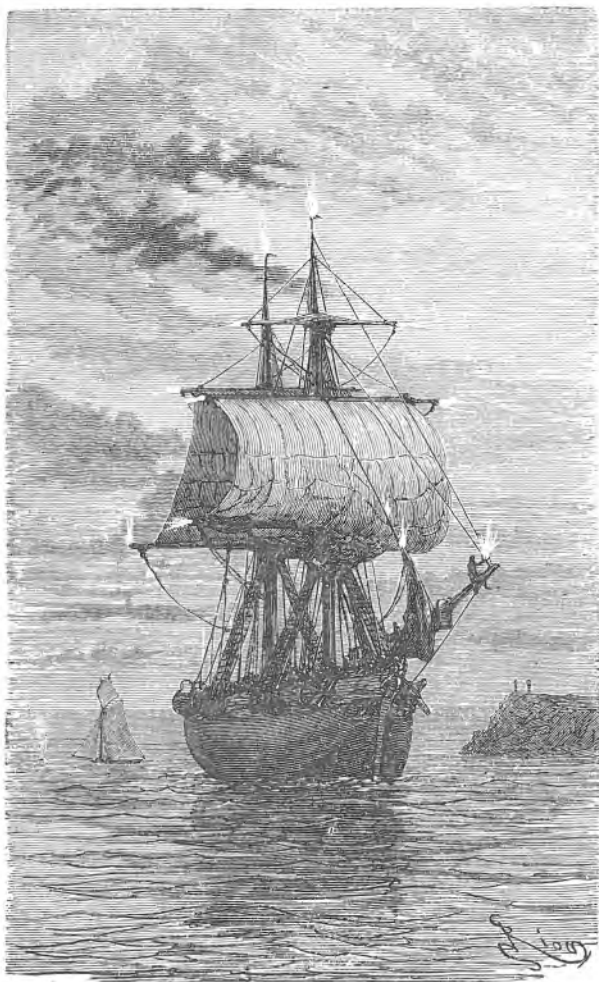
često blago i tiho električno svjetlo, koje se iz šiljastih predmeta diže u zrak, vatra sv. Elma, ili kako naši pomorci kažu: vatra sv. Ilije.

Nama, koji poznajemo svojstvo šiljaka, da iz njih elektricitet iztječe, pokazuje se vatra sv. Elma u sasma naravnom svjetlu. Naši električni strojevi pokazuju u tami sasma slične snopove svjetla, ako se nataknu na konduktore šiljci. Franklin ih je već opazio, čim je nabijenomu konduktoru primaknuo šiljak od kova, koji je bio u svezi sa zemljom. Elektricitet je konduktora influencijom djelovao na šiljak; protivni je privukao u šiljak, a istoga imena elektricitet odbijao je u zemlju; elektricitet iz šiljka neprestano teče u zrak, pa se spaja sa protivnim elektricitetom iz konduktora, a u tmimi se dakako ovo spajanje pokazuje kao tihi i blagi svietli snopić. Baš je tako za vrijeme oluje i svjetlo sv. Elma: spajanje iz šiljastih predmeta na pr. jarbola ili toranja iztječućega elektriciteta sa protivnim elektricitetom oblakâ. Oblaci se ovim načinom tiho izpražnjuju, pa je s toga opravdano tvrditi, da nema više pogibli od striele, kad se javlja svjetlo sv. Elma. Priložena slika pokazuje vatru sv. Elma na brodu (sl. 69.).

Dne 9. rujna god. 1887. vidio je Obermayer na Sonnblicku, danas najvišoj meteorologičkoj postaji na svijetu, osobito krasnu vatru sv. Elma. Kako je strukovnjak motrio pojav, čini nam se, da je vrijedno i ovaj možda najnoviji opisani slučaj našim čitaocima priobćiti.

Cio je dan bila gusta magla i kiša je padala; smjer je vjetru bio *WSW* i *S*, a temperatura zraka bila je $+ 2^{\circ}\text{C}$. Pod večer je jenjao *SW*, a zamienio ga je sjever, koji je maglu iz doline potjerao u vis, temperatura zraka pala je odmah na $0-0.2^{\circ}$, a kasnije i do -2°C . i počeo je padati snieg. Oko $8\frac{1}{2}$ sati bila je prava mećava sniežna. Na sniegom pokrivenom tornju pojavilo se jako svjetlo, koje je, kako se čas kasnije pokazalo, dolazilo od strielnice, koja je na sjevernoj strani kraj tornja stajala na posebnom jarbolu. Ciela je strielnica svietila od šiljka, pa sve do mjesta, gdje počinje konduktor, sve slabijim bjelkastim svjetlom prama dolnjoj strani. I vrh anemometra (stroja, kojim se mjeri brzina vjetra), mala strielnica, krajevi ljestava, koje su vodile na toranj, rubovi na kapama dimnjaka, pače i pojedini bridova kamenja na sjevernoj strani briega bijahu posijani svietlim bielim piknjicama. U isto se doba čulo i slabo šuštanje.

Kad su pisac i njegov pratilac stupili na sjevero-zapadni plateau, počeoše im šesiri i dlake na brcima i brade svjetliti uz tiho zviždanje. Na vrsima prstiju u vis podignute ruke pojavio se odmah svjetli



Sl. 69. Vatra sv. Elma na brodu.

snopići od prilike 2·5 cm. dugi i gore otvorenim kutom od 60°—80°. Ali se nije snopić napravio na svakom od pruženih pet prstiju, na jednom su ili drugom prstu izostali. Osim zviždanja osjetili su na

prstima i neko peckanje ili bockanje ondje, gdje je struk snopa ulazio u prst, šiljci su prstiju nešto mirisali po ozonu.

Pojav svjetla na prstima imao je izrazit oblik onih snopića svjetla, koji potječu od pozitivnoga elektriciteta. Na kratkom struku sjedili su tanki, bjelkasto-ljubičasti konci, kao što se pokazuju na pozitivnom konduktoru Holtzova stroja.

Kad su ruku po malo spuštali, umanjivao se kut snopića, a konaca je bilo manje; kad su još dalje spustili ruku, nestalo je pojava, pa se odmah pojavi na šesirima. Snopovi su se, kako se i očekivalo, uvijek javljali na onom dielu tiela, koji je najviše bio izložen električnoj influenciji. Na šesiru, koji su digli u vis, posuo se sav rub svjetlim piknjicama.

Na žalost je pojav sasma kratko vrijeme trajao. Već za momenta prestao je sjever, a *SW* počeo puhati. Kako mu je rasla jakost, gubio se sjaj vatre i napokon je utrnula.

Kasnije je Obermayer pokusima na jakom Holtzovom stroju našao, da svatko, tko opazi vatru sv. Elma, gdje mu iz prstiju ili haljina iztječe, može odlučiti, da li potječe od pozitivnoga ili negativnoga elektriciteta. Ako je prst pozitivno električan, iztječe iz njega uvijek veoma liep snop bjelkasto-ervenih i tankih konaca, koji sjede na struku nekoliko mm. dugom, pa se poput lepeze razilaze u pravi kut, a dugi su do 5 cm. Ako je pak prst negativno električan, postaju veoma nježni mali snopići, koji sjede na prstu na svjetloj točki, te im konci čine tek veoma šiljast kut; boja im je bjelkastoplava i gubi se prema širemu kraju. Ciela je dužina negativnoga snopića tek 1 cm., a na mjestu, gdje na prstu duže vremena sjedi, osjeti čovjek peckanje.

* * *

Pojav, da se naš zrak za vrijeme oluje znade nabiti silnim množinama elektriciteta, dao je povoda pitanju, a kako je s našim zrakom za liepa vremena? Je li zrak i onda električan ili nije, i kolika je množina toga elektriciteta?

Prvi, koji je odgovorio na ovo pitanje g. 1752. bio je Francuz Le Monnier. U jednom vrtu u Saint-Germain-u kraj Pariza namjestio je visoke šiljaste štapove od kova i spojio ih je sa elektrooskopom. Pošlo mu je pače za rukom iz svoga štapa dobiti električnih iskara, kad na nebu ne bijaše ni traga kakovom oblačku. Kasnije su puštali i zmajeve za liepa vremena, koji su žicom bili spojeni sa elektrooskopom od zlatnih papirića, koji bi se razišli, ako je

zrak električan. Becquerel je opet običavao odapeti u zrak strjelicu, koju je tankom žicom spojio bio sa elektroskopom. Gay-Lussac su opet i Biot iz zrakoplova puštali žice. U novije su vrijeme Dellmann, Peltier i osobito W. Thomson i Exner izumili mnogo savršenije elektroskope za izpitivanje elektriciteta u zraku za vedra neba. Ovi aparati, osobito Thomsonovi, ne kazuju samo, da li je zrak električan, nego mjere i jakost toga elektriciteta, mogu pače s pomoću fotografije i bilježiti izmjerenu jakost elektriciteta.

Glavni je rezultat svih ovih izpitivanja bio, da je zrak nad površinom zemlje gotovo uvijek pozitivno električan, bar prema površini zemlje, koja pokazuje negativni elektricitet. Za liepa vremena zrak je riedko kada negativno električan. Beccaria, koji je 15 godina motrio elektricitet zraka navrh brda Garzegno kraj Mondovi-a, opazio je u tom vremenu samo šest puta, da je zrak negativno električan. Što se više penjemo u visinu, to je jače zrak pozitivno električan. U gornjim je slojevima zrak veoma riedak. Pokusi su pak pokazali — i mi ćemo ih kasnije spomenuti — da je riedak zrak dobar vodič elektriciteta; dolnji gušći zrak je opet, dok je suh, veoma dobar izolator. Prema tomu, što je elektricitet našega zraka u visu sve jači, moramo zaključiti, da je gornji, riedki sloj naše atmosfere uvijek nabijen pozitivnim elektricitetom, površina zemlje prema tomu negativnim elektricitetom, a gusti i suhi zrak između obiju djeluje kao staklo kod Leydenske boce i ne da, da se ovi protivni naboji spoje.

Nu to sve vriedi samo, dok je nebo vedro. Čim se nebo pokrije oblacima, elektricitet se našega zraka silno mienja ne samo u svojoj jakosti nego i u svom znaku. Za vrijeme od pol sata znade po više puta preskočiti od pozitivnoga zuaka na negativni i obratno.

Euerett je u Novoj Škotskoj sa Thomsonovim elektrometrom našao, da je pozitivni elektricitet zraka najjači, kad se smrzava i puše suh vjetar, koji zrak napuni česticami leda.

Nu ni na istom mjestu i u istoj visini ne ostaje elektricitet našega zraka ni za liepa vremena uvijek jednako jak. Tečajem se dana mienja, kao što smo već prije na jednom mjestu iztakli, da se mienja i magnetska sila naše zemlje. Evo, što je o tom saznao Quetelet motreć atmosferski elektricitet za liepa vremena u Bruselju: Ljeti je elektricitet najjači u 8 sati u jutro, jakost mu pada do 3 sata po podne, a od toga časa opet raste do 9 sati na večer. Sada postaje slabiji do ponoći, a od ponoći do osam sati u jutro

opet raste. Zimi je opet elektricitet zraka najjači u 10 sati do podne i u 6 sati na večer.

Naše je znanje o tim dnevnim promjenama još veoma nepodpuno. Mi pače ni ne znamo, gdje da tražimo uzrok ovim promjenama elektriciteta u zraku: iznad površine zemlje ili izpod nje. U naše se dane opet razmahalo izpitivanje ovih pojava, i tko zna, kakovih li će nam tajna prirodnih otkriti, kad budu širom zemaljske kruglje stali mjeriti ove promjene novim i osjetljivim elektrometrima.

Ovaj je elektricitet zraka naprama elektricitetu sakupljenom u oblacima olujâ veoma neznatan; tek se razidju na pr. papirići elektroskopa za 25—30°. I to je dielom uzrokom, što znanost do danas nije mogla odgovoriti na pitanje, odkuda zraku njegov pozitivni električni, a površini zemaljskoj njezin negativni i stalni električni naboj. Ne ima možda pitanja u fizici, u kom bi se nazori strukovnjaka jače razilazili, nego u ovom; to nam je pak znakom, da smo u tom pitanju još daleko od istine. S toga i nije ovdje mjesto, da se upuštamo u razpravljanje ovih nazora.

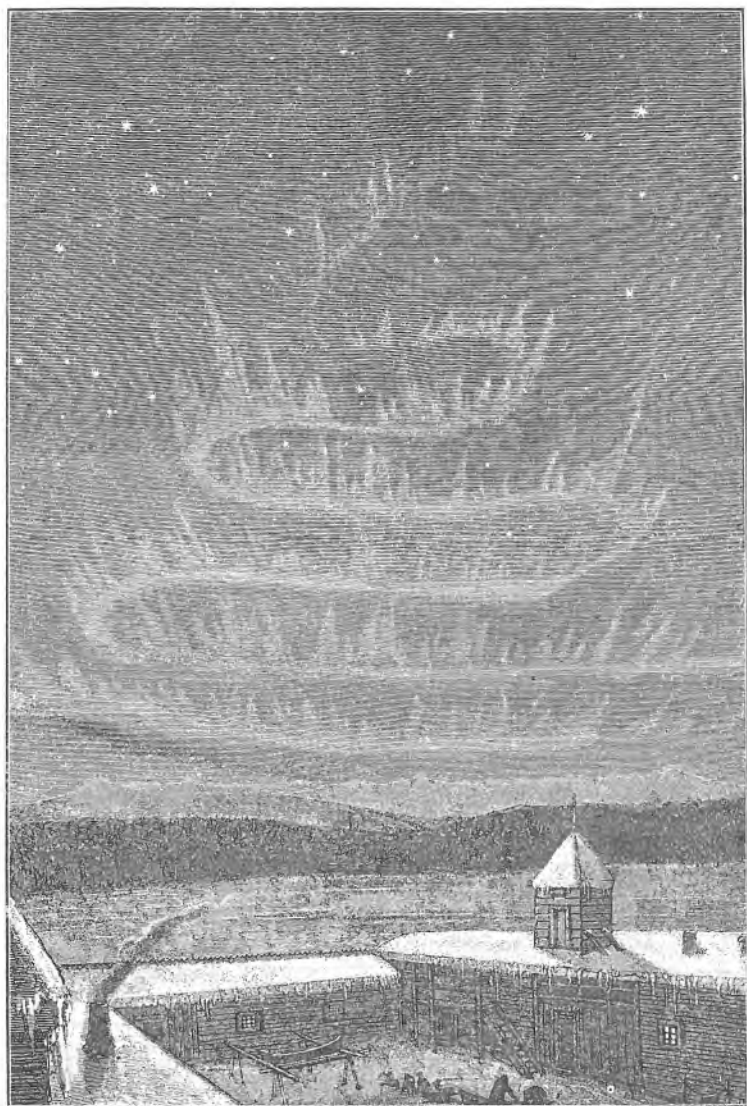
Nu ako je ovaj elektricitet zraka i slab i nama danas još zagonetan, ipak je uzrok prirodnomu pojavu, koji je sa svoje krasote i veličanstvenosti premac strieli, ali se od nje bitno razlikuje tim, što nema onih strašnih posljedica za čovjeka, mislimo pojav polarnoga svjetla, koje su prije zvali i sjevernom zorom (aurora borealis). Liepo nam ga prikazuje i ovdje priložena slika (sl. 70.), kako se najme isto vidjelo god. 1839. u Bossekopu.

Red je da upoznamo ovaj pojav, o kom nema sumnje, da je posljedica tihoga djelovanja električnih sila u našoj atmosferi.

U ledenim krajevima polarnoga pojasa, gdje sunce u vrieme suncostaje znade po više mjeseci ostati pod obzorjem, razsvjetljuje duge noći onih krajeva svjetlo, krasno i veličanstveno po svojoj pojavi, ali i zagonetno nama po svom podrijetlu. Zovemo ga polarnim svjetlom, a za krajeve oko sjevernoga pola zemlje sjevernim, za krajeve atmosfere oko južnoga pola južnim polarnim svjetlom. Kad se ovo svjetlo na nebu javlja, imade nekih momenata, koji te sjećaju izhoda i zalaza sunca, pa s toga je Gassendi god. 1621. pojavu nadjenao ime: „sjeverna zora“.

Akoprem su već i stari Rimljani i Grci pojav poznavali, akoprem se fizici s njim od preporoda prirodne nauke ovamo neprestano bave, pa je literatura o tom predmetu ogromna, treba ipak iztknuti, da nam je poznavanje pojava samoga još uvijek manjkavo,

a pravi njegov uzrok i prava mu narav još su nam po gotovu pod-
puna tajna.



Sl. 70. Polarno svjetlo vidjeno u Bossekopu god. 1839.

Nu kraj svega toga ište krasota ovoga pojava, da ga čitatelju u kratkoj slici predstavimo.

Prava su domovina polarnomu svjetlu polarni pojasi naše zemaljske kruglje. Oko polarnoga kruga od prilike zemlje teče dosta širok pojas, u kojem se polarno svjetlo gotovo svaki dan pokazuje. Taj pojas sieče polarni krug zemlje: u Evropi i Aziji leži na sjeveru od njega, a u Americi na jugu. U tom pojasu polarnoga svjetla samo onda nema, kad ga zastru gusti oblaci ili jake magle u donjim slojevima atmosfere. Idemo li od pojasa prama sjeveru, vidimo svjetlo polarno na jugu i što dalje idemo k sjevernomu polu, sve je rjedje polarno svjetlo. Sjeverno od Smith-Sunda u širini od 80° veoma je riedak pojav, a iza 82° gotovo ga nema nikada. Priedjemo li pojas prama jugu, vidimo polarno svjetlo uvijek na sjevernoj strani neba, ali što više k jugu idemo, sve ga rjedje vidimo. U Aziji ga nikad ne vide izpod 48° širine, a u Americi ga gdjekada bar vide i na obratniku raka. Osobito se iztiče veliko polarno svjetlo od 24. i 25. listopada god. 1870., koje se čak u Zagrebu vidjelo.

Kakovo nam se pokazuje polarno svjetlo, to u prvom redu ovisi o mjestu, s kojega ga motrimo. Isto se polarno svjetlo na raznim mjestima posvema različito ukazuje. U pojasu, gdje mu je prava domovina, vide ga kao široku vrpce, koja sasna slobodno u zraku lebdi i neprestano se talasa, zamotava i razmotava. Ta je vrpca sastavljena od niza okomitih svjetlih zraka, koje su jedna uz drugu i jedna za drugom. Dočim se ciela vrpca neprestano talasa, čini se, kao da pojedine zrake, koje vrpce tvore, gore i dolje titraju, tako da valovi, koji teku od jednoga kraja vrpce drugomu, proizvadjaju neprestano skakutanje rubova; pri tom gdjekada prama zenitu neba iz rubova izlete svjetle zrake kao striela brzo, ili obratno od zenita lete k vrpci. U pojasu se polarnoga svjetla vidjaju ove vrpce na svim stranama neba, a iza jakih se oluja znade njih nekoliko razviti u isto vrieme na raznim stranama neba.

Na jugu od ovoga pojasa oblik je polarnomu svjetlu sasna drugačiji. Tu se ukazuje kao svietao luk; on je naprama nemirno uztalasanj vrpce više miran i čuva svoj pravilniji oblik; pokaže se uvijek na sjevernoj strani neba i tjeme luka pada u smjer magnetičkoga meridijana, a krajevi se luka spuštaju na obzorje. Kružni odsječak neba, koji je izpod ovoga svietloga luka, za čudo je taman prama luku i ostalom nebu. Rubovi su luka obično, bar na gornjoj strani

nejasni, često je sav gornji rub sastavljen od svjetlih zraka, koje iz njega probijaju; među zrakama se opaža gibanje od zapada na istok; gdjekada je luk na više mjesta tminom razdijeljen, a gdjekada se opet jave dva luka ili više njih, a u tom se slučaju iztiče neprestano dizanje prema zenitu i padanje, produživanje i skraćivanje, valovito gibanje, trzanje i skakutanje zraka.

Ovo su dva najobičnija oblika polarnoga svjetla, ali nisu jedini. Vidjeli su ga jur kao svjetlu prugu na većem ili manjem dielu neba, ili kao svjetlu masu, nalik razsvjetljenim oblacima ili kao tanke svjetle zrake upravljene prema magnetskom zenitu neba; gdjekada se poredjaju ove zrake kao u lepezi, a dieli ih taman prostor.

Razvije li se polarno svjetlo do najveće svoje krasote — ali to se zbiva riedko — sastanu se traci, koji iz ruba probijaju k zenitu neba i tvore ondje lik nalik zvijezdi — krunu polarnoga svjetla, koja nebo razsvjetli blagim talasajućim svjetlom. Kad se kruna pojavila, znak je, da se cio pojav primiće kraju.

Redovita je boja polarnoga svjetla biela, koja udara nešto u zelenkastu; jedina električna iskra imade boju ovoj nalik. Ako je vrijeme mutno, bude boja s početka žutkasta, ili blatno žuta, a tek kad se pojav razvija dalje, priključuje joj se crvena i zelena, a crvena je uvijek najdolnija. Kad se polarno svjetlo pokaže kao uztalesana široka vrpca, dolnji je rub vrpce crven, najveći je dio vrpce biel, a gornji je rub zelenkast i širok kao crveni dolje.

Jakost se svjetla u dobro razvijenom polarnom svjetlu može uzporediti jakosti svjetla od punog mjeseca, kad na nebu visoko stoji. Najjače je svjetlo u krune, slabije u vrpce, još slabije u luka i svjetlih konaca, a najslabije u svjetle mase; u ovoj je od prilike jeduako svjetlu mlječnice.

Zanimljivo je, ali još neriešeno pitanje, u kojoj se visini nad zemljom javlja polarno svjetlo. Kad se u svom pojasu javi sjajna vrpca, mislio bi čovjek, da je baš nad njim. Imade ih pače, koji su mislili, da čuju osobito šuštanje od polarnoga svjetla. To baš ne će biti istina, nego varka naših sjetila. Bar Weyprecht, vodja austrijske polarne ekspedicije, kaže, da su doduše uvijek čuli šuštanje pucajućega leda, ali nikada nisu čuli šuštanja od polarnoga svjetla. Možda se smije tumačiti prividno šuštanje, što su neki mislili, da ga čuju, obretom Bleuera i Lehmana u Zürichu, da kod nekih ljudi osjećaj zvuka nehotice budi osjet boja (fotizam), a obratno osjećaj svjetla budi u njima nehotice osjet zvuka (fonizam).

Astronom Flögel u Kielu, Jellinek u Beču, Galle i Reimann u Vratislavi mnogo su se bavili mjerenjem visine polarnoga svjetla. Rezultati im se dosta dobro slažu, a po tom je visina, u kojoj se javlja polarno svjetlo, veoma velika. Poprieko smijemo reći, da je donji rub svjetla nad zemljom visok oko 300 klm., svietli se stupovi dižu novih 300 klm. visoko, a svietle zrake znadu s užasnom brzinom probijati i 900 klm. visoko.

Po tom se čini, da se polarno svjetlo baš ondje počinje, gdje je kraj našoj atmosferi. Bar nas pojav kriesnica i mjerenje Liaisa u Braziliji o odbijanju sunčanih zraka u našoj atmosferi upućuju, da baš u visini od 300 klm. imademo tražiti najdalje i zadnje tragove našoj atmosferi.

Nu tko bi mislio, da je svako polarno svjetlo tako visoko nad zemljom, krivo bi sudio. Ovoliku visinu pokazuju velika polarna svjetla, koja se vide daleko na jug. Nema sumnje, da se u pravom pojasu polarnoga svjetla javljaju i svjetla lokalne naravi, koja se i ne vide daleko; ovaka su svjetla sigurno i mnogo niža.

Ovaj je divni pojav do danas ostao neraztumačen, kraj svih mnogobrojnih pokusa, koji su od vremena Halley-a g. 1716. pa sve do naših dana od Edlunda i Lemströma učinjeni. I mlada znanstvena literatura hrvatska imade dva prinosa k ovomu pitanju u razpravama J. Torbara i M. Sekulića, koje su stampane u 17. i 18. knjizi „Rada jugoslav. akademije“.

Prije nego što ćemo se dovinuti pravoj spoznaji i pojimanju ovoga pojava, treba da mu sva svojstva pomno proučimo, a to se baš sada i radi. Kad ovo proučavanje, koje danas obavljaju u prvom redu znanstvene polarne ekspedicije, bude izdašnije, moći će se za bilježiti i u tom pitanju napredak; osobito izpitivanje svjetla i spektroskop primaknut će nas bliže istini.

Što se danas o polarnom svjetlu pouzdano znade, sakupljeno je u ovo par izreka:

1. Polarno svjetlo nije odbijeno svjetlo; to je dokazao polarizacijom svjetla Biot, a kasnije nas je o tom uvjerio spektroskop, koji je u spektru pokazao jednu karakterističnu crtu, koja se ne slaže s nijednom crtom naših zemaljskih tvari.

2. Polarno je svjetlo u savezu sa zemaljskim magnetizmom. Od Halley-a amo potvrdili su to svi motritelji. Kad god se javi polarno svjetlo, uznemiri se magnetička igla jako. Humboldt je s toga polarno svjetlo nazvao magnetičkom olujom. Prema tomu pokazuje

i polarno svjetlo periodične promjene, koje smo našli i kod zemaljskoga magnetizma. Prof. Fritz mogao je upotrebiti materijal od 15.000 dana, pa je našao jasno izražene tri periode, kao i kod zemaljskoga magnetizma: 1. dnevnu, 2. godišnju, i 3. stoljetnu ili sekularnu. Od svih je triju perioda najbolje utvrđena treća, koja pokazuje, da je svakih jedanaest godina najviše polarnih svjetala, kad je na suncu najviše pjega. U najnovije su vrijeme pače našli i za zemaljski magnetizam i za polarna svjetla i novu periodu od 26 dana, a toliko traje i vrtnja sunca oko njegove osi. J. Liznar je god. 1888. ovu periodu za polarno svjetlo našao iz dnevnih opažanja polarnih ekspedicija u Bossekopu, Jan-Mayenu i Fort-Raë u zimi od god. 1882. na 1883. On veli: „Čestoća polarnih svjetala pokazuje, kao i elementi zemaljskoga magnetizma, 26-dnevnu periodu. Periode se obiju pojava podudaraju, tako da moramo zaključiti, da je sveza izmedju obiju još jača, nego što se moglo misliti po predjašnjim činjenicama.“

3. Kad se javlja polarno svjetlo, teku u brzojavnim žicama električne struje, koje su gdjekada tako jake, da smetaju brzojavnu službu.

Po svem ovom smijemo zaključiti, da je polarno svjetlo električni pojav, komu je sielo u najvišim slojevima naše atmosfere. I zato mu dadosmo mjesto medju pojavima električnoga zraka. Sva mnijenja o postanku ovoga svjetla, koja se danas u učenjačkim kružima razpravljaju, još su neizgradjena, pa s toga ne mogu biti predmetom ovoj knjizi. Zadovoljiti nam se za sada sa opisom ovoga divnoga pojava.

VI.

Veliki obret Galvanijev i Voltin.

Električne ribe. — Električni ljudi. — Galvani i njegovi pokusi sa žabljim kracima. — Voltini pokusi o tom. — Elektricitet se budi dotikom. — Elektromotorna sila. — Galvanijev elemenat i Voltin stup. — Elektricitet se budi i dotikom kova sa tekućinom. — Stalni galvanički elementi i baterije. — Galvanska struja. — Daniellov elemenat. — Groveov elemenat. — Bunsenov elemenat. — Grenetov elemenat. — Leclanchéov elemenat.

Bio se primakao konac prošloga vieka. Dotjerani električni strojevi i obret Leydenske boce razmahaše proučavanje električnih sila širom čitave Evrope, pače i iz novoga svijeta, — do tada u znanostima nečuven pojav, — stigoše novi obreti. Franklinova se pisma o elektricitetu, odlična sa priprosta svoga načina i novih obreta na tom polju, prevodjahu na sve jezike i čitahu svagdje u velike.

Kraj svega toga ne nadjoše nigdje u prirodi obilna vrela za elektricitet, ako ne u trienju tjelesa i oblacima, koji nose oluju. Obret je Leydenske boce i njezinih jakih udaraca navrnio pažnju učenjaka na neke životinje, koje mogu osobama, ako ih dirnu, davati udarce veoma nalike udarcima iz Leydenske boce. Bijahu to u prvom redu dvie ribe: raja torpedo, koja živi u Sredozemnom moru, osobito na obalama Italije, i *gymnotus electricus*, jegulja, koja živi u riekama južne Amerike, a nadjena je g. 1680. Ova daje udarce tako žestoke, da su neko vrieme govorili, kako može da ubije i čovjeka.

I životinjsko je tielo prema tomu novo vrelo elektriciteta, recimo životinjskoga elektriciteta, i mnogo se učenjaka dalo na izpitivanje ovoga novoga vrela. Pače na ljudima se, ako je predaji vjerovati, najprije pokazalo ovo vrelo elektriciteta. O Teodoriku Velikom na pr. pripoviedaju, da su iz njega iskre vrcale na sve strane

kad je hodao. Mnogo je bilo govora g. 1837. o nekoj gospodji u sjevernoj Americi, koja je dva mjeseca svakoga, kad bi ju posjetio, primala iskrama. Na još je veći glas izišla djevojka Angelika Cottin, čeljade na pola glupo, ali jaka tiela, na kojoj su se g. 1846. pokazali električni pojavi. Dovedena je kasnije u Pariz iz svoga rodnoga mjesta Bovigny-a (Orne) i francuzka je akademija izabrala posebnu komisiju, da izпита čudne električne pojave na četrnaest-godišnjoj djevojci. U toj su komisiji bili: Arago, Becquerel, Saint-Hilaire, Babinet, Rayer i Pariset. Na toj se djevojci prvi put javiše električne sile 15. siečnja g. 1846. čudnim upravo načinom. Toga se dana djevojka bavila sa trima drugaricama oko svoga običnoga posla: pletiti rukavice od svilenoga konca. Bilo je oko osam sati na večer, kad se mali stol (gexidon) od hrastovine, na kom je učvrstila jedan kraj pletiva, najednoč stao amo tamo gibati i s mjesta pomicati, a da se nije mogao primiriti na svom mjestu. Ovim događajem prestrašene pobjegoše sve tri drugarice, vičući od čuda; ali ne mogoše da uvjere o tom događaju susjeda, koji se skupili na njihovu viku. Prisutni nagovoriše radnice, da se opet late posla; one to uradiše, ali ne bez straha. Pojav se nije opetovao; nu čim je Angelika Cottin, shledeći svoje drugarice, kraj svoga pletiva pričvrstila uza stol, stol se ponovno gibao, od nje se jako odbijao i napokon srušio. U isto je vrijeme djevojka bila kao privezana uza stol: kud on, tud i ona za njim; kad ga se zatim dotaknula, bačen je stol daleko. Za svjedoke ovoga prizora bilo je jasno, da je Angeliku Cottin začaralo, ili da je u njoj vrag! Da ju raztresu, dadoše joj kasnije, da triebi suh grah u košari, nu tek što utae ruke u košare, mahune stadoše skakati i plesati.

Kasnije se ovi pojavi gubiše, i kad je komisija u Parizu u dvie sjednice izpitivala djevojku, mogla je konstatovati negativan uspjeh.

Od toga se vremena češće čuje o električnim ljudima, osobito mladim djevojkama. Figuier na pr. u svojoj knjizi „*Les mystères des sciences*“ javlja o četrnaest-godišnjoj Honoriji Séguin iz g. 1858. u La Haye, da su se na njoj opažali slični pojavi, bar prolazno u bolestnom stanju. I od nje su bježali stolovi i stolci i drugo pokućstvo.

Godine 1880. javljaju iz Amerike o novoj električnoj djevojci u Londonu (u Kanadi). Bila je bolestna dvie godine i liečnici ne mogoše reći, što joj je bilo. Kad je ozdravila, činilo se, da je hodajuća električna baterija. Ako se 15 ili 20 osoba uhvati za ruke, ona im može dati veoma žestok udarac i može da privlači magnet.

Ne može dakle po ovim i mnogim drugim primjerima biti o tom sumnje, da i čovječje tijelo može da bude gdjekada, bar na neko vrijeme, vrelom jakog elektriciteta. Nu kako se u ovakim prilikama rado pretjeruje, a sljepari znadu lakovjernost svijeta zlorabiti spiritističnim nesmisлом, valja čovjek da bude veoma oprezan i skeptičan glede ovakovih viesti, ali bi isto tako neumjestno bilo poricati posvema ovake pojave s toga, što ih znanost danas ne umije da tumači.

Čovječje dakle i životinjsko tijelo svakako je vrelo elektriciteta, koje su već pod konac prošloga vieka našli, pa je li čudo, da su se mnogi učenjaci, a osobito liečnici, bacili s velikom pomnjom na izpitivanje ovoga, osim trienja za ono vrijeme, jedinoga vrela elektriciteta! Medju tim učenjacima bio je i talijanski liečnik Luigi Galvani u Bologni jedan od najrevnijih, kako svi njegovi spisi potvrđuju.

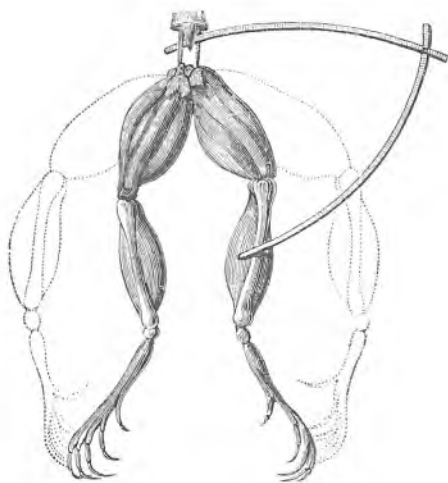
Na ova bi iztraživanja čovjek mogao uporabiti hrvatsku poslovicu: tjerali su lisicu, a iztjerali vuka. Samo je vuk, što su ga iztjerali, bio za čovjeka jedan od najvećih mu dobrotvora: galvanička struja. Tražili su naime u tijelu životinjskom sielo elektriciteta, a našli su posvema novo, recimo odmah najobilnije vrelo elektriciteta. Evo kako se to zbilo:

Supruga Galvanijeva pobolievala na prsima i liečnici joj savjetovali, da pije čorbu od žabljih krakova. Galvani, vješt anatom a nježan suprug, običavao je sam ove krake priredjivati. Jedne večeri, kad su ovako priredjeni kraci ležali na stolu, htio slučaj, da pomoćnik vrhom noža (skalpela) dotakne živce kraka, a baš u isti čas druga je osoba okretala električni stroj blizu krakova i iz konduktora vukla iskre. Pripravljeni se kraci u istom času stali živo trzati. Galvani bio baš otišao iz sobe, ali njegova supruga, koja se desila u sobi, opazi, gdje se kraci svaki put trgnu, kad iz konduktora skoči iskra. Poleti k mužu, da mu javi neobični pojav. On se vrati i potvrdi pojav. To je bio povod, da se Galvani baci s velikom pomnjom na izpitivanje ovih očito električnih trzaja i da im traži porietlo.

Objesio je s toga, misleći s prvine, da je elektricitet vanjski uzrok trzajima, ovake krakove za vrijeme oluje na prozor i našao je zbilja, da se i od striele trgnu, kao od iskre na konduktoru. Pače i kad je za kiše ili nevremena na željezni šiljasti štap, poput Franklinova, objesio krakove, opazio je trzaje. Kasnije je gdjekada opazio, da se trzaju kraci i za liepa vremena, kad ih je na željeznim

rešetkama svoga prozora objesio bakrenim žicama, a još kasnije je opazio, kad je ponavljao pokuse u sobi, da se trzaji i ondje svaki put jave, čim kraci leže na ploči od kova, a kroz živce protaknuta bakrena žica ploču dotakne. To mu je bio dokaz, da uzrok trzajima nije izvanjski elektricitet, nego da je vrelo tomu elektricitetu negdje u ploči, kracima i žici. On je mislio, da je našao vrelo tomu elektricitetu u živcima, nu tim se od istine sve više udaljavao.

Po svem su učenom svijetu čudni trzaji Galvanijevih krakova (sl. 71.) primljeni kao pojav nov i veoma zanimljiv, ali neraztumačen. Aleksander Volta, tada već u učenom svijetu poznat sa svoga elektrofora, učenjak i zemljak Galvanijev, profesor fizike u Paviji, našao



Sl. 71. Stezanje žabljih krakova. Opetovanje Galvanijeva pokusa.

je svojim umnim pokusima, da je vrelo ovomu elektricitetu na sasma drugom mjestu, gdje mu se čovjek ne bi ni nadao.

Da vidimo dakle, što nam Voltini pokusi kažu! Volta je prije svega opetovao pokus Galvanijev sa žabljim kracima, ali ga je na sve načine mienjao, da izpita, kad se trzaji pokazuju, a kad ih nema. Našao je napokon, da se trzaji u žabljim kracima svagda jave, ako jedan kraj živca spoji sa željeznim, a drugi sa bakrenim štapićem, pa se jednim štapom dotakne drugoga. Čim bi pak uzeo oba štapa od bakra ili oba od željeza, izostali bi trzaji u kracima. Sinula mu je nova misao! Da je živac izvor elek-

tricitetu, trzaji bi se svakako morali pokazati i onda, kad su oba štapa od istoga kova, jer svi kovovi elektricitet dobro vode. Nu budući da je za postanak trzaja nuždan upravo uvjet, da budu kovovi, koji dolaze od krajeva živeca, različiti, i budući da se trzaji odmah jave, čim se ovi različiti kovovi jedan drugoga dotaknu, zaključio je Volta, da je sielo ovomu elektricitetu: doticanje onih različitih kovova. Čim se dva različita kova, sudio je Volta, dotiču, postanu oba električna: na jednom se skupi neka množina pozitivnoga, a na drugom isto tolika množina negativnoga elektriciteta. Ovi protivni elektriciteti teku po štapovima u živec, u njem se spoje i pri tom se javi trzaj, poput onoga od Leydenske boce, ali mnogo slabiji, jer su razvijene množine elektriciteta kud i kamo manje.

Sukobiše se dva protivna mnjenja: Galvaniju je živec bio izvor elektriciteta, a kovovi su ga samo vodili; Volti je baš obratno dotik onih dvaju različitih kovova bio izvor elektriciteta, a u živecu su se samo spojili. Razvila se žestoka znanstvena prepirka između obiju učenih Talijana, ali se jednako častno dovišila za jednoga i drugoga, a znanosti je i rodu ljudskom u svom krilu donijela punu pregršt novih i znamenitih obreta.

U prvi je mah pobjeda ostala na Voltinoj strani, jer je donio neoborivih dokaza, da je dotik različitih kovova doista vrelo elektricitetu, nu kasnija su iztraživanja ipak pokazala, da nije ni Galvani imao sasvim krivo, kad je tvrdio, da su živeci životinja također sielo električnih sila. Glasovita su iztraživanja Du-Bois Reymonda ovu tvrdnju dokazala.

Nije naša, da pratimo ovdje razvitak ove znanstvene borbe: mi se hvatamo rezultata, pa najprije pitamo za dokaze, koje je Volta primio, te su borbu njemu u prilog odlučili. Ti nas dokazi u prvom redu zanimaju, jer ćemo po njima moći i sami suditi, je li istina na strani Voltinoj. Dva su dokaza Voltina borbu odlučila: prvi direktan sa elektroskopom, a drugi više indirektan, ali mnogo očitiji sa Voltinim stupom.

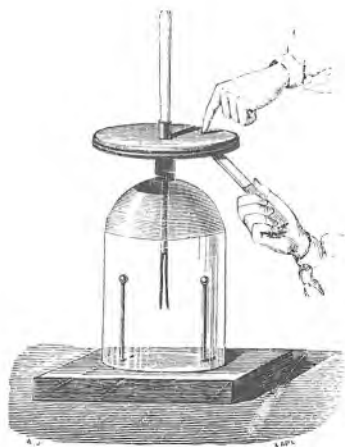
Da vidimo te dokaze!

Odmah prvi pokusi pokazao Volti, da se pri dotiku različitih kovova veoma male množine elektriciteta bude: tako male, da ih obični elektroskop sa zlatnim listićima ni ne pokazuje! Trebalo je dakle najprije sastaviti nov mnogo osjetljiviji elektroskop. U tom je Volta, obretnik elektrofora, u brzo uspio, jer je i u ovom pitanju

zgodno mogao upotrebiti istu misao, koja je rabila kod konstrukcije Franklinove table i Leydenske boce.

Na štap običnoga elektroskopa sa zlatnim papirićima pričvrstio je mjesto kruglje mjedenu ploču, koja je bila na gornjoj strani namazana tankim slojem šelaka, toga najvrstnijega izolatora. Na ovu je mjedenu ploču metnuo drugu isto takovu, koja je opet na donjoj strani bila namazana šelakom, a na drugoj je imala staklen držak. Ove su mu dvie ploče bile mala Franklinova tabla: slojevi su šelaka zastupali staklenu ploču, a mjed s jedne i druge strane za stupao je oklope Franklinove ploče. U tim je pločama dakle Volta, kao i u Franklinovoj mogao skupiti veće množine elektriciteta, nego u običnom elektroskopu. Ovaj gušći elektricitet mogao je onda lakše i listiće razmaknuti. Volta je s toga ovomu aparatu i nadjenuo ime: „kondenzator elektroskop.“

Da dokaže svoju tvrdnju, izveo je Volta ovaj znameniti pokus, koji se još i danas zove Voltin temeljni pokus. Štapić od cinka i isto toliki štapić od bakra spojio je, te su se štapići uvijek doticali (sl. 72.). Kad je Volta cinkom dotakao donju ploču svoga kondenzatora, a gornju prstom druge ruke, pa onda i cinak i prst odmaknuo, a gornju ploču digao, opazio je, da su se listići elektro-



Sl. 72. Kondenzator Voltin: pokus o elektricitetu kod dotika.

skopa razmaknuli. Ispitujući njihov elektricitet trvenim staklenim štapom, našao je, da je u listićima pozitivnoga elektriciteta. Odkuda taj elektricitet? Volta odgovara: Gdje su cinak i bakar spojeni, ondje se dotiču; ovaj je dotik izvor elektricitetu: na cinku se skupi neka množina pozitivnoga elektriciteta, i kad se njim dotaknemo donje ploče elektroskopa - kondenzatora, prijedje taj pozitivni elektricitet i na donju ploču. On razstavi influencijom u gornjoj ploči pomiešane elektricitete: negativni privuče i veže, a pozitivni odbije kroz prst u zemlju. Nu čim je cinkov elektricitet prešao na donju ploču kondenzatora, budi se u cinku ponovno, jer se još uvijek dotiče

bakra, jednako velika množina pozitivnoga elektriciteta, kao i prije; i ovaj elektricitet teče u donju ploču i tako se za tili čas napuni donja ploča razmjerno velikom množinom pozitivnoga elektriciteta, koji se veže sa isto tolikom množinom negativnoga na gornjoj ploči. Dignemo li sada gornju ploču, razširit će se do sad vezani elektricitet po čitavoj donjoj ploči, pak će doći i u papiriće i oni će se razmaknuti.

Cinak je dakle, dotičuće se bakra, postao pozitivno električan. A što je sa bakrom? I na to je pitanje Volta odgovorio. Umjesto cinka dotaknuo je donju ploču svoga kondenzatora drugom, bakrenom polovicom svoga štapa, a gornju i opet prstom druge ruke. Kad je kasnije gornju ploču digao, vidio je opet, gdje mu se papirići na elektroskopu razmakoše: i bakar je dakle električan! Izpitujući trvenim staklenim štapom ovaj elektricitet, uvjerio se namah, da je negativan. Očito je dakle: bakar, dotičuće se cinka, postaje negativno električan.

Zašto postaju kovovi električni, kad se dotiču?

To je pitanje, koje je i danas još otvoreno. Ne znajući, što je elektricitet, ne znamo odgovora ni na ovo pitanje. Bilo je pače i vrijeme, kad su odrešito poricali, da je dotik sam izvor elektricitetu, nego su tvrdili, da se kod svakoga ovakovoga dotika zbivaju kemički procesi, i ovi da su uzrok probudjenom elektricitetu; u istinu potječe valjda i elektricitet i kemički pojav kod dotika dvaju kovova od molekularnog sastava tjelesa, koja se dotiču. Mi doduše tih odnošaja u najsitnijim česticama tjelesa danas još točno ne poznajemo, nu pokusi naših dana sa veoma osjetljivim elektroskopima od W. Thomsona potvrdiše obret Voltin: kad se dva različita kova dotiču, postaje jedan od njih pozitivno, a drugi negativno električan.

To je neoboriva činjenica, a da si bar kakovu takovu sliku stvorimo o tom, što se to zbiva kod dotika cinka i bakra, možemo pojav ovako tumačiti. Kad se dotiču cinak i bakar, stane na onom mjestu, gdje se dotiču, djelovati neka osobita sila, koja se očituje u tom, da u objema tjesima pomiešane elektricitete djelomice razluči, pozitivni elektricitet potjera u cinak, a negativni u bakar, pa im ne da, da se spoje. Toj su sili nadjenuli ime: „elektromotorna sila“ (sila, koja raztjeruje elektricitete). Bitni joj je biljeg, da uvijek iste množine elektriciteta razluči, dok su kovovi isti. Nu ako se kojim slučajem

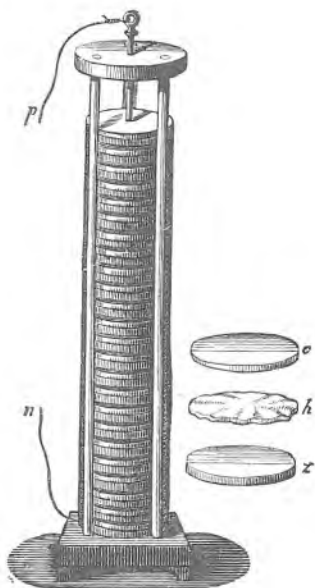
ovi razlučeni elektriciteti sa kovova izgube, elektromotorna sila ih u istom času nadomjesti, ali točno u istoj množini kao prije.

Voltin drugi dokaz, da je dotik dvaju različitih kovova izvor električnim silama, bio je manje direktan od prvoga, ali je strukovnjake o istinitosti obreta tim bolje uvjerio. Volta je naime zaključio, da će se električne sile morati jače očitovati, ako više parova različitih kovova tako spoji, da se množine njihovih elektriciteta zbroje. Iz ove je misli nikao glasoviti Voltin stupac, aparat, koji se za stalno smije zvati najznamenitijim obretom na polju prirodne nauke u našem vremenu. Volta ga je postavio baš god. 1800. u Parizu pred očima francuske akademije. U sjednici od 7. studenoga god. 1801. čitao je Volta svoju prvu razpravu, i dokazao pokusima, da se dotikom različitih kovova zaista budi elektricitet. Prvi je Napoleon, tada konzul, baš bio u sjednici i sam predložio, da se na uspomenu toga dana skuje zlatna kolajna i Volti dade u znak priznanja za njegov veliki obret.

Da upoznamo dakle taj jednostavni, ali i čudnovati aparat Voltin! (Sl. 73.)

Na okruglu pločicu od cinka položio je isto toliku bakrenu pločicu; ovomu su paru pločica nadjenuli ime: „Galvanijev element“. Na bakrenu je pločicu najprije metnuo krpicu, napojenu kiselom vodom (nekoliko kapi sumporne kiseline dodao je vodi), a na nju je položio drugi par pločica: cinak dolje; a bakar gore i tako dalje, lučeći jedan par od drugoga mokrom krpicom. Sagrađeni je stupac stajao izmedju tri staklena štapa. Pod najdonju i na najgornju je ploču metnuo po jednu staklenu ploču, da se dotikom ovih parova ili elemenata probudjeni elektricitet ne izgubi.

Ovaj je aparat pokazivao zaista čudna svojstva. Svaki se par pločica, od jednoga kraja do drugoga, pokazivao električan: pozitivni



Sl. 73. Voltin stupac.

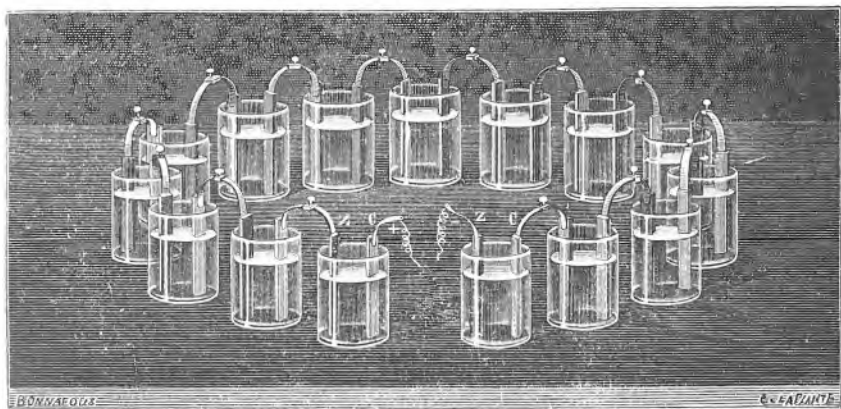
elektricitet na cinku, a negativni na bakru; sa svojim kondenzatorom uvjerio je o tom Volta svakoga. Nu gustoća elektriciteta ne bijaše na svakom paru ista; u sredini stupca bila je baš jednaka ništici; oдавде je prema donjemu kraju sve više rasla gustoća negativnoga, a prema gornjemu pozitivnoga elektriciteta. Što je više parova naslagao, to je veća bila gustoća pozitivnoga elektriciteta na gornjem, a negativnoga na donjem kraju: odtuda gornjemu kraju ovako sagradjenoga Voltinog stupca ime: „pozitivni pol“, a donjemu: „negativni pol“. Ako sada na jedan i drugi pol pričvrstimo žicu, pa jednu žicu uzmemo među dva prsta, a drugu dotaknemo prstom druge ruke, osjetit ćemo trzaj nalik onomu iz Leydenske boce: oba su se protivna elektriciteta kroz naše tijelo spojila, pa odatle trzaj. Nu sada se pokazuje velika razlika između Leydenske boce i ovoga stupca — razlika, koja čini stupac toli dragocjenim aparatom. Kad su se elektriciteti Leydenske boce kroz naše tijelo spojili, boca se izpraznila i iz nje ne ćeš dobiti drugog trzaja, dok je ponovno ne napuniš iz kojega stroja.

Sasma je drugčiji Voltin stupac: izpustiš li obje žice iz ruku, već su se za tili čas opet nabile elektricitetom, i dobit ćeš odmah drugi udarac, ako žice primiš u ruke, i ovako možeš nastaviti dugo vremena pokus: čim se elektriciteti sa polova stupca spoje, čudotvorna ih elektromotorna sila u istom času opet probudi. Ovo svojstvo stupca, da može neprestano na novo proizvodjati elektricitete, bitni je biljeg toga dragocjenoga aparata i to je svojstvo uzrok velikom broju pojava, što ćemo ih odmah upoznati.

Volta je s početka mislio, da je samo dotik različitih kovova izvor električnim silama i prema tomu je sudio, da one mokre krpice u njegovu stupcu elektricitet jednostavno vode sa jednoga para na drugi. Ovaj se nazor pokazao naskoro neizpravnim: ne samo dotik kovova među sobom, nego i dotik kovova sa tekućinama (na pr. vodom ili kiselom vodom) izvor je elektricitetu; osobito ako se dva različita kova na pr. cinak i bakar utaknu u čašu, u kojoj je kisele vode (ovaj će nam izraz uvijek rabiti za vodu, kojoj smo primiešali nešto sumporne kiseline), pokazat će se cinak na vanjskom kraju uvijek negativno električan, a bakar isto tako jako pozitivno električan. Ako na svaku ploču pričvrstimo po jednu žicu, imamo i opet par ploča ili galvanički elemenat, koji se za razliku od predjašnjega, zove mokri elemenat. Ako naime žice sastavimo,

spojit će se protivni elektriciteti u žici, nu jer se kovovi još uvijek dotiču kisele vode, nadomjestit će i ovdje ona čudotvorna elektromotorna sila u istom času spojene elektricitete i tako će u žice, dok su spojene, neprestance s ploča od cinka i bakra teći protivni elektriciteti, da se u njoj spoje: velimo, od bakra teče u žici k cinku neprestance pozitivna električna struja, i obratno od cinka teče žicom k bakru negativna električna struja: cinak je dakle u mokrom galvaničkom elementu negativni a bakar pozitivni pol.

Elektriciteti, probudjeni dotikom kovova sa tekućinom, jači su kud i kamo od onih, koji se bude dotikom samih kovova. Očito je,



Sl. 74. Baterija galvanskih elemenata po Volti sa čašama.

dakle, da i u Voltinu stupcu one mokre krpe niesu jednostavno vodile elektricitet, nego da su svaka mokra krpa, pločica od cinka s jedne, a od bakra s druge joj strane, činili i po jedan mokri galvanički element, pa s toga je razloga najdonja i najgornja ploča u stupcu suvišna bila, što su pokusi zaista potvrdili.

Ova nova spoznaja, da je dotik kovova sa tekućinama takodjer izvor elektricitetu, pače još jači, nego li dotik samih kovova, napose pak, da dva različita kova, utaknuta u čašu kisele vode, daju galvanički element, koji je povod neprestanom strujanju elektriciteta u žici spojnici, bila je druga važna stečevina na tom polju, nadjena na početku našega vieka. Ona je već Volti

dala povoda, da sagradi svoj stupac u drugom obliku, kud i kamo spretnijem, ali i po svom djelovanju mnogo jačem. Evo i njega.

Pomislimo niz čaša punih kisele vode (sl. 74.). Dva puta savijeni lim, na poloviciu od cinka, a na poloviciu od bakra, utaknut je svojim krajevima u dvie čaše, koje su uzporodo jedna do druge, ali tako da u svaku čašu dospije po jedna ploča od cinka i jedna od bakra. Ako na bakar i cinak skrajnjih dviju čaša pričvrstiš po jednu bakrenu žicu, imadeš pred sobom Voltinu bateriju sa čašama. Ovaj je aparat već snažniji od predjašnjega: električno će zvonice već zvoniti, ako ga spojiš sa žicama prvoga cinka *Z* i zadnjega bakra *C*.

Spojimo li na ovaj bateriji žicu cinka, koji je negativni pol baterije, sa žicom bakra, koji je pozitivni pol, duševno nam oko sada vidi, što se u toj žici zbiva. Pozitivni elektricitet sa bakra poleti u žicu prama negativnom elektricitetu cinka i oni se u žici spoje. Nu jer se kovovi još uvijek dotiču kisele vode, nadomješta elektromotorna sila u istom času potrošene elektricitete, i u žici neprestano teče — dok traje dotik — struja pozitivnoga elektriciteta od bakra k cinku: baterija mi daje trajnu galvansku struju.

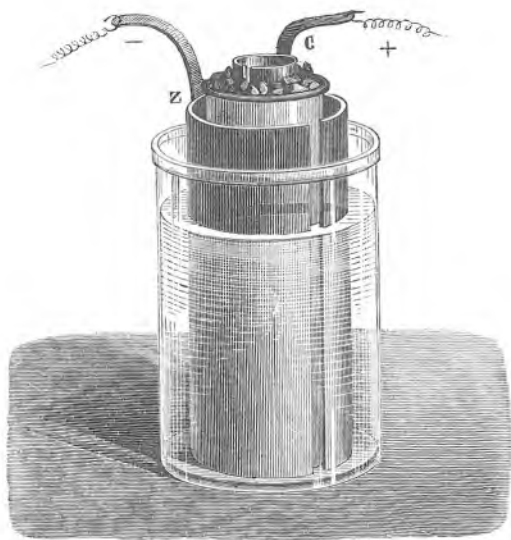
Da doista u žici teče ova trajna električna struja, toga dakako ne vidimo, pače ni jedno nam naših sjetila ne pokazuje toga direktno. Želimo li se o tom uvjeriti, treba da se upoznamo sa nekojim učincima te struje. Ti su veoma različiti i bit će predmetom naše osobite pažnje nešto kasnije. Evo ih nekoliko. Struja, koja teče tankom žicom, ugrije ju; teče li kraj magnetičke igle, odkloni ju iz magnetičkog meridijana; teče li kroz vodu ili druge tekućine, raztvora ih kemički; teče li napokon živim tielom ili bar jednim dielom njegovim, probudjuje u njem osobite osjećaje, koji će nas kasnije zanimati. Za čas pak budimo zadovoljni tim, da nam duševno oko vidi struju, gdje trajno teče žicom, koja spaja bakar baterije sa cinkom.

Bogati prirodoslovni zavodi u Parizu i Londonu sagradili su ogromne ovakove baterije odmah prvih godina. Londonsko je kraljevsko društvo imalo bateriju od 2000 elemenata, a politehnika u Parizu od 600 mnogo većih elemenata! Nu kod svih se pokazala velika pogriješka: struja, s početka veoma jaka, naglo se slabila, uzprkos tomu, što se kovovi neprestano doticahu kisele vode.

Odkuda ovo slabljenje struje, koje se upravo protivi prije na-

djenoj činjenici, da elektromotorna sila s mjesta nadomješta sav potrošeni elektricitet?

Ako samo nešto malo paziš na bateriju, kad si žice njezinih polova spojio, naći ćeš odmah razlog ovomu naglomu slabljenju struje: uho ti javlja neko osobito šuštanje u svakoj čaši baterije, a ogledaš li se za njim, eno vidiš, gdje se u kiseloj vodi naglo razvijaju mjehurići, koji se osobito sa pločica bakrenih uzdižu u vodi i iz čaša izlaze: kad bi ih po zakonima lučbe izpitivao, našao bi, da je to vodik. Ali i na pločama od cinka vidiš veliku množinu mjehurića, koji se u vodi ne uzpinju, nego pločicu od cinka sveudilj izjedaju: to je kisik, koji se sa cinkom spaja.



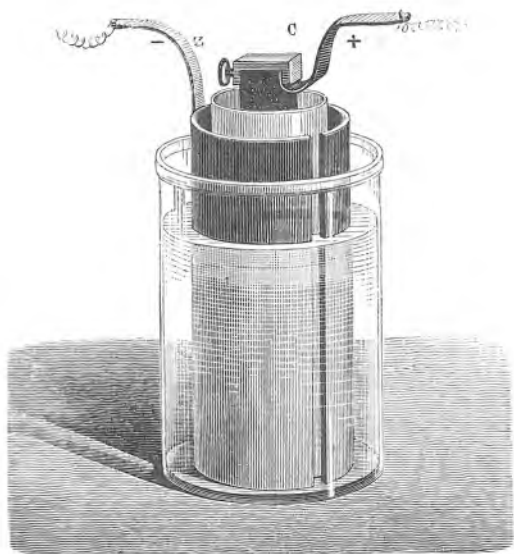
Sl. 75. Daniellov elemenat.

Očito ti je, da se u kiseloj vodi zbivaju nekakovi kemički pojavi, koji vodu raztvoravaju i cinak troše. Oni su dakle i uzrok, da se struja tako naglo slabi. Čim žice razstaviš, prestane to čudno komešauje u čašama baterije u istom času, da se opet na novo započne, kad žice spojiš.

Proučavanje ovih kemičkih pojava, pomno i svestrano, pokazalo je nakon kratkoga vremena i sredstva, kako da se izbjegne ovim kemičkim pojavama u kiseloj vodi. Već godine 1836. vidimo,

gdje Englez Daniell gradi prvi galvanički elemenat, koji nema iztaknute pogrješke, nazvao ga je konstantnim ili stalnim elementom. Sastavljen je (sl. 75.) od dviju posuda, vanjska je staklena, a unutarnja zemljena, dakle veoma šupljikava. U staklu je kisela voda, u zemljenoj posudi pak sita raztopina modre galice. U kiseloj vodi stoji jaka ploča od cinka, savijena u oblik šupljega valjka i namažana živom (amalgamovana), a u modroj galici šupalj valjak bakreni.

Uporabom one zemljene posude i modre galice u njoj izbjegao je Daniell onomu kemičkomu procesu, koji je u Voltinom elementu, sastavljenom od istih kovova, tako naglo slabio struju. I kod njega



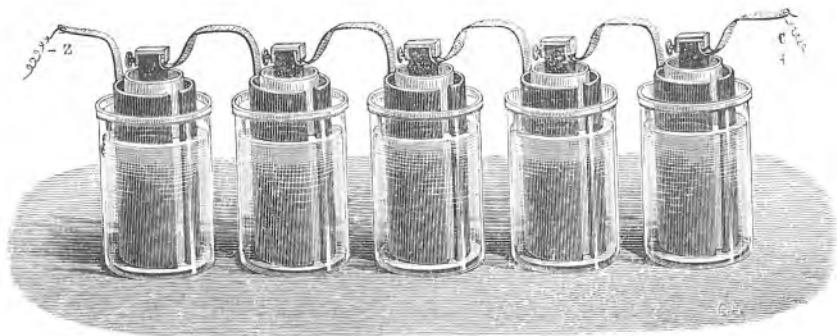
Sl. 76. Bunsenov elemenat.

je bakar *C* pozitivni, a cinak *Z* negativni pol, pa kad se obje žice spoje, teče pozitivna struja od bakra žicom k cinku, i od cinka kroz kiselu vodu i zemljenu posudu natrag k bakru. Raztvora struja doduše i ovdje obje tekućine, cinak se i tu troši, a bakreni se valjak deblja, jer se u modroj galici spojeni bakar izluči i na bakreni valjak slegne, ali svi ti kemički procesi niesu ni malo na uštrb jakosti struje: Daniell je dobio iz svoga elementa struju dugo i dugo vremena posvema stalnu, pače još više, struja je njegova elementa bila još jača od struje Voltina elementa! I danas je još Daniellov

elemenat jedan od najkonstantnijih, ako i nije jedan od najjačih. Sve do danas kušali su mnogi prirodoslovci, da prekroje Daniellov elemenat, ne bi li ga načinili još zgodnijim za porabu i jačim. Većina je predloženih promjena bila pokvareno izdanje prvobitnoga dobrog elementa: spomena su vrijedne tek promjene Meidingerova i Thomsonova.

Gdjegod treba da bude struja veoma stalna, a ne veoma jaka. rabi i danas još elemenat Daniellov ili baterija sastavljena od više takovih elemenata. S toga i rabi veoma mnogo kod električnoga brzogjava.

Par godina iza Daniella javio se drugi Englez W. R. Grove god. 1839. novim konstantnim elementom, koji daje gotovo isto tako stalnu, ali mnogo jaču struju od Daniellova elementa. Vanj-



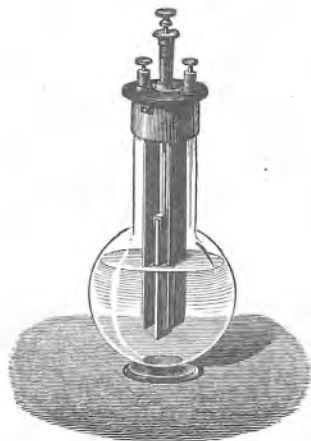
Sl. 77. Baterija od pet Bunsenovih elemenata.

skim je oblikom posvema nalik Daniellovu. U čaši je i kod Grovea kisela voda i valjak od cinka, nu u zemljenu je posudu (diafragmu) Grove mjesto bakra metnuo platinu, a mjesto modre galice — dušikovu kiselinu. Kod dotika se naime cinka i platine sa kiselom vodom, kako je već Volta bio našao, na objema kovovima skupi veća množina protivnih elektriciteta, nego kod dotika cinka i bakra, dakle je i struja jača, kad se žice obiju polova spoje.

I doista se Groveov elemenat pokazao puno jači od Daniellova, ali nešto manje stalan. Osobita njegova jakost i danas ga čini najučinkovitijim elementom u fizikalnim bogatijim zavodima, uzprkos tomu, što mu se iz zemljene posude, kad struja kroza nj teče, razvijaju otrovni plinovi, koji osim toga i sve stvari od kovova načinjene veoma kvare.

Iz Groveova se napokon elementa razvio treći, danas možda najviše upotrebljavani, elemenat Bunsenov (sl. 76.). I njemu je vanjski oblik nalik Daniellovu i Groveovu. Samo je u zemljenoj posudi, mjesto bakra, komad umjetnoga veoma tvrdoga ugljena, a mjesto modre galice takodjer dušikova kiselina. Ovaj je elemenat gotovo tako jak kao Groveov, ali od njega mnogo cjeniji.

Kad spojimo više ovakovih na pr. Bunsenovih elemenata tako, da je pozitivni pol prvoga elementa (ugljen) u svezi sa negativnim polom (cinkom) drugoga elementa i t. d., dobit ćemo Bunsenovu bateriju (sl. 77.), kojoj će jakost struje rasti sa brojem elemenata, kao i kod Voltina stupca, ali će između obiju ovih aparata, osnovanih



Sl. 78. Grenetov element.

na istom načelu, biti ta golema razlika, da će struja ovakove baterije Bunsenove od malo elemenata biti kud i kamo jača i struja će (a to je još mnogo vrednije) ostati dugo vremena posvema stalna.

Imajući ovu stalnu i jaku struju na porabu, lako nam se odvažiti na vanredno zanimiv put, na kojem nam je obredati čudne zaista i zanimive učinke ove konstantne galvanske struje, a uspjeh će tomu putu biti puna pregršt novih, i baš danas tako važnih obreta.

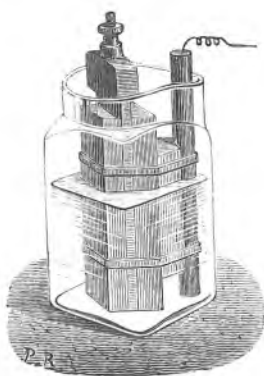
Nu prije toga neka nadje svoje mjesto ovdje još jedna opazka. Od god. 1836. do danas sagradili su razni prirodoslovci i elektrici bar 70 konstantnih elemenata. Od ovoga velikoga broja spomenuli bismo ovdje još dva elementa, koji danas mnogo rabe kod manjih aparata za trzaje galvanske struje i za brzozave po kućama.

Prvi je elemenat Grenet-ov ili elemenat sa kalijevim bichromatom (sl. 78.). Ovaj je elemenat veoma zgodan za porabu, jer nema nego jednu tekućinu u jednoj čaši. Sastavljen je ovako. Dvije duge ploče od ugljena su pozitivni pol elementa. Donja im je polovica u sitoj raztopini kalijeva bichromata, kojoj je primiešano nešto sumporne kiseline; ploče su uvijek u raztopini i zato su učvršćene na poklopcu čaše. Negativni je pol elementa ploča od cinka, koja je

za polovicu kraća od ugljena, pa se štapom može prema potrebi u raztopinu utaknuti ili iz nje dignuti. Na objema su polovima stezaljke, u kojima se lako učvrste žice, da kroz njih teče struja.

Elemenat je za porabu u praktičnom životu, gdje ne treba veoma konstantnih struja na dugo vremena, praktičan, jer nemaš gotovo nikakova posla, da ga sastaviš; hoćeš li, da daje struju, utakneš ploču od cinka u raztopinu, a ne trebaš li više struje, digneš ploču od cinka, da se ne troši.

Elemenat Leclanché-ov služi u svom novijem obliku (sl. 79.) mnogo na električnim zvoncima i brzozavima u kućama. U čašim u je salmijak, u kojem je odebeo štap od cinka — negativni pol



Sl. 79. Leclanchéov elemenat.

elementa; pozitivni je pol kao i kod Bunsena ploča od umjetnoga ugljena, nu mjesto zemljene posude i dušikove kiseline napravio je Leclanché smjesu od ugljena, koja je s obiju strana pritisknuta o ploču od ugljena. Ova osobita masa ne da, da se struja kemičkim procesom u elementu slabi. Da bude sastavljanje elementa što jednostavnije, umetnuo je Leclanché medju ploču od ugljena i štap od cinka izolator i obavio je sve skupa prstenima od kaučuka; hoćeš li, da elemenat radi, utakneš cijeli spoj u vodu. Ovaj je elemenat razmjerno slab, ali je veoma konstantan: više mjeseci može rabiti neprestano, a ako struja ne radi uvijek, služi elemenat dugo vremena, a da ga ne treba dirati.

VII.

Učinci galvanske struje.

Galvanska struja raztvora tjelesa. — Voltametar. — Grothussova hipoteza. — Struja ugrije žice, kojima teče. — Struja užari tjelesa, osobito ugljen. — Voltin luk ili električno sunce. — Struja trza mišice i živce. — Ubijanje ljudi strujom. — Struja odklanja magnetsku iglu iz meridijana. — Ampèreovo plivačko pravilo. — Astatički par igala. — Galvanometri. — Magnet okreće struju. — Ampèreova teorija magnetizma. — Struja pretvara željezo u jak magnet. — Elektromagneti. — Struja budi u blizoj žici nove časovite struje (Volta-indukcija). — Magnet budi također u blizoj žici nove časovite struje (Magnet-indukcija). — Ruhmkorffov induktorij. — Geisslerove i Crooke-ove cjevi.

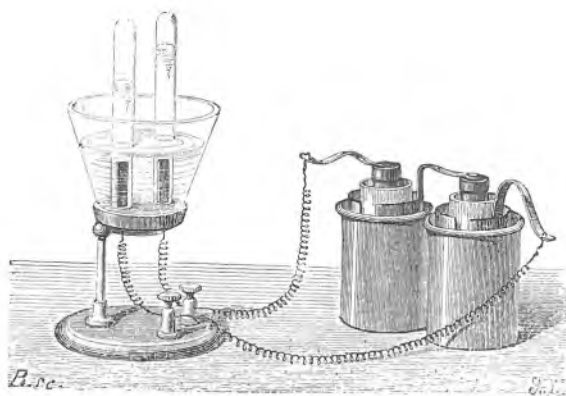
a stalnom strujom dajbudi koje od današnjih usavršenih baterija, na pr. Bunsenove od nekoliko samo elemenata, idemo da proučimo поближе, što ta električna struja može da uradi sa tjelesima, kojima prolazi.

Kad smo govorili o konstrukciji stalnih elemenata, već smo spomenuli, da se u časama javljaju nekakvi kemički pojavi: tekućine se raztvoraju i cinak se troši. Nu ovi se pojavi javljaju tek onda, kad se žice obaju polova spoje, t. j. kad elementom teče struja. Očito je dakle, da ova trajna struja, kad prolazi kroz tekućine, njih kemički raztvora.

Već sa prvim Voltinim stupom potvrdili su ovaj naš zaključak: kad su žice obaju polova utakli u čašu vode, te je struja morala da teče kroz vodu od pozitivnoga k negativnomu polu, vidjeli su, gdje se na jednoj i na drugoj žici kupe mjehurići plinova, koji se neprestano dižu iz vode. Ispitivanje tih plinova pokazalo je naskoro, da se na negativnom polu kupi vodik, a na pozitivnom kisik: struja dakle vodu raztvora u njezina počela, kisik i vodik, i to raztvoravanje traje dotle, dokle god struja

kroz vodu teče. Rastvorba nam je vode dakle prvi upravni dokaz, da zaista u Voltinom elementu teče trajna električna struja.

Danas pokazujemo ovaj pojav posebnim aparatom, koji je Faraday sagradio i nazvao imenom: voltametar. Evo ga: Dno konične staklene posude (sl. 80.) provrtano je na dva mjesta i kroz rupice prolaze dvie žice od platine. Vanjski krajevi ovih žica idu do dviju stežaljaka, koje se opet mogu žicama spojiti sa polovima kakove baterije. Na nutarnjim krajevima žica pričvršćene su dvie pločice od platine, kova, koji se jako opire kemičkim procesima, pa mu plinovi, koji se razvijaju, ne mogu da naude. Posuda se napuni vodom, kojoj se dodade par kapi sumporne kiseline, da struju bolje vodi. Dva mala staklena valjka, puna vode, prebačena su



Sl. 80. Galvanska struja raztvora vodu; voltametar.

preko obiju pločica, pa se plinovi, koji se razvijaju, moraju u njima kupiti. I zaista, čim struju iz baterije pustimo, da teče kroz vodu, vidimo, gdje se sa svake pločice odkidaju mjehurići, koji se u valjcima dižu i u gornjim dielovima sakupljaju: što duže struja teče, to su veće množine razvijenih plinova. Jedan je plin vodik, a drugi kisik, i prvoga je uvijek dva puta više nego drugoga. Karakteristično je i to, da se vodik uvijek kupi oko pločice, koja je spojena sa negativnim polom baterije, a kisik uvijek na pozitivnoj pločici. Struja je dakle raztvorila vodu u vodik i kisik, i u vodi je dva puta više vodika nego kisika.

Nu nije voda jedino sastavljeno tielo, koje struja raztvora u dvie česti. Davy, koji je upotrebljavao spomenutu jur veliku ba-

teriju londonskog kraljevskoga društva, pustio je struju da teče i kroz druge tekućine i uspjeh je njegovih pokusa bio sjajan.

Do tada su mislili, da su alkalije počela, tjelesa, koja se ne dadu raztvoriti u druga tjelesa, a Lavoisier, koji je slutio, da su pepeljika, soda i t. d. sastavljena tjelesa, nije uspio u svom nastojanju, da ih kemički raztvori. Davy je ove alkalije raztopio u vodi i pustio, da struja njegove baterije prolazi kroz raztopine. U jednoj te istoj godini 1807. našao je, da su alkalije zaista sastavljena tjelesa i otkrio je u njima ništa manje nego pet novih kovova: kalium, natrium, barium, stroncium i kalcium!

Drugi primjer, kako struja raztvora tjelesa, neka bude modra galica, tielo dobro poznato. Ako nekoliko kristala ovoga tiela bacimo u vodu, dobit ćemo liepu modru tekućinu, koju će već struja jednoga jedinoga elementa lako raztvoriti. Modra je galica, kako kemija uči, sastavljena od triju počela: bakra (*Cu*), sumpora (*S*) i kisika (*O*). U svakoj najmanjoj drobnici modre galice naći ćeš jedan atom bakra, jedan atom sumpora i četiri atoma kisika. Kemik, upotrebljavajući gore zabilježene znakove za ona počela, piše kratko: modra je galica *Cu S O₄*. Uspjeh raztvaranja bit će, da će se na negativnoj pločici od platine u opisanom jur aparatu izlučiti čisti bakar i sleći na platinu, a na pozitivnu pločicu sleći će se smjesa od sumpora i kisika, koja se veoma lako dalje raztvora. Voda, koja je uz galicu u posudi, raztvorit će odmah tu smjesu, pa će postati kisela voda i čisti kisik, a ovaj će se u obliku mjehurića dizati sa pozitivne pločice od platine.

Dok struja dakle ovom raztopinom modre galice teče, izlučuje se iz nje bakar, koji se slegne na negativnu pločicu platine, a u isto se doba voda u posudi pretvara sve više u kiselu vodu. Michel Faraday (sl. 81.), čije smo ime već kod magnetizma spominjali, bio je prvi, koji je pomno proučavao ovo raztvaranja tekućina galvanском strujom. Pojavu samomu nadjenao je ime: elektroliza (t. j. raztvaranja elektricitetom).

Ovom prilikom jednu ćemo da iztaknemo uporabu ovoga pojava.

Pred tobom je više Voltinih baterija. Svaka daje struju, nu rad si da odabereš onu, koja daje najjaču. Kako ćeš to saznati? Eno ti Faradayeva voltametra. On ti nudja pouzdano sredstvo, po kojem ćeš točno odrediti, koja je struja najjača. Upleti samo redom u svaku bateriju Faradayev voltametar, pa motri, koliko će vodika u jednoj minuti svaka baterija izlučiti. Ona je struja naj-

jača, koja u minuti najviše vodika iz vode izluči; voltametar ti pače točno u brojevima kaže, koliko je puta jedna struja jača od druge. — U voltametru smo dakle našli prvu pouzdanu mjeru za jakost struja, s kojima radimo.

Upoznasmo jedan od najznamenitih učinaka galvanske struje: kemičko raztvoravanje tjelesa ili elektrolizu. Potanje izpitivanje ovoga



Sl. 81. Michel Faraday.

pojava dalo nam je pače prvu pouzdanu mjeru za jakost naše struje — voltametar, kojim na pr. toliko poznati Edison u New-Yorku u svakoj kući, koja od njega prima električno svjetlo, mjeri preko dana potrošenu množinu elektriciteta, da mu se prema tomu plati. Nu upoznav ovaj zaista čudni učin galvanske struje, teško se oteti pitanju: a kako to, da elektricitet (galvanska struja) može u obće kemički raztvoriti tjele?

Pouzdanoga odgovora današnja znanost ne može dati, jer s jedne strane još ne zna, što je elektricitet, a s druge opet ne zna, što se zbiva među najmanjim česticama, od kojih su sva tjelesa u prirodi sastavljena. Svi se naime prirodoslovci slažu u tom, da je svaka stvar u prirodi sastavljena od čestica, koje se ne dadu dalje dieliti: zovu ih „atomi“. Više se takovih atoma spaja u „molekul“ (drobnicu). Na pr. voda sastoji od atomâ (čestica) kisikovih i vodikovih. Nu u svakoj, pa i u najmanjoj čestici vode, mora da se nadju po dva atoma vodika i jedan atom kisika. Voda dakle sastoji od čestica, u kojih su na rpi tri atoma: dva vodikova i jedan kisikov. Odkineš li samo jedan tih atoma iz rpe, ne imaš pred sobom vode. Velimo dakle, najmanje su čestice vode „molekuli“ (drobnice) sastavljeni od triju atoma.

Što se to zbilo najjednoč sa drobnicama vode, kad smo kroz nju poslali struju? Od prilike možemo pojav ovako razjasniti:

Čim su se u vodi našle dvie pločice sa protivnim elektricitetima, okrenule su sve drobnice vode, koje su među tim pločicama, svoje kisikove atome k pozitivnoj, a vodikove k negativnoj pločici. Zašto? Možda s toga, što su atomi kisikovi negativno električni, a vodikovi pozitivni. Ako je elektromotorna sila dosta jaka, odtrgat će se pločici najbliži atom kisika od obiju vodikovih atoma, i negativni će atom kisika sjesti na pozitivnu pločicu. Ona dva oslobođena atoma vodika otmu bližnjoj drobnici vode njezin kisik, pa se s njim opet spoje u novu drobnicu vode; tako ide proces od drobnice do drobnice do druge negativne pločice; vodik zadnje drobnice, ne našav više ni jednoga kisika, s kojim bi se spojio, slegne se na negativnu pločicu, jer je pozitivno električan.

Ovaj je nazor o elektrolizi razvio g. 1807. Grothuss i on se sa pojavima veoma dobro slaže; nu je li doista tako, tko bi danas znao?

Svrnimo sada za čas pažnju našu na žicu, koja oba pola baterije spaja, i za koju znademo, da njom neprestano teče struja.

Struja, prolazeći vodom, raztvora vodu. Nije li nam odmah na umu misao: zar ne će struja, prolazeći na pr. bakrenom žicom, i u njoj štogod mienjati? Raztvorati je ne može, jer je bakar već počelo. Ako smo oba pola spojili odebelom žicom, na oko ne ćemo opaziti na žici nikakove promjene. Nu zamienimo li ovu žicu drugom, koja je isto tako dugačka, ali veoma tanka, opazit ćemo na žici odmah promjenu, kojoj bismo se jedva nadali: žica se jako ugrije!

Žigica se na njoj, kao na vrućoj peći, odmah zapali, debeo konac s mjesta progori. Potražimo još tanju žicu iste dužine, pa spojimo s njom oba pola. Gle čuda: žica se ciela užarila, kao gvoždje u jakoj vatri!

Evo nam dakle novoga gotovo još čudnijega učinka struje. Struja ugrije žice, kojima prolazi. Nu ne ugrije svaku žicu jednako; dakle se moramo pitati: o kojim uvjetima visi grijanje žice? Kad će se žica jače, a kad slabije ugrijati?

Pokus! nam jedini mogu da odgovore. Evo ih nekoliko. Imademo četiri baterije, koje daju struje različite jakosti. Druga neka daje struju dva puta tako jaku kao prva, treća tri puta, a četvrta četiri puta tako jaku kao prva. Istu žicu neka grijū zasebice sve četiri baterije, pa izmjerimo toplinu žice u svakom pokusu. Naći ćemo opet čudan rezultat, da dva puta jača struja daje četiri puta toliko topline, tri puta jača devet puta, a četiri puta jača već šestnaest puta toliko topline, koliko je dala prva. Množina dakle topline raste sa kvadratom jakosti struje. Promienimo razpored pokusa. Neka ostane jakost baterije ista, a mienjajmo debljinu žica. Rezultat je: što je tanja žica, to se veća razvije množina topline. Nu što je tanja koja žica, to se jače opire ona prolazu struje, to je veći njezin odpor struji, kao što na pr. i voda mnogo teže otječe, ako je korito rieke uzko. Možemo dakle reći: U žici se razvije to više topline, što je veći njezin odpor struji.

Napokon pokušajmo spojiti polove baterije najprije srebrnom žicom, pa onda žicom od platine, koja je isto tako duga i debela, kao i srebrna. Mislili bismo možda, da se u objema žicama razvije ista množina topline. Pokus posvema drugačije odgovara. U žici se od platine razvije deset puta toliko topline, koliko u srebru! Jednako se dugačak i debeo komad žice od platine prolazu struje deset puta jače opire od srebra. Hoćeš li dakle da struju tjeraš kroz žicu od platine, trebat ćeš daleko jaču bateriju.

Ove je zakone, po kojima nam je sada lako suditi o grijanju žica strujom, našao englezki bogati pivar i na glasu fizik Joule, koji je umro godine 1889.

I opet nam je na umu pitanje: a odkuda električnoj struji to čudno svojstvo, da može žice i u obće tjelesa, kojima prolazi, tako jako ugrijati? Na to je pitanje već lakše odgovoriti. Elektricitet se u žici neprestano giba. Da ne nadje u njoj nikakova odpora, on bi u njoj kolao jednako do vieka, kao što bi se na pr. i

željeznički vagon po tračnicama u krugu do vieka jednako vozio, da se ne tare o tračnice, pa da radi toga ne mora napokon stati. Nu kad god se tijelo, koje leti, trienjem zaustavlja, javlja se mjesto izgubljenoga gibanja toplina: tijelo se trienjem ugrije. Baš je tako i sa elektricitetom, koji se giba u žici. Opor žice zaustavlja gibanje elektriciteta, ali se umjesto izgubljenoga gibanja javlja u žici toplina.

Sa učincima, koje smo čas prije upoznali, veoma su srodni i oni, koje idemo sada da upoznamo.

Na svakom je polu baterije po jedna bakrena žica. Elektriciteti, što ih je elektromotorna sila smjestila na oba pola baterije, priedju dakako i na žice, pa kad primičeš kraj jedne žice kraju druge, očekivao bi, da će se protivni elektriciteti, kad su žice dosta blizu, kroz zrak spojiti a pri tom da će se javiti električna iskrica. Prevario bi se. Primakni krajeve žica obične ne prevelike baterije i na $\frac{1}{10}$ mm., pak ne ćeš vidjeti nikakove iskre. A nije ni čudo. Zrak je izvrstan izolator, pa se jako opire spajanju elektricitetâ. Gustoća pak elektriciteta, skupljenoga na polovima baterije, ni s daleka nije tolika, da bi mogla svladati taj veliki odpor zraka.

Tek u momentu, kad se jedna žica dotakne druge, vidjet ćeš malu, veoma slabu iskricu, nu već ti boja njezina kaže, da to nije ona, nama od naših električnih strojeva dobro poznata iskra, koja se javlja, kad se spoje kroz zrak protivni elektriciteti. Kod bakrenih je žica iskrica zelenkasta, kod željeznih žuta, a kod mjedenih crvenkasta. Poznato je pak, da bakar jakomu plamenu daje zelenkastu, željezo žutu, a mjed crvenkastu boju, dakle i ova naša slaba iskrica ne potječe odtuda, što se protivni elektriciteti žica kroz zrak spojiše, nego od toga, što su se krajnje čestice bakrenih žica razžarile u času, kad su se žice dotakle. Takova se iskrica javlja i u času, kad se žice opet razstave.

Mjesto da krajeve žica samih primičemo, pričvrstimo na svakoj žici komadić šiljastoga ugljena. Ako šiljke obaju ugulja na čas sastaviš, pa onda od prilike na 1 mm. razmakneš, pokazat će se medju šiljcima ugljena nov krasan pojav, neka vrst električnoga plamena u obliku luka, zovu ga Voltinim lukom ili električnim suncem, jer taj luk, a još više razžareni šiljci uguljâ svietle tako sjajnim svjetlom, da ne možeš u nj ni gledati.

Jur spomenuti Englez Davy dobio je svojom baterijom od 2.000 elemenata sjajno upravo svjetlo, koje je neprestano išlo s jed-

dnoga ugljena na drugi; mogao je kasnije ugljene razmaknuti do 11 cm. i još se uvijek pokazivao sjajni luk.

Danas već ne treba za postanak ovoga luka, koji je najjače umjetno svjetlo na zemlji, tako ogromnih baterija. Novi električni strojevi, koje ćemo u sljedećem članku upoznati, daju veoma lako ovaki luk, kud i kamo sjajniji od Davy-jeva!

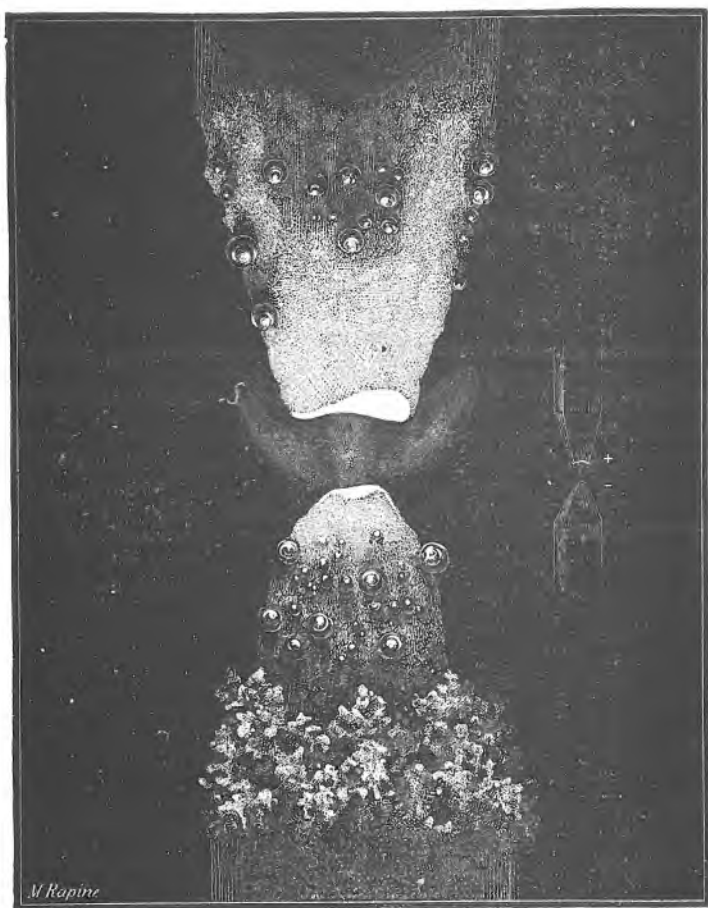
Vrućina je u ovom sjajnom luku upravo strašna: kovovi se u njem tale, baš kao vosak na sveći. Francuzki je fizik Despretz najprije baterijom od 600 elemenata, a kasnije novim strojevima raztalio i u paru pretvorio tjelesa, koja se nikako drugačije ne dadoše ni raztaliti. Oksidi cinka i željeza, vapno, magnezij i aluminij, raztalili su se u male krugljice; prašak grafit, kojim je posuo šiljke ugalja, pretvorio se u silnoj vrućini luka u mikroskopične kristale (osmerce), s kojima je mogao brusiti drago kamenje; po tom je sudio, da se grafit, koji je, kao i dijamant, čisti ugljik, pretvorio u veoma male dijamante! A sve je to uradila silna vrućina Voltina luka. Kremen se i dijamant u njem tale, a kovovi se zlato i srebro odmah pretvore u paru.

Kad se luk u zraku napravi, gore polako šiljci ugalja, a pri tom je mikroskop još pokazao, da se čestice uglja sa pozitivnoga šiljka odkidaju i njih mnogo sjedne opet na negativni ugljen, kako pokazuje slika 82. Prema tomu možemo i protumačiti, odkuda ovaj sjajni luk. U času, kad se ugljeni razstave, pretvori se nešto ugljena u paru, i struja može da tom parom prelazi s jednoga šiljka na drugi, jer je para ugljena razmjerno dobar vodič. Nu ova se para prolazu veoma opire i s toga tako jako ugrije, da svietli, a tim se opet i šiljci ugalja razžare. Al čvrsta tjelesa žare kud i kamo više svjetla nego plinovi, dakle i ovdje šiljci daju daleko više svjetla, nego luk sam, akoprem nisu tako vrući kao luk.

Na dlanu je sada misao, da bi se ovo najjače svjetlo na zemlji upotrebljavalo za razsvjetu gradova i t. d. Nu s početka je bilo velikih tomu zapreka: velika baterija od 40—60 Groveovih elemenata može tek dva do tri sata da podržava ovaj luk, a čim šiljci previše izgore, svjetlo najednoč utrne.

Kad budemo razpravljali o električnoj razsvjeti, bit će prilike, da pokažemo, kako je neumorni duh čovječji sve ogromne zapreke sjajno svladao, te danas po svietu gore ovakovi luci Voltini jaki kao milijun sveća!

Kad je Volta svoj stupac bio sastavio, bio je jedan od prvih pojava, što ih je opazio, ovaj: Mokri prst jedne ruke položio je na jedan pol baterije, a prstom druge ruke dotaknuo se drugoga pola stupca i u tom je času osjetio u prstu priličan trzaj.



Sl. 82. Voltin luk svjetla; šiljci od ugljena.

Struja je tekla i dalje kroz tielo, ali osjećanja ne bijaše već nikakvoga. Tek u času, kad je jedan prst sa pola dignuo, osjetio je ponovno trzaj. Struja dakle obične baterije ne djeluje na tielo čovječje uvijek, dok kroza nj teče, nego samo u času,

kad počne i kad prestane teći tielom. Svaki se put osjetiti trzaj, koji tek jedan čas traje.

Tek struje jačih baterija djeluju neprestano na tielo naše, ako na krajevima žice pričvrstimo dva mjedena valjka, pak ih punom mokrom rukom uhvatimo. U času, kad ulivatiš oba valjka, osjetiš kao i prije časoviti trzaj, ali zatim ti se u zglobovima ramena i pleća javlja neobičan i veoma neugodan osjećaj: svagdje te nešto bode, ali te ne steže nigdje; samo nervozne i slabe ljude znade ova struja i grčevito previjati.

Zanimljivi su takodjer učinci struje na naša sjetila. Počnimo sa okusom. Već je godine 1752. Niemac Sulzer opazio ovaj pojav: Poznato je, da nijedan kov, kad ga se taknemo jezikom, ne probudjuje okusa na jeziku. Nu kad se Sulzer dotakao jezika komadićem olova i srebra, koji su se na rubu svom doticali, osjetio je okus, nalik okusu zelene galice. Od jednog samog kova nije mogao nikako dobiti okusa, a ni od obaju, kad je razstavljene metnuo na jezik. Sulzer dakako nije ni slutio, da je tomu osobitomu okusu uzrok elektricitet, koji se javio kod dotika srebra i olova.

Volta je, ne znajući za pokus Sulzerov, ovaj okus na novo obreo. Na vrh je jezika metnuo nešto staniola, a na sred jezika srebren ili zlatan novac, pa ih je spojio žicom. Odmah je osjetio karakteristični okus, koji mu je već bio poznat od običnog električnog stroja. Kad je naime jezik primaknuo pozitivnomu električnomu snopiću, koji je iztjecao iz kakova šiljka na konduktoru, osjetio je okus kiseo, a od negativnog snopića posvema drugačiji, gotovo gorak. Po ovom je različitom okusu Volta s početka i razpoznavao pozitivni i negativni elektricitet u svojem stupcu.

Uzroku ovoga — recimo galvanskoga okusa — lako se dosjetiti. Dva kova, koji se dotiču na jeziku, izvor su električnoj struji, koja teče kroz jezik od jednoga pola k drugomu. Na jeziku je uvijek sline, i struja će ju raztvoriti. Osjetljivi će živci jezika ovu raztvorbu po okusu prepoznati.

Nemanje je zanimljivo djelovanje struje na oko. I to je Volta, a prije njega Ritter, opazio. Jedan je kraj žice svoga stupca metnuo na nebo u ustima, a drugom se žicom taknuo jabuke u oku, zatvoriv dakako oko, i u tom je času sievnulo pred očima svjetlo, kao kad munja iznenada razsvietli noćno nebo. Kad je Ritter jaču struju preko vlažnih valjaka poslao od čela u ruku, vidio je m o d r u

i zelenu boju. Helmholtz, opetujući ovaj pokus, veli, da je osjetio samo neku čudnovatu boju.

I na živce uha djeluje struja! Volta i Ritter poslali su struju kroz obje uši, i čuli su muzikalne glasove.

Humboldt pače tvrdi, da struja draži i živce u nosu. Kad je poslao struju iz jedne nosnice do grkljana, osjetio je osobit miris.

Struja dakle djeluje na živce našega tiela veoma različito: u jednim probudjuje okus, u drugim svjetlo, u trećim glas, u četvrtim miris, a u petim trzaje.

Za osjećanje elektriciteta čovjek ne ima posebnoga sjetila, kao na pr. za svjetlo; nu čini se kao da neke niže životinje imaju posebno „električno sjetilo“.

Za sva ova djelovanja struje osobito je karakteristično, da ne treba jakih struja: za sve je gotovo dovoljna vanredno mala množina elektriciteta, koja se budi, kad se dotiču dva različita kova.

I na životinje sa hladnom krvi djeluju već veoma slabe struje. To pokazuje pokus sa pužem. Na četvorci je srebrena forinta, ili još bolje, na ovećoj ploči od cinka leži četvorka ili forintača. Po cinku puži puž tako, da mora preko četvorke. Čim se dotakne tielom četvorke, uvuče rogove i skupi tielo. Mora li da prijedje preko dviju bakrenih žica, koje su spojene slabim elementom Voltinim, navješćuje nam odmah galvansku struju, koja mu tielom teče, kad je obje žice s njim spojio: tielo mu se za čas smotalo u klupko. Jedva bi čovjek vjerovao, da je neki Jules Alix sasma ozbiljno predložio brzopjavni sustav, koji bi bio osnovan na ovom fizioložkom djelovanju struje na puževo tielo.

Od svih su ovih učinaka najznamenitiji trzaji mišića, koji su i dali povoda, da je obretno novo i obilno vrelo elektriciteta. Galvanijevi trzaji žabljih krakova neposredno iza smrti žabca ne bijahu takodjer ništa drugo, nego stezanje mišića u kracima u časovima, kad je veoma slaba struja, probudjena dotikom bakra i željeza, počela i prestala prolaziti mišicom. Ovi su kraci pače još i danas gotovo najosjetljiviji aparat za dokaz veoma slabih struja: gdje nas ostavljaju svi drugi aparati, kao na pr. kod slabih struja telefonskih, pokazuje ih veoma dobro trzanje žabljih krakova. Nu mišice nekoliko sati nakon smrti gube ovu osjetljivost za struje posvema.

Primjer je žabe potakao mnoge prirodoslovce, da u tom smjeru izpituju i druge životinje, pa i čovjeka. Aldini je radio sa baterijom od sto elemenata na odskora ubijenim ovcama, volovima i kunićima,

pa je našao, da se i na njima veoma jako javlja u prvo vrijeme iza smrti grčevito stezanje mišica. Humboldt je to dokazao i za ribe, a Zanolotti je poslao struju kroz tijelo netom ubijenoga zelenoga skakavca, i ovaj je počeo po običaju cvrčati. Aldini i dr. Ure izvadjali su pokuse na tjelesima obješenih zlikovaca sa uspjehom, koji je bilo upravo gadno gledati. Mišice su se u licu grozno raztezale, prsa su se dizala, a ošit (Zwerchfell) se stezala. Ovi su pokusi bili povod, da su liječnici stali upotrebljavati struju kod utopljenika, ne bi li ih oživili, jer je stezanje mišica u prsima moglo pluća potaknuti na ponovni rad. Čini se, da su male mišice na dnu kose također veoma osjetljive na struju, jer se kosa veoma lako nakostrieši.

Ovdje je mjesto, da se spomenemo dvaju novijih prijedloga za uporabu fizioloških učinaka električne struje. Zadnjih su naime godina sagrađeni strojevi, koji daju strašno jake struje. Tim je povodom Sheridan u New-Yorku godine 1883. predložio, da se na smrt odsudjeni zlikovci ovim „električnim putem“ i mnogo brže i mnogo „ugodnijim“ načinom odpreme na drugi svijet. On je jednostavno izumio zgodan, izolovani fotelj, na koji osudjenik sjedne. Bez ikakvih se okrutnih ili uzrujnih priprema pošalje kroz njegovo tijelo iznenada jaka struja i on je u istom času mrtav. Sheridan je svoj izum ponudio američkim oblastima, ali ne znamo, jesu li pokusi uspjeli.

Predložili su i ubijanje volova električnom strujom, pače Englez je Schmul pošao još dalje, pa je predložio, da se šiba u školi i korbač u tavnici zamjene „čovječnijim“ elektricitetom. Tko zna, ne će li učitelj kasnijih vremena red u školi uzpostavljati kakovim „Ruhmkorffom“ mjesto današnje „španjolske trstike?“

O porabi električnih struja u svrhe liječenja bit će spomena na drugom mjestu.



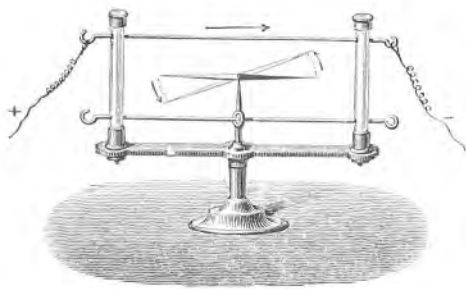
Tko je g. 1883. za vrijeme internacionalne električne izložbe razgledavao predmete izložene u krasnoj bečkoj rotundi, mogao je opaziti u sjevero-istočnoj galeriji bogatu i zanimljivu izložbu Danske. Na čelu joj stajalo malo poprsje sa podpisom „Oerstedt“, a kraj njega vrlo jednostavna i mala magnetična igla. Tko je „Oerstedt“ i što će ova primitivna igla kraj drugih velikih obreta, koji su ondje izloženi?

Pa ipak je ona ista igla bila izhodiste svim čudesima, kojim

si se na onoj izložbi divio, a njezin posjednik profesor Oerstedt u Kodanju bio je sretni obretnik pojava, koji je dao prvi povod, da se od g. 1820. do g. 1883. stvore ona čudesa na polju električnom.

Da vidimo dakle taj znameniti obret.

Tko je pomno pročitao svojstva magnetičke i električne sile, kako su u predjašnim člancima razložena, za stalno je opazio, da su si ove dvie sile dosta nalike u svojim svojstvima, pa mu je možda i nehotice sinula misao, niesu li te dvie sile u kakovu srodstvu. S toga su fizici već od davnna tražili takovu svezu izmedju obiju sila, ali su u tom nastojanju slabo uspijevali. Profesoru na sveučilištu kodanjskom Kristijanu Oerstedtu tek pošlo je za rukom, da nadje ovu tako dugo traženu svezu, ali ne slučajno, kako se to obično u knjigama priča, nego namjerice na temelju dužega raz-



Sl. 83. Djelovanje struje na magnetičnu iglu.

mišljanja o stvari. U maloj latinskoj razpravici od šest strana: „Experimenta circa effectum conflictus electrici in Acum magneticum“ sabrao je svoje pokuse i razaslao ju sam drugim fizicima, da pokuse opetuju i njegov obret potvrde.

Danas bi taj Oerstedtov obret ovako pokazali: na osnovnom je šiljku namještena deklinatorna magnetička igla, koja se sama smiešta u magnetički meridijan (sl. 83.). Nad iglom i pod njom, ne pre-daleko i s njom istoga smjera, prolazi po jedna žica, koja se može spojiti sa žicama, što dolaze od kakove galvanske baterije. Čim pustimo struju da teče na pr. gornjom žicom, opazit ćemo posvema nov, neobičan pojav: magnetička će se igla trgnuti i ostavit će magnetički meridijan, pa će stati unakriž sa žicom nad sobom. Pustimo li struju žicom izpod igle, opazit ćemo isti pojav. Čim

struju obustavimo, vratit će se igla u svoj prvi položaj nakon nekoliko nihaja.

Opetujmo ova dva pokusa, ali tako, da je smjer struje sada protivan od predjašnjega: ako je struja tekla od juga k sjeveru, neka sada teče od sjevera k jugu. I sada se igla odkloni iz meridijana i ostane unakriž sa žicom, ali sada se odklanja na protivnu stranu: ako se je prije sjeverni pol igle odklonio bio na lijevo, sada će poći na desno od žice,



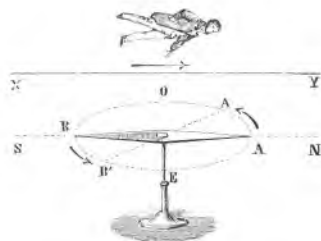
Sl. 84. A. M. Ampère.

Oerstedt je raspored svojih pokusa još dalje mienjao. Mjesto da vodi žice iznad i izpod igle, on je u drugom pokusu vodio jednu žicu osovno pred sjevernim polom, a drugu osovno pred južnim polom igle. I opet je opazio iste odklone igle prema tomu, kako je struju pustio da teče ili jednom ili drugom osovnom žicom odozdo

gore ili odozgo dolje. Odklon je igle svagda dotle trajao, dok je struja žicom tekla: čim je struja obustavljena, vratila se i igla u magnetski meridijan.

Evo dakle dugo tražene sveze između elektriciteta i magnetizma! Možemo ju zaodjeti u rieči: Kad god električna struja teče kraj magnetske igle, odklanja se igla iz magnetskoga meridijana i ostane odklonjena, dok struja kraj nje teče.

Viest o ovom obretu razila se u tili čas po cijeloj znanstvenoj Evropi i svagdje su pokusi Oerstedtovi opetovani. Sve je ipak nasljednike Oerstedtove, pače i njega samoga, daleko pretekao A. M. Ampère (od g. 1775.—1836.) [sl. 84.], profesor fizike na „College de France“ u Parizu. Od 18. rujna do 2. studenoga g. 1820. nije prošla ni jedna sjednica francuske akademije, a da ne bi Ampère pokazivao novih pokusa, koji su bili u svezi sa Oerstedtovim obretom.

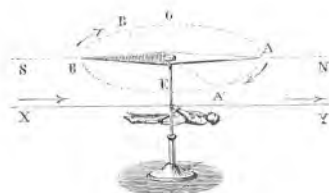


SL. 85. Odklon sjevernoga pola magnetske igle na lijevo; struja nad iglom.

Ponajprije je našao jednoliko pravilo, po kojem u svakom slučaju možemo odrediti, kuda će se igla iz meridijana odkloniti, kad na nju djeluje galvanska struja: to je glasovito Ampèrovo plivačko pravilo.

On je došao na originalnu misao, da personificira pozitivnu galvansku struju, pomišljajući, da strujom pliva čovjek, koji svoje lice u svakom položaju žice okreće prema središtu igle. Pozitivna dakle struja, koja teče žicom, ulazi u toga čovjeka njegovim nogama, a izlazi mu iz glave. Uz pomoć ovoga umišljenoga plivača mogao je Ampère sve slučajeve odklona, što ih je Oerstedt opazio, a on sam potvrdio, jednostavno ovako izraziti: Kad god električna struja teče kraj magnetske igle, odklanja se njezin sjeverni pol uvijek na lijevu ruku toga plivača.

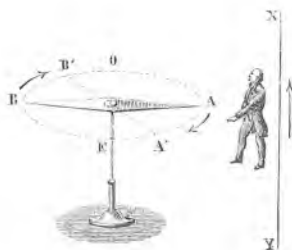
Evo nam primjera, da nam bude Ampérovo pravilo jasnije. U sl. 85. teče pozitivna struja žicom XY iznad igle AB . Njezin pol A , koji pokazuje k sjeveru, poći će u A' , t. j. na lijevu ruku naranoga plivača, dakle prama zapadu. Prolazi li struja XY izpod igle AB (sl. 86.) mora plivač da pliva na ledjima, ako hoće da vidi sredinu igle i sjeverni se pol igle A makne u A' , dakle sada na iztok, jer lijeva ruka plivačeva doista pokazuje na iztok. Promienimo



Sl. 86. Odklon sjevernog pola magnetičke igle na lijevo; struja izpod igle.

li u oba slučaja smjer struje tako, da ona sada teče od sjevera k jugu, očito je, da se i tielo plivačeva mora okrenuti, dakle se i sjeverni pol igle mora da okrene na protivnu stranu.

Ako je napokon struja XY vertikalna (osovna) [sl. 87.], imamo dva slučaja: ili se struja uzpinje žicom ili njom silazi. U prvom slučaju lijeva ruka plivačeva pokazuje na iztok, sjeverni se dakle pol igle odkloni na iztok, kako to i slika pokazuje. Naći



Sl. 87. Odklon sjevernog pola magnetičke igle na lijevo; osovna struja.

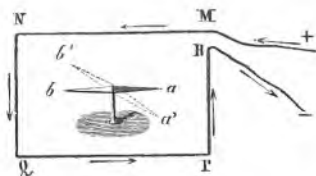
smjer odklona u drugom slučaju i kad je struja XY namještena pred južnim polom igle, možemo ostaviti brizi čitatelja.

Ne smijemo zaboraviti, da na magnetičku iglu uvijek djeluje zemaljski magnetizam, koji ju natrag vuče u magnetički meridijan. Ako dakle nad iglom teče struja, djeluju na iglu dvie sile u isti čas: galvanska struja i zemaljski magnetizam. Da je kakogod mo-

guće iglu oteći utjecaju zemaljskoga magnetizma, — a takovu iglu zovu astatičkom, — odклонila bi svaka struja iglu za kut od 90° , t. j. igla bi se odmah postavila okomito na smjer žice, kojom teče struja.

Ovim su se djelovanjem struje na iglu odmah okoristili, upotrebljavajući ga za konstrukciju aparata, koji sigurno pokazuju, da li kojom žicom teče kakova, pa bila i vrlo slaba struja, a onda dalje usavršeni, mogu mjeriti i jakost dotične struje. Zovu ih u obće galvanometri.

Teče li struja najprije iznad igle jednim smjerom, pa onda izpod igle protivnim smjerom poradi toga, što smo žicu previnuli (sl. 88.), lako se na temelju Ampérova pravila uvjerimo, da gornji i donji dio ove struje iglu u istom smjeru okreću. Ako je na pr. a sjeverni pol igle, okrenut će ga gornji dio struje MN u položaj a' , jer na iztok pokazuje lijeva ruka plivačeva. Kad je struja izpod igle, teče od Q prema P , a plivač mora da pliva na leđjima,



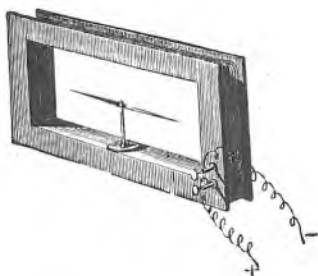
Sl. 88. Zajedničko djelovanje pojedinih česti struje na magnetsku iglu.

hoće li, da vidi iglu; lijeva mu ruka opet pokazuje na iztok, dakle i struja $Q P$ odклонja iglu na iztok. Zaista dakle oba diela struje djeluju na iglu istim načinom: njihovo se djelovanje pojačava. Omotamo li žicu oko drvenoga okvira mnogo puta, pa objesimo li u okvir magnetsku iglu, moći će i veoma slaba struja, budući da mnogo puta prolazi oko nje, odклонiti iglu iz meridijana. Takav je okvir sa omotanom žicom (sl. 89.) prvi upotrebio Niemač Schweigger već g. 1820. pak mu je nadjenulo ime „multiplikator“. Okvir je zajedno sa iglom postavio u magnetski meridijan i kroz zavoje poslao slabu galvansku struju: odklon je igle bio ipak velik i što je više zavoja na okviru bilo, to se jače igla odклонila. Da stane na okvir mnogo zavoja, treba da bude žica veoma tanka, nu tanke se žice struji opet jako opiru, s toga se ne smije po volji broj zavoja pomnožavati.

Nu budući da zemaljski magnetizam iglu uvijek natrag vuče u magnetski meridijan, ne će odklon igle nikada biti tolik, kolik bi

bio, da na iglu ne djeluje zemaljski magnetizam. S toga su fizici pokušali, ne bi li mogli iglu oštetiti utjecaju zemaljskoga magnetizma, a da ipak ostane magnetična.

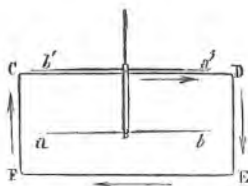
Talijanski fizik Nobile (od g. 1784.—1835.), najprije kapetan artiljerijski, a kasnije tek profesor fizike u Firenci, uspio je prvi u tom, da nadomjesti onu običnu iglu u multiplikatoru novom, na



Sl. 89. Multiplikator po Schweiggeru.

koju zemaljski magnetizam ne djeluje. Evo kako je jednostavno Nobile to pitanje riješio!

Dvie jednako jako magnetne i jednako velike igle ab i $a' b'$ spojene su tankom žicom mjedenom (sl. 90.) tako, da su protivni polovi na istoj strani. Sila, kojom na pr. južni magnetički pol zemlje privlači sjeverni pol a' gornje igle, baš je jednaka sili, kojom on južni pol donje igle b odbija. Ove se dvie protivne i jednake sile unište i ovaj par igala bit će „astatičan“, t. j. ostat

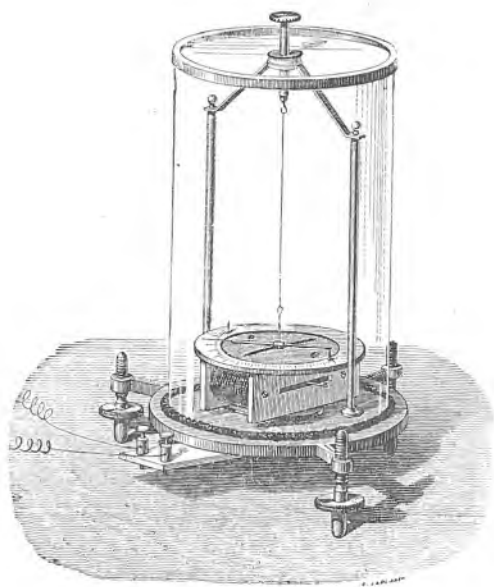


Sl. 90. Sustav od dvie astatičke igle.

će u svakom položaju, koji mu dadem, a ne će pokazivati težnje, da se uvijek vraća u magnetički meridian: on je neodvisan od zemaljskoga magnetizma, ali magnetizam u njem nije uništen. U praksi je inače dosta teško načiniti savršen par, jer nije laka stvar dvie igle sasna jednako magnetizovati, a ne dadu se lako ni sasna istosmjerno postaviti.

Ovakav „astatički par“ igala spojio je Nobili sa okvirom Schweiggerova multiplikatora, pa je dobio vanredno osjetljiv aparat. Zavoji gornji žice moraju da prolaze izmedju obiju igala, kako i pokazuje sl. 90. Struja će CD obje igle $a b$ i $a' b'$ u istom smjeru okretati po Ampère-ovom plivačkom pravilu.

Ovaj Nobilijev aparat i danas još rabi n obliku, kako ga pokazuje slika 91., kad god treba pokazivati vrlo slabe struje, koje običnu iglu ne bi mogle ni maknuti iz meridijana, dok ovaj astatički par okrenu gotovo za 90° .

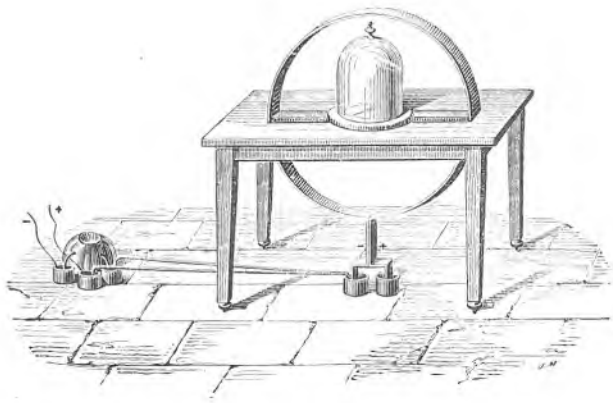


Sl. 91. Galvanometar po Nobiliju.

Na okviru drvenom ili od slonove kosti namotana je žica mnogo puta. Astatički je par igala na tankoj niti tako obješen, da dolnja igla lebdi medju gornjim i donjim zavojima. Igle se postavljaju, kako ište suk niti, na kojoj vise. Okvir mora da bude posvema istosmjernan s iglama. Tri šarafa služe za to, da se aparat postavi vodoravno, a stakleno zvono, prebačeno preko celoga stroja, čuva ga od strujâ u zraku. Pošalješ li galvansku struju kroz omot žice, okrenut će se sjeverni pol igle na desno ili lijevo, a da vidiš, za koliko su se igle okrenule, namješten je pod gornjom iglom krug, razdijeljen na 360° stupnjeva.

Dobro gradjeni instrumenat ove vrsti veoma je osjetljiv i na tako slabe struje, kakovih inače ne bismo nikako mogli pokazati. Dok su kuti, za koje se igla okrene od struje, maleni, može se po tom kutu ocieniti i jakost struje, nu čim je struja nešto jača, ona će iglu okrenuti za 90° .

Radi li se o tom, da se baš mjeri jakost struje odklonom igle, rabi drugi jednostavni aparat, u kojem ne ima astatičke igle, a sagradio ga prvi francuzki fizik Pouillet (sl. 92.). Struja se pošalje kroz krug načinjen od jedne debele žice u premjeru od 30 cm. od prilike. U središtu je kruga na šiljku 2—3 cm. duga igla magnetička, koja je pod staklom. Krug se i igla namjesti u magnetički meridijan, i struja, koju pošaljemo kroz žicu, okrenut će iglu za izviestan kut, koji će biti to veći, što je jača struja.



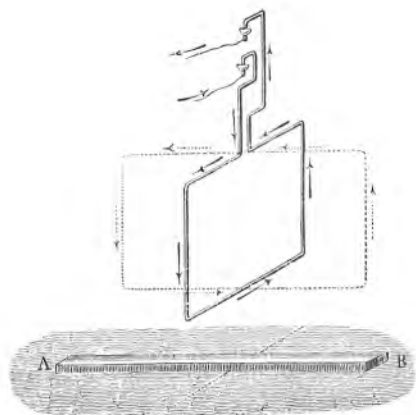
Sl. 92. Tangentna busola po Pouilletu.

Ovomu je jednostavnomu, ali za mjerenje jakosti strujâ veoma spretnomu aparatu nadjenao obretnik ime: „tangentna busola“ s razlogâ, kojih se ovdje ne možemo taknuti. U njem nadjosmo drugu, kud i kamo zgodniju mjeru za jakost naših struja. Dok Faraday-ev voltametar ište velike priprave i dosta vremena, dok saznaš jakost struje, ovaj aparat Pouillet-ov bez ikakve priprave kaže u svakom času jakost struje po odklonu igle iz meridijana. I ovdje vidimo čovjeka misaonoga, gdje jedva obreten novi pojav upotrebljava, da se njim okoristi u daljnjem izpitivanju ovoga novoga pojava samoga i nadje druge nove pojave; i doista da ne bude onih osjetljivih

galvanometara Nobilijevih, da ne bude „tangentne busole“, naše bi znanje o novim pojavima struje danas bilo kud i kamo manje!



Vidjeli smo malo prije novi učinak galvanske stroje: struja odklanja deklinatornu iglu iz magnetičkoga meridijana. Pri tom se rasporedu pokusa mogao magnet okretati, a struja je bila stalnoga smjera. Nu što bi se pokazalo, da raspored naših pokusa okrenemo, t. j. da se žica, u kojoj teče struja, može okretati, a magnet da imade stalan položaj? Ne bi li se i sada moralo pokazati kakovo djelovanje magneta na struju, koje bi se u tom očitovalo, da se struja iz svoga položaja odklanja?



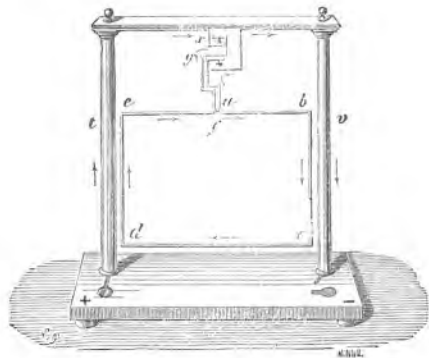
Sl. 93. Djelovanje magneta na iglu.

Ova su pitanja i Ampère-u sinula, čim je našao potvrđen obret Oerstedtov. Odgovora na ova pitanja unapried dakako da nije znao; valjalo je upitati i ovdje pokus. Ampère je s toga najprije sagradio poseban aparat, na kojem su se žice, u kojinna teče struja, veoma lako okretale. Savinuo je bakrenu žicu u oblik pačetvorine (sl. 93.) i objesio je šiljaste krajeve žice u dvie male zdjelice, pune žive. Zdjelice su se mogle spojiti sa baterijom i struja je onda tekla i kroz žicu, koja se pri tom mogla veoma lako okretati. Žica neka stoji na pr. u položaju, točkama označenom, a struja neka teče, kako kazuju striele. Pod ovu žicu metnuo je sada Ampère jak magnetički štap *AB*, kojemu je sjeverni pol *A*. Što je očekivao, javilo se

zbilja: žica nije ostala u svom položaju, nego se stala naglo okretati i nakon nekoliko nihaja stala je u novom svom položaju okomito na os magneta, kako i slika pokazuje. Struja se tako postavila, da je sjeverni pol štapa bio opet na lijevoj ruci plivača, koji sa strujom pliva u donjem dielu žice. Kad je Ampère smjer struje preokrenuo, okrenula se odmah i žica za 180° , to jest ona je i opet stala okomito na os magneta tako, da je i sada sjeverni pol *A* na lijevoj strani plivača.

I magnet dakle djeluje na struju po istom zakonu, po kojem struja djeluje na magnetičnu iglu.

Nije Ampère ni s ovim uspjehom bio zadovoljan. On je dalje mislio: ako struja odklanja magnetičnu iglu, i obratno opet magnet okreće struju u stalan smjer, nije li vjerojatno, da će i jedna struja



Sl. 94. Istosmjerne se struje jednakoga smjera privlače.

djelovati na drugu, ako se jedna od njih može po volji okretati oko osi? Odmah je pošao na posao, da pokusima izpita stvar i uspjeh je bio sjajan, jer je svijet opet saznao za posvema nove učinke galvanske struje, koji u znanosti čine elektro-dinamiku.

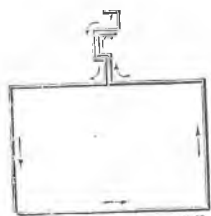
Sagradio je Ampère za ove pokuse nov aparat (sl. 94.). Dva su metalčka stupa *t* i *v* spojena sa polovima baterije. Struja se uzpinje lievim stupom i vodoravnom ručicom i ulazi u pačetvorinu od bakrene žice, koja se veoma lako okreće oko osnovne osi svoje. Žica je tako savijena, da struja najprije podje na desno i onda se opet uzpinje u lijevoj strani žice. Tu izlazi iz gibljive žice u desnu ručicu i spušta se niz desni metalčki štapa k drugomu polu baterije. Razpored je pokusa dakle takov, da su struje u stupcu *t* i u bliž-

njem komadu žice $d e$ istosmjerne, i da obje teku odozdo gore. Na desnoj su strani aparata opet obje struje istosmjerne, ali obje teku odozgo dolje. Čim je Ampère kroz aparat poslao galvansku struju, opazio je nov pojav: ove se paralelne struje istoga smjera živo privlače. Kako god bi okrenuo žicu $a b c d e$, ona bi se uvijek povratila u položaj, koji je na slici zabilježen.

Ampère je dakle našao i nov pojav i nov zakon:

Paralelne se struje privlače, ako obje teku istim smjerom.

Ampère je sada žicu $a b c d e$ nadomjestio drugom (sl. 95.), koja je nešto drugačije bila savinuta. Struja naime u njoj nije išla najprije na desno, nego se na lijevoj strani spuštala, a na desnoj uzpinjala. Razpored je dakle pokusa na aparatu (sl. 94.) sada bio takov, da su struje u stupcima i bližnjim dielovima žice bile doduše



Sl. 95. Pokus o odbijanju paralelnih struja protivnoga smjera.

paralelne, kao i prije, ali su tekle protivnim smjerom: jedna gore, druga dolje. Čim je Ampère poslao struju kroz aparat, evo mu opet novoga pojava: ove su se dvie struje veoma živo odbijale i žica se za tili čas postavila unakriž sa stupcima aparata. Ampère je dakle našao drugi novi pojav i zakon:

Paralelne se struje odbijaju, ako teku protivnim smjerom. Niesu li obje struje paralelne, nego se križaju, pokazuju težnju, da se postave paralelno: struja, koja se može okretati, doista se okreće oko točke, u kojoj se križaju, tako dugo, dok ne dodje upravo u smjer one druge struje, ali tako da u objema žicama struje teku na istu stranu. Ampère se i o tom pojavu uvjerio pokusom i njim je dokazao za neparalelne struje ova dva zakona:

Neparalelne se struje privlače, ako obje teku prama vrhu kuta, što ga čine žice, ili obje od njega.

Neparalelne se struje odbijaju, ako jedna teče prama vrhu kuta, dok druga od njega odlazi.

Ampère je dakle do sada našao, da električne struje djeluju na magnete, i obratno magneti djeluju na struju; nu i dvie struje djeluju uzajmice upravo tako, kao što i magnet djeluje na struju: svaki položaj, što ga je primila žica u slici 93. utjecajem magneta,

mogao joj je Ampère dati i utjecajem druge struje, koju je izpod nje zgodno namjestio. Magnet se dakle može u ovim pokusima upravo nadomjestiti galvanskim strujama, s toga se u Ampère-u malo po malo razvila misao: ne dađu li se možda u obće magneti nadomjestiti galvanskim strujama, t. j. ne bi li se prirodna sila, koju mi nazivljemo „magnetizam“ dala posvema tim raztumačiti, da rečemo, i u magnetu teku neprestano galvanske struje: magneti i niesu ništa drugo nego galvanske struje, koje u magnetskom tijelu teku izviestnim smjerom?

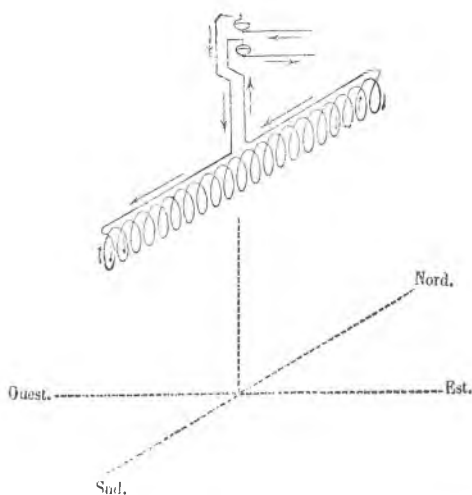
Oprezan kao svaki pravi izpitalac prirode, Ampère je ovu misao stao postepeno prokušavati pomnim i liepim pokusima. Nekoliko njih zanimat će svakako čitatelja.

Ponajprije zaključio je Ampère: ako umjetni magnet *AB* (sl. 93.) galvansku struju postavlja okomito na svoju os, mora da to isto radi i naš veliki zemaljski magnet, komu je os u magnetskom meridijanu. Pokus mu je to doista i potvrdio. Odstranio je izpod žice (sl. 93.) magnet, pa je onda tek poslao struju kroz žicu, i gle čuda: žica se stala vrtjeti oko svoje vertikalne osi, dok se nije postavila baš okomito na magnetski meridijan; ujedno je opazio, da se struja u zapadnom komadu žice uvijek uzpinje, u istočnom komadu spušta, dakle struja u donjem ravnom dielu žice teče od iztoka na zapad.

Nu isto bi se tako bila postavila naša žica, da je izpod nje tekla druga galvanska struja od iztoka k zapadu. Očito je dakle, da zemlja u ovom pokusu djeluje kao kakova žica, kojom struja teče od iztoka k zapadu. Ampère je dakle rekao, da magnetsko djelovanje zemlje upravo potječe odtuda, što u zemlji svagdje od iztoka k zapadu teku galvanske struje okomite na smjer magnetskoga meridijana. Budući da ovih struja na površini zemlje ne opažamo, pomišlja ih on nešto pod površinom u kori zemaljskoj.

Prateći ovu misao dalje, pokazao je Ampère daljnim pokusima, da se i svaki umjetni magnet može porediti ovakim galvanskim strujama, kakove on pomišlja oko zemlje. Savio je naime oko valjka mnogo puta bakrenu žicu, a krajeve je savinuo k sredini, te je cijelu zavojnicu ili spiralu mogao objesiti na zdjelice aparata u slici 93. Ova se zavojnica dakle mogla u vodoravnoj ravnini okretati, a ujedno je mogao njom poslati galvansku struju. Čim je poslao struju ovom spiralom (sl. 96.), opazio je na njoj gibanje: ona se okretala oko osi, dok nije došla tačno u magnetski meridijan, baš tako

kao da u njoj leži kakova magnetska igla, kojoj je sjeverni pol na lijevoj strani plivača po Ampérovu pravilu. Ovu je zavijenu žicu Ampère nazvao imenom: „solenoid“ ili „električni magnet“, jer se ona sama postavlja u magnetski meridijan, čim njom teče struja, kao da je prava magnetska igla. A tako i mora da bude, jer se svaki zavoj mora da postavi okomito na magnetski meridijan po predjašnjim pokusima Ampère-ovim, i to tako, da struja u njem na donjoj strani teče od izтока k zapadu; os cijeloga solenoida podudarati će se dakle tačno sa smjerom magnetskoga meridijana. Gledajući struju u solenoidu sa sjeverne strane, vidjet ćeš, gdje



Sl. 96. Namještanje solenoida u magnetski meridijan utjecajem zemlje.

teče u zavojima s desna na lijevo ili obratno od kazala na uri, a gledajući ju sa južne strane, vidjet ćeš, gdje teče od lijeva na desno, kao kazalo na uri. Čim je Ampère smjer struje preokrenuo, počeo se ponovno gibati solenoid: okrenuo se za punih 180° i postavio opet tačno u magnetski meridijan, samo je sada drugim svojim krajem pokazivao na sjever.

Evo nam dakle nove istine:

Solenoid od bakrene žice, kojim teče galvanska struja, postavlja se uvijek tačno u magnetski meridijan, kao i magnetska igla. Kraj, na kojem vidiš struju teći obratno od kazala na uri, uvijek se okrene k sjeveru, a kraj, gdje struju vidiš teći kao kazalo na uri, uvijek se okrene k jugu.

Obični su dakle magneti i ovi Ampère-ovi solenoidi posvema istovjetni prema dojmu zemaljskoga magnetizma: obični se magnet može zamijeniti ovakom spiralom.

Ali magneti pokazuju još i drugih pojava, pa kad bi bio Am-

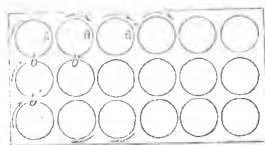
pére samo na temelju ovoga jedinoga pojava, da se solenoid postavlja sam u magnetski meridijan, uztvrdio, da i obični magneti nisu ništa drugo, nego ovakovi solenoidi, bio bi ga s pravom stigao prigovor neoprezna zaključivanja. Nu umni je Francuz posvema drugačije postupao. Na temelju pokusa izpitivao je on svoje kružne struje, što teku u solenoidu, da li se slažu sa magnetima i u drugim pojavama. Evo što je našao:

1. Solenoid se, zgodno obješen, naklanja sa svojim polom sjevernim k obzorju baš pod kutom inklinacije, kao i inklinatorna igla.

2. Istoimeni se polovi dvaju solenoida odbijaju, a raznoimeni privlače, baš kao kod magneta.

3. Magnet djeluje na solenoid, kao na kakovu magnetsku iglu: istog imena pol odbija, a protivnog privlači.

U oči ove podpune analogije između magneta i solenoida nije se Ampère više susprezao, da izadje pred znanstveni svijet sa posvema novim nazorom o magnetizmu, po kojem se svi magnetski pojavi tumače kao učinci električnih struja, a taj je njegov nazor tako glasovita Ampère-ova teorija magnetizma. Evo je:



Sl. 97. Struje oko drobnica u magnetu.

Magnetičke tvari, u prvom redu željezo, sielo su — po tom nazoru — električnih struja, koje neprestano kolaju oko svake drobnice željeza. Dok željezo ne pokazuje nikakoga magnetizma, te struje kolaju oko drobnice u raznim smjerovima, pa jedna smeta djelovanju druge. Nu čim se u željezu pokazuje magnetizam, moramo zaključiti, da su se sve ove struje poredjale jedna paralelno drugoj, kao što teku struje u pojedinim zavojima solenoida (sl. 97.). Kruzi a , a' , a'' , b , b' , b'' , predočuju nam ove struje, kako teku istim smjerom oko drobnica željeza. Oni dielovi struja, koji su jedan do drugoga, teku protivnim smjerom, pa se unište u svom djelovanju na druge magnete, s toga u svakom sloju magneta djeluju samo izvanjski dielovi struja, a djelovanje je isto, kao da na površini magneta oko njega teče jedna struja u svakom sloju, kako to pokazuje slika 98.

Dok je Ampère g. 1820. od rujna do prosinca opisane pojave nalazio i svietu javljao, radio je i drugi francuzki fizik Arago oko Oerstedtova obreta, i već je u rujnu g. 1820. javio svietu nov, smijemo danas reći, upravo epohalan učinak galvanske struje: galvanska struja ne odklanja samo gotove magnete iz meridijana, nego može i obično željezo pretvoriti u veoma jak magnet.

Evo kako se to zbilo.

U rujnu te godine utaknuo je Arago bakrenu žicu, kojom je tekla struja, u željeznu pilotinu i opazio je za čudo, da se pilotina okolo na okolo uhvatila bakrene žice, kao da je ona kakov magnet; čim je struju prekinuo, odpala je pilotina. Bakrena je žica dakle, dok je njom tekla struja, bila pravi magnet. Da bude još sigurniji, da je to bilo baš magnetično, a ne možda kakovo električno privlačenje, nadomjestio je željeznu pilotinu drugim lakim tjelesima pa nije opazio nikakvoga privlačenja: ovo je dakle svakako magnetički pojav.



Sl. 98. Zajednička struja na površini magneta.

Kasnije je igle od mekog željeza i čelika okomito polagao na žicu, kojom je tekla struja, i opazio, da je struja te igle pretvarala u prave magnete sa dva pola: sjeverni se pol uvijek napravio na lievoj ruci plivača, sasma po Ampère-ovu pravilu. Kad je struju prekinuo, izgubio se magnetizam u mekoj igli odmah, igla pak od čelika ostala je trajno magnetična!

Tim je bio obreten novi, veoma važni pojav: želiš li željezo pretvoriti u magnet, položi ga samo poprieko na žicu, kojom teče električna struja. Smjesta se željezo pretvorilo u magnet, a sjeverni će pol toga novoga magneta biti na lievoj ruci Ampère-ova plivača.

Kako jednostavan način, dobivati umjetne magnete, kad ga usporediš onim tegotnim metodama, koje smo u članku o magnetizmu opisali!

Ali naskoro nadjoše Arago i Ampère, da se i meko željezo i čelik kud i kamo jače magnetizuju, kad su željezni štap ili iglu

utakli u spiralu od bakrene žice, Ampère-ov solenoid. S toga su omotali staklenu ciev žicom, u ciev metnuli željeznu iglu, koju su htjeli pretvoriti u magnet, a žicom poslali jaku galvansku struju: igla je smjesta pokazivala veoma jak magnetizam.

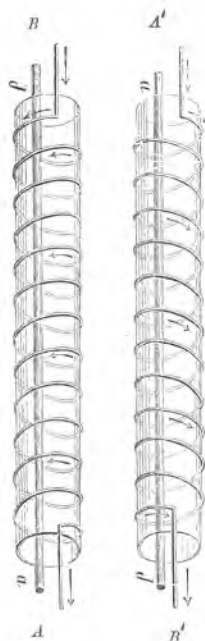
Kako slika 99. pokazuje, mogu žicu dvojako motati oko cievi: stoji li ciev vertikalno, mogu namotavati odozgor dolje i svaka se zavojnica savija s desna na lijevo, i to je desna spirala ili desni solenoid AB ; savijam li, kako pokazuje druga slika, žicu najprije na lijevo, dobivam lijevu spiralu $A'B'$.

Ide li struja ovim spiralama, kako kažu striele, načinit će se sjeverni pol A kod desne spirale dolje, a kod lijeve gore po Ampère-ovu plivačkom pravilu: plivaču na lijevoj ruci uvijek je sjeverni pol.

Već smo prije iztaknuli, da ovaj magnetizam u mekom željezu samo dotle traje, dok oko njega teče struja: nu jakost je toga prolaznoga magnetizma veoma velika, to veća, što je čišće i jednoličnije bilo željezo i što je više zavoja spirale oko njega omotanih. Hoću li dakle da ovim putem dobijem veoma jak magnet, obaviti ću tanku bakrenu žicu pomno svilom, pak ću jedan zavoj žice položiti odmah tik drugoga: svila između njih ne da, da struja preskače s jednoga zavoja na drugi.

Ovakov željezni štap, koji je na gusto omotan spiralom, zovu: elektromagnetom, za razliku od običnih trajnih magneta. Mekomu željeznomu štapu, ili kako radije kažu, željeznoj jezgri elektromagneta daju obično oblik valjka, koji je savijen nalik podkovi, a oko svakoga kraka njezinoga obavita je spirala. Gdje kada rabe i dva željezna paralelna valjka, koji su omotani žicom, a na jednoj strani su spojeni željeznom pričkom.

Čim se ovakvim elektromagnetom pošalje struja, pa bilo i jednoga samo Bunsenova elementa, on se pretvori u jak magnet, o



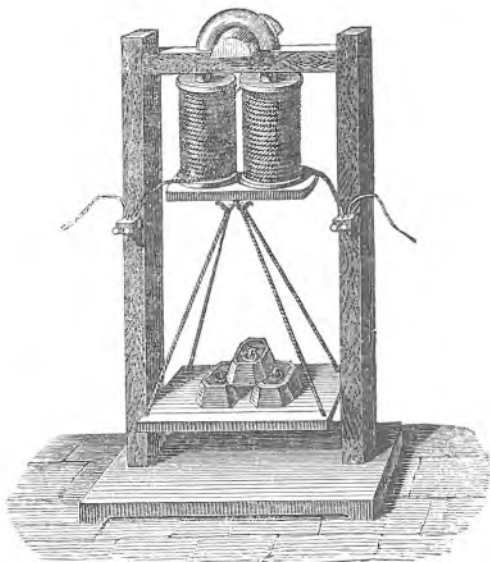
Sl. 99. Struja pretvara čelik u magnet; desna i lijeva zavojnica.

kom i unapried možemo reći, gdje će biti njegov sjeverni pol: Ampère-ovu plivaču na lievoj ruci.

Snaga je ovakim elektromagnetima prema broju zavoja, prema jakosti i prema dimenzijama željezne jezgre, različita; nu nije teško napraviti razmjerno male elektromagnete, koji na svojoj kotvici nose veoma velike terete (sl. 100.). Francuz je Pouillet na pr. dao sagraditi taki elektromagnet, koji je nosio više tisuća kilograma.

* * *

Faraday je u studenom g. 1831. dojavio učenomu svijetu opet nov pojav o zaisto čudnovatom djelovanju električne struje na tje-

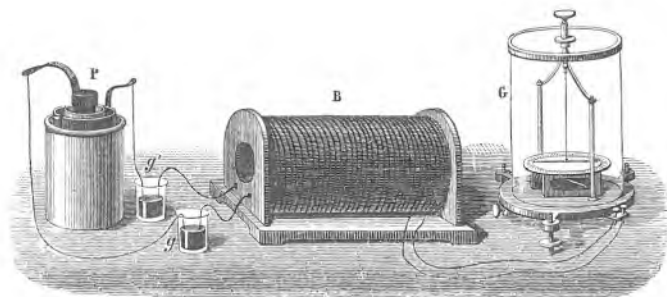


Sl. 100. Elektromagnet nosi na kotvici teret.

lesa, koja su blizu nje. Kroz odugu žicu poslao je struju jednoga elementa ili ciele baterije. Sasma blizu ove žice postavio je drugu žicu, istosmjernu sa prvom, pa je krajeve ove žice spojio sa veoma osjetljivim galvanometrom Nobilijevim. U času, kad je struju pustio u prvu žicu, opazio je, da se igla galvanometra trgnula iz svoga položaja, ali se nakon nekoliko nihaja povratila u nj. Što dokazuje ovaj pokus Faraday-ev? Trzaj magnetičke igle svakako kaže, da je i onom drugom žicom proletjela električna struja, nu pošto se igla odmah vratila u svoj stari položaj, ta je električna struja trajala veoma kratko vrijeme.

Nu odkuda u toj drugoj žici struja, pa trajala ona i jedan časak, kad ta žica nije spojena sa nikakvom baterijom? Uzrok toj struji očito je u bližnjoj žici, kojom je Faraday poslao struju svoje baterije: u času, kad je struja stupila u prvu žicu, probudila je u bližnjoj žici na čas drugu galvansku struju koja je, sudeći po odklonu igle, bila protivnoga smjera sa strujom baterije.

Uzprkos tomu, što struja baterije sveudilj teče prvom žicom, ne miče se više igla galvanometra iz svog položaja: dokaz, da u drugoj žici ne teče više nikakova struja. Tek u času, kad je Faraday struju prekinuo, kad je dakle prestala teći struja prvom žicom, trgla se opet igla galvanometra, ali sada na protivnu stranu, i dokazala je tim, da je i u tom času drugom žicom proletjela



Sl. 101. Indukcija strujom.

struja, koja je bila sada istoga smjera sa strujom baterije. Nu i ta je druga struja trajala tek jedan časak, jer se igla namah vratila u svoj prvi položaj. Evo nam dakle posvema novoga pojava:

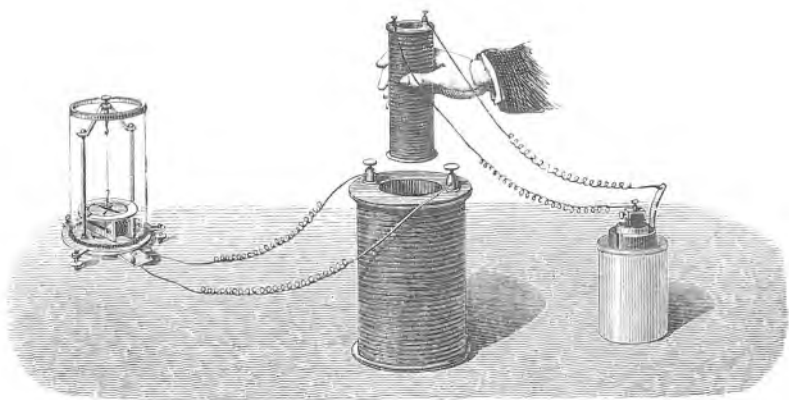
Kad u žici galvanska struja počne i prestane teći, probudi ona u drugoj bližnjoj žici časovite galvanske struje, prvi put protivnoga, a drugi put istoga smjera sa strujom baterije.

Ovom je pojavu Faraday nadjenulo ime: indukcija; on kaže: prva je struja u drugoj žici inducirala (probudila) dvie časovite galvanske struje, pa s toga zove onu struju, koja ih je probudila, glavnom strujom, a one dvie, u drugoj žici probudjene struje, zove navedenim ili induciranim strujama. Prva, koja se u blizoj žici javlja, kad počne teći glavna struja, zove se struj'a

početnica, a druga, koja se javi, kad glavna struja prestane, zove se struja zaključnica.

Prvi se pokusi Faraday-evi i danas svagdje izvode, gotovo isto tako, kako ih je on sam izveo.

Nu da budu probudjene struje nešto jače, potrebno je, da su žice, kojima teku, dugačke; s toga se žice danas obično namotaju na šuplje drvene valjke. Obično namotaju jednu žicu na širok šuplji valjak, a drugu na mnogo užu, koji sav stane u šupljinu prvoga. Veći se valjak spoji sa galvanometrom, a manji, pošto je već utaknut, sa polovima jednog Bunsenovog elementa. Mjesto da svaku žicu namotamo na poseban valjak, možemo i obje žice namotati na isti valjak, ako smo samo žice pomno omotali svilom, da budu zavoji jedne žice sasvim izolovani od zavojâ druge.



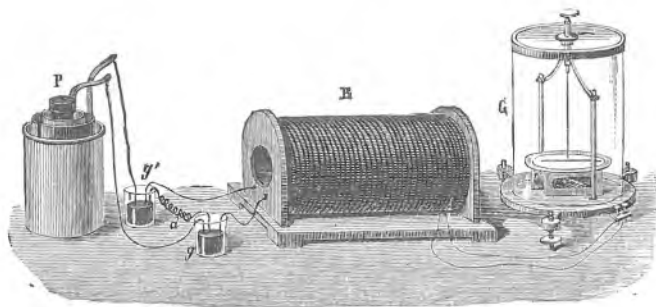
Sl. 102. Indukcija približavanjem i odmicanjem glavne struje.

Ovaki raspored pokusa pokazuje naša slika 101. Na valjak su *B* namotane obje žice: krajevi jedne, kojom će teći struja, izlaze iz valjka na lijevoj strani, a krajevi druge žice, u kojoj će se indukcijom probuditi struje, izlaze na desnoj i vode dalje k Nobilijevu galvanometru *G*. Sa polova Bunsenova elementa vode žice u dvie čašice sa živom *g* i *g'*. Utaknemo li u te čašice i krajeve lijeve žice, teći će tom žicom struja; izvadimo li jednu žicu iz žive, struja je prekinuta. Utičući dakle jedan kraj žice u živu i vadeći ga iz nje, mogu po volji i veoma zgodno struju u namotanu žicu poslati ili ju obustaviti.

I zbilja se pri ovom rasporedu pojav indukcije veoma liepo

pokazuje: utaknem li na pr. kraj omotane žice u bočicu *g*, trgne se igla i pokazuje struju protivnoga smjera od glavne. Izvadim li taj kraj, glavna se struja prekinula, a igla se trgnula na drugu stranu, javljajući nam struju u drugoj žici, koja inade isti smjer kao i glavna. Obje struje traju tek časak, jer se igla namah vraća u svoj stari položaj.

Promijenimo raspored pokusa. (sl. 102.). Svaka je žica na svom valjku namotana i jedna (na užem valjku namotana) spojena je sa Bunsenovim elementom, te njom neprestano teče stalna struja, a druga (namotana na širem valjku) spojena je sa galvanometrom. Utaknemo li sada naglo prvi valjak u drugi, igla se opet trgne u znak, da je žicom vanjskoga valjka projurila inducirana struja, a njezin je smjer i opet protivan smjeru glavne struje. Dok je jedan



Sl. 103. Indukcija promjenom jakosti glavne struje.

valjak u drugom, nema u vanjskoj žici više ni traga kakovoj struji; tek u času, kad uži valjak naglo izvučemo, trgne se igla ponovno i pokazuje, da se probudila druga struja, koja je istoga smjera sa glavnom.

Ovaj nam pokus očituje nov način indukcije. Ne samo, kad glavna struja počne i prestane teći, nego takodjer i onda, kad se glavna struja primiće kakovoj žici ili se od nje odmiće, javlja se pojav indukcije sasvim istim redom kao prije.

Razporedimo pokus još na treći način, pak ćemo naći i treće vrelo za postanak istog pojava.

Na istom su valjku namotane obje žice, kao kod prvoga pokusa. (sl. 103.). Struja Bunsenovog elementa teče najprije u čašice

sa živom, a iz njih jednom namotanom žicom. Igla na galvanometru sasma je mirna. Nu utakneš li u obje čaše još jednu žicu *d*. trgnut će se u istom času igla: drugom je žicom proletjela inducirana struja istoga smjera sa glavnom.

Odkuda sada inducirana struja? Niti se glavna struja tek počela, niti se mogla žici primaknuti. Nu što se zbilo sa strujom Bunsenova elementa u času, kad sam u čaše utaknuo žicu *d*? Očito se struja razdijelila u dvoje: jedan je dio izravno prešao iz jedne čaše u drugu preko nove žice *d*, a tek drugi manji dio glavne struje prošao je omotanom žicom. Tim dakle, što sam utaknuo u čaše žicu *d*, oslabio sam znatno glavnu struju i ovo je oslabljenje njezino bilo povod, da se u drugoj žici probudila na časak struja istoga smjera. Dignimo sada žicu *d* iz čašica. Struja će Bunsenova elementa opet cijelom svojom snagom teći kroz namotanu žicu, jakost je struje najednoč porasla i, gle, u tom se času igla opet trgla iz svoga položaja, pokazujući nam svojim odklonom, da je sada inducirana struja protivnoga smjera od glavne.

I opet nam se javlja isti pojav indukcije, ali sada mu je uzrok pojačavanje i slabljenje glavne struje.

Da skupimo sve pojave u jedno.

Galvanska struja budi u obližnjoj žici indukcijom časovitu struju protivnoga smjera:

1. kad se započinje;
2. kad se žici približuje;
3. kad joj poraste snaga.

Ista ova galvanska struja probudit će u obližnjoj žici indukcijom časovitu struju svojega smjera:

1. kad prestane teći;
2. kad se od žice udaljuje;
3. kad joj snaga popusti.

Nu po Ampère-u ni naši umjetni magneti niesu drugo, nego paralelne galvanske struje, pa po tom smijemo slutiti, da će i magneti, kad ih primičemo žici ili od nje odmičemo, u njoj probuditi indukcijom struje nalik predjašnjim. Ako nam pokus potvrdi slutnju, on će tim ujedno silno u nas okriepiti vjeru u krasnu hipotezu Ampère-ovu.

Isti slavni Faraday potvrdio je ovu slutnju doista pokusima, i našao:

U svakoj se žici probudjuje indukcijom magneta struja protivnoga smjera:

1. kad se magnetički pol žici primakne;
2. kad magnetizam u željezu postaje;
3. kad se magnetizam u željezu pojačava.

Probudjuje se pak u istoj žici struja istoga smjera:

1. kad se magnetički pol odmakne;
2. kad se magnetizam uništi;
3. kad mu se umanjuje snaga.

Ovu vrst indukcije uz pomoć jakog magneta zovu fiziци: magneto-indukcijom, a onu prvu vrst uz pomoć glavne galvanske struje: volta-indukcijom.

Prije nego zaključimo svoje razmatranje o ovom zaista čudnovatom učinku galvanske struje i magneta, što mu nadjenusmo ime indukcija, bit će dobro, ako se još časak ustavimo kod ovih induciranih struja, poredjujuć ih konstantnim galvanskim strujama, što nam ih daju već prije opisane naše baterije.

Kod baterije imademo nerazmjernan trošak za postanak struje i velik gubitak vremena, dok baterije sastavimo, a kod indukcije, mjesto svega toga, malu mehaničnu radnju. Je li čudo, da su fiziци odmah nakon ovih divnih obreta Faraday-evih pokušali, ne bi li mogli nadomjestiti skupocjene baterije strojevima, osnovanim na indukciji, tim više, što su ove inducirane struje mnogo jače nego glavne.

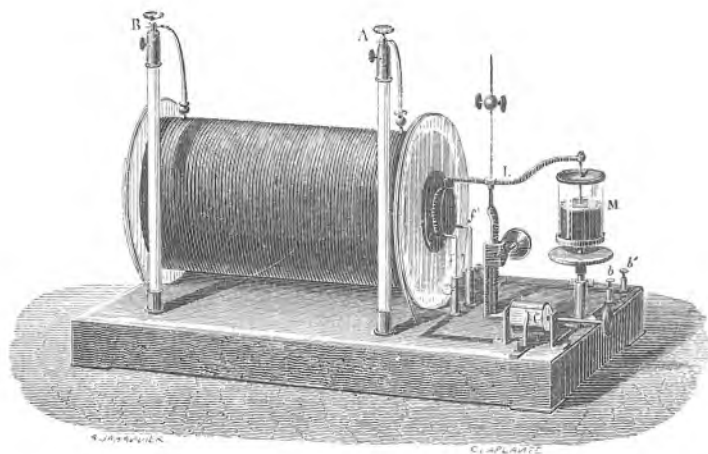
Izvedenju ove namisli veoma je smetalo jedno svojstvo ovih indukcijom probudjenih struja: svaka baterija daje struju, koja, dugo vremena jednako jaka, neprestano teče žicom; indukcijom probudjene struje su pak časovite, između jedne i sljedeće prodje uvijek nešto vremena, i osim toga su dvie sljedeće struje protivnoga smjera. Trebalo je ove dvie zapreke svladati, pa smo od indukcije dobili strojeve, koji nam daju, na temelju veoma jednostavne mehanične radnje, jake galvanske struje. Zapreke su ove danas doista svladane, a saznavši kako, primaknuo se čitatelj neposredno spoznaji i razumijevanju onih čudnih modernih strojeva, koji danas izvide sva električna čudesa.

Prvu vrst indukcije, gdje galvanska struja u bližnjoj spirali od žice probudjuje časovite struje, upotrebio je pariški mehanik

Ruhmkorff za konstrukciju po svem svijetu poznatoga aparata, koji se zove: „Ruhmkorffov induktorij“. Prvu je ideju za taj aparat dao Masson g. 1842., nu izveo ju je tek i aparat silno popravio Ruhmkorff uz pripomoć francuzkoga fizika Fizeau-a.

Snaga je induciranih struja ovoga aparata silna, za to ćemo se i mi najprije s njim upoznati.

Ruhmkorffov induktorij vidimo na slici 104. Glavne su mu česti dvie spirale od žice: jedna — nutarnja, kojoj su zavoji od veoma debele (2—3 mm.), ali razmjerno kratke žice (50—60 m.) načinjeni. Na slici dakako te spirale ne vidimo, tek njezini krajevi izlaze kod f f' iz šupljine valjka i ulaze u dvie stežaljke. Na vanjskoj strani drvenoga valjka namotana je druga spirala: njezini su zavoji



Sl. 104. Ruhmkorffov induktorij.

od veoma tanke $\frac{1}{4}$ mm. dobro izolovane, i veoma duge (do 120 kilometara) žice napravljeni. Krajevi ove žice ulaze u dvie stežaljke A i B , koje stoje na staklenim nogama.

U ovu prvu nutarnju spiralu utaknuo je Ruhmkorff snop debelih žica od mekoga željeza, koje vire na jednom i na drugom kraju iz valjka (na slici se vidi samo desni kraj).

Kad god proleti struja nutarnjom spiralom, ulazeći kod f i izlazeći kod f' , probudit će se u vanjskoj spirali časovita struja s jedne strane od glavne struje, koja teče nutarnjom spiralom, a s druge strane i od magnetizma, koji se u tom času probudio u snopu željeznih žica.

Kad god se opet glavna struja prekine, probudit će se u vanjskoj spirali opet časovita struja prvo s toga, što je glavna struja prestala, a drugo s toga, što je u istom trenu i meko željezo izgubilo svoj magnetizam. Ove će dvie inducirane struje biti protivnoga smjera, a svaka će trajati samo jedan tren.

Uspijemo li sada u tom, da glavnu struju svaki čas puštamo u nutarnju spiralu i odmah zatim opet prekinemo, dobit ćemo u vanjskoj spirali cio niz časovitih struja i jedna će slijediti iza druge to brže, što češće glavnu struju skapčamo i prekidamo. Budemo li ovaj posao veoma brzo obavljali, dobit ćemo gotovo neprekinut niz struja tako jakih, kakovih ni iz najjačih baterija ni s daleka dobiti ne možemo.

Još nam dakle valja saznati, kakovim je mehanizmom Ruhmkorff postigao ovo često prekidanje struje, jer je očito, da čovjek sam toga posla ne bi ni s daleka mogao obavljati dosta brzo, kad bi na pr. kao prije kod Faraday-evih pokusa jednu žicu baterije svaki čas uticao u čašu živoga srebra. Taj sitni mehanizam, što obavlja prekidanje struje tolikom brzinom, da mu ne možeš ni vidjeti gibanja, nego tek osobiti zvuk javlja, da on radi, zovu: prekidač struje (interruptor).

Na naslikanom induktoriju vidimo: prekidač sa živom, kako ga je izumio francuzki fizik Leon Foucault.

Nu kod manjih Ruhmkorffovih aparata, kako vise obično prodavaju za fiziološke učinke ovih struja, rabi drugi prekidač, pa zato će biti dobro, da ga čitatelj upozna. Zovu ga „prekidač sa batićem“, a izumio ga je Neef.

Slika nam 105. pokazuje taj batić.

Žica nutarnje spirale na Ruhmkorffu izlazi kod L i ulazi kod H u mjedeni izolovani stupčić, koji na svom gornjem kraju nosi batić KD od mekog željeza. Na donjoj je strani bata D komadić platine I . Prije nego što teče struja, leži bat D na podlozi od platine B , koja je na elastičnom peru $A B$.

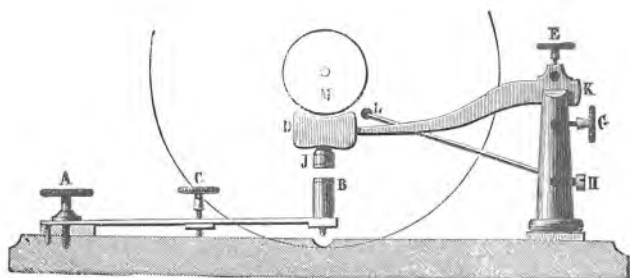
Kad struja iz baterije, proletjevši sve zavoje nutarnje spirale, izađe kod L , pa po stupčiću, batu i peru $A B$ otidje k drugomu polu baterije, postane i meko željezo M u spirali magnetično, privuče bat D na se i digne ga sa njegove podloge B ; struja je prekinuta, jer ne može da priedje od I na B . Nu u istom času nestane i magnetizma u mekom željezu, bat padne na svoju podlogu

natrag i struja opet teče, a predjašnji se pojav ponavlja: Ruhmkorffov induktorij radi.

Izumili su još više ovakvih prekidača; spominjemo još Spottiswoode-ov i Gordonov, koji tako brzo radi, da u jednoj sekundi struju prekine ništa manje nego 6000 puta!

Po tom je jasno, da će inducirane struje veoma brzo slijediti jedna drugu, te će se pričiniti, kao da i vanjskom spiralom neprestano teče struja, ali kud i kamo jača od glavne.

Još je na Ruhmkorffovu aparatu smješten drugi mali mehanizam, koji se i na našoj slici vidi, a zovu ga „preokretač ili komutator struje. (Na slici mali valjak *C*.) Da na njem ovoga mehanizma nema, Ruhmkorffov bi aparat neprestano radio, dok ne bi bateriju razstavili, a s druge bi strane opet glavna struja tekla uvijek istim smjerom. Za porabu je aparata zgodno, da čovjek može



Sl. 105. Prekidač struje sa batićem na Ruhmkorffovu induktoriju.

po volji svaki čas radnju aparata obustaviti ili pak smjer glavne struje preokrenuti u protivni. Jedno i drugo obavlja Ruhmkorffov preokretač struje — valjak *C*. Okrenuvši valjak za 90° , možeš struju prekinuti, jer se pera sa strane ne dotiču njegovih pločica; okrenuvši pak valjak za 180° , teći će struja baterije protivnim smjerom kroz nutarnju spiralu, pa će i inducirane struje promieniti svoj smjer u protivni.

Ovako sastavljeni Ruhmkorffov induktorij daje veoma jake časovite struje. Ako na pr. krajeve *A* i *B* vanjske njegove spirale dosta primaknemo jedan drugomu, vidjet ćemo, gdje sa jednog kraja na drugi skaču iskre s tolikom brzinom, da nam se čini, kao da svietla struja neprestano prelazi. Za čudo je samo struja zaključnica tako jaka, te može odpor zraka svladati i u obliku iskre preskočiti s jednog

kraja na drugi: od nje same potječe ovaj brzi niz iskara; napetost je struje početnice premala, da bi mogla u obliku iskre skočiti kroz zrak.

Iskre prvih Ruhmkorffovih induktorija bile su najviše 8 mm. duge. Malo po malo, usavršujući aparat po savjetu Fizeau-a i spojivši ga sa Franklinovom tablom, dobio je iskara 10, 20 i 30 cm. dugih. Kad je napokon na vanjsku spiralu namotao 120.000 metara žice, a za nutarnju spiralu upotrebio bateriju od desetak Bunsenovih elemenata, dobio je iskre i 45 cm. duge i mogao je njima izvesti sve pokuse, koje su prije izvajdali jakim strojevima na trienje. Komade stakla, koji su bili 1 dm. debeli, probila je iskra ovoga aparata. Jamin nabio je s ovim aparatom bateriju od 120 Leydenskih boca, pak je mogao raztaliti i u paru pretvoriti željezne, srebrne i bakrene žice, duge više nego 1 metar!

Bit će ovdje mjesto, da spomenemo još nekoje pokuse s ovim važnim aparatom.

Na krajeve vanjske spirale *A* i *B* pričvrstimo dvie jake žice, koje na drugim krajevima nose po jedan mjedeni valjak. Uхватimo li ove valjke u ruke, prolazit će sve inducirane struje našim tielom. Spomenuli smo pak već prije, da čovječje tielo trzaj od galvanske struje osjeti u času, kad ova udje u tielo, i u času, kad prestane teći tielom: obadva se puta mišice u rukama trgnu. Kako su inducirane struje zbilja časovite, mišice će nam se od svake časovite struje dva puta potresti, a jer se ove struje brzim sliedom ponavljaju, osjetit ćemo jedan trzaj za drugim i ti će trzaji biti to žešći, što su jače inducirane struje. Ovo je neprestano trzanje mišica čovjeku s početka veoma neugodno, jer mu je neobično; ako su inducirane struje nešto jače, mišice se grčevito ukoče i čovjek ne može da baci iz ruku valjaka.

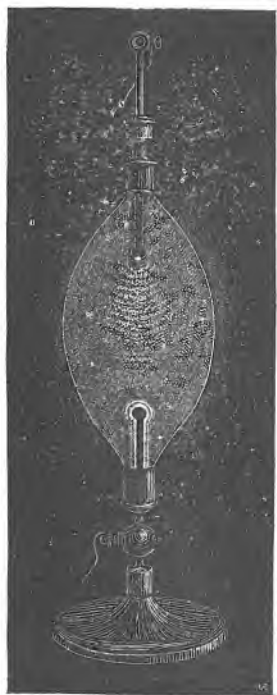
Već kod manjih su Ruhmkorffovih induktora ovi fiziološki učinci strašno jaki, a jamačno ne ima stvora, koji bi mogao ma i časak pretrpjeti užasne trzaje velikih induktorija.

Drugi još zanimljiviji pojav, koji se strujama Ruhmkorffova induktorija veoma liepo proučavati može, jest električno svjetlo u veoma razriedjenom prostoru. Iskra se jakog električnog stroja ili Ruhmkorffa samo u zraku javlja veoma svjetla i uz jako praskanje. Posvema se drugi pojavi pokazuju, ako iskra prolazi prostorom, u kom je zrak riedak. Najprije se pokazuje pojav, da iskra preskače sve veće daljine, što je rjedji zrak; tjeramo li razriedjivanje zraka veoma daleko, ne ima napokon ni iskre ni praska, a mjesto njih

se javi u posudi neprestana struja liepoga ružičastoga svjetla, koja sasna tiho teče od jednoga pola k drugomu. Svjetlo je ovo posvema nalik polarnomu svjetlu i potječe od dušika u zraku.

Nu ipak ne smiješ predaleko tjerati razrjedjivanje zraka u posudi, jer kad u njoj nema ništa zraka, nestane i struje ružičastoga svjetla. Liepo je to pokazao Englez Gassiot.

Da se pojavi dobro vide, treba staklenih posuda, u kojima možeš zrak po volji razriediti, a ujedno i električnu iskrnu lako kroz posudu poslati. Rabi za to još i danas često aparat, koji se zove: električno jaje (sl. 106.).



Sl. 106. Električno jaje.

U staklenu posudu, nalik jajetu, utaknute su dvie šibke mjedene sa krugljicama na kraju; krugljice možeš po volji razmaknuti i sa krajevima vanjske spirale na Ruhmkorffovu induktoriju spojiti. Noga se jajeta može skinuti i jaje na uzdužnu sisaljku namjestiti, kojom ćeš po volji razriediti zrak u jajetu.

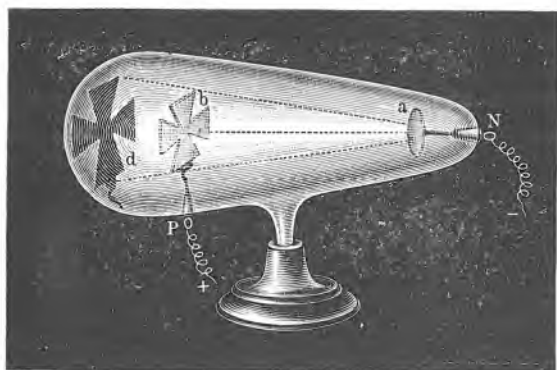
Čim bude tlak zraka u jajetu 2—3 mm., vidjet ćeš u njem prekrasan pojav. Obilni pramovi liepoga ružičastoga svjetla skaču neprestano od pozitivne kruglje k negativnoj, dočim se negativna kruglja i njezina šibka obaviše slabim crvenkasto-modrim, veoma mirnim svjetlom. Okreneš li komutatorom smjer struje, preokrene se u tren oka i cijeli pojav: pramovi ružičasti skaču s donje kruglje k gornjoj, a gornja se obavila onim tihim modrim svjetlom.

Ako se prije sisanja zraka u stakleni balon puste pare raznih tvari, na pr. alkohola, fosfora, terpentinova ulja, pokazuje električno svjetlo u razriedjenom zraku novo veoma zanimljivo, ni danas još neraztumačeno svojstvo, koje su u isto vrijeme opazili Ruhmkorff i Grove: ružičasti su pramovi izpresiecani poprieko sasna tamnim, ali veoma uzkim prugama, te se cijeli pram dieli izmjenice u tamne i svietle slojeve (sl. 106.).

Ovomu čudnomu pojavu nadjenuše ime: stratifikacija električnoga svjetla.

Kasnije je mehanik Geissler u Bonnu mjesto električnoga jaja uveo svoje na glasu „Geisslerove cieve“, koje je punio ne samo veoma riedkim zrakom, nego i drugim isto tako riedkim plinovima i parama, a na krajevima je usadio dvie žice od platine, kojima možeš struje poslati u cievi. Svaki plin, kad kroza nj teče električitet, svietli drugačijim svjetlom, pa ga možeš po boji i prepoznati.

U Geislerovim je cievima obično plin od prilike hiljadu puta rjedji od običnoga zraka. U najnovije je vrieme (g. 1879.) na velik glas izišao Englez Crookes sa svojim staklenim cievima, u kojima je zrak ili drugi koji plin od prilike trideset hiljada puta rjedji od



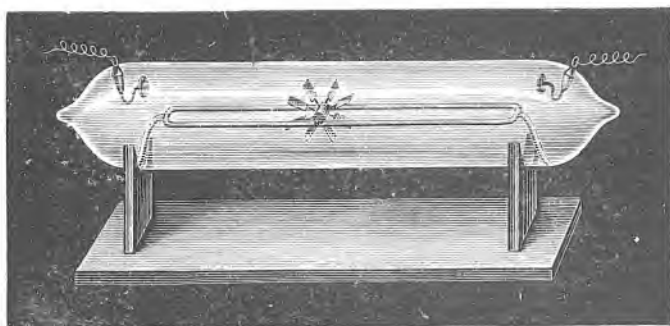
Sl. 107. Crookesova ciev: električno svjetlo baca sjenu.

običnoga zraka. U ovako riedkom zraku mienja se i električno svjetlo veoma jako, pa se pokazuju novi veoma čudnovati pojavi, koji su i danas još neraztumačeni.

Što je zrak rjedji, to više nestaje u cievi onih rumenih pramova svjetla, koji dolaze od pozitivnoga pola, a mjesto njega se po cijeloj cievi širi ono slabo modrikasto tiho svjetlo, što obkoljuje negativni pol. Nu i ovo biva sve slabije, što se dalje po cievi širi, i kad je izpunilo cijelu ciev, gotovo je tako slabo, da ga jedva vidiš. Kraj sve svoje slabosti uzrok je veoma zanimljivim pojavima. Ako na pr. pada na komad smaragda, koji je u cievi zatvoren, zažari se ovaj liepim crvenim, a dijamant prekrasnim zelenim žarom.

Svjetlo se ovo od negativnoga pola širi samo u pravcima na sve strane, pa s toga baca sjenu od neprozirnih tjelesa na staklenu stienu (sl. 107.). U jednoj je takovoj cievi Crookes negativnomu polu dao oblik pločice *a*, a pozitivnomu oblik križa *b*. Na stražnjoj se stieni kod *d* pokazala tamna sjena križa, dokazujući, da se doista svjetlo od negativnoga pola širi samo u pravcima. Kad je križ *b* prevrnuo, pokazao se mjesto sjene *d* na istom mjestu svietao križ. Kad je Crookes ovom svjetlu približio magnet, savinulo se svjetlo k magnetu, ili se od njega odvinulo.

Imade li pločica *a* oblik dubkoga zrcala, sastaju se zrake ovoga slabašnoga svjetla u jednoj tački, u kojoj je tolika vrućina, da se ondje tale staklo i platina. Puluje je god. 1881. ove sabrane zrake bacio na mali čunj ugljena, pa je tim načinom dobio svjetiljku, koja



Sl. 108. Crookesova ciev: svjetlo iz negativnoga pola valja koleso.

je svietlila veoma jakim svjetlom. Da ovo svjetlo, što iz negativnoga pola iztječe, zaista o tjelesa žestoko udara, pokazao je Crookes na aparatu u slici 108. Na staklenim se tračnicama valja os maloga kolesa sa lopaticama od sljude (Glimmer). Na krajevima cievi, nešto iznad sredine, namještene su dvie pločice od aluminijsa, kroz koje ulazi struja u ciev. Čim struju iz induktorijsa pustiš u ciev, djeluje na gornju polovicu kolesa i cijelo se kolo po tračnicama valja prema pozitivnoj pločici.

Crookes je pažnju svega naobraženoga svieta svratio na ove zaista vrlo liepe pojave ne samo tim, što je za pokazivanje tih pojava sagradio veoma elegantne aparate, nego još više svojim pokušom, da ih raztumači. On naime misli, da će nas proučavanje ovih

pojava primaknuti nešto bliže pojimanju materije i njezinoga unutarnjega ustroja. Negativni pol odbija po Crookesu drobnice zraka u cievi, pa kako je zrak vanredno riedak, lete ove drobnice ravno do stienâ cievi, pa staklo ugriju i svietle. U običnom zraku drobnice ne mogu da lete tako daleko, jer se prije toga već sraze sa drugim česticama zraka. Budući da je plin, u kojem drobnice lete samo jednim pravcem, posvema različan od običnih plinova, gdje drobnice poradi raza moraju da lete na sve strane, mislio je Crookes, da je našao „četvrtu agregaciju“ prirodnih tjelesa, kojoj je po Faradayu, koji ju je naslućivao, nadjenao ime „žaruće materije.“ Po tom bismo imali u prirodi: čvrstih tjelesa, tekućina, uzdušnina i žaruće materije.

U koliko je ova misao Crookesova opravdana, ima da pokažu pomnija iztraživanja ovih čudnih pojava.

VIII.

Današnja vrela galvanskih struja.

Pixii-jev magneto-električni stroj. — Clarke-ov stroj. — Alliance-stroj. — Siemensov stroj. — Wildeov stroj. — Pacinotti-jev obruč. — Gramme-ov stroj. — Dinamo-električno načelo i dinamo-stroj. — Siemensov i Edisonov dinamo-stroj. — Ceylonski magnet. — Termo-električna baterija. — Planté-ov akumulator i njegov reostatični stroj.

Na koncu smo našega razmatranja o pojavima i zakonima, po kojim električne sile djeluju. To nam je pomno izpitivanje pomoglo, da smo našli raznih vrela elektriciteta, iz kojih možemo po miloj volji grabiti toga čudotvornoga nečega, — čega, to ni sami danas ne znamo!

Od neznatne množine elektriciteta na trvenom staklu ili vosku popeli smo se najprije do velikih strojeva osnovanih na trienju i influenciji. Davali su nam elektricitetâ veoma velike napetosti, koja se Leydenskom bocom mogla još povećati. Učinci, koji ištu vrlo napetoga elektriciteta, pokazali su se u podpunom svom sjaju. Nu množine elektriciteta, što nam ih davahu ovi strojevi, bijahu razmjerno malene i, što je najglavnije, sva množina produciranoga na konduktoru elektriciteta potrošila se svaki put u tren oka.

U živoj je opreci s tim strojevima vrelo elektriciteta, što nam ga je našao Volta: galvanička baterija ne daje doduše tako napetih elektriciteta kao stariji strojevi, ali su zato množine produciranoga elektriciteta veoma velike, jer struja neprestano teče.

Proučivši napokon razne čudnovate učinke ove struje, našli smo novo i izdašno vrelo veoma jakih i napetih struja u indukciji: Ruhmkorffov nam je induktorij liepo pokazao, što li sve mogu da urade inducirane struje. Red je sada da pokažemo čitatelju, kako su fizici za ovo zadnjih petdeset godina umjeli crpsti iz ovoga izdašnoga vrela: red je da opišemo nove velike strojeve,

koji nam daju danas one silne galvanske struje, što razsvjetljuju gradove i luke, što tjeraju željeznicu i druge strojeve!

Ruhmkorffovu induktoriju, koji doista daje silne galvanske struje, imade veoma velik prigovor: da djeluje, trebamo galvansku bateriju, koja daje glavnu struju, a da budu njegove inducirane struje veoma jake, trebamo i bateriju od mnogo elemenata, a ta je razmjerno skupa.

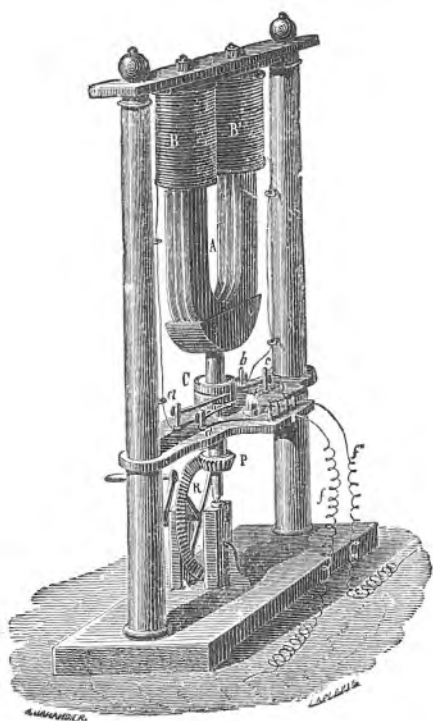
Faradayevi su međjutim obreći pokazali, da ne trebamo nikakvih baterija, želimo li dobiti inducirane struje. I magnet probudjuje u obližnjoj žici galvanske časovite struje, ako ga žici primičemo i od nje odmičemo!

Nije li dakle bila na dlanu misao, upotrebiti magnetne za probudjivanje induciranih struja?

I doista, Faraday je god. 1831. javio svietu svoj obret i druge indukcije, a već god. 1832. izišao je na javu pariški graditelj fizikalnih strojeva Pixii sa novim aparatom, koji je davao inducirane struje uz pomoć magnetu.

Ovaj prvi magneto-električni stroj danas doduše već nigdje ne rabi, jer su ga kasniji strojevi daleko pretekli; nu jer su se sve kasnije konstrukcije ipak razvile iz njega, vriedno je, da ga upoznamo.

Jak magnet *A* u obliku podkove (sl. 109.) nasadjen je na osnovnoj osi *C*. oko koje se zubatim kolesima *R* i *P* i ručicom okretati može. Neposredno iznad toga magnetu pričvrstio je Pixii na jednoj daščici elektromagnet *BB'*, t. j. dva valjka od meka že-



Sl. 109. Magneto-električni stroj Pixii-jev.

ljeza, koji su omotani bili bakrenom žicom. Kad se stao magnet A vrtjeti oko svoje osi, njegovi su se polovi izmjenice primicali valjcima od mekoga željeza i od njih odmicali. U mekom se dakle željezu izmjenice budio magnetizam i gubio, dakle se u omotanoj žici u prvom i u drugom slučaju budila časovita struja.

Nu budući da se nakon polovice jednoga okreta polovi u mekom željezu promijene, prometnut će se i smjer inducirane struje u protivni. Ako je na pr. u početku vrtnje na lijevoj strani podkove bio sjeverni pol, postat će u mekom željezu B nad njim dolje južni pol, a nad desnim južnim polom podkove napraviti će se u B' sjeverni magnetički pol. Nakon polovice okreta doći će lievi sjeverni pol podkove pod B' i tu će se sada napraviti, mjesto predjašnjega sjevernoga, južni pol; baš će tako desni južni pol podkove nakon pol okreta stići pod lievo meko željezo B , gdje je čas prije bio južni pol, a sada se mora načiniti sjeverni pol. Iza druge polovice okreta polovi su opet na svojim prvim mjestima i djeluju kao i na početku vrtnje.

Kako se pak u elektromagnetu iza svakog poluokreta polovi njegovi prometnu u protivne, tako se i u omotanoj na svakom kraku žici smjer inducirane struje prometne u protivni.

Namotavši žicu istim smjerom na oba kraka elektromagneta, (ili dodavši aparatu komutator), uređio je Pixii tečaj protivnih induciranih struja tako, da je u žicu ff' ulazila uvijek iz obiju krakova elektromagneta struja istoga smjera.

Što se brže magnet A vrtio, to je brže slijedila jedna časovita struja za drugom i gotovo se činilo, kao da žicama ff' teče neprestano galvanska struja.

Nu ako na te žice natakneš dva mjedena valjka, pa ih uhvatiš u ruke, osjetit ćeš odmah po jakim trzajima u mišićama, da to nije neprestana struja, nego veoma brz niz časovitih struja.

Već su prvi pokusi s ovim strojem pokazali, da su mu struje to jače, što se brže vrti magnet A i što je veća njegova snaga.

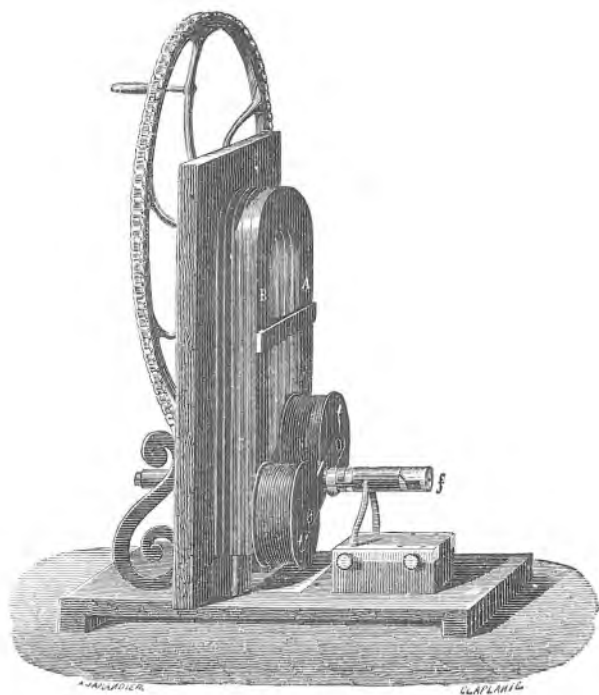
Da budu dakle struje što jače, trebalo bi bilo namještati na os C što jače magnetičke podkove; nu te bi opet bile mnogo teže, pak bi se u vrtnju njihovu morala ulagati velika radnja: potrošena pak radnja ne bi bila razmjerna pojačanoj struji.

Prvi je s toga bio napredak u konstrukciji ovih strojeva, kad su odmah godinu dana iza toga predložili, da magnetska podkova bude na miru, a da se pred njezinim polovima vrti mnogo manji

i lakši elektromagnet sa omotanim žicama. Faraday je naime bio pokazao, da je za indukciju svedjedno, primiče li se magnet žici ili obratno žica magnetu.

Tim je pak bilo mnogo dobiveno: mirnomu magnetu možeš dati po volji velike dimenzije, dakle mu možeš i snagu po volji povećati, a tim i jakost induciranih u žici strujâ, nasuprot okretati moraš uvijek istu masu elektromagneta.

Pixijev je stroj s toga skoro bio napušten, a na njegovo su



Sl. 110. Clarke-ov stroj.

mjesto stupili magneto-električni strojevi sa stalnim magnetom i gibljivim elektro-magnetom. Jedan je od najvažnijih strojeva ove ruke bio Clarke-ov stroj (sl. 110.).

Veoma jak magnet u obliku podkove AB , sastavljen od više lamela, stoji osovno, prikovan uz čvrstu dasku.

Kako je Coulomb bio našao, da polovi ovakih magneta niesu baš na njihovim krajevima, nego nešto dalje unutra, namjestio je

Clarke oba omota žice, sa mekim željeznim valjcima u njima, baš nasuprot pravim polovima magneta i spojio je oba valjka željeznom šibkom tt' . Oba se omota vrte oko vodoravne osi f , koja prolazi, medju kracima podkove i ondje ju obuhvaća lanac, koji je obaviti oko velikoga kola sa ručicom. Staneš li okretati kolo, vrtjet će se i oba omota oko zajedničke osi. Za svakog okretaja doći će svaki omot i pred jedan i pred drugi pol magneta AB . Nu kako jedan omot stoji pred sjevernim, a u istom času drugi pred južnim polom magneta, imat će inducirane struje u svakom omotu drugi smjer, ako je žica na objema na istu stranu namotana. Da dobiju struje obiju omota isti smjer, treba samo jednu žicu na lievo, a drugu na desno namatati.

I ovdje se nakon polovice okreta smjer obiju struja preokrene, nu jer su prije struje obaju omota imale isti smjer, imadu ga i sada, obje struje teku ili s lieva na desno u omotima ili nakon pol okreta s desna na lievo. Valjci od mekog željeza pojačavaju još više indukciju tim, što se u njima izmjenice budi i gubi magnetizam. I Clarkeov je aparat spojen sa preokretačem (komutatorom), koji mi ostavlja na volju urediti tečaj struja tako, da za vrijeme ciele vrtnje struje, koje dolaze iz omota, budu istoga smjera ili pak da im se smjer nakon svake polovice okreta izmjenjuje.

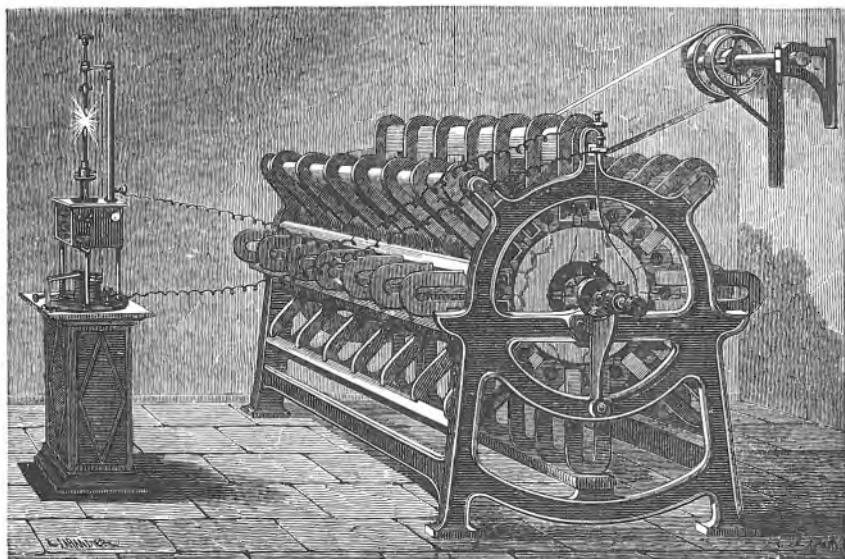
Ovaj je Clarke-ov stroj zaista davao mnogo jače struje od prvog Pixiijevog; nu još ni s daleka tako jake, da bi se moglo pomisljati na porabu tih struja u industriji ili za razsvjetu.

Prvi pokus ove vrsti potječe od bruseljskoga profesora Nolleta iz god. 1849. On je međjutim umro prije, nego što je izveo konstrukciju toga novoga stroja, a njegov ju je suradnik Van Malderen tek izveo za društvo „Alliance“ u Parizu, koje se ustrojilo bilo za električnu razsvjetu lukâ, svjetionikâ i t. d. Nolletov je stroj uz ime „Alliance-makina“ izišao na velik glas i još se god. 1878. na izložbi u Parizu natjecao sa drugim novijim strojevima.

Na jakom željeznom stativu (sl. 111.) eno vidimo ništa manje nego osam redova jakih magnetičkih podkova, a u svakom redu njih sedam komada. Svi su magneti tako usadjeni, da im polovi pokazuju prama sredini kruga i njih je osam uvijek u istoj ravnini. Sredinom prolazi vodoravna os, na kojoj je šest mjedjenih ploča učvršćeno, a svaka nosi šestnaest omota žice na svom obodu; pred svakim polom magneta dakle stoji jedan omot. Kako je na svakom obodu po šestnaest magnetičkih polova, promienit će se i smjer

induciranih struja šestnaest puta za svakog okreta, jer svaki omot žice toliko puta dolazi pred drugi magnetički pol. Ako se n. pr. os u jednom času okrene 400 puta, promienit će se smjer induciranih struja u toj minuti 6.400 puta ili u svakoj sekundi više nego 100 puta. Jasno je dakle, da kod ovog stroja jedna inducirana struja sledi za drugom tako brzo, da bi gotovo mogao reći: njom teče neprestana struja.

Nu kad bi htjeli, da sve inducirane struje iz ovog stroja teku istim smjerom, a ne izmjenice protivnim smjerovima, trebalo bi da



Sl. 111. Nolleto i van Malderenov stroj (Alliance-makina).

na njem namjestimo komutator sa šestnaest izmjena u svakom okretaju!

Ovaki komutator sagraditi bilo bi veoma teško i na toj bi se mehaničkoj zapreci razbio bio cijeli stroj, da nije Masson odstranio komutator, jer se pokazalo, da za električnu razsvjetu nema štete, ako inducirane struje izmjenice mienjaju svoj smjer.

Os stroja tjera parostroj, koji ga u minuti okrene 400 puta. Dobivene inducirane struje teku žicama u električnu svjetiljku, gdje se eno medju šiljcima ugljena pokazuje: „električno sunce“.

Ovaj stroj rabi još i danas u Francuzkoj za razsvjetu nekih svjetionika na pr.: u la Héve-u.

Na temelju Clarke-ova stroja sagradili su tečajem zadnjih godina i mnogi drugi fizici razne magneto-električne strojeve. Na velik su glas izašli strojevi njemačkoga mehanika Stöhrera u Lipskom, koji je pred polovima magneta namjestio, mjesto dvaju, šest omota žice. Postigao je tim načinom veoma jake struje. Mogao je na pr. duge žice raztaliti, jako električno svjetlo među šiljcima ugljena dobiti, vodu u većoj množini raztvoriti i najveće životinje na pr. kita ubiti.

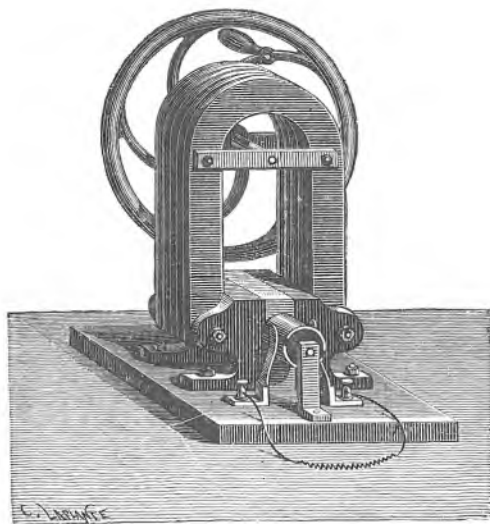
Veliki Nolletov stroj popravio je u najnovije vrijeme francuzki inžinir Méritens. Uzprkos svim popravcima ovi su strojevi s dvaju razloga nepraktični i sve se više danas gube. Želimo li, da sve inducirane struje dobiju isti smjer — a to je kod mnogih uporaba bezuvjetno nužno — mora da dobije stroj komutator sa primjerenim brojem izmjena. Stöhrerov na pr. stroj mora da ima šest izmjena, jer imade šest omotâ žice. Nu kod svake se izmjene struja na čas prekine i pokaže slaba iskrica. Ova već potroši neki dio dobiveni struje, a ako su struje jake, troše se i na to, da se kovovi na izmjeni ugriju, eventualno raztale i os se ne može dalje da okreće.

Na drugoj je opet strani poraba permanentnih magneta trajni izvor slabljenju struja. Svaki magnet tečajem vremena već sam po sebi slabi, nu još ih mnogo više slabe neprestani trzaji stroja, kojim ne možeš da izbjegneš, jer se os mora neprestano vrtjeti. Napokon imadu svi ovi strojevi još i treću pogriješku, koja potječe od tuda, što im se struje ipak svaki čas prekidaju, ma kako brzo jedna slijedila iza druge. Inducirane su struje doista jake ipak samo u onim časovima, kad je omot žice baš pred magnetskim polom: sve ostalo vrijeme, dok omot ide od jednoga pola do drugoga, struje su ili veoma slabe ili ih gotovo nema. Svi dakle strojevi ove ruke nikako nam ne mogu nadomjestiti galvanskih baterija, koje daju neprestane i uvijek jednako jake struje.

Kako su danas sve tri pogriješke odstranili, idemo da pokažemo čitatelju.

Godine 1856. popravio je Niemac Werner Siemens — danas uz Edisona prvi elektrik na svijetu — magneto-električni stroj veoma važnim obretom u dvostrukom smjeru. I on upotrebljava kao i Clarke osnovnu magnetsku podkovu (sl. 112.), ali

je kasnije pojedine lamele njezine nešto razmaknuo. Svi su sjeverni polovi na jednoj, a južni na drugoj strani. Na svaku je stranu poput Jamina metnuo armaturu od mekoga željeza, koja je bila izdubena u obliku polukruga. U okruglu i dugačku šupljinu, koja je između obiju polova nastala, utakao je on mjesto starijih omota — i to je bila važna novotarija — jedan dugački valjak od mekoga željeza, koji je na dvjema protivnim stranama bio izrezan, pa se oko njega po dužini dala namotati žica, u kojoj se bude inducirane struje (sl. 113.). Ovim je novim omotom žice Siemens prije svega postigao, da je mnogo veća površina žice bila izložena dje-



Sl. 112. Magneto-električni stroj Siemensov.

lovanju magneta, a tim je znatno porasla i jakost probudjenih struja. Nu osim toga je stroj dobio mnogo stalniji oblik: trzaji niesu ni s daleka tako jaki, pak se zato omot smije mnogo brže vrtjeti, nego kod starijih strojeva, a brzinom njegove vrtnje raste opet jakost dobivenih struja.

Nu i ovaj Siemensov stroj daje izmjenice struje protivnoga smjera, pa treba komutator, ako hoćemo, da budu sve struje istoga smjera. I ona imade dakle još uvijek prvu i drugu iztaknutu pogriješku. Treća je pogriješka veoma umanjena tim, što omot na tankom valjku ne treba mnogo vremena, da dodje od jednog pola

magneta do drugoga. S toga još i danas rabe mnoge tisuće primjereka ovih strojeva na željeznicama, gdje tjeraju zvonca, koja da-
lekim postajama javljaju dolazak vlakova.

Nu gdje se radi o veoma jakim strujama, i Siemensov stroj ne vriedi mnogo, jer i on upotrebljava malen broj permanentnih magneta. Obret pak Aragov pokazao je, da su elektromagneti kud kamo jači od permanentnih, pak da se ikako dadu nadomjestiti oni permanentni magneti na Siemensovu stroju isto tolikim elektromagnetima, bile bi struje toga stroja znatno jače, a stroj sam ne bi ni malo bio veći.

Ovoj se misli prvi dosjetio zaslužni englezki fizik Wilde u Manchesteru god. 1866. i izveo je tu svoju misao.

Wilde upotrebljava mjesto permanentnih magneta dvie jake željezne ploče (sl. 114.), pak ih omata bakrenom žicom tako, da će ih struja pretvoriti u jake magnete, koji će dolje imati protivne polove. Medju polovima se toga elektro-magneta vrti Siemensov valjak s omotanom žicom.



Sl. 113. Siemensov valjak.

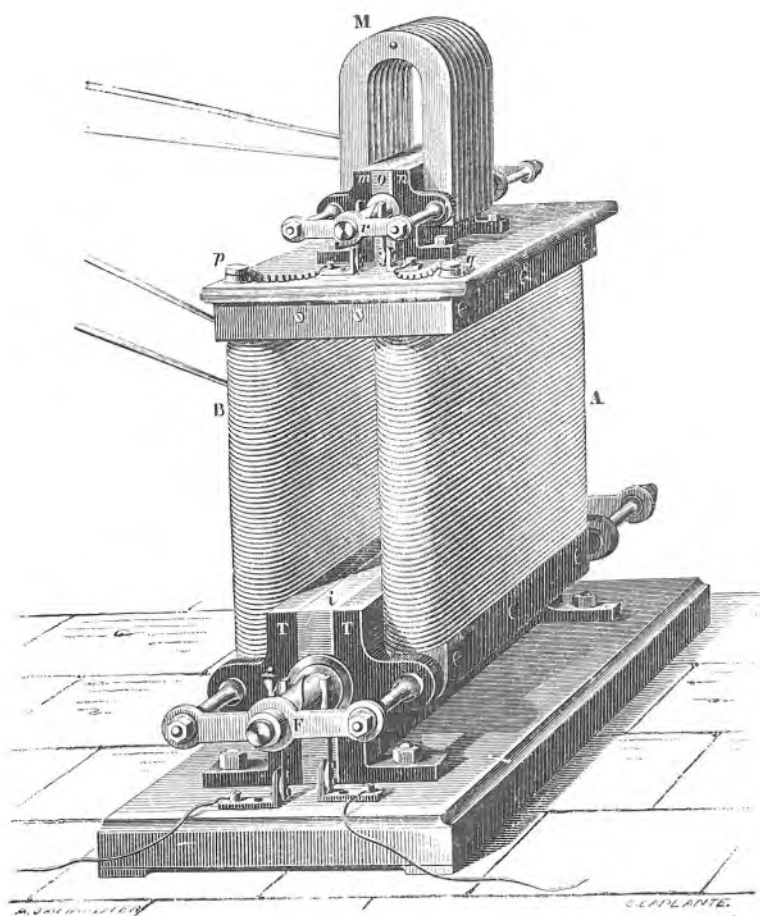
Da dobije struju, koja će u elektro-magnetu probuditi magnetizam, ne upotrebljava Wilde nikakovu bateriju, nego namješta na elektromagnetu mali Siemensov stroj.

Medju polovima magnetičke podkove M vrti parostroj valjak s omotanom žicom o , a struja, što ju daje taj valjak, teče stežalkama p i q u žicu elektro-magneta, koji se tim pretvara u veoma jak magnet, mnogo jači od permanentnoga magneta isto tolikoga. U magnetičkom polju njegovih polova TT vrti para drugi veći Siemensov valjak sa namotanom žicom i u njoj se bude inducirane struje, koje žicama teku onamo, gdje ih trebamo na pr. u električnu svjetiljku.

Napredak prama starijim strojevima očito je u tom, što razmjerno slaba struja gornjeg Siemensova stroja u elektromagnetu probudjuje mnogo jači magnetizam od onoga u podkovi, a ovaj

jači magnetizam budi dakako u drugom valjku mnogo jaču struju. Tim opet, što para vrti jedan i drugi valjak, raste i brzina vrtnje, a što se brže vrte valjci, to su jače u njima probudjene struje.

Na Wildeovom prvom stroju okretao se prvi valjak 40 puta u sekundi, a drugi 25 puta!



Sl. 114. Magneto-električni stroj Wilde-ov.

Obretnik ovoga stroja Wilde sagradio je još i trostruki stroj, t. j. takav, u kojem je struja drugoga valjka tekla u drugi još veći i jači elektromagnet, a ovaj je probudjivao struju u trećem još

većem valjku. Ovaj je trostruki stroj trebao parni stroj od petnaest konjskih sila, da ga tjera, ali je i davao struju, koja je mogla štap od platine debeo 6 mm. i dug 64 cm. raztaliti!

Nu ni ovo nije najsavršeniji magneto-električni stroj. I njegove su struje još uvijek časovite. Tek god. 1870. riješio je praktički ovaj problem, iz magnetoelektričkog stroja dobivati neprestanu struju, Zénobe Theophil Gramme, koji se od običnoga modelnoga stolara u radionici „Alliance“ svojim osobitim talentom popeo do glasa jednoga od najznamenitijih električara našega vremena. Dne 17. srpnja god. 1871. pokazivao je Jamin u Parižkoj akademiji prvi Gramme-ov stroj.

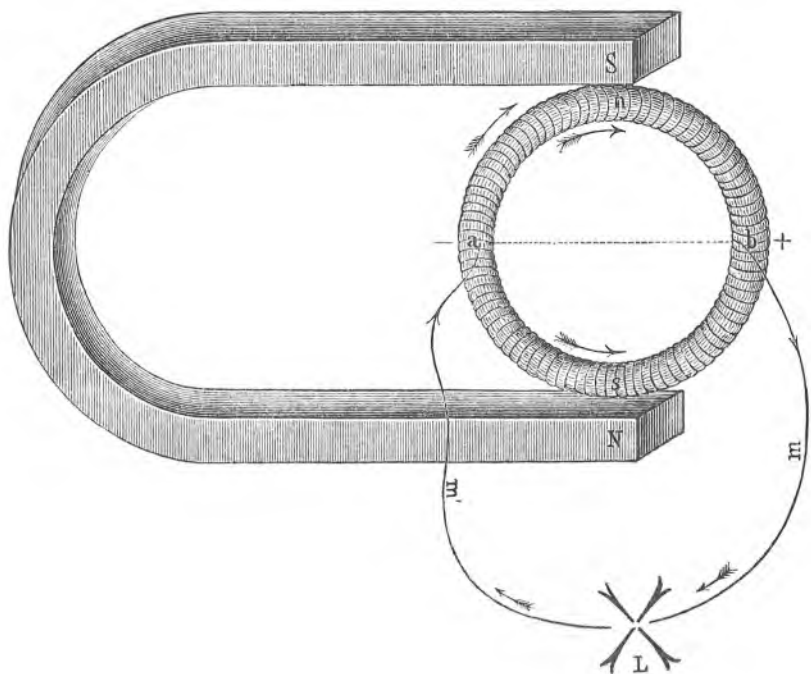
Prva misao ovoga stroja potječe od talijanskoga fizika dr. Antonija Pacinotti-ja (g. 1860.). On je po toj misli i sagradio malih magneto-električnih strojeva više, prvi za sveučilište u Pizi. Nu kako su svi bili slabi, zaboravljena je njegova misao, te ju je g. 1870. svakako sasamostalno našao Gramme.

Kod svih se starijih strojeva vrte izpred polova magneta dva ili više omotâ, u kojima je meko željezo. Mjesto ovih pojedinih omota upotrebljavaju Pacinotti i Gramme jedan obruč od mekoga željeza, koji je sav omotan žicom. Ovom izmjenom dobili su oni iz magneto-električnog stroja konstantnu struju.

Kako to, neka nam razjasni slika 115. Među polovima N i S jakoga magneta je željezni obruč. Gdje je obruč najbliži sjevernomu polu N , ondje će se u njem načiniti južni magnetski pol s ; a gdje je najbliži južnomu S , ondje se načini sjeverni pol n . Okrećemo li taj obruč, kako pokazuje vanjska strjelica, ne mienja se u stvari ništa bitno, sjeverni pol n i južni s sele samo u obruč u uvijek na drugo mjesto, i to na ona mjesta, koja su baš nasuprot polovima magneta. S toga je svedeno, da li se i željezni obruč, kad je omotan žicom, vrti zajedno sa omotanom žicom, ili se sama žica vrti, a obruč ostaje na svom mjestu. Da pokažemo, kako ovaj obruč daje konstantnu struju, neka bude željezni obruč na miru.

Ako se sada omotana žica po tom obruč u vrti, bude se u njoj struje, ali najjače svakako u onim partijama omotane žice, koje su baš nad polovima n i s . Nu sjevernoga magnetizma nema samo kod n , nego sve manje s lijeve strane do a , a s desne strano do b . Od a do n raste snaga sjevernoga magnetizma, u n je najjača, a od n do b pada. U točkama a i b nema magnetizma. U svim partijama omotane žice od a preko n do b inducirat će se dakle struje istoga

smjera, ali različite jakosti; nu jer su sve partije u svezi, složit će se sve te struje u jednu struju srednje jakosti, koja će teći na pr. smjerom gornje nutarnje strjelice. U dolnjoj polovici omota $a s b$, koja se vrti preko južnoga pola sa željezne jezgre, budit će se indukcijom struje protivnoga smjera. Da ove protivne struje sa obiju polovica ne odvedemo, one bi se u omotu sastale i uništile: cio bi omot ostao neelektričan. Da se to ne dogodi, namještene su u točkama a i b žice m i m' , koje struju vode n. pr. u električnu svjetiljku L . Struja teče od a preko n do b , prelazi ovdje u žicu m' ,



Sl. 115. Pacinotti-jev obruč.

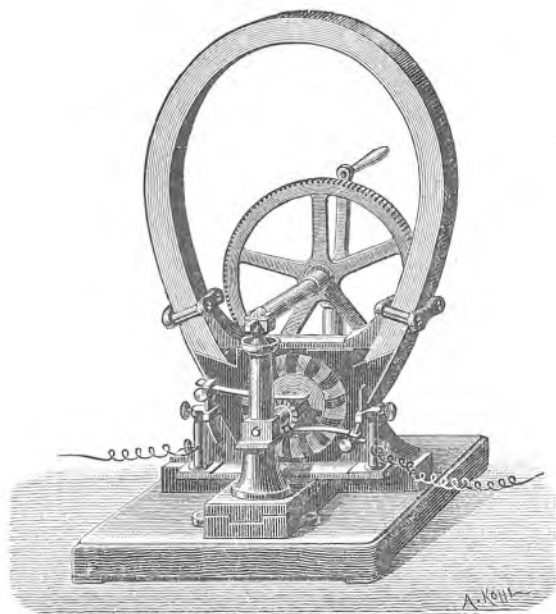
a njom dolazi u svjetiljku L , u žicu m do a , i na koncu teče od a dolje preko s do b .

Mjesto što kažemo, da pozitivna električna struja od a preko s teče do b , možemo reći, da negativna struja teče od b preko s u a , i da ovdje prelazi u žicu m i svjetiljku, gdje se oba električneta spajaju. Budući da kod b neprestano pozitivna struja gornje polovice omota prelazi u žicu m' , a kad a negativna struja donje polovice omota u žicu m , možemo reći, da su točke a i b , kao i polovi koje

mu drago galvaničke baterije, izvor neprestanih električnih struja, koje teku u žice m i m' .

Slika 116. pokazuje Gramme-ov magneto-električni stroj u cijelosti. Polovi jakog Jaminovog magneta obuhvaćaju obruč gotovo sasvim. Omot je obruča, da se bolje vidi, izmjenice svjetlije i tamnije narisane.

Na osi, oko koje se obruč vrti, namješten je „sakupljač (kolektor) struja.“ Struja iz omota teče najprije u taj sakupljač, koji sastoji od veće množine izolovanih bakrenih štapića, spojenih sa



Sl. 116. Gramme-ov stroj sa Jaminovim magnetima.

omotom. Dvie četke od bakrenih žica stružu po sakupljaču u točkama a i b predjašnje slike i primaju pozitivnu i negativnu struju obruča, pa ju vode dalje po žicama u aparate, gdje će struje rabiti. Naslikani stroj udešen je za okretanje rukom, zato se na slici vidi kolo sa ručicom; kod većih ovakovih strojeva takodjer rabi para za okretanje obruča.

Da se ovdje mehanična radnja naših ruku ili pare doista izravno pretvara u elektricitet, pokazuje se na Gramme-ovu stroju veoma liepo. Dok su žice, što vode struju iz stroja, razstavljene,

možeš obruč veoma lako vrtjeti; čim spojiš žice, mnogo ti je teže okretati obruč, ali zato žicom teče neprestana struja; što brže vrtiš obruč, bit će ti ga sve teže vrtjeti, ali zato dobivaš i sve jače struje. Kad se obruč okrene u minuti 700—800 puta, struja je najjača.

Obret i konstrukcija Gramme-ova obruča, mjesto pojedinih omota, bio je odlučan za razvitak modernih strojeva, koji danas daju električne struje; on je odstranio najveću pogriješku svih starijih strojeva, koji su davali časovite struje: iz Gramme-ova obruča teče u žice neprestana struja, kao i iz polova baterije; ta je struja i konstantna, dok se ne mjenja brzina, kojom se obruč vrti.

Zadnji i odlučni korak u usavršivanju ovih strojeva učinjen je g. 1867. Svi do sada opisani magneto-električni strojevi rabe za indukciju struja permanentne magnete. Nu bilo je već davno poznato, da su elektro-magneti kud i kamo jači, i da im snaga sve više raste, čim su jače struje, koje oko njih kolaju.

Sretna je s toga bila misao, do koje su u istoj godini 1867. došli Niemac Werner Siemens i Englez Wheatstone: misao, da pokušaju permanentne magnete posvema odstraniti, i nadomjestiti ih elektromagnetima, kojim snagu možeš po volji povišiti.

Pomogla im je pri tom obretu poznata i u magnetizmu iztaknuta činjenica, da u svakom mekom željezu, koje je jedan put bilo magnetično, ostane za uvijek trunak magnetizma, zovu ga „magnetičkim ostatkom“. Taj je magnetizam veoma slab, nu ako se među polovima mekog željeza, u kom je taj trunak magnetizma, vrti omot žice, budit će se u njoj svakako indukcijom struje, koje će dakako biti vanredno slabe: najosjetljiviji galvanometar Nobilijev tek će slabim odklonom igle pokazati, da postoje te struje; slabo bi se dakle tim strujama mogli okoristovati.

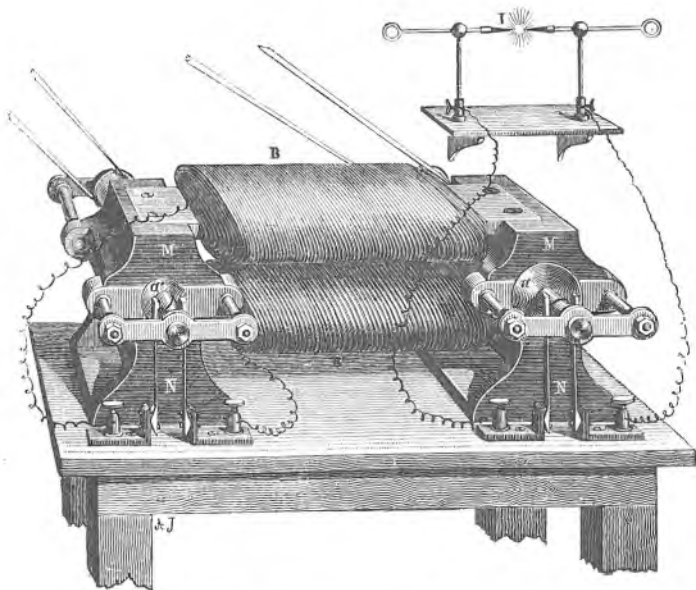
Da ojačaju te struje, treba da poraste snaga elektro-magneta. S toga su iztaknuta dva učenjaka predložila, da se ove slabe struje, što ih daje omot žice, najprije povedu oko elektro-magneta, a tek onda u aparat, gdje hoću da upotrebljavam struju.

Tim smo se dvojako okoristili. Struja, koja teče oko elektro-magneta, povećat će nešto njegovu snagu, ma bila kako slaba, a pojačani će elektro-magnet u omotu, koji se izpred polova mu vrti, probuditi nešto jaču induciranu struju. Ova jača struja ponovno najprije teče oko elektro-magneta, i poveća mu snagu još više; jači magnet inducira ponovno još jače struje u omotu itd. Magnet se dakle i struja uzajmice pojačavaju i nakon kratkoga vremena doseći

će elektro-magnet do najveće snage, što ju u obće njegova masa može dobiti, a prema tomu će i struja iz vrtećeg se omota biti veoma jaka.

Tim se razporedom mogu dobivati struje, kojima se po jakosti svojoj ne mogu ni s daleka uzporediti struje dobivene od permanentnih magneta, jer s jedne su strane ovi mnogo slabiji, a s druge se strane mnogo uzporedno postavljenih magneta uzajmice slabi.

Ovu misao, koju elektrotehnici zovu „dinamo-električnim principom“, prvi je praktički izveo Englez Ladd, i tim sagradio



Sl. 117. Ladd-ov dinamo-električni stroj.

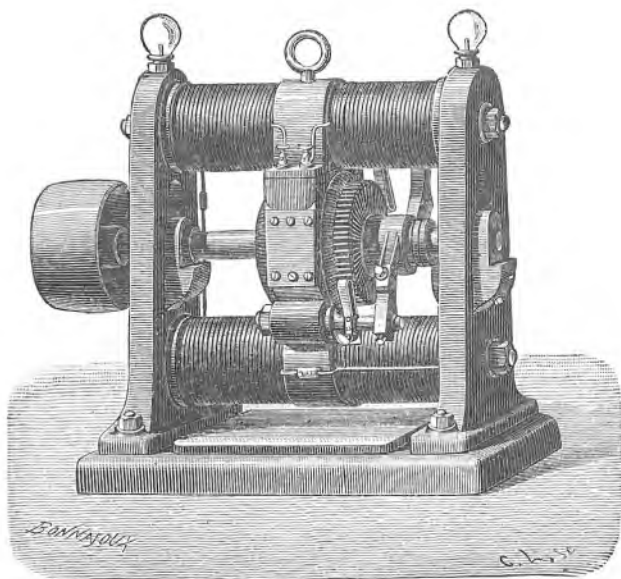
već god. 1867. prvi „dinamo-električni stroj“ (tim imenom naime izražena je razlika između starijih strojeva sa permanentnim magnetima i novijih sa elektromagnetima).

Slika 117. pokazuje Laddov stroj. Dvije široke ploče od mekoga željeza B i B' , omotane su žicom, svaka je njih dakle poseban elektro-magnet. Između polova M i N na lijevoj strani vrti se manji omot Siemensov. U njem probudjene struje teku u žice obiju elektro-magneta i dižu mu snagu. Na desnoj opet strani između polova elektro-magneta M i N smješten je drugi veći Sie-

mensov omotani valjak, u kojem jur jaki elektromagnet probudjuje vrlo jake struje, koje teku n. pr. u svjetiljku *J*.

Nu i ovaj prvi „dina-mo-stroj“, koji upotrebljava Siemensov omot na željeznom valjku, imade pogrješku svih starijih strojeva, da ne daje neprestanu struju, nego brzi slied časovitih struja.

Tek kad je Theophil Gramme g. 1870. sagradio svoj obruč i mjesto Jaminova magneta upotrebio po iztaknutom dinamo-električnom principu elektro-magnet, niknuo je prvi pravi dinamo-električni stroj od Gramme-a.



Sl. 118. Gramme-ov dinamo-električni stroj.

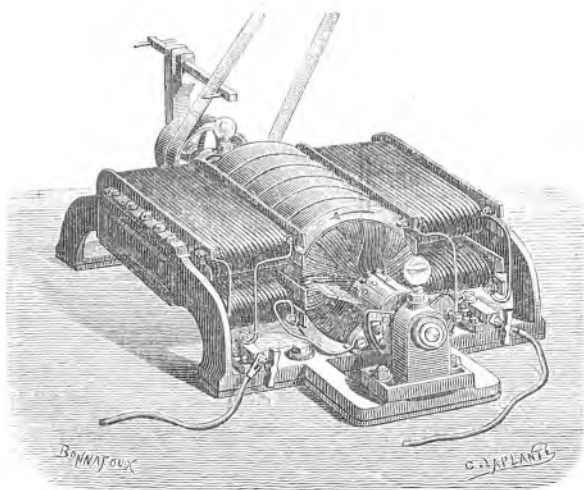
Slika 118. pokazuje nam Gramme-ov dinamo-električni stroj u najjednostavnijem obliku, kako još i danas u industriji veoma mnogo rabi, akoprem je već g. 1870. sagradjen.

Obruč je smješten na vodoravnoj osi, koju parastroj okreće u minuti 900 puta. Polovi dvaju takodjer vodoravnih elektro-magneta obuhvaćaju gotovo sasvim taj obruč, pa je on gotovo uvijek u jakom magnetičkom polju. Struja, koja se u obruču budi onim trunkom magnetizma, koji je u mekom željezu ostao od prvog njegovog magnetovanja u tvornici, teče najprije okolo obiju elektro-

magneta i onda tek dalje u vanjski tečaj; snaga magnetima raste, a u istom omjeru i snaga inducirane struje, kako smo prije razložili.

Ovaj stroj mnogo rabi za razsvjetu tvornica itd. i galvanoplastične radnje. Težak je 360 klg., a žica omotana oko elektromagneta sama 64 klg., pa ako se obruč u minuti okrene 1300 puta, može da hrani 5 električnih svjetiljaka.

Od g. 1870., kad je ovaj stroj sagrađen, do danas sagrađena je velika množina ovakvih dinamo-strojeva u raznim tvornicama. Temelj je svima isti, a različni su samo po obliku omota, koji se vrti među polovima elektro-magneta i po obliku i rasporedu ovih samih.



Sl. 119. Dinamo-stroj Siemensov (Hefner-Alteneck).

Ne može biti svrha ovih redaka, da nabrajamo sve te konstrukcije i njihove prednosti pred prvim Gramme-ovim strojem. Spominjemo samo još dva stroja: Siemensov (ili bolje Hefner-Alteneck, jer ga je taj Siemensov inžinir sagrađio) i Brush-ov. Prvi mnogo rabi po Njemačkoj i Austriji, a drugi osobito po Englezkoj i Americi.

Siemensov dinamo-stroj vidimo na slici 119. Mjesto Grammeova obruča upotrebljava on cijeli željezni valjak, koji je sa svih strana omotan žicom (zovu ga elektrotehnici „bubnjem“, stroj na bubanj) i taj se valjak vrti između četiri elektro-magneta; gornja su dva okrenula svoje sjeverne, a donja dva svoje južne polove bubnju; bubanj je dakle neprestano u jakom magnetičkom polju.

Glavni reprezentanti dinamo-stroja jesu i ostaju strojevi Grammeov i Siemensov, kojima se može pribrojiti i stroj Edisonov. Sve druge mnogobrojne konstrukcije ne pokazuju u načelu ništa nova, samo je tehnički raspored pojedinih česti drugačiji i na tom temelju gotovo svaki graditelj ovakovih strojeva tvrdi, da je njegova konstrukcija najbolja.

Koji će od obiju glavnih strojeva prevladati, pokazat će tek pomniji pokusi. U Englezkoj su prvi takovi pokusi pokazali, da je Gramme-ov stroj puno bolji od Siemensova, ali stvar još i danas nije odlučena. Izvrstna su oba, jer daju upravo gorostasno jake struje. Oni su danas svakako najizdašnije vrelo jakih galvanskih struja.

* * *

Gdje se ne radi o tom, da budu struje veoma jake, i gdje se ne ište, da struje dugo vremena neprestano rade, rabe danas, kraj galvanskih baterija, još dva vreća električnih struja. Jedno je i drugo vrelo zanimljivo i odlično tim, što daje veoma stalne struje.

Podjimo im dakle tragom!

G. 1703. donieli su Holandezi u Evropu nov kamen turmalin sa otoka Ceylona, koji je pokazivao čudno svojstvo: kad si ga držao iznad žari drvenoga uglja, privlačio je male pahuljice pepela. Godine 1703. našao je pisac knjige: „Curiose Speculationes bei schlaflosen Nächten von einem Liebhaber, der immer gern speculirt“, da ugrijani turmalin i druga tjelesa privlači. Slavni mu je Linné s toga god. 1747. nadjenao ime: lapis electricus, a obično su ga zvali „Ceylonski magnet“. Tek Aepinus i Wilke našli su pravi u uzrok tomu privlačenju godine 1758.

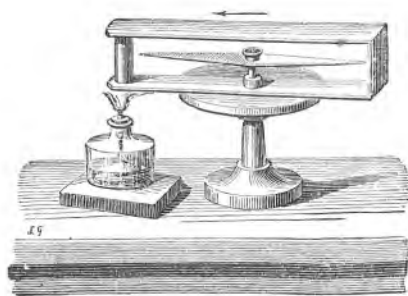
Kad se temperatura turmalina mienja između 10° i 150° , postaje električan; na objema se krajevima kristala javljaju protivni elektriciteti, on dakle ima dva električna pola i u sredini neutralni pojas. Nu ovo električno stanje turmalina traje samo dotle, dok se mienja njegova temperatura; kasnije, kad se temperatura izjednačila na objema krajevima, nestane njegove električnosti posvema.

Ovo je bio prvi pojav, koji je fizicima pokazao, da i toplina može biti izvorom elektriciteta, baš kao i trenje, ili kemičko raztvaranje u galvanskoj bateriji ili napokon mehanična radnja kod indukcije. Ne bi li se dakle i ovaj novi izvor elektriciteta, gdje se toplina pretvara u elektricitet, dao upotrebljavati za konstrukciju baterije, koja bi nam davala električnu struju poput drugih baterija?

Zasluga, da je na ovo pitanje odgovorio, ide u prvom redu Berlinskoga fizika Seebecka, koji je g. 1821. obreo, kako se topline mogu probuditi prave i trajne galvanske struje.

Evo njegova temeljnoga pokusa:

Ploču od bakra (sl. 120.) savinuo je dva puta tako, da je dobio tri strane pravokutnika, a četvrta je strana bio valjak od kova antimona, koji je bio spojen uz bakar. Kad je Seebeck dolnje spojište obiju kovova lampicom ugrijao, pokazala mu je u četverokutu namještena magnetska igla svojim odklonom, da ovo grijanje budi galvansku trajnu struju, koja teče od ugrijanoga mjesta kroz bakrenu ploču k hladnijemu spojištu. Kad je pak dolnje spojište hladio, dobio je opet trajnu struju, ali protivnoga smjera. Struja je bila to jača, što je bila veća razlika u temperaturi obiju spo-



Sl. 120. Pokus Seebeckov.

jišta. Dakako, da je Seebecku sada bila prva, da sličnim načinom izпита i druge kovove, pak je našao, da kovovi antimon i bizmut daju najjače trajne struje, kad im se jedno spojište grije ili hladi, i te su struje svagda tim jače, čim su različnije temperature obiju spojišta.

Ovaj je izvor upotrebio prvi Nobili, da sagradi bateriju, koja bi davala na te-

melju ovakoga grijanja galvansku trajnu struju. Cio niz štapića od antimona *AAA* (sl. 121.), spojen je sa isto toliko štapića od bizmuta *BBB*. Sva su liha spojišta 1. 3. 5. i t. d. na gornjoj strani, a sva tåka 2. 4. 6. i t. d. na dolnjoj. Spojiv krajnje štapiće žicom i ugrijav na pr. doljna spojišta, dočim su gornja ostala hladna, dobio je u žici trajnu galvansku struju, to jaču, što je veća razlika bila u temperaturi spojišta.

Kasnije je Nobili više takovih elemenata od antimona i bizmuta složio u paket nalik kocki (sl. 122.); na jednoj su strani bila sva liha, a na drugoj opet sva tåka spojišta; sa strane je spojio jednu stežaljku sa prvim štapićem od bizmuta, a drugu sa zadnjim od antimona, a u ove stežaljke dolaze žice, koje će dalje odvesti struju, što će postati, kad se jedna strana spojišta ugrije.

Tu Nobilijevu bateriju zovu termo-električnom baterijom. Struje joj nisu jake, ali sasvim konstantne, dok je razlika temperature ista. Na mnogo je veći glas izašla po tom, što je gotovo najosjetljiviji naš toplomjer, koji već pokazuje razliku temperature od $\frac{1}{5000}$ jednoga stupnja Celsija, dok sa našim običnim termometrima od žive teško mjerimo i $\frac{1}{100}^{\circ}\text{C}.$ Vriedno je, da ovaj osjetljivi instrument, koji u nauci o toplini veoma mnogo rabi, nešto bolje upoznemo.

Nobilijeva baterija od jedno 64—120 elemenata, kojih svaki sastoji od 3—4 cm. dugih štapića od antimona i bizmuta (sl. 123.), spojena je sa jur opisanim multiplikatorom od istoga

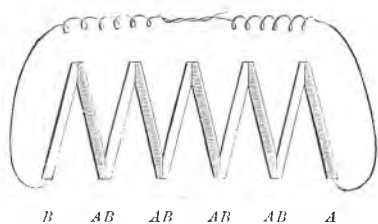
Nobilija, onim osjetljivim strojem, koji nam po odklonu svoje magnetske iglice javlja i najslabiju galvansku struju.

Spoj ovih dvaju aparata upravo je vanredno osjetljiv termometar (toplomjer). Dotakneš li na pr. samo prstom svoje ruke jednu stranu baterije, bit će ova neznatna razlika u temperaturi njezinih obiju strana dovoljna, da živo okrene magnetsku iglu na multiplikatoru. Ona neznatna razlika temperature probudila je svakako veoma slabu struju, nu i ta je struja bila dostatna, da iglu jako odkloni!

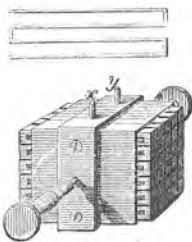
Kod finih aparata ove vrsti, kako ih je sagradio osobito talijanski fizik Melloni, dosta je već ruku primaknuti na pol metra jednoj strani baterije, da se znatno odkloni igla multiplikatora!

U novije su doba sagradili mnogo jače termo-električne baterije; njihove su struje već tako jake, da mogu posvema nadomjestiti obične galvanske baterije, i osim toga se te struje tečajem vremena ništa ne slabe. Da od njih pak dobiješ struju, nemaš gotovo nikakova posla.

Pod donjim spojištima već je postavljena svjetiljka, koju samo treba da zapališ, pa da povišiš temperaturu njihovu, dok gornja



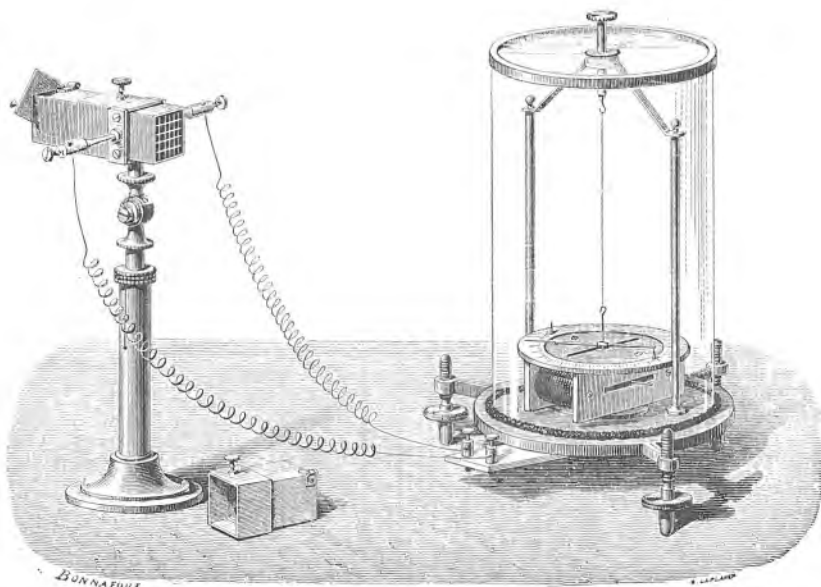
Sl. 121. Elementi termo-električni od Nobilija.



Sl. 122. Raspored termo-električnih elemenata u bateriji Nobilijevoj.

spojišta ostanu hladna. Takovih baterija imade razne konstrukcije; mi spominjemo ovdje samo jednu od najboljih, koju je sagradio Noë, a popravio Robiček, pak se po njima i zove Noë-Robičekova baterija. Dvadeset i pet njihovih elemenata daje struju kao jedan Bunsenov element.

Gdje ne treba veoma jakih, ali konstantnih struja, preporuča se poraba ove Noë-Robičekove baterije, jer joj struja zaista ni malo ne oslabi, sve ako više tjedana neprestano teče, a tako konstantne struje ne daje ni jedna druga baterija. Osim toga ona ne ište go-



Sl. 123. Nobilijev termo-multiplikator.

tovo nikakove posluge, i ne troši nikakovih materijalija, ako ne ono malo spirita, što gori u svjetiljci, koja grije donja spojišta.

* * *

Povratimo se na časak Faradayevu voltmetru. Ondje galvanska struja raztvora vodu i na jednoj se pločici od platine kupi vodik, a na drugoj kisik. Čim prestane struja teći, prestaje i daljnje razvijanje vodika i kisika, nu pločice od platine oklopljene su dakako još nešto malo vremena, jedna vodikom, a druga kisikom. Spojimo li ove sa plinovima oklopljene pločice od platine izvana

žicom, pokazuje se posvema nov pojav: u žici teče galvanska struja sasvim protivna onoj struji, koja je čas prije raztvorala vodu. Slaba je doduše i traje kratko, ali tek postoji. Već je gosp. 1803. tu drugotnu struju opazio Niemac Ritter, a god. 1826. proučavao ju je поближе Francez De la Rive, nadjenuvši joj ime drugotne ili sekundarne struje.

Odkuda li ta drugotna struja? U vodi su obje pločice od istoga kova, naime platine, dakle dotik njihov sa vodom ne može da bude uzrok struji, jer smo jur prije našli, da se struja radja samo onda, kad su u vodi dva različita kova. Nu s druge opet strane znamo, da se pločice od platine za pravo ni ne dotiču vode, jer je jedna od njih oklopljena sva vodikom a druga kisikom, dakle se u istinu vodik i kisik — dva različita plina — dotiču vode i u tom dotiku nam je tražiti izvor ove drugotne struje, koja će prema tomu trajati dotle, dok bude oko pločica onih plinova.

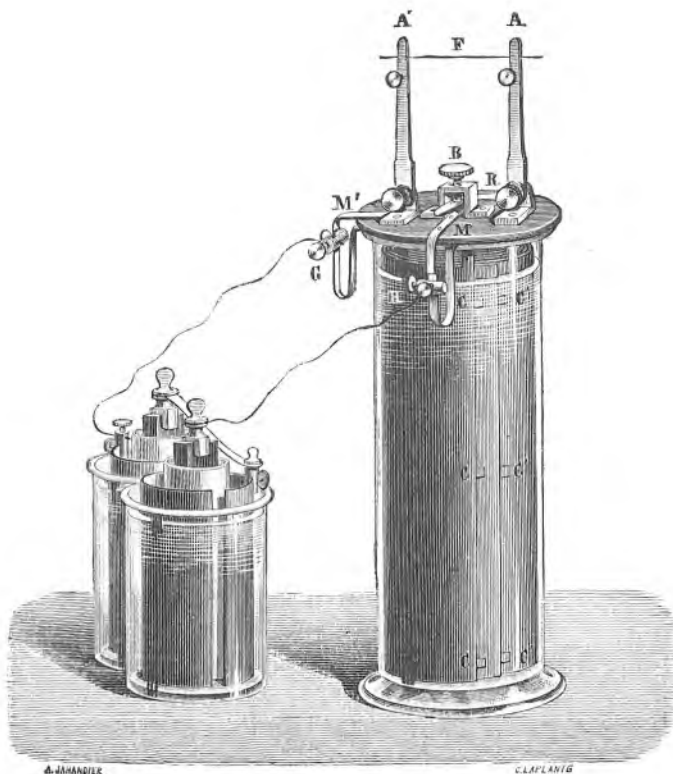
Do godine 1859. ovu drugotnu struju nису umjeli upotrebljavati. Te je godine Francuz Gaston Planté uzeo ponovno izpitivati tu struju i nakon rada punih dvadeset godina uspio je sjajno, pojačavši ovu drugotnu struju toliko, da je njom izveo pokuse, za koje prije njega nitko nije ni slutio, da bi se mogli izvesti galvanskom strujom.

Rezultat je njegovih iztraživanja bio, da je ova drugotna struja najjača, ako mjesto ploča od platine rabe olovne ploče — što veće — i te se utaknu u kiselu vodu. Kad je kroz vodu poslao struju dvaju Bunsenovih elemenata, raztvorala se dakako voda i vodik se kupio oko jedne, a kisik oko druge olovne ploče. Kad je mislio, da su se ploče posvema oklopile plinovima, odstranio je Bunsenove elemente i spojio je krajeve obiju olovnih ploča medju sobom žicom. Tom je žicom odmah stala teći drugotna struja, koja je bila gotovo tako jaka, kao struja od $1\frac{1}{2}$ Bunsenova elementa t. j. dva olovna voltametra daju struju kao tri Bunsenova elementa! Planté je dakle našao nov izvor struje, koji je mnogo izdašniji od najjačega do tada poznatoga elementa. Da izrazi jasno djelovanje ovoga svoga olovnoga elementa, nadjenuo mu je ime „drugotni elemenat (sekundarni el.) ili takodjer „akumulator“, jer se zaista može reći, da se je ona prvobitna struja iz Bunsenovih elemenata nekako sabrala ili akumulirala u olovnim pločama, pak da ovu sabranu struju iz njih opet dobiti možemo.

Evo najsavršenijega oblika Planté-ova akumulatora (sl. 124.). Dvie duge i uzke ploče olovne položene su jedna na drugu, ali iz-

medju njih su tri 5 mm. debele vrpce od kaučuka, a tako da se olovne ploče nigdje ne dotiču. Te je ploče smotao i utaknuo u čašu punu kisele vode. Svaka ploča nosi po jedan štapić *A* i *A'*, u koji dolazi žica *F*, kojom će teći sekundarna struja. Dvije stežaljke *G* i *H* spajaju svaku ploču sa jednim polom Bunsénove baterije od dva elementa.

Ova prvotna struja Bunsenovih elemenata raztvora vodu medju olovnim pločama i ove se oklapaju sve više vodikom i kisikom, a



Sl. 124. Plante-ov akumulator ili sekundarni elemenat.

jer su ploče veoma duge, skupi se oko njih mnogo ovih plinova. Kad je akumulator, kako veli Planté, nabijen, izluči se Bunsenova baterija. Nakon više sati, pače i drugi dan možeš štapiće *A* i *A'* spojiti na pr. tankom žicom od platine, pak ćeš vidjeti jur poznati pojav, da će drugotna struja ovu žicu razžariti i držati ju razžarenu cio sat! Iz ovakih je obično dvadeset akumulatora sagradio bateriju,

spojio ju sa 80 Franklinovih ploča, koje je mogao za tili čas napuniti elektricitetom.

On je dakle konstrukcijom ovoga kondenzatora, komu je nadjenao ime „reostatični stroj“, pretvorio elektricitet, koji teče žicama (struju) u elektricitet, koji se smjestio na oklope Franklinovih ploča i ondje miruje (statički elektricitet). Silna množina elektriciteta, sakupljena i sgusnuta na tim Franklinovim pločama, davala je dakako silne iskre i udarce, daleko jače od onih iz velike baterije Leydenskih boca.

Mnogobrojni su i prezanimljivi pokusi Planté-ovi sa njegovim velikim sekundarnim baterijama.

Niesu međjutim ovi zanimljivi pokusi uzrok tomu, što smo ovo najnovije vrelo galvanskih struja ondje napose iztakli, nego činjenica, da bi ovo vrelo naskoro moglo stupiti u praktični život malog čovjeka i obrtnika.

Jedno je od najtežih pitanja socijalnoga života, kako da se užuva mali obrtnik kraj velikih tvornica, od kojih mu prieti propast. Razvitak elektrotehnike već danas pokazuje, da ne će proći mnogo vremena, pak će elektricitet u velike rabiti, da tjera svakovrstne strojeve, koje čovjek danas tjera ili parom ili pak svojom tjelesnom snagom.

Veliku će glavnicu zapasti zadaća, da u svakom gradu stvori središte, u kom će se elektricitet u velike producirati. Iz ovoga središta ima da priedje elektricitet u pojedine kuće i tamo tjera manje strojeve, sve do šivaćega stroja maloga obrtnika. Kako da dodje elektricitet u svaku kuću? Dva su puta otvorena: ili će se gradom razplesti silna mreža žica, kojima će elektricitet teći na mjesto, gdje ga čovjek treba, ili će se u središtu graditi akumulatori, pa će ih napuniti elektricitetom i uz odštetu pozajmljivati svakomu, koji treba elektriciteta za tjeranje ma kojega i najsitnijega stroja. Kad je akumulator potrošio svoj elektricitet, vraća se u središte elektriciteta, da se ondje ponovno napuni i opet rabi.

Koji će od ovih dvaju putova prevladati, visjet će o cieni njihovoj, nu sva je prilika, da će zaista akumulator prevladati a tim je mali obrtnik očuvan od propasti, jer radi s istom brzinom i istom silom, kojom radi i velika tvornica.

Opreka izmedju maloga obrta i glavnice naći će tim putem možda povoljno rješenje.

IX.

Električna razsvjeta.

Prvi pokusi s električnim svjetlom. — Voltin luk između šljaka od ugljena. — Regulatori za ovo svjetlo. — Foucaultov regulator. — Jabloškovljeva svieća. — Dielenje električnoga svjetla. — Siemensova diferencijalna svjetiljka. — Žarnice. — Starrova žarnica. — Thomas Alva Edison. — Dielenje struje za žarnice. — Električno svjetlo i razsvjetni plin. — Današnje stanje električne razsvjete.

Bilo je g. 1846. U Parižkoj se operi pjevao Meyerbeerov „Prorok“ i tom su prilikom izhod sunca prikazali električnim svjetlom. Bio je to opisani Voltin luk među šljcima od ugljena, a struju je davala jaka galvanička baterija. Rezultat bijaše sjajan i od onoga je vremena rabio Voltin luk, kad je trebalo, da se u kazalištu postigne svjetlom velik efekt.

Kad su g. 1862. gradili sjevernu željeznicu u Španjolskoj, upotrebljavali su dvadeset Serrinovih električnih svjetiljaka i za njih potrebne baterije, da rade noću. I zaista su radili 9400 sati pri toj električnoj razsvjeti.

Kasnije su se služili ovim električnim svjetlom više puta, kad je valjalo posao obaviti do odredjena roka, n. pr. kod gradnje tvrđave Chavagnac kod Cherbourga, mosta preko Rajne kod Strassburga, luke Le Havre, palače Trocadero za Parižku izložbu od g. 1878.

U ovim slučajevima i u mnogim drugima pokazalo se jasno, da se nikakov drugi način razsvjete ne može da mjeri s električnim svjetlom, kad se radi o jakom svjetlu i o osobitom efektu svjetla. Kraj svih sjajnih rezultata ipak je električno svjetlo ostalo do naših dana više neki kuriozitet: o praktičnoj porabi toga iza sunca najjačeg svjetla ne bijaše ni govora, jer je proizvodjanje takovoga svjetla sa galvaničkim baterijama bilo nerazmjerno skupo, a električne svjetiljke ne bijahu pouzdane: u tili se čas znala svje-

tiljka utrnuti, a posljedica bijaše, makar i na kratko vrijeme, egiptaska tmina.

Tek kad su Gramme i Siemens skupe galvaničke baterije namjestili dinamo-električnim strojevima, koje smo čas prije upoznali, a Rus Jabloškov i Niemac Siemens sagradili svoje pouzdane svjetiljke, stalo se električno svjetlo silno širiti po čitavom svijetu: radionice i tvornice, luke i kolodvori, željeznice i brodovi, kazališta i dvorane, ulice i trgovi, svjetionici na moru i čitave četvrti gradova, pače i privatni stanovi zasjaše u električnom svjetlu. Naći ćemo ga pače u atelieru fotografa, u dubljini rudnikâ, kod radnja na dnu morskom, kod obradjivanja zemlje i kod operacija vojničkih, pače i liečnik ga treba, kad hoće da obasja skrivene česti čovječjega tiela. Eno ga gdje svietli u javnim uredima i velikim trgovinama, eno ga u velikim gostionama, u tunelima i kod noćnih radnja oko željeznica, mora da pomaže pače suncu, kako bi usjevi brže dozreli.

Kad je g. 1881. francuzki ministar Cochery u „palais de l'industrie“ sve stečevine elektro-tehnike svijetu pokazao, ostao je gotovo zapanjen cio svijet sa gorostasnog napredka. A kad je dvie godine nakon toga austrijska metropola sve blago elektro-tehnike u krasnoj rotundi svojoj posakupila bila, obasjavalo je doista „more svjetla“ liepa polja bečkoga pratera.

Od g. 1883. pa do danas opet je električno svjetlo napredovalo, i danas je već liep broj gradova po Evropi i Americi, kojima električno svjetlo razsvjetljuje noći, kao da im sunce sja, zaista dovoljan razlog, da se s tom novom razsvjetom pobliže upoznamo.

Iza sunčanoga svjetla ne ima jačega na svijetu od onoga, koje se javlja među šiljcima ugljena, kad njima teče galvanska struja snažne baterije ili dinamo-električnog stroja. Odkad je Davy na početku našega vieka ovo sjajno svjetlo opazio, niesu se prestali njim zanimati fizici kulturnih naroda: proučavahu pomno jakost i svojstva Voltina luka, ne bi li našli sredstva, da se čovjek okoristuje ovim liepim darom električnih sila. Francuzki fizici Foucault i Fizeau prvi izmjeriše jakost njegova svjetla: ako je jakost svjetla sunčanog = 1, nadjoše, da je jakost Voltina luka = 0.5, a mjesečeva svjetla na pr. tek $\frac{3}{1000000}$ od jakosti svjetla sunčanoga.

Voltin luk međjutim ipak nije jedini način, kojim se može dobiti električno svjetlo. Među učincima struje nadjosmo i onaj, da galvanska struja znade živo razžariti tanke žice osobito od platine.

I ovo je liepo svjetlo razžarenih žica tako jako, da ga možemo upotrebiti za razsvjetu.

Odtuda dvie vrsti aparata za električnu razsvjetu: jedni upotrebljavaju Voltin luk, a drugi žarenje tankih žica. Počnimo s opisom aparata prve vrsti, jer su i starijega porietla.

Voltin luk, ako je i bio najjače svjetlo iza sunčanog, niesu mogli dugo vremena upotrebiti za trajnu razsvjetu. Opisujuć ga medju učincima struje iztaknuli smo, da s jednoga ugljena lete razžarene čestice k drugomu i pri tom izgore u zraku. Daljina obiju šiljaka sve više raste i za koji čas bude tolika, da električna struja ne može da prelazi s jednog ugljena na drugi: Voltina luka najjednoč nestane i hoćemo li da ga dobijemo ponovno, moramo najprije šiljke sastaviti i onda ih opet ne previše razstaviti.

Kod običnog drvenog ugljena, koji veoma brzo gori, trajao je Voltin luk tek jedan časak, ako niesi neprestano primicao jedan ugljen drugomu. Mnogo sporije gori retortni* ugljen, koji je Foucault stao upotrebljavati mjesto drvenoga.

Hoćemo li dakle, da nam Voltin luk neprestano svietli, prva nam je, da se pobrinemo, kako će daljina obiju ugljena ostati jednaka uzprkos tomu, što osobito pozitivni ugljen naglo gori. Postigli su to konstrukcijom aparata, koji se obćenito zovu: regulatori, a svrha im je svima, da sami ravnaju daljinu ugljena prema tomu, kako se gorenjem troše.

Da vidimo, kako se može to postići.

Od svakoga dobrog regulatora električne svjetiljke ištemo tri stvari: 1. On mora šiljke ugljena, koji se dotiču, razstaviti, čim struja kroz njih teče, i tim Voltin luk medju njima načiniti; 2. Prema tomu, kako se ugljeni troše, on treba da ih primiće; 3. Treba da sam ravna daljinu ugljena prema jakosti struje. Što je jača struja, to će veći biti Voltin luk, i regulator treba da više razmakne šiljke. Oslabi li nešto struja, ne će moći podržavati tolikoga luka i on će se utrnuti, ne bude li odmah regulator šiljke primaknuo prema manjoj jakosti struje.

Jedan primjer neka nam pokaže, kako poznatiji i u praksi zaista rabljeni regulatori ova tri posla obavljaju.

Kod svih regulatora obavlja te poslove ona ista struja, koja daje Voltin luk. Ta ideja potječe iz g. 1848., a prvi ju je iz-

* Načinjen od ostanaka kamenoga ugljena u retorti, kad se razvija razsvjetni plin.

takao Francuz Léon Foucault, dočim ju je prvi praktično izveo Archereau. Ovaj je prvi Archereau-ov regulator tako jednostavan, da ćemo na njem najbolje protumačiti djelovanje svih kasnijih regulatora.

Gornji je ugljen čvrst: on se ne može ni gore ni dolje pomicati; dolnji je ugljen utaknut u željeznu ciev, a ova je opet u bakrenoj cievi, u kojoj se lako gore i dolje pomiče. Da ne izpane iz bakrene cievi, nosi ju dolje nit, koja teče preko kolotura, a na kraju niti visi zdjelica sa nešto utega, koji su baš toliki, da slabim tlakom pritisnu dolnji ugljen o gornji. Dok nema struje, ugljeni se dotiču. Oko bakrenoga valjka omotana je žica, a struja, koja će svjetiljku zapaliti, najprije teče kroz omot, pa onda tek od jednoga ugljena k drugomu. Željezna ciev sa donjim ugljenom postaje od struje, koja teče omotom, magnetska, i s toga uleti nešto dublje u omot: šiljci su razstavljeni, a među njima se javi Voltin luk. Dok je struja jednako jaka, lebdjet će željezna ciev sa donjim ugljenom u omotu na istom mjestu: luk će jednako sjati.

Iztroše li se šiljci, te struja mora da odpor zraka na dužem putu svlada, oslabit će dakako struja; nu ova slabija struja slabije privlači željeznu ciev u omot: utezi ju potjeraju nešto u vis i svjetiljka se neće utrnuti. Ojača li pak struja, privlačit će omot željeznu ciev jače i ona će opet dublje ući u omot. Očito je dakle, da struja sama sebe ravna prema svojoj jakosti, a tim je ocrtano načelo, na kojem su osnovani svi kasniji regulatori.

U Francuzkoj u praksi mnogo rabi Serrinov regulator (sl. 125.).

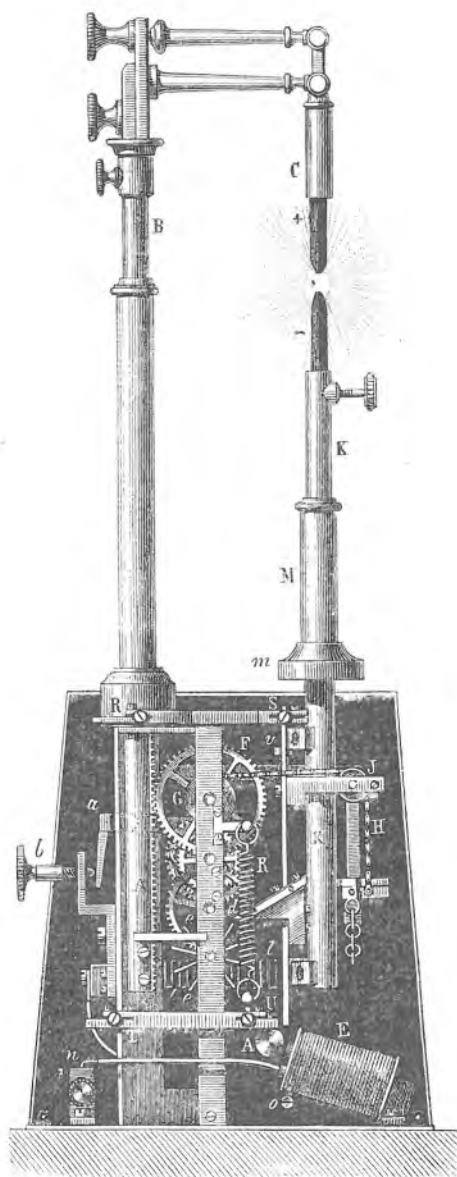
Zubati štap AB , koji nosi gornji ugljen C , hvata u zube kola F ; svojom težinom imade težnju da pada, a s njim se spušta i ugljen C , kojim pozitivna struja ulazi. Padajuć okreće kolo F . Na osi toga kola je kolotur G , a od ovoga ide mali lanac preko kolotura I do drugog mjedenog štapa K , na kojem je negativni ugljen. Kad štap sa pozitivnim ugljenom dolje pada, diže ovaj lanac negativni ugljen u vis i ugljeni se primiču. Ovo se gibanje svagda javlja, kad struja ne može da prelazi s jednoga ugljena na drugi i s toga se oba ugljena dotaknu. Čim udje struja u aparat, privuče elektro-magnet E meko željezo A k sebi i četverokut $TUSK$ povuče dolje štap KK , na kojem je dolnji ugljen. U tom času zahvati zub d u treće kolo i obustavi daljnje okretanje kolesja: ugljeni su dobili stalnu daljinu i među njima se zasjao Voltin luk. Malo se po malo ugljeni

troše i njihova daljina biva sve veća; Voltin luk raste, ali i struja se sve više slabi, jer raste odpor, što joj ga je svladati na putu kroz

zrak. Posljedica je tomu, da magnetizam u elektromagnetu popusti i slabije privlači kotvicu *A*, a pero *R* digne četvorinu *T U S R* u vis, i s njom zub *d*, kolesje je otvoreno i radi ponovno. Ugljeni se primaknu, jakost struje opet poraste, elektro - magnet privuče kotvicu, a zub *d* obustavi kolesje, i tako dalje, dok se ugljeni niesu toliko iztrošili, da ih treba zamieniti novima. Radnja je svjetiljke ovim regulatorom podpuno osigurana i nema straha, da bi se mogla utrnuti. Trajanje je luka određeno dužinom ugljena, koja se prema potrebi lako odredi.

Struja ulazi u svjetiljke stezaljkom *R* u štap *A B*, prelazi iz gornjega ugljena u donji i preko valovite žice *l* ulazi u spiralu elektromagneta; odavde ide u stezaljku *n* i dalje ravno k negativnom polu.

Velik je broj re-



Sl. 125. Serrinov regulator.

gulatora, koji su na ovom istom načelu osnovani, ali se od ovdje opisanoga razlikuju tim, što su više ili manje jednostavni.

Opisani regulator, a i mnogi drugi, koji su ovomu nalik kao na pr. Fontaine-ov, Maximov, Lontinov, Gramme-ov, Burginov, Mersanne-ov, Gaiffe-ov, Carré-ov, Cromptonov, Kruppov, osobito pak Jaspárov i Brushov, koji mnogo rabe u praksi, rade veoma sigurno i zadovoljavaju svim uvjetima dobra regulatora. Nu kod



Sl. 126. Pavao Jabloškov.

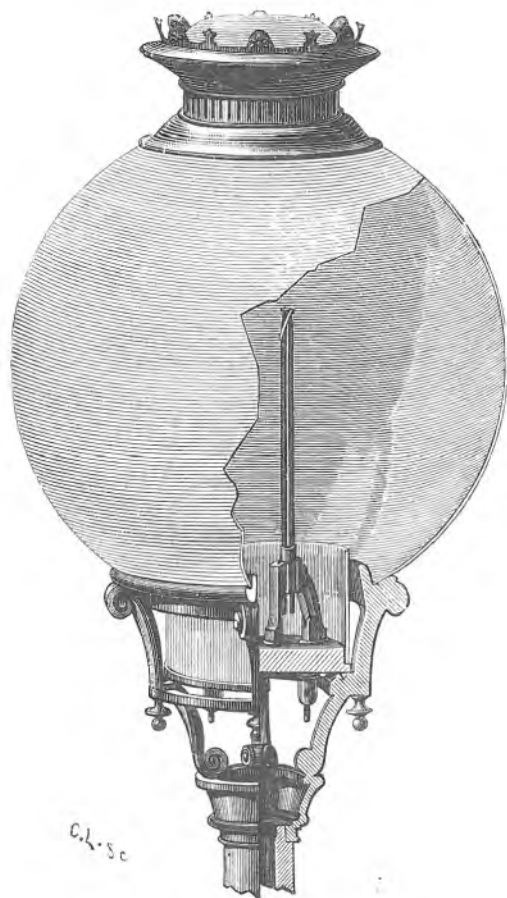
svih je njih ipak potreban više ili manje zamršen mehanizam, da drži ugljene uvijek u istoj daljini.

Najjednostavniji način, kako da se ovaj problem rieši, — gotovo Kolumbovo jaje — našao je razmjerno veoma kasno g. 1876. mladi ruski častnik Pavao Jabloškov (sl. 126.), sretni obretnik po celom svijetu poznate Jabloškovljeve električne svieće (sl. 127.). — Tu ne treba nikakova mehanizma. — Dva štapića od

ugljena *c* i *d* stoje uzporedno i njihova je daljina svagdje jednaka; medju njima je biela masa, koja je dobar izolator (parižka sadra). Dolnji se krajevi utaknu u mjedene cieve, a ove se završuju stežaljkami, kroz koje ulazi struja u oba ugljena. Da se ova svieća zapali, vodi na gornjem kraju od jednoga ugljena na drugi mali



Sl. 127. Jabloškov-
ljeva svieća.



128. Jabloškovljeva svjetiljka.

štapić *a b* od grafitu. Čim struja udje u ugljene, prelazi ona po grafitu s jednoga na drugi i natrag u stroj; grafit se razžari i pretvori u paru, ali se međjutim na gornjem kraju ugljenâ napravi Voltin luk; njegova je vrućina tolika, da se izolator medju uglje-

nima tali i izparuje. Kako se ugljeni gorenjem troše, tali se i izolator. Ne trebamo gotovo ni spominjati, da se ovdje daljina ugljena gorenjem ništa ne mienja, dakle nema ni razloga, da se Voltin luk utrne: dok je ugljena, dotle traje i luk bez ikakova regulatora. Nije li baš čudo, da se nitko prije g. 1876. nije dosjetio ovoj kako originalnoj, tako jednostavnoj misli, nego su mjesto toga išli graditi veoma zamršene regulatore? Jednu nam je okolnost još iztaknuti. Ugljen se, kojim ulazi pozitivna struja, troši dva puta brže od negativnoga, s toga bi se i kod ove električne svieće brzo mienjala daljina ugljena; da toga ne bude, uzimlje se pozitivni ugljen dva puta deblji od negativnoga, ili pak rabe strojevi, u kojima se smjer struje svaki čas mienja, te pozitivna struja sada jednim, sad drugim ugljenom ulazi u svieću, a ugljeni su jednako debeli. Praksa je pokazala, da drugi način daje mnogo mirnije i jednoličnije svjetlo. Slika 128. pokazuje Jabloškovljevu električnu svieću u staklenom balonu, kako rabi za razsvjetu ulica i javnih zgrada.

Društvo, koje u Parizu ovaj sustav električne razsvjete obrađuje, gradi sada tri vrsti svieća. Prva sa ugljenima od 6 mm. daje svjetlo jako kao 60 svieća i treba $1\frac{1}{2}$ konjske sile, da se zapali; druga 4 mm. debela, daje 45 svieća i treba 1 konjsku silu. Napokon treća — mala — od 3 mm. daje svjetlo od 25—30 svieća i takovih 12 svieća ište 4—5 konjskih sila za tjeranje dinamo-električnog stroja, koji će ih svojom strujom užeti.

Ugljeni dugi 22—25 cm. gore obično $1\frac{1}{2}$ —2 sata. Od godine 1876. amo uvedene su i na električnoj svieći neke novotarije, kojim je glavna svrha, da se druga svieća sama zapali, kad dogori jedna. Spominjemo samo električne svieće od Lerouxa, koja se zove obično: *lampe soleil*, Jamina god. 1879., Rusa Rapijeva i konačno Andrewovu.

Uspjesi električne razsvjete s ovim svjetiljkama u zadnjih petnaest godina zaista su veliki. Otkada su dinamo-električni strojevi od Gramme-a i Siemens-a sagrađeni, imademo silan izvor galvanskih struja, koji ni s daleka nije tako skup, kao što su velike konstantne baterije. Od toga časa nikao je po svem svijetu razširenomu razsvjetnomu plinu opasan suparnik i pred našim se očima još danas razvija velika borba između električnoga svjetla i plina. Da se plin, što se tiče jakosti svjetla, ne može mjeriti sa Voltinim lukom ni s daleka, bilo je dakako svima već od početka jasno; nu jakost svjetla nije bila u nikakvom razmjeru sa troškom, pa s toga je

plin bio i dalje gospodar situacije. Nu spomenuti strojevi i čas prije opisani regulatori, napose Jabloškovljeva svieća okrenuše stvar u brzo.

Za tjeranje dinamo-električnih strojeva trebamo samo parostroj, a ovaj troši poprieko za svaku konjsku silu 1 klgr. ugljena na svaki sat. Tom silom pak proizvadjja Gramme-ov dinamo-stroj svjetlo jako 800 svieća, a Edisonov 150 svieća žarnica.

Za razvijanje razsvjetnoga plina opet rabi ugljen i jedan kilogram ugljena daje poprieko $\frac{28}{100}$ kub. metara plina. Kad ova množina plina izgori, daje na svaki sat svjetlo, koje je tek 25 svieća jako.

U tvornice plina uložena je silna glavnica, pa je jasno, da se plinarska tehnika zadnjih godina morala silno napregnuti, da ne zaostane za svojim opasnim suparnikom. Postadoše tako razne svjetiljke za plin, kao n. pr. Argandova, i Friedricha Siemensa regenerativna svjetiljka, kojoj je naročita svrha, da se natječe u jakosti svjetla sa električnim. Nu gdje se radi o tom, da se mali prostor veoma jako razsvietli, niesu ni ove svjetiljke dorasle Voltinu luku, na tom je polju Voltin luk već posvema iztisnuo plin.

Sasma je druga stvar, ako se ište, da se velik prostor jednoliko razsvietli. Tu ne doseže ni najjači Voltin luk. Dinamo-strojevi daju doduše silne struje i kad ih odvedemo u ma koju električnu svjetiljku, dobivamo veoma jako svjetlo, ali jedno jedino. Ovo razsvjetljuje doduše bližnju okolicu upravo brilantno, ali predmeti, koji su nešto dalji od svjetiljke, dobivaju premalo svjetla: prostor nije jednako razsvietljen. Mjesto onoga jedinoga jakoga svjetla treba upotrebiti više njih i porazdieliti zgodno po svem prostoru. Ove luči dakako ni s daleka ne moraju biti tako jake, kao ona jedna, pače ne bi bilo ni zdravo.

Razsvjeta velikih prostorija vodi nas dakle do zadaće: Jedno veoma jako svjetlo neka se nadomjesti sa više manjih i slabijih luči, koje se mogu zgodno razredati po prostoru.

U riešenju ove zadaće bio je do nedavno absolutni gospodar situacije plin, i u tom je razlog, što plin još i danas ne podliježe Voltinu luku. Kod plina je ova zadaća veoma lako riešena. Ne vodim plin u jednu veliku svjetiljku kroz široku ciev, nego ga vodim dovoljnim brojem uzkih cievi do manjih svjetiljaka, koje sam po prostoru po volji razredio. Razdielio sam svjetlo one jake svjetiljke na više manjih luči bez ikakova osobita napora.

Ni s daleka nije tako laka razdioba električnoga svjetla, i trebalo je rada mnogih ljudi, dok su napokon našli rješenje ovoj zadaći za električno svjetlo. Tek od toga vremena — a to je bilo god. 1879. može se govoriti o porabi električnoga svjetla za obćenitu razsvjetu. Obret dielenja električnoga svjetla u ovoj je grani ljudskoga znanja najznamenitiji uspjeh bio, a prvi su ga polučili Rus Čikovljevi i Niemac Werner Siemens.

Od davna su već električnici na to pomišljali, da u tečaj jedne te iste struje upletu više električnih svjetiljaka. Struja bi naime prošavši kroz prvu svjetiljku ušla u drugu, iz ove u treću i t. d., a tek od zadnje bi se svjetiljke vraćala k drugomu polu dinamo-stroja. Nu već su prvi pokusi pokazali, da se to ne da u praksi izvesti: svjetiljke ne gore jednoliko. Čim se naime pomakne regulator u jednoj svjetiljci, osjete i sve druge to gibanje i svjetlo im zatitra; kako se gotovo neprestano zbivaju ovaka gibanja u jednom ili u drugom regulatoru, jasno je, da će i sve svjetiljke gotovo uvijek treptjeti. Pače kad su s najvećom pomnjom gradili posvema jednake regulatore, pokazalo se, da ni tri ovakove svjetiljke ne gore mirno. Trebalo bi dakle svakoj svjetiljci davati struju posebnog stroja, a to se praktički ne da izvesti radi troška.

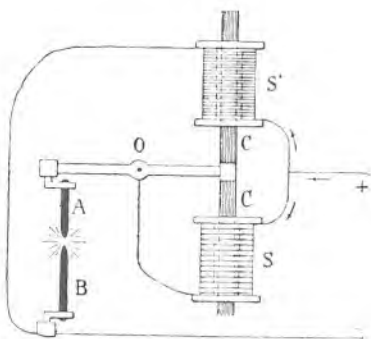
Prvo je rješenje ovoga problema bio obret Jabloškovljeve električne svieće. Više ovakih svieća možeš doista uplesti u tečaj jedne struje, jer ne inaju nikakova regulatora i daljina obiju ugljena ostaje u svima jednaka od početka gorenja do kraja. Nema dakle nikakova razloga, da se mienja dužina i sjaj. Voltina luka: električne svieće gore od početka do kraja mirno, ako su svi ugljeni dobri. Ovo bi bilo zaista najjednostavnije rješenje našega problema, da je podpuno. Žalibože nije. Utrne li se naime kojim slučajem jedna svieća, utrnut će se u istom času i sve ostale, a svieća, koja se jednom utrnula, nikada se više ne može da užeže sama, kao na pr. regulator. Pokusi, da se odstrani ova pogriješka, ili tim, da se svieća ne može nikako utrnuti, ili tim, da se opet sama užeže, nису do danas dosta uspjeli.

Nepodpuni uspjeh Jabloškovljeve svieće potakao je elektrike, da razmišljaju o tom, ne bi li se i u regulatoru dalo električno svjetlo dieliti; rješenje je Siemensovo u praksi najviše prodrlo, pa ga zato ovdje na prvom mjestu izi ćemo.

Načelo toga rješenja pokazuje slika 129. CC je štap od mekoga željeza; nosi ga poluga, koja se može vrtjeti oko O. S i

su dvie spirale (dva solenoida) od bakrene žice; gornja je od tanke žice, pa je s toga u njoj struji velik odpor, a dolnja od debele žice sa malenim odporom struji. Zavoji su na njima tako omotani, da gornja spirala vuče meko željezo gore, a dolnja opet dolje. Da su struje u objema spiralama jednake jakosti, štap se ne bi ni gore ni dolje gibao; nisu li pak obje struje jednake, prevladat će jača, i štap će se gibati u spirali sa jačom strujom. Poluga O nosi pozitivni ugljen A ; negativni je stalan i izravno spojen sa negativnim polom stroja.

Dok svjetiljkom ne teče struja, poluga stoji vodoravno i ugljeni se ne dotiču. Pustimo sada pozitivnu struju u svjetiljku. Njoj su dva puta otvorena: ili će teći u gornju spiralu S' ili u dolnju, prema tomu, gdje nadje put k negativnom polu. Spiralom



Sl. 129. Načelo Siemensove diferencijalne svjetiljke.

S ne može, jer se ugljeni ne dotiču, dakle mora udariti gornjom spiralom S' i iz nje ravno žicom k negativnomu polu. Spirala S' pretvori meko željezo u magnet i povuče ga u se, a ugljen A padne na ugljen B : ugljeni se dotiču. Nu u tom času struja iz pozitivnoga pola udari dolnjom spiralom S , gdje joj je manji odpor, poleti preko O u pozitivni ugljen A , pa prelazi u negativni B i odavde opet k negativnomu polu. Spirala S , u kojoj je manji odpor, imade sada jaču struju, nego gornja spirala S' sa velikim odporom, s toga željezni štap poleti u dolnju spiralu, a ugljeni se razstave: medju njima zasja Voltin luk. Nu ovaj je Voltin luk za struju velik odpor, jer struja mora da prolazi kroz zrak; s toga struja u dolnjoj spirali oslabi i željezni se štap opet nešto podigne, ali samo toliko, da bude jakost struje u objema spiralama jednaka.

Ugljeni su postigli svoju stalnu daljinu i svjetiljka mirno gori. Nu gorenjem se ugljeni troše; daljina im raste, a tim i odpor struji; struja je u donjoj spirali ponovno nešto slabija i gornja spirala opet digne štap, a pozitivni se ugljen primakne negativnomu. Čim se dakle u objema spiralama pokaže kakova razlika u jakosti njihovih struja, regulira ova razlika odmah daljinu obiju ugljena. Odtuda ovomu regulatoru ime: diferencijalna svjetiljka.

Nu kroz ugljene svjetiljke nikada ne teče ciela struja, koja dolazi od pozitivnoga pola; jedan njezin dio teče uvijek preko spirale S' izravno k negativnomu polu. Ako se dakle na pr. u svjetiljci prekine jedan ugljen, te se svjetiljka utrne, nije tim tečaj glavne struje prekinut: sva će struja sada preko S' u daljnji tečaj, gdje je možda druga i treća svjetiljka upletena. Sve ove druge svjetiljke gorjet će dakle dalje, kao da se u prvoj svjetiljci nije ništa dogodilo, gorjet će pače još snažnije, jer je nestalo odpora struji u bivšem prvom Voltinom luku: problem dielenja električnoga svjetla riešen je podpuno. U tečaj iste struje mogu uplesti više regulatora i promjene jednoga ne utječu ništa na svjetlo drugih.

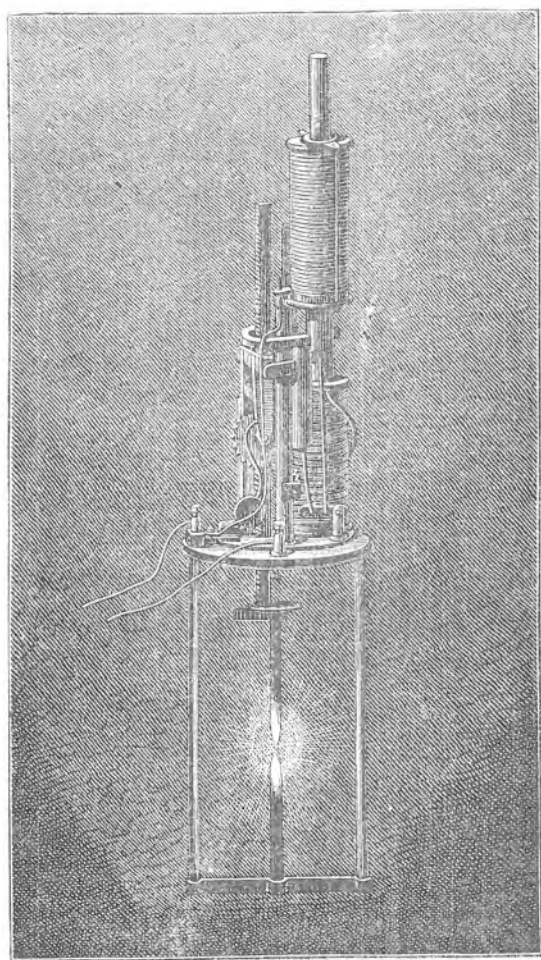
Slika 130. pokazuje izvedenu diferencijalnu svjetiljku Siemensovu. Ova se svjetiljka, akoprem tek god. 1879. sagrađjena, veoma naglo po svem svijetu razišla, baš radi toga, što je tako liepo u njoj riešen problem o dielenju električnoga svjetla.

Već na električnoj izložbi u Beču god. 1883. izložio je Siemens devet dinamo-električnih strojeva, koji su hranili ništa manje nego 56 njegovih diferencijalnih svjetiljaka, medju tima njih četiri po četiri hiljade svieća u kubi rotunde.

Može se mirne duše reći, da je obret ove diferencijalne svjetiljke proizveo cielu revoluciju na polju električne razsvjete, pa nije ni čudo, da su naskoro niknule i druge u tehničkoj konstrukciji jednostavnije svjetiljke, ali po svom načelu istovjetne sa Siemensovom. Spominjemo ovdje Križikovu, Gülicherovu, Schuckertovu, Zipernowskyjevu i Ayerton-Perryjevu svjetiljku.

Sve opisane električne svjetiljke upotrebljavaju za produkciju svjetla Voltin krasni luk. Uz bok Voltinu luku stoji još jedan učinak galvanske struje, koji nam može poslužiti za proizvodjanje svjetla: mislimo žarenje tankih žica, kad njima prolazi struja. Jednomu je i drugomu pojavu isti fizikalni temelj: grijanje tjelesa, kojima prolazi struja, nu razlika je izmedju njih ta, što u Voltinom luku ugrijane čestice i izgore, a u drugom se pojavu samo razžare.

Već je van Marum sa svojim velikim strojem znao usjati, pače i raztaliti 18 stopa dug komad žice željezne i već je i on znao, da je za pokus o žarenju najbolja žica od platine, jer se najteže raztali. God. 1838. je Jobart u Bruselju dalje predložio, da se ugljen



Sl. 130. Siemensova diferencijalna svjetiljka.

zatvori u staklenu posudu, iz koje je sav zrak izsisan, pa onda tek strujom razžari, jer se tim priče, da čestice izgore, budući da nemaju za to potrebnoga kisika. Pa doista već g. 1841. javlja se Englez

Moleyns sa takovom svjetiljkom: u staklenom je balonu, u kom nema zraka, tanka spirala od platine vertikalno u dvie kvačice zakvačena. Struja ju razžari, a da bude svjetlo sjajnije, pušta Moleyns iz posudice, smještene u balonu na gornjem kraju spirale, sitan prah od ugljena, da pada na razžarenu spiralu: ugljen zasja živim bielim svjetlom i svjetiljka daje dosta jako i posvema mirno svjetlo, dok se ne mienja jakost struje. Ali na žalost platina nije dosta stalan materijal: spirala se ipak lako raztali i pokida i liepomu svjetlu u balonu za uvijek je kraj!

Silno je s toga porasla nada i veliko je bilo veselje u Londonu g. 1845., kad se je javio Američanin Starr sa kandelabrom, na kojem je bilo dvadeset i šest svjetiljaka (u počast dvadeset i šest država sjevero-američke unije) i pred slavnim Faradayem jednom jedinom strujom razžario svih dvadeset i šest svjetiljaka. Jako je i tiho svjetlo izpunilo dvoranu, i Faraday je bio sav uznesen.

Starrova je svjetiljka takodjer imala staklen balon bez zraka, ali u njem je stajala tanka šibka od ugljena medju jakim pločicama od mjedi. Dosta jaka struja razžarila je štapić do bjeline i on je širio liepo svjetlo. Starr je već sam naglasio, da bi se njegova svjetiljka osobito preporučala za radnje na dnu morskom (ronioci), u rudnicima i svagdje, gdje se bojači eksplozije.

Prielaz od platine na ugljen bio je zaista u konstrukciji ovih svjetiljaka velik napredak i čini se, da je Starr svoj obret platio glavom. Dan iza odlazka iz Englezke nadjoše ga mrtva u postelji, a njegov tajnik King pokuša, kako bi se okoristovao patentom Starrovim! Nu ni ova svjetiljka sa šibkom nije uspjela u praksi. Ugljen iz retorte pun je zraka, pa s toga ugljen i u balonu bez zraka polako gori, pa se naskoro razpane.

Povratiše se s toga opet platini i iridiju, kovu, koji se još teže tali od platine i još god. 1875. javio se Thomas Alva Edison (sl. 131.), koji od toga vremena sviet gotovo svake godine iznenađuje izumima na električnom polju, sa svjetiljkom, u kojoj rabi opet platina. Ni ta se svjetiljka nije održala u praksi.

Edison je sljedećih godina izpitivao mnoge tvari, ne bi li dobio od njih materijal, koji se ne bi tako lako talio i brzo trošio. Godine 1877. našao ga je napokon u ugljenu iz papira i sagraadio je prvu svjetiljku-žarnicu, koja se u praksi održala.

Edison je čovjek toliko znamenit u modernoj elektrotehnici, i s njegovim ćemo se imenom još toliko puta sastati, da će biti na

mjestu, ako ovdje uz njegov lik upletemo i nekoliko crtica iz života toga originalnoga veleuma.

Edison je razmjerno još mlad čovjek. Rodio se godine 1847. u Milanu (država Ohio u sjeverno-američkoj uniji) i proživio je svoje mlade godine u Port Huronu (Michigan). Otac mu, porietlom Holandez, bio je redom krojač, vrtlar, trgovac žitom i t. d., ali kraj sve svoje inteligencije i energije nije se mogao nikako materijalno



Sl. 131. Thomas Alva Edison.

pomoći. Mladi Edison nije s toga mogao da polazi redovite škole. Čitati, pisati i računati naučio je od majke, koja je prije udaje bila učiteljica u početnoj školi. Nu već za mladih godina odlikovao se ži-
vom željom za knjigom: čitao je sve, što mu je dopalo ruku, knjige, novine i brošure, kako ih je već mogao dobiti. Dječak je odrastao, a siromašnim je roditeljima teško bilo hraniti dječaka bezposlena, pa ga sa dvanaest godina odpremiše iz kuće, da si služi kruh. Od

otca je baštinió uz odlučnost i živi duh još i krepko i jedro tielo. Tako dospíje mladi Edison kao „train boy“ na željeznicu Kanada-Michigan. Tu se vlakom vozio od jednoga kraja do drugoga i putnike nudio novinama, ilustriranim listovima, ali i voćem, krahom i cigarama. Za par se dana dječak posvema uputio u posao, izhodio si razne polakšice i skinuo sa sebe glavni teret tim, što je najmio nekoliko vršnjaka, koji su mjesto njega nudili robu. On je sam sjedio u svojem vagonu kraj robe i marljivo čitao knjige, koje si je od zaslužbe kupovao. Uz ostale knjige učio je ovdje i poznatu: „Uputu u kvalitativnu analizu“ od Fresenius-a, i ne budi lien, kraj svih poteškoća uredi si odvažni dječak u svom vagonu kemički laboratorij, u kojem je marljivo pokuse pravio.

Kako je mnogostran bio taj dječak, neka pokaže ova crtica:

Jednoga dana dodje u atelier lista „Detroit Free Press“, gdje su se baš prodavala uz malu cieniu izrabljena pismena. On ih kupi i još k tomu, što je najpotrebitije i par dana zatim nudio je putnicima svoga vlaka na prodaju list „Grand Trunk Herald“, komu je bio redaktor, faktor, korektor i t. d. Al ga u tom poslu nesreća stigla. Bočica fosfora pala na pod vagona i u njem bukne vatra. Vodja je vlaka doduše s Edisonom vatru utrnuo, ali je i sav njegov materijal iz vagona bacio.

Još je lošije sreće bio Edison s drugim novinarskim pokusom. U Port Huronu stao je izdavati „Paul Pry“. Svaki mu je suradnik dobro došao bio, ako nije iskao honorara. List je bezobzirno napadao osobe i stvari, javne i privatne institucije. Posljedica bijaše, da je nekog liepog dana gradjanin, kojega je list žestoko napadao, Edisona na putu zgrabio za vrat i jednostavno bacio u vodu. Edison je doduše izplivao na kraj, ali „Paul Pry“ nije više izlazio.

S kolikom je požudom Edison učio, neka pokažu ove crtice. U Detroitu, gdje je njegov vlak stajao nekoliko ura, bio je cielo vrieme u knjižnici; bio je odlučio, da pročita sve knjige od prvoga do zadnjega broja. Bio bi on to uradio, da se nije knjižničar stao zanimati za mladića, te ga upozorio, da je bolje birati knjige po sadržaju. U Port Huronu, gdje nije imao knjiga, sastavljao je opet galvanske elemente i brzojavne aparate i u obće izvajdajao fizikalne pokuse, koliko su mu dala njegova materijalna sredstva. Koliko je škrtario vremenom, pokazuje originalni način, kojim si je prištedio onih dvadeset minuta od kolodvora do kuće. Kuća, u kojoj je stanovao,

bila je ledjima kraj željezničkog nasipa. Kraj nasipa je nasuo velikom rpu pieska i skočio je svaki put, dok je vlak još s punom brzinom jurio, na piesak! To je jamačno smio raditi samo Edison.

Znameniti okret u njegovu životu izveo je opet slučaj, okret, komu imade da zahvali veoma mnogo naša znanost. Edison bijaše na peronu kolodvora u Port-Clementu i opazi malo diete, gdje se igra na tračnicama, dok je vlak, koji je jurio s punom brzinom u kolodvor, bio tek 5 met. daleko od djeteta. Ništa ne razmišljajući, skoči Edison preko tračnica i u skoku uhvati diete Lokomotiva ga se već kosnula i on padne zajedno sa spasenim djetetom s one strane tračnica, gotovo neozlijeđen.

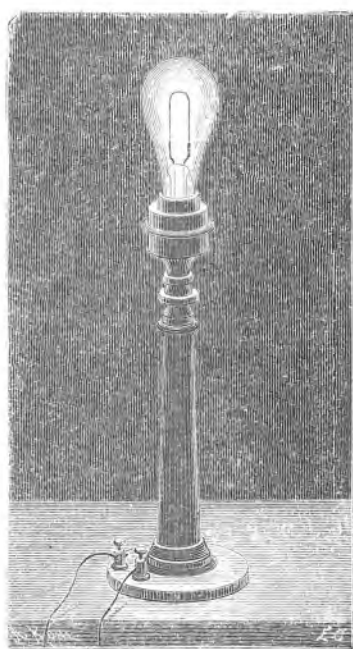
Otac djeteta (glavar postaje u Clementu) učio je mladog Edisona, da mu se oduži, sustavno brzojav. On napusti definitivno svoje mjesto kao „train boy“ i posveti se cilim svojim marom brzojavi. Ne samo da je u tom poslu za kratko pretekao sve svoje drugove: on je nizao jedan obret drugomu. Već godine 1881. imao je Edison 36 privilegija za razne popravke Morseova brzojava! Praktično izvajanje ovih obreta donijelo mu u brzo mnogo novca. On napusti brzojavnu službu, pak si uredi u Menlo-Parku, nekoliko kilometara od New-Yorka, laboratorij, komu na svijetu nema premca, i iz tog laboratorija izlaze i danas još najznamenitiji obreti poput fonografa i drugih, a tko zna, što će još sve ovaj ženijalni samouk sa voljom, čvrstom kao čelik, rodu ljudskomu privriediti, ako nam ga Bog poživi. Prošle je godine posjetio Parižku izložbu i najveće gradove Evrope i svim nama je još dobro u pameti, s kolikim su ga slavljem svagdje primali.

Nu i taj čvrsti je Edison slabašan čovjek! Bio je odlučio, da se ne će nikada ženiti. To je možda jedini naum, kojega željezna volja nije mogla da izvede. U Menlo-parku, gdje je tvornicu uredio, zapelo mu oko o blago i mило lišće radnice Marije Stillwell i to mu se lišće usadilo u sree. Odluka je bila za čas gotova: ne okolišajući ni malo, ponudi djevojci, da mu bude žena i malo čas bili su svatovi. Vele za njega, da je nježan otac i uzor muža. U nedjelju, koja je posvećena lih obiteljskomu životu, u njegovoj se kući ne smije da čuje rieč o znanosti ili poslu.

Nu da se vratimo k Edisonovoj svjetiljki žarnici.

U toj je žarnici (sl. 132.) tanka nit od ugljena savijena u oblik slova U. Ta je nit napravljena iz bambusa osobitim postupkom. Uzprkos tomu, što je veoma tanka, odlikuje se velikom čvr-

stoćom. Posebni strojevi odlupe bambus i razrežu ga u tanke niti. Vanrednom točnosti daje bambusu oblik slova *U*, utakne savijenu nit u željezni kalup, i na tisuće položi u peć, gdje se brzo pretvore u ugljen. Kad otvoriš kalup, nadješ mjesto niti od bambusa nit bilinskoga ugljena, koji je dosta fin, tanak i čvrst. Krajevi su ove niti pričvršćeni uz pločice od platine, koje prolaze kroz staklo balona i teku do stežaljaka, kojimi ulazi i izlazi struja. Kad je iz balona već izvučen sav zrak, pusti Edison, prije nego će balon za-



Sl. 132. Edisonove žarnice.

tvoriti, struju u nit ugljena, da ju razžari. Što je još zraka ili drugih plinova u svjetiljci, izadje iz vruće niti i ti se ostanci još uzdušnom sisaljkom izvuku, a balon žarnice tek sada konačno zatvori. Tim se Edison posvema ugnuo nepravilici, da bi nit od ugljena u balonu mogla izgorjeti. Edison gradi danas dvie vrste žarnica: Edison *A* i *B*, svaku u dva primjerka. Žarnica *A* imade po 16 i 32 svieće, a žarnica *B* po 8 i 10 svieća. Mogu u svem gorjeti 1200 sati, i onda se tek nit iztroši.

Edisonov veliki dinamo-električni stroj može da hrani 2400 žarnica *B* jednom strujom. Problem dielenja električnoga svjetla ovdje je sam po sebi riješen, jer nema razloga, da se koja žarnica utrne i tim struja prekine.

Da izvuče zrak iz balona, sagradio je Edison po uzoru Geisslera i Sprengela posebnu uzdušnu sisaljku; njih preko 500 radi danas u Menlo-parku i sve te sisaljke sišu zrak iz malih balona.

U grlo je balona Edison još namjestio posebnu spravu, kojom možeš svaku svjetiljku uplesti u tečaj struje ili pak iz njega izlučiti: okreneš u tu svrhu samo pipac, kao i kod svjetiljke sa plinom.

Između godina 1877. i 1880. javili su se i drugi konstruktori žarnica. Nu sve su konstrukcije nalik Edisonovoj i među njima nema bitne razlike. Spomena su još vriedne žarnice Lane Foxova, Maximova, Bernsteinova, Siemensova, Crutova, Böhmovi i Diehlova.

Na polju žarnica još je elektrotehnicima otvoreno široko polje radu u trostrukom smjeru: valja u prvom redu nastojati, kako da dobijemo ugljen, koji će mnogo većoj temperaturi prkositi, nego ugljen sadanjih žarnica; treba dalje da se nadje taki oblik ugljena, da što više svjetlih zraka žari i napokon, da se zrak iz balona što više izvuče, t. j. da bude balon što prazniji (vacuum).

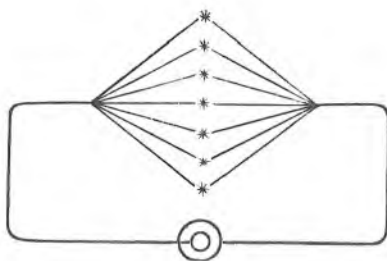
Kako je jakost svjetla u žarnicama kud i kamo manja nego u regulatorima, koji upotrebljavaju Voltin luk, treba da ih u određenom prostoru mnogo više namjestimo, želimo li, da bude dobro i jednako razsvjetljen. Pitanje o dielenju struje još je dakle važnije kod žarnica, nego kod regulatora, ali ga je ovdje i mnogo lakše riješiti.

Dva načina u praksi rabe, a slike ih 133. i 134. predlažu. Manji krug u ovim slikama označuje pozitivni, a veći negativni pol stroja, koji daje struju. Kad dodje struja jednom žicom do prostora, u kojem treba namjestiti žarnice, dieli se svaka žica na toliko njih, koliko je u prostoru žarnica (u slici njih 7.).

Pozitivna se struja, koja na pr. s lijeve strane ulazi u žarnice, porazdieli na sve žarnice na jednako, pa prošavši njima, stječe se opet u jednoj žici, koja ju vodi k drugomu polu stroja. Utrne li se kojom nezgodom jedna žarnica, ne će biti štete drugima, jer će se sada i onaj dio struje, koji je prije prolazio utrnuom žarnicom, porazdieliti na preostale, i ove će još nešto jače gorjeti.

Drugi način, kojim se dieli struja, pokazuje sl. 134. Struja stroja teče jednom (glavnom) žicom od pozitivnoga pola k negativnom. Gdje treba smjestiti žarnicu, povuče se poprieko žica (1, 2, 3, 4, 5,) i u nju se uplete po jedna žarnica.

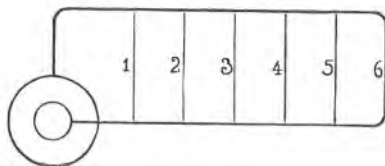
Upoznali smo netom glavne zastupnike obiju vrsti električnih svjetiljaka, koji danas u praksi rabe, te se uspješno natječu sa razsvjetnim plinom: od dana na dan zadavaju plinskoj industriji sve veće brige. Vriedno je s toga, da ove dvie vrsti svjetla, što ga svet



Sl. 133. Dielenje struje na žarnice. Prvi način.

danas upotrebljava, poredimo, pa da bacimo oko i u budućnost, pitajući se, koje li će svjetlo prevladati.

Stanemo li prije svega poredjivati j a k o s t električnoga svjetla i plinskoga, nema medju njima gotovo poredjivanja. Voltin luk ne



Sl. 134. Dielenje struje na žarnice. Drugi način.

nadilazi samo plin, nego i svako drugo umjetno svjetlo daleko: sjaj se i čistoća njegova natječe sa svjetlom sunčanim. Pa ipak mu protivnici nadjoše prigovor; vele: električno svjetlo plavkasto, bliedo djeluje na ljude i stvari više kao svjetlo mjeseca, nego sunca. Taj je prigovor posvema netemeljit, on je varka naših sjetila. Slavni je Newton već prije 200 godina fiziku u ruke dao sigurno sredstvo, kojim će boju svakoga svjetla točno odrediti, da o tom ne može da bude dalje priepora. To je sredstvo mali stakleni bridnjak. Pada

li bielo svjetlo na taki bridnjak, razdielit će se u njem i iz bridnjaka će izaći snop zraka različite boje; uhvatiš li ih na bielom zastoru, poredane su boje kao u dugi. Po ovoj su metodi pomno izpitivali svjetlo sunca, plina i Voltina luka. Pa što su našli? U svjetlu je plina više crvenih zraka, nego u sunčanom; a u ovom je opet mnogo više ljubičastih zraka; isti je odnosaj između plina i električnog svjetla: u prvom je više crvenih, u drugom više ljubičastih zraka. Nadjoše dalje, da je sunčano svjetlo u zelenoj i modroj boji kud i kamo svjetlije od električnog svjetla, a zato je ovo opet svjetlije od sunčanog u crvenoj i ljubičastoj. Posljedica je tomu, da će električno svjetlo prema sunčanom još uvijek biti nešto crvenkasto ili žutkasto, o čem su se i uvjerali, kad su na zid uzporedno bacili snop zrakâ sunčanog i električnog svjetla.

Može li se dakle tvrditi s pravom, da je svjetlo plina naravnije, kad se pri njem zelena i modra boja gotovo ne razaznavaju, dok se pri električnom ukazuje svaka boja onakova, kakova jest? Ali nije samo ugodno, vidjeti svako tijelo u svojoj naravnoj boji, često to i trebamo, da vidimo. Tvornice na pr., koje priređuju i bojadišu tkanine, ne mogu mnogih poslova da rade noću, jer im dojakošnja razsvjeta ne valja za razlučivanje nekih boja. Kod električnoga svjetla nema te zapreke noćnomu radu. Akoprem je električno svjetlo uz sunčano crvenkasto, ipak je u njem mnogo više ljubičastih zrakâ nego u plinskom. To su pak baš one zrake, koje najviše treba fotograf za svoje radnje: on plinskoga svjetla ne može ni upotrebiti.

Boja je dakle električnoga svjetla svakako prirodnija od boje plinskoga, i jedina je navika, da smo od mladih nogu naučili noću sve stvari gledati u crvenkastom svjetlu, uzrokom, što nam se čini električno svjetlo hladno i nenaravno.

Nije to međjutim jedina prednost njegova. Električno svjetlo ništa ne kvari zraka, a ugrije ga tek veoma malo. Plin pak kvari zrak dvostruko: najprije troši veliku množinu kisika, pa onda proizvadjda dosta znatne množine škodljivih, pače i otrovnih plinova; pri tom se nismo ni obazreli na izticanje plina iz lošijih cievi ili otvorenoga pipca, a i to je, kao što znademo, često uzrok velikoj nesreći. Mjera je pokazala, da i najčišći plin proizvadjda 600 puta više ugljične kiseline, nego isto tako jako električno svjetlo. Ovi produkti gorenja kod plina kvare osim zdravlja ljudi i predmete u sobama. Slike gube svoje boje, svi uresi od kova gube svoj sjaj, a svega toga kod električnoga svjetla nema.

I pogibao je vatre kod plina daleko veća, nego kod električnog svjetla. To pokazuju najbolje oni silni požari kazališta, kojima smo bili zadnjih godina svi svjedoci, a ovi požari počinju onim vremenom, kad se plin stao uvadjati u kazališta. Kod Voltina je luka ta pogibao minimalna, a kod žarnica je u obće nema; nu dodajmo odmah, ako je ciela osnova električne razsvjete bez prigovora izvedena. Nije li ovaj uvjet izpunjen, mogu i regulatori i žice, kojima struja teče, biti povodom požaru. Dok struja teče dobrim vodičima, nema pogibli. Nu mora li teći slabijim vodičima, razžarit će ih, i tim može da se rodi požar. To se i zbilja može dogoditi, kad žice, kojima struje imadu da teknu, nisu dosta pomno izolovane, pa struja može da prelazi s jedne žice na drugu preko drugih tjelesa, koja se pri tom prielazu razžare. I regulatori mogu biti uzrokom požaru, ako je struja prejaka, pa mjesto da udari kroz ugljene, podje kroz kovove regulatora, te ih raztali: raztaljeni kovovi i trunci razžarenoga ugljena, koji odskaku, mogu dati povoda požaru. Nu ove sve nepravilike nemaju svoga porietla u samom svjetlu električnom, nego u nemarnom izvadjanju instalacije; ovoj je pak nepravilici lako izbjeći, kad posao obavljaju valjani strukovnjaci, i kad je nadzor dobar. Kod plina je pak nestašnost plamena glavni uzrok nesrećama, a tomu ne doskoči nikakova pomnja.

Električno svjetlo može biti uzrok nesreći još i drugim načinom. Bilo je nekoliko slučajeva, da su se ljudi slučajno dotaknuli obiju žica, kojima je tekla struja jakih dinamo-električnih strojeva, pa su ostali na mjestu mrtvi. I ovim je nesrećama uzrok neopreznost ili slučaj, a mogu se u obće zbiti samo onda, kad rade strojevi, koji daju veoma napete struje. Kod takovih dakle struja treba još pumnije bdjeti nad tim, da bude izolacija što bolja.

Nasuprot ovim prednostima električnoga svjetla pred plinskim ne smijemo poricati, da imade i slabih svojih strana, kojih kod plina nema. Spomenuli smo jur prije važni problem dielenja svjetla. Kod električnoga se svjetla to pitanje tek zadnjih godina u obće riešilo, ali se pri tom pokazalo još kojekakvih poteškoća, kojih kod plina absolutno nema. U središtu — plinari — izvedeni plin možeš izgorjeti gdje hoćeš, možeš njim poiti svjetiljaka, koliko ti volja, pa ipak ne ćeš ni trunka plina izgubiti, ako se ne obazireš na slučajni gubitak radi nevaljelih cievi. Nije tako kod električnog svjetla. Ma kako pomno izolovao sve žice, gubi se nešto struje svaki put, kad se struja dieli u kojoj svjetiljci, i što ju više dieliš, to se

više snage gubi: ne možeš dakle po volji daleko dieliti električno svjetlo.

S druge opet strane valja i to iztaknuti, da se plin uvijek u jednom velikom središtu proizvodi, pa odavde vodi tisućama konsumenata, dok za električno svjetlo danas još nema tako velikih središta. U veliko proizvedeni produkti su pak uvijek cjeniji, i osim toga ne utječe onda tako jako mali gubitak sile. Kad se budu i za električnu razsvjetu gradile ogromne centralne postaje, nestat će dakle i tih manjaka.

Protivnici električnoga svjetla iztiču mu još jednu slabu stranu, vele, da električna razsvjeta nije pouzdana, jer se zbiva, da se svjetiljke najednoč utrnu. Ovaj prigovor danas jamačno više ne stoji, ako se instalacija obavi, kako se ište od strukovnjaka. Isti prigovor vrijedi međjutim i za plin: stanovnici bi gradova o tom znali dosta pripoviedati, kako se plin najednoč „smrznuo!“

Ovamo ide i prigovor, da električno svjetlo nije mirno. Nagle trzaje ovoga jakoga svjetla oko doista veoma neugodno osjeća, baš s toga, što je svjetlo mnogo jače od plinskoga; nu taj prigovor vrijedi i za plin: ni njegovo svjetlo nije ni par časaka jednako, samo se promjene ne opaze tako jako. Novije konstrukcije diferencijalnih svjetiljaka i žarnica već ne pokazuju tih pogriješaka u velikoj mjeri; to su zadnje električne izložbe dokazale.

Po svem dakle paralela izmedju električnoga i plinskoga svjetla stoji od prilike ovako: Treba li u manjem prostoru velikog i jakog svjetla, nema električnomu premca; treba li pak razsvietliti prostor jednoliko mnogim i malim svjetiljkama, pokazuje se prednost plina u tom, da ga možeš po volji dieliti, a da pri tom ništa plina ne izgubiš. Zato opet električno svjetlo pokazuje tjelesa u naravnim bojama, dok se pri plinu neke boje ni ne razaznavaju, a druge su promijenjene. Za kemičke napokon učinke svjetlo plina ništa ne vrijedi.

U zatvorenim prostorijama električno svjetlo zrak jedva isto ugrije, a kemički ga ništa ne mienja; tvorinâ, koje bi škodile zdravlju ili dekoracijama, u obće nema. Svjetlo plina nasuprot zna ugrijati prostorije, da je u njima baš nesnosna vrućina, pa ni najbolja ventilacija ne može da odoli toj vrućini. Izim toga se razvija, kad gori plin, mnogo drugih plinova, kojih čovjek ne bi smio udisati ili su čak i otrovni. Kod razsvjete plinom postoji uvijek velika pogibao eksplozije, ugušenja i požara. Kod električnoga svjetla prvih dviju nepritika u obće nema, a i treća je veoma neznatna, pače

i nje nestane, ako se instalacija izvede bez prigovora i ako je nadzor dovoljan.

Svrnemo li dakle mišlju u budućnost, čini se, da će sasma prevladati električno svjetlo, ako protivno ne odluči najvažniji faktor u praksi: trošak jednoga i drugoga svjetla.

Da vidimo dakle, kako stoje stvari s te strane!

Obćenito poredjivanje danas se još ne da izvesti, jer se plin razvija za čitave gradove u velikoj centralnoj postaji, dok za električnu razsvjetu takih velikih središta, gdje je naravno proizvodjanje mnogo cjenije, danas još nema. Troškovi se električnoga svjetla nadalje dosta mienjaju prema tomu, rabe li žarnice ili regulatori; trošak će biti drugačiji, ako za tjeranje dinamo-strojeva rabi parostroj ili motor sa plinom, a opet drugačiji, ako ih tjera voda.

Kako stvari danas stoje, možemo reći, da se poraba električnoga svjetla tek onda preporuča, kad treba bar 15—20 svjetiljaka sa Voltinim lukom; treba li 25 takovih svjetiljaka, bit će u obće električno svjetlo već cjenije od plina. Trošak električnoga svjetla bitno je ovisan o tom, kakove svjetiljke treba da gore: jedna veoma jaka, njih više diferencijalnih ili pak žarnice. Najmanji je trošak, kad treba da dinamo-stroj tjera jednu jedinu, ali veoma jaku svjetiljku sa Voltinim lukom. Nu mnoge su prostorije već tako gradjene, da se ne dadu razsvietliti jednom ma kako jakim svjetiljkom. Osim toga pada jakost svjetla u daljini veoma naglo: dok je neposredna okolica svjetiljke presvjetla, ostaju krajevi prostora pretamni, svjetlo nije po prostoru jednoliko. Dieleći pak električno svjetlo treba više radnje da uložiš u dinamo-stroj, a tim raste trošak.

Nu kako se tomu dielenju ne da izbjeći u velikoj većini praktičnih slučajeva, treba s tim faktorom u praksi doista računati, tim više, što se pokazalo, da diferencijalne svjetiljke mnogo mirnije gore, i da manje žica trebaju, nego pojedine svjetiljke.

Prema tomu nije teško bar od prilike reći, kako će se dovršiti borba izmedju električne i plinske razsvjete.

Evo tomu nekoliko podataka:

Ako 1 kub. metar plina izgori u običnoj svjetiljci s jednim otvorom, daje 45 jedinica svjetla; u Argandovoj svjetiljci daje već 70 jedinica, u Siemensovoj regenerativnoj lampi 140 jedinica. Nu rabi li 1 kub. metar plina za tjeranje motora, koji opet okreće dinamo-

stroj, dat će isti taj kubični metar plina u žarnicama poprieko 140 jedinica svjetla, a u Voltinu luku čak 490 jedinica.

Gdje je dakle ikako moguće, da jedna svjetiljka razsvjetljuje cio prostor, na pr. okrugle ili četverouglaste dvorane i trgove, preporučaju se po trošku najbolje ovakove pojedine jake električne svjetiljke, samo ih treba dosta visoko objesiti.

Žarnice pak i regulatori, u kojima se električno svjetlo dieli, prevladat će svagdje, gdje treba da budu prostorije razsvjetljene većom množinom slabijih svjetala. Napose žarnice kao da će borbu u korist električnoga svjetla odlučiti. Malene su, dadu se lako i sa estetske strane prilagoditi svakomu prostoru, jakost im svjetla možeš po volji ravnati, a nema absolutno nikakove pogibli požara.

Pa kakovu će dakle razsvjetu dočekati dvadeseti viek?

Već g. 1857. rekao je poznati profesor matematike na Bečkom sveučilištu Petzval u jednoj sjednici akademije:

„Prije sto godina bili bi zaista obiedili sa bolestne fantazije čovjeka, koji bi bio govorio o željeznicama, koje će letjeti po svim zemljama, o parobrodima, o ogromnim žicama brzjava, koje su i preko Oceana položili, i drugim čudesima, koja mi danas gotovo ravnodušno gledamo; pa možda bi i danas plaho pogledali na smjelu fantaziju čovjeka, koji bi proročanskim duhom rekao, da će doći vrijeme, kad će se u svim velikim gradovima Evrope, pače i u manjima vanredno tanka gradnja penjati daleko put neba, a na vrhu će biti okrunjena prozirnim paviljonom, koji će čitavoj okolini šiljati mnogo jače i jednoličnije svjetlo od našeg današnjega sustava razsvjete, koji se gotovo u neizmjernost dieli. Pa ipak se čini po onom, što danas već znademo o tehnici razsvjete, da će sabiranje svjetla mnogih plamena u jedan jaki pokazati znatnu prištednju, ne računajući i druge velike prištednje, koje su u svezi sa razboritom porabom velikih svjetala. Jedan će pokus izazvati druge veličanstvenije i stvar će se svršiti tim, da će postati obćenita.“

Tko se ne sjeća, čitajući ovo proročanstvo, danas već izvedenih pokusa ove ruke? Godine 1881. gorjela je na krovu industrijalne palače u Parizu 12.000 svieća jaka svjetiljka sa Maximovim projektorom, pa je bacala svoje žarke zrake na 1 km. daleki krov crkve „de la Madeleine“. Crne su sjene ležale iza pojedinih figura, a relief se izticao krasotom i jasnoćom, kakove ni danju niesi mogao vidjeti bez upravnih sunčanih zraka.

Godine 1882. gorjela je na krovu „staklene palače“ u Monakovu Schuckertova svjetiljka od 10.000 svieća. Bacala je svoje svjetlo na oba tornja 800 m. daleke crkve Bogorodičine (Frauenkirche), koji su se u sjajnom svjetlu izicali u noćnoj tmuni. U mjestu Glonn, 29 km. od Monakova, vidjeli su oštre sjene obiju tornjeva na obzorju.

Godine 1883. razsvjetljivalo je 10 regulatora po 2000 svieća, koji su bili smješteni na dva jarbola, visoka 25 m., čeli plateau pred južnim portalom Bečke rotunde svjetlom, koje se sjajno natjecalo sa suncem; a na trećoj galeriji namjestio je Schuckert svjetiljku od 150.000 svieća, koja je bacala žarke svoje zrake na drevni Stjepanov toranj i na historički brieg Leopoldov. A nije li napokon Eifelov toranj od g. 1889. u Parizu gotovo izvedena tanka gradnja Petzvalova, koja se 300 metara visoko penje, a sa vrha su silne električne lampe bacale svoje svjetlo na sve strane?

Evo kako se izvršuje proročanstvo Petzvalovo, i već godina 1893. doniet će nam u Chicagu gotovo za 100 m. višu gradnju, a dinamo-strojevi dat će pouzdano još jačega svjetla.

Sva je dakle prilika, da će razsvjeta plinom u nedalekoj budućnosti ustupiti mjesto električnoj.

Ulice i trgove razsvjetlit će ogromni regulatori sa Voltinim lucina, ako i ne onako, kako je Petzval mislio, jer sa svjetiljkom ne smijemo predaleko u zrak, ako ne ćemo, da nam atmosfera i magla u njoj ne proguta odviše svjetla. Američani u tom prednjače. U gradu Denwer (Colorado, 75.000 stanovnika) gore na četiri strane jake električne svjetiljke na jarbolima, visokim 40 m., i daju celomu gradu mirno svjetlo, ali ih pomažu manje lampe ondje, kuda svjetlo velikih ne može da dopre. U Chicagu, New-Yorku i t. d. gore posred trgova na visokim jarbolima jake svjetiljke Brushove, a veliki reflektori bacaju zrake, koje idu gore u zrak, natrag na zemlju.

U manjim zatvorenim prostorijama, osobito pak u kazalištima, prevladat će pouzdano žarnice i tako će se ipak izpuniti proročanstvo Petzvalovo, da ćemo imati i obilnijega i jednoličnijega svjetla.

A što će biti od industrije plinske?

Ni ona ne će propasti. Primit će samo drugi oblik, i razširit će se, sva je prilika, još više. Plin ne će rabiti zato, da gori, jer nije racionalna ta poraba; tim će ga više upotrebljavati za loženje onih, strojeva, koji će tjerati dinamo-električne strojeve, jer kad plin gori

on daje kud i kamo više topline nego svjetla. Možda ćemo se tim načinom riješiti i neugodnoga loženja naših stanova ugljenom, koje je osobito u gradovima svietu dosta neprilično. Ne bude li plin gorio, ne će trebati prilično velikoga troška oko njegova čišćenja, i ljudi će se domoći jeftinoga i zdravoga materijala za loženje, a veliki gradovi ne će više biti zavijeni u nezdravu atmosferu punu dima i sitnih čestica ugljena.

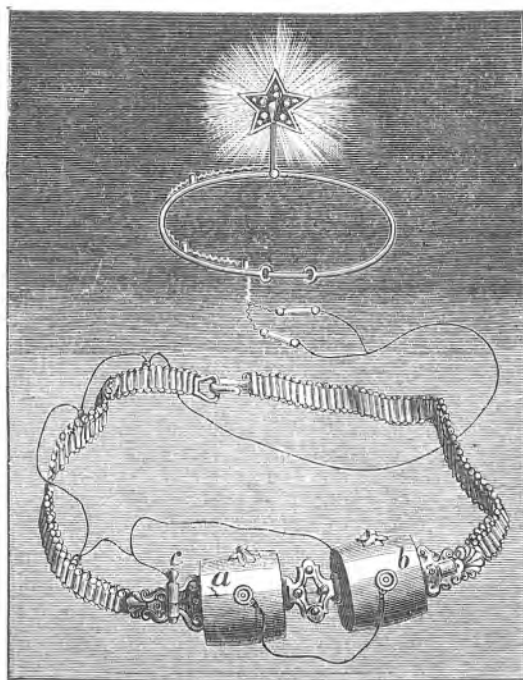
Nu već se gotovo predaleko zaletjesmo u budućnost.

Vratimo se natrag, pa pogledajmo po svietu, kuda si je električno svjetlo već danas prokrčilo put. Jakost je električnoga svjetla uzrokom, da si je najprije prokrčilo put k velikim morskim svjetionicima, koji mornaru već iz daleka javljaju blizinu obale. Prvi je bio već god. 1863. uredjeni svjetionik la Héve u francuzkoj luci Havre. Najznamenitiji su danas na svietu: dva na South-Forelandu, dva na rtu Lizard, jedan u Odesi, jedan u Port-Saidu.

Malo kasnije stadoše ovim svjetlom razsvjetljivati i velika gradilišta na kopnu, kolodvore, velike dvorane u trgovinama i za druge javne poslove na pr. biblioteke, muzeje i kazališta. U interesu bi publike bilo osobito, da se vlasnici svih kazališta što prije odluče za ovo svjetlo. U zadnjih je dvadeset i pet godina izgorjelo oko 290 kazališta. Pri tom je poginulo 10.000 ljudi, a materijalna je šteta bila oko 75,000.000 for.! Uporabom je električnoga svjetla pogibao požara gotovo sasma uklonjena, ako rabe žarnice, a i uz Voltin je lūk kud i kamo manja.

Osobiti su uspjesi postignuti električnim svjetlom na pozornici samoj, kad treba prikazati izhod sunca, preobraženje osoba, dūgu sunčanu i t. d. Najnovije su u tom smjeru mali aparati Trouvé-ovi u Parizu. U baletu opere „la Farandole“ titraju na glavama plesačica, što izvode ples duhova, kriesnice, izvedene električnim svjetlom. Aparat za to pokazuje slika 135. Plesačici je na glavi mjeden obruč; ovaj nosi malu žarnicu, a iza nje je malo zrcalo na oblik zvijezde. Na njem je i nekoliko komada brušenoga stakla, da svietle poput smaragda. Stakla i zrcalo krasno odrazuju svjetlo žarnice. Struju za žarnicu daju dva mala galvanska elementa *a* i *b*, što ih plesačica nosi oko pasa. Odovud vode žice, obavite bielom velom, u obruč i u žarnicu. Kod *c* je još smješten prekidač struje, kojim plesačica po volji svojoj struju pusti u žarnicu ili ju opet prekine: prema tomu joj se na glavi sjajna kriesnica na jednoč javi, ali u tren je oka opet nestane!

Iza kazališta dodjoše na red tvornice i radionice, gdje je trebalo raditi noću na pr. tiskare. I brodovi i željeznice već zasjaše električnim svjetlom. Veliki brod „Arizonu“, koji plovi između New-Yorka i Liverpoola, razsvjetljuje 300 Swanovih žarnica, a na „Normandiji“ je tvrdka Siemens uredila 16 diferencijalnih svjetiljaka Siemensovih i 390 Swanovih žarnica, koje daju brodu obilno i sjajno svjetlo.



Sl. 135. Svietleći dijamem.

Napokon si je električno svjetlo počelo krčiti put i u gradove, kao zamjenik plinu. Amerika juri silno napried, dok su u Evropi tek prvi pokusi ove ruke izvedeni. Nije ni daleko čas, gdje će električno svjetlo slaviti svoj ulaz u stanove posebnika. Poznato je, da su u zadnje dane i sjajne dvorane carskoga dvora Bečkoga zasjale električnim svjetlom!

Nu električno svjetlo nije ostalo samo na površini zemaljskoj:

i u utrobu je zemlje poodavno zašlo i na dno morsko, gdje drugomu svjetlu nema mjesta. Spominjemo ovdje solni rudnik Máros-Ujvár, gdje od god. 1883. gori bez prigovora 15 diferencijalnih svjetiljaka jakih ukupno 4.000 svieća.

Na kraju smo ovoga kratkoga osvrta po svijetu. On nam pokazuje, da smo ne samo po kalendaru, nego i po svjetlu, koje će obasjavati noću zemaljsku kruglju, na pragu novoga vieka. Kao što je željezna tračnica i brzojavna žica već oplela kruglju, tako će i bezbroj električnih svjetiljaka tečajem dvadesetoga vieka jamačno svijetliti na svim točkama kruglje, gdje čovjek dan i noć radi kao mrav u teškoj borbi za život. Bilo mu na sreću!

X.

Električni telegraf.

Princip telegrafa. — Akustični telegraf. — Optički telegraf. — Električni telegraf. — Brzina elektriciteta. — Soemmeringov telegraf. — Gaussov i Weberov telegraf. — Telegrafi s iglom. — Morse. — Njegov telegraf pisar. — Relais. — Steinheilov obret. — Znaci Morseova telegrafa. — Hughesov telegraf. — Casellijev pantelegraf. — Telegrafske linije. — Kabel. — Transatlantski telegraf u Brestu. — Svjetske linije.

rastara je u čovječanskoga roda težnja, što brže slati viesti u daleke krajeve i kako je napredovala prosvjeta, rasla je i potreba brzoga i točnoga dopisivanja na velike daljine. Za priobćivanje misli i naloga za male daljine obdarila je sama priroda čovjeka dobrim brzojavom: dala mu je organ za govor, kojim može svoje misli slati u daljinu u obliku valovitoga gibanja zraka, dala mu je i organ za primanje ovakovih viesti, dala mu je uho.

Ovaj prirodni brzojav radi s velikom brzinom, ali mu rad ne seže daleko, njegovo djelovanje je izcerpeno, kad se ljudi razmaknu preko daljine, do koje možeš čovjeku doviknuti. Nu i ovaj prirodni brzojav imade oba diela svakoga umjetnoga brzojava: posebni aparat za primanje viesti — uho, i opet posebni aparat za davanje viesti — organ govora. Priroda je dakle udjelila čovjeku akustični brzojav. Pa kad bi između dvaju mjesta *A* i *B* poput stupova stajali ljudi u daljinama, do kojih si mogu jasno viesti dovikivati — evo nam najjednostavnijega brzojava. Dok su silnici čovjeka smatrali robom, mogli bi bili i izvesti ovaki brzojav. Poviest nam nije zabilježila, da bi ikoji narod bio zaista upotrebljavao ovaj najjednostavniji brzojav. On bi bio i dosta nesavršen. Kaže rieč: fama creseit eundo (glas putujuć raste), pa kad bi koja viest prolazila od jednog živoga stupa do drugog, mogla bi sasma krivo stići na zadnje mjesto, jer jedna izpuštena ili dodana rieč može da izvrne smisao viesti u protivno.

Akustični brzjav jamačno nije rabio s iztaknutoga razloga; tim je više ljudima služio optički brzjav od prastarih vremena. Već su Grci dojavili viest, da je pala Troja, ovakovim optičkim brzjavom: palili su vatre na odredjenim mjestima. Ako je znak ugovoren, viest ovim načinom dosta brzo leti u daleke krajeve, jer svjetlo leti silnom brzinom od 40.000 milja u sekundi, dočim glas 333 m. proleti u sekundi.

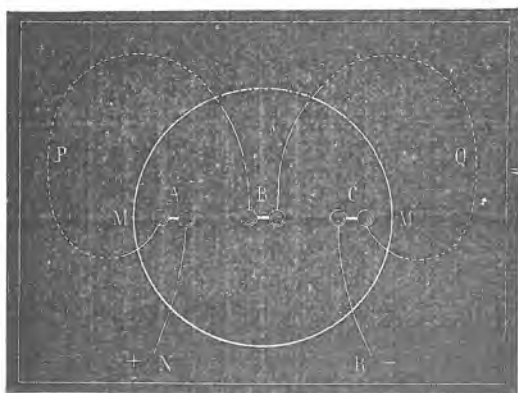
Nije se međjutim ni optički brzjav mogao u naroda udomiti: nejasnoća i nepouzdanost njegovih znakova smetala je obćenitoj njegovoj porabi, tek u izvanrednim zgodama, na pr. za vrijeme velikih ratova, znale su vojske urediti si taki brzjav. Tako je još Napoleon I. svoje pobjede po Evropi javljao u Pariz optičkim telegrafom Chappe-ovim.

Kad su oko polovice prošloga vieka stali pumnije proučavati električne sile, napose kad su našli bili Leydensku bocu, opazili su već Le Monnier i Watson, da elektricitet velikom brzinom teče u žicama od kova; oba nadjoše, da je brzina elektriciteta u željeznoj žici veoma velika, tolika, da ju n. pr. Watson ni u žici 4 engl. milje dugačkoj nije mogao izmjeriti. U istom je trenu elektricitet bio na drugom kraju žice. Činilo se dakle kao da elektricitet u obće ni ne treba vremena da proleti ma kako dugačkom žicom: u isti se mah javi u cijeloj žici. Tek g. 1834. uspio je englezki fizik Wheatstone u tom, da veoma umnu pokusima pokaže baš protivno: elektricitet treba vremena, da proleti žicom, ali je brzina, kojom leti, strašno velika; broj, što ga je on našao, bio je 463.104 kilometra u sekundi. Ako se sjetimo, da bi žica, koja opaše ekvator naše zemlje, bila tek nekih 40.000 klm. duga, da bi dakle elektricitet tom žicom u jednoj jedinjoj sekundi 11 puta obletio ekvator zemlje, moramo se u čudu zapitati, kako je taj englezki fizik u obće mogao na zemlji izmjeriti tu silnu brzinu elektriciteta.

Vriedno je, da upoznamo umni način njegova mjerenja.

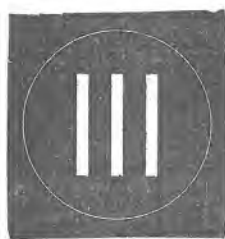
Dvie su žice *N* i *R* (sl. 136.) spojene sa oklopima Leydenske boce. Da se protivni elektriciteti obiju oklopa spoje, mora pozitivni elektricitet najprije skočiti kroz zrak kod krugljica *A*, zatim teći žicom *P* do krugljica *B*, ovdje opet mora da skoči kroz zrak, proleti žicom *Q* do krugljica *C* i napokon, skočivši treći put kroz zrak, dolazi k negativnomu oklopu boce žicom *R*. U svem se dakle moraju izmedju krugljica *A*, *B*, *C* javiti tri električne iskre, koje je Wheatstone namjestio u isti pravac. Žice *P* i *Q* bile su od bakra

i svaka je bila 402 m. duga. Iza krugljica *A*, *B*, *C* stajalo je zrcalo, koje se dalo vrtjeti oko osi istoga smjera, u kojem su krugljice *A*, *B* i *C*. Dok je zrcalo na miru, vidi oko motritelja, koji gleda u zrcalo, slike svih triju iskara onakove, kakove su zaista, naime tri svjetla i kratka pravca. Vrti li se pak zrcalo veoma brzo, vidjet



Sl. 136. Wheatstoneov pokus sa vrtećim se zrcalom.

će ih oko kao tri svjetle pruge (sl. 137.) Wheatstone je sada zaključio: ako elektricitet ne treba baš ništa vremena, da proleti onih 804 metra žice, javit će se sve tri iskre u istom trenu, dakle moraju i sve tri svjetle pruge u isti čas početi i prestati: oko će vi-

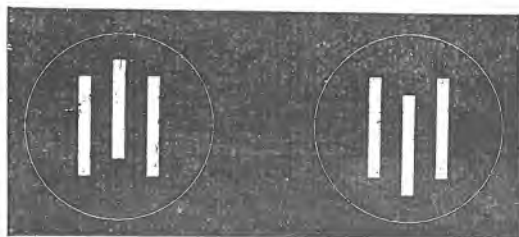


Sl. 137. Svjetle pruge uz uvjet, da je brzina elektriciteta neizmjerena.

djeti lik 137. Mjesto toga pokazao mu je pokus, da je srednja pruga ili nešto više ili nešto niže stajala od ostalih dviju, prema tomu, na koju je stranu okretao ogledalo (sl. 138.). Što odtuda sliedi? Očito, da se srednja iskra nešto malo zakasnila prema drugim dvjema, a to zakašnjenje potječe odtuda, što je elektricitet trebao

nešto vremena, da proleti svakom žicom od 402 metra. Brzina elektriciteta nije dakle neizmjereno velika.

Pošto je srednja pruga zaostala za $\frac{1}{2}''$, a ogledalo se u svakoj sekundi okrenulo 800 puta, odgovara po zakonima optike zakašnjenje pruge za $\frac{1}{2}''$ okretu ogledala za $\frac{1}{4}''$ ili za 1440 dio od celoga okreta, ili srednja se iskra zakasnila za dio jedne sekunde, komu je nazivnik $1440 \times 800 = 1,152.000$. Da proleti žicu od 402 m. treba elektricitet $\frac{1}{1,152.000}$ sekunde; u cijeloj će dakle sekundi proletjeti $402 \times 1,152.000 \text{ m.} = 463,104.000$ metara ili 463.104 kilometra.



Sl. 138. Slika iskara u vrtećem se zrcalu.

Kasniji su pokusi na dugim brzojavnim linijama u zraku ili pod površinom morskog pokazali, da brzina elektriciteta u žicama visi i o tvari, od koje su, i o načinu, kojim su izolovane, pa se prema tomu silno mjenja. Evo priгледа najznamenitijih pokusa ove ruke:

Brzina, kojom leti elektricitet.

Motritelj:	Koliko kilometara proleti u sekundi:	Tvar, od koje je bila žica:	Način motrenja:
Wheatstone	463.104	bakrena žica	iskra Leydenske boce.
Fizeau i Gounelle	100.000	željezna "	telegraf od Pariza u Amiens
Fizeau i Gounelle	180.000	" "	i Rouen.
O' Mitchell	45.600	" "	telegraf Cincinatti - Pitts-
			bourg.
Walker	30.000	" "	telegraf Philadelphia-Cam-
Observatorij Green-			bridge.
wich-Edinburgh	12.200	bakrena "	telegraf u zraku.
Greenwich - Bruselj	4.300	" "	kabel pod morem.
Faraday	1.200	" "	žica u zemlji.
Felici	260.000	" "	iskra Leydenske boce.
Gould	25.600	željezna "	telegraf St. Louis - Wa-
			shington.

Brojevi ove tablice pokazuju veoma velike razlike prema uvjetima pojedinih pokusa, nu svi nam potvrđuju činjenicu, da električnost u žicama leti brzinom, koja se broji na tisuće kilometara.

Nije li u oči ove činjenice bila naravna misao, kako bi ovu silnu brzinu, kojom električnost leti od jednoga mjesta do drugoga, upotrebili, da pošaljemo točne vesti sa jednoga mjesta na drugo. Iz ove je težnje nikao električni brzojav, koji je danas cijelim gotovo svijetom razapeo svoju mrežu.

Prvi pokusi padaju u prošli viek, ali ostaše jalovi, jer iskra Leydenske boce i konduktora traje tek jedan tren. Tek veliki obret Voltin početkom našega vieka, obret trajne električne struje i njezinih učinaka, oživio je opet nadu, da će se električne sile dati zgodno upotrebiti za brzojav. I ne prodje ni 50 godina od onoga preznamenitoga obreta, pa opasaše zemaljsku kruglju željezne žice, koje nose misao čovječju brzinom striele s jednoga kraja svijeta na drugi, a na uhar trgovini, politici, znanosti i privatnomu životu. Tvore čudnu mrežu, koja ne križa samo kontinente, nego prosieca oceane i mora, pa spaja sve narode ovoga svijeta u jednu cjelinu: iz Evrope teče do Indije, u Afriku, Australiju i Ameriku. Sa kontinenta američkoga ovaj čudotvorni lanac ide još i dalje, presieca široki Tihi ocean, spaja Japan i Kinu i završuje tim oplitanje ciele kruglje.

Zavirimo nešto dublje u razvitak ovoga čudotvornoga obreta! Tek što je Voltin stupac pokazao bio ljudima svoje čudne učinke, zamisliše na raznim stranama svijeta prve električne brzojave. Američanin Coxe god. 1800., i Soemmering 1809., i Schweigger, jur poznati obretnik multiplikatora, god. 1828. predložiše, da upotrebimo kemičke učinke struje za brzojav, napose raztvaranje vode u vodik i kisik.

Kao primjer ovakova brzojava neka nam služi Soemmeringov prijedlog iz g. 1809. u Monakovu. Te godine udjoše austrijske čete u Bavorsku i kralj Maksimilijan pobježe sa ministrom Montgelasom na zapadnu medju (Dillingen). Tu ga iznenadi svojim brzim dolazkom Napoleon. U ono je naine doba sa francuzke medje do Pariza uredjen bio optički brzojav Chappe-ov i po njem je Napoleon saznao mnogo brže, nego što je itko mislio, da su Austrijanci prešli u Bavorsku. Austrijanci osvojiše Monakov dne 16. travnja, a već 22. t. m. im ga oteše Francuzi i kralj se Maksimilijan jur 25. t. m. mogao vratiti u svoj glavni grad. Optički je telegraf bio uzrok, što se Monakov

tako brzo oslobodio. Montgelas zaište u bavorske akademije prijedlog, kako da se uredi brzojav i to je bio povod Soemeringovu prijedlogu prvoga električnoga brzojava.

Dvadeset i sedam izolovanih i u uže smotanih žica (25 za slova alfabetu, a dva za znakove) nosile su na jednim krajevima zlatne štapiće, koji su bili utaknuti u odugačku staklenu posudu s vodom. Drugi su krajevi opet ulazili u 27 tipkala, koja su bila poredjana na zgodnom stalku, a svako je tipkalo označeno jednim slovom ili znakom i imalo rupu, u koju su se mogle utaknuti žice, koje dovadjaju struju iz Voltina stupca u koje tipkalo. Utakneš li sada žice baterije u ma koja dva tipkala, razvijat će se na drugim krajevima dotičnih žica oko njihovih zlatnih štapića kisik i vodik, a tim su već označena dva slova alfabetu. Tim je načinom Soemering već god. 1809. mogao slati točne vesti 2000 stopa daleko. Pokuse su opetovali u Petrogradu, Parizu i Genfu, ali u praksu ovaj brzojav nije nikada ušao.

Novi je smjer dobio električni brzojav obretom Oerstedtovim od god. 1819., da galvanska struja odklanja iglu iz magnetičkoga meridijana. Spomenuli smo jur na drugom mjestu, kako je Ampère već god. 1820. predložio električni brzojav sa isto toliko igala, koliko je slova u alfabetu. Praktično je izvedena ova misao najprije g. 1833. u Göttingenu, gdje su si Gauss i Weber načinili ovaki brzojav od fizikalnoga kabineta do magnetičkoga observatorija (struja je imala proletjeti u svem 9000 m.). Načelo je bilo jednostavno. U multiplikatoru visio je na koncu magnet. Prema tomu, u kojem je smjeru poslana struja u žicu, omotanu oko toga magneta, odklonio se on na desno (*d*) ili na lievo (*l*). Svaki put, kad prestane struja, vrati se magnet u magnetički meridijan, a da se predugo ne niše, upotrebio je Gauss posebnu spravu, koja je za čas utišala nihanje. Zgodnom kombinacijom dosta brzih odklona igle na desno i lievo lako je sastaviti znakove za pojedina slova. Na pr. ako označimo desni odklon sa *d* a lievi sa *l*, mogu slova ovako označiti:

$$\begin{aligned} d &= a & ddd &= c \text{ (k)} \\ l &= e & ddl &= d \\ dd &= i & dld &= f \text{ (v)} \\ dl &= o & ldd &= g \\ ld &= u & ll &= h \\ ll &= b & llr &= l \text{ i t. d.} \end{aligned}$$

Odkloni li se igla na pr. tri puta zasebice na lievo, javljeno mi je slovo *h*; dva odklona igle na desno znače slovo *i*; lako je pojmiti, da se ovako mogu pojedina slova svake rieči dojavljivati. Ovaj je brzojav doista služio punih pet godina do god. 1838. i nije bilo teško njim javljati pojedine rieči i manje ugovorene rečenice. God. 1844. razorila ga je striela posvema.

Na ovom načelu osnovan je čitav niz električnih brzojava zvati ćemo ih u kratko brzojavi s iglom.

Nama je medjutim jur poznato, da je Arago god. 1820. odkrio još jedan magnetični učinak galvanske struje — elektro-magnetizam. Galvanska struja ne odklanja samo magnetičnu iglu iz njezinoga stalnoga smjera, ona umije i meko željezo, oko kojega teče, na vrieme bar pretvoriti u jak magnet, koji će komadiće željeza krepko privlačiti. U istom trenu, u kojem struja proleti zavoje elektromagneta, pretvorio se on u jak magnet: ali on gubi svoj magnetizam, čim prestane struja teći njegovim zavojima. Upleteš li u struju spravu, kojom možeš po volji struju svoje baterije zatvoriti i prekinuti, možeš biti uvjeren, da će ti se magnetizam u elektro-magnetu buditi i gubiti točno onim redom, kojim ti svoju struju zatvaraš ili prekidaš. Ovakovu spravu, koja struju lako zatvara i prekida, zovu obično ključem.

Postaviš li još nad polove elektro-magneta kotvicu od mekoga željeza, koja je na poluzi učvršćena, a pero ju na drugoj strani poluge uvijek drži u izviestnoj daljini nad polovima elektro-magneta, možeš lako gibati polugu po miloj volji.

Zatvoriš li ključem struju, željezo se pretvori u magnet i privuče krepko kotvicu na polovima; prekineš li opet struju, magnetizam se u željezu izgubi, a pero na drugoj strani digne opet kotvicu u predjašnji joj položaj.

Na tom drugom načelu osnovan je opet velik broj električnih brzojava, jer se i njime prenašaju viesti veoma daleko i, hvala silnoj brzini elektriciteta, te viesti stižu na određeno mjesto u tren oka.

Odklon dakle magnetične igle i pretvaranje mekoga željeza u magnet strujom, to su načela, na kojima je današnji brzojav osnovan.

Odabrali mi ovo ili ono načelo, električni svaki brzojav mora da je sastavljen od ovih glavnih česti;

1. Izvor galvanske struje (zovu ga reomotor ili elek-

tromotor): obično je to krepka galvanska baterija, gdje kada i magneto-električni stroj.

2. Vodić elektriciteta: žica ili uže od spletenih žica, kojima struja teče sa postaje, gdje se depeša predaje, na postaju, koju ju prima.

3. Ključ: to je sprava, kojom činovnik struju prema potrebi zatvara i prekida, i

4. Viestnik ili indikator, to je sprava, koja na drugoj postaji svojim gibanjem nekakove znakove daje, iz kojih opet činovnik na toj postaji sastavlja, što depeša kaže.

Poredimo li ovaj umjetni brzozav našem prirodnomu, pokazuje se podpuna analogija: organ govora zastupa izvor struje, zrak, u kom se valovi zvuka šire, zastupa žicu, kojom teku električni valovi; usta, koja po potrebi puštaju i prekidaju glas, zastupa u umjetnom brzozavu ključ, koji prema potrebi pušta u daljinu električne valove ili ih prekida; uho napokon, koje na drugoj postaji prima glasove, to je kod električnoga brzozava viestnik ili indikator, koji prima električne valove iz prve postaje. Kod prirodnoga brzozava razum primljene u uhu znakove neposredno shvaća, a kod umjetnoga treba posebni činovnik, koji će znakove viestnika prenašati u obični govor. I umjetni dakle svaki telegraf imade svoj organ govora, svoja usta i svoje uho.

Prema tomu, kako su tečajem ovih petdeset godina ljudi iztaknuta načela kod konstrukcije upotrebili, mogli bismo sve električne telefone, što danas rabe, porazdieliti na pet rpa:

1. Telefraf s iglom, gdje struja, koja sa prve postaje dolazi, udje u osjetljiv galvanometar, pa magnetičnu iglu u njem čas na desno, čas na lijevo odkloni, a iz tih se odklona sastavljaju dogovorom znaci.

2. Telefraf s kazalom, kod kojih je viestnik okrugla ploča, pred kojom se okreće kazalo kao na uri; gibanje ovoga kazala ravna kotvica elektro-magneta, koja se čas primakne, čas opet perom odmakne od elektro-magneta, čim se struja prekine.

3. Telefraf-pisari, kod kojih se depeša pokaže na vrpici papira, koja se za vrijeme telefrafiranja neprestano i jednoliko odmatata sa okrugle ploče; slova su ovdje sastavljena od dužih i kraćih pravaca, što ih šiljak ureže u papir ili tintom na njem napiše; taj šiljak pak pritiska elektro-magnet na papir.

4. Telefraf-štampari, koji depešu odmah slože i otisnu

u običnim štamparskim pismenima, te ne treba nikakova prenašanja u obično pismo; i

5. Telegrafi - autografi ili pantelegرافي, koji ne otisnu samo sadržaj depeše, nego i rukopis, tako da se tim aparatom mogu oponašati i vlastoručni podpisi i risarije na dalekoj drugoj postaji.

Pokušat ćemo, da dovedemo prijaznoga čitatelja do razumijevanja glavnih samo vrsti brzjava tim, da mu opišemo najglavnije zastupnike.

Pristupamo odmah k opisu najvažnijega danas telegrafa iz treće rpe: telegrafa-pisara po Morse-u.

Telegrafi su sa iglama po svojoj konstrukciji i uredbi veoma jednostavni i ne ištu baš jakih struja: nu s toga se veoma lako i poremete, a rad s njima ište od činovnika, da bude veoma oprezan, neće li, da mu se podkrađu krupne pogriješke u depešu, osobito kad se radi o brojevima.

Telegrafima sa kazalom opet je mehanizam dosta zamršen i oni ištu dosta jake struje, da se oba kazala jednako okreću; zato je opet veoma lako s njima raditi i taj ćeš rad veoma brzo naučiti.

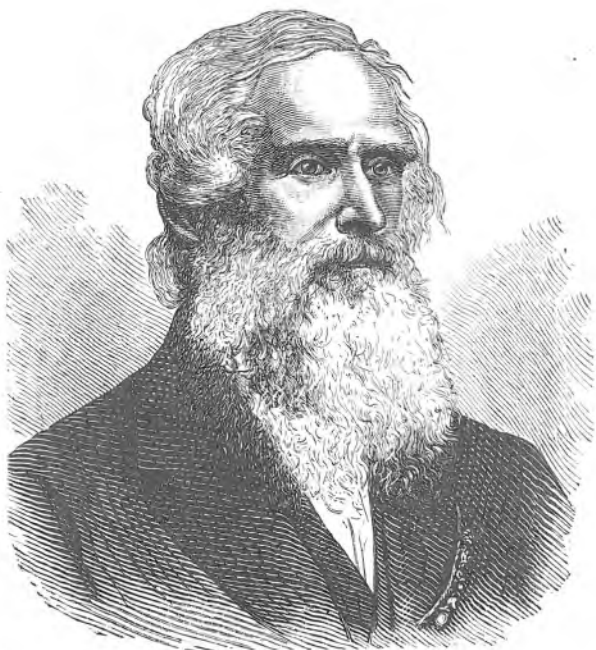
Nu jednomu je i drugomu najslabija strana ta, što depeša ne ostavlja nikakova trajnoga traga: depeša ovakih telegrafa nije dokument i učinjene se pogriješke ne mogu nikako više izpraviti.

Telegraf-pisar po Morse-u bio je prvi aparat, koji je ovu najveću pogriješku svih do tada upotrebljivanih telegrafa sretno svladao: on se je s toga razširio po čitavom svijetu veoma brzo i potisnuo je sve druge telegrafe u zakutak. O njem je rekao uvažen strukovnjak J. Sack nedavno: Jednostavni je Morse-ov telegraf za manje i srednje postaje na svom mjestu. Za postaje velikoga obsega danas je jedini aparat, koji može rabiti, Hughesov, komu se može dodati kod osobitih događaja na vrijeme koji automatični sustav. Uz Hughesov aparat bilo bi dobro upotrebljavati i Meyerov, da se pokaže, ne bi li se ovaj izvrstni i na veliko osnovani sustav dao popraviti.

Opisujuć dakle Morse-ov telegraf evo nas usred naših dana. Vidjet ćemo, da Morse-ov aparat sigurno radi, a uz iztaknutu jur prednost on se u svojoj konstrukciji pokazuje veoma jednostavan.

Samuel Finley Breese Morse (sl. 139.) rodio se god. 1791. u Charlestonu (Massachusetts) i postade slikar; da se u svojoj umjeći usavrši, boravio je dva puta u Evropi (god. 1811.—1815. i 1829. do 1832.). Na drugom povratku g. 1832. upoznao se sa profesorom T.

Jaksonom iz Bostona. Na brodu je vidio njegove električne pokuse i ovaj ga je upozorio, da može elektricitet za davanje signala upotrebljavati. Stigavši u Ameriku bavio se opet oko slikarstva i tim dosta slabo služio kruh. Bio je i na čelu narodnoj akademiji slikarskih umjetnosti, a god. 1835. dobije i naslov profesora za literaturu tih umjetnosti. U studenom god. 1835. opet se bavio oko brzozvanih pokusa, ali ne imajuć tomu potrebnoga znanja fizikalnoga, nije baš ništa uspio. Godine 1836. učio ga je nešto profesor kemije Leonard



Sl. 139. Samuel Finley Breese Morse.

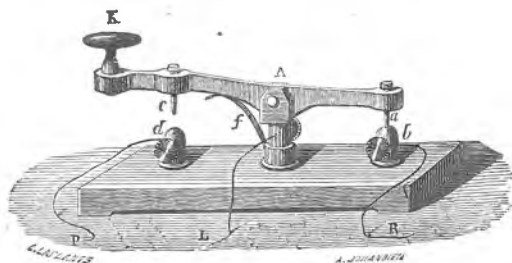
Gale i dao mu materijala, da si napravi elektro-magnet. Gale je kasnije bio njegov „compagnon“.

Godine 1837. uspio je napokon da sastavi aparat, koji je mogao električnim putem prenašati znakove, koji su ostali trajno zabilježeni. Dne 4. rujna 1837. uspio je prvi pokus. Njegov je izum osobito zanimao člana kongresa O. J. Smitha i njegovom je podporom Morse otišao u London i Pariz, ali se tamo nije ništa pomogao. Vrativši se u New-York bavio se opet slikarstvom i daguerotipijom, da za-

služi kruh. Napokon mu g. 1843. dade kongres 30.000 dolara, da izgradi za pokus veću liniju. Prva, 40 milja duga linija, gradjena je u Americi od Washingtona u Baltimore i g. 1844. u svibnju pokazala se praktičnom. Od onoga se časa Morse-ov telegraf brzo širio po svijetu. Morse postade elektrikom dvaju društava za gradnju telegrafa i profesorom prirodopisa na Jald-College-u u New-Hawenu. Godine mu 1857. predadoše nekoje evropske države, njih 10, počastni dar od 400.000 franaka. Već za života mu u New-Yorku g. 1871. i 1872. postavise dva spomenika. Dne 2. travnja 1872. u New-Yorku umrie onaj znameniti muž, koji si je svojim jednostavnim, ali sigurnim telegrafom za vjeke zadužio ljudski rad.

Najprije da upoznamo Morse-ov aparat sam, a onda ćemo iztaknuti neke promjene njegove, koje ga učiniše savršenijim.

Organ njegova govora takodjer je galvanska baterija

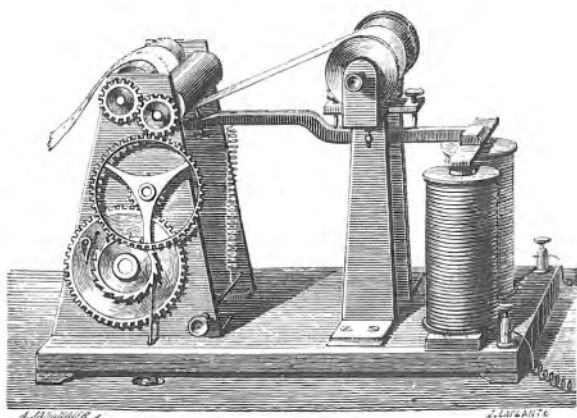


Sl. 140. Ključ ili manipulator Morse-ov.

obično Daniellova i koji noviji oblik Daniellove, koja preko ključa ili manipulatora šalje svoju struju u drugu postaju, gdje ulazi u viestnik i ondje bilježi viesti. Zovu tu bateriju obično: baterijom za liniju ili linijskom baterijom. Ključ je Morse-ova telegrafa veoma jednostavan. Pokazuje ga slika 140. Na drvenoj su dasčici dva mjedeni stupčića, *b* i *d*, sa stezaljkama, u koje možeš utaknuti žice, a u sredini je treći stupčić gore razkoljen, a u razkolu sjedi poluga *A* od mjedi sa ručicom *K* na jednom kraju. Tom ju ručicom možeš dolje pritisnuti, a pero ju *f* opet digne, čim pritisak prestane. U stezaljku *d* vodi žica od pozitivnoga pola baterije za liniju, a iz srednjega stupčića izlazi žica, koja ide na liniju t. j. u drugu postaju. Poluga *A* nosi na jednoj i na drugoj strani po jedan šiljak od željeza *a* i *c*; šiljak se *c* može pritisnuti na stupčić *d*, a kad je poluga na

miru, već je snaga pera f dosta, da pritisne šiljak a na stupčić b . Iz toga stupčića vodi treća žica u viestnik, koji je na istoj postaji namješten, da prima depeše, što će mu ih slati isto taki ključ na onoj drugoj postaji. Dodje li naime iz linije L kakova struja na našu postaju, udarit će preko stupčića u sredini u polugu i dalje preko šiljka a i stežaljke b u viestnik: dok depeša dolazi, mora da miruje poluga našega ključa, jer čim bi na pr. polugu ručicom K dolje potisnuli, struja iz linije ne bi mogla dospjeti do viestnika, budući da nije šiljak a na stupčiću b .

Hoćemo li pak mi da pošaljemo depešu na drugu postaju, pritisnut ćemo ručicu K , struja iz pozitivnoga pola naše baterije za liniju može sada da prelazi iz stupčića d u šiljak c i dalje u žicu



Sl. 141. Viestnik ili receptor Morseov.

L , koja ju vodi na liniju i onda u viestnik na drugoj postaji. Tim što ručicu K ponovno pritisnemo i kraće ili duže vrijeme u tom položaju držimo, moći ćemo na drugoj postaji buditi znakove, iz kojih se — to ćemo čas kasnije vidjeti — sastavlja Morse-ov alfabet. Struja prestane teći, čim izpustimo ručicu K , jer je struja između stupčića d i šiljka c prekinuta. Razabiramo dakle, da uz pomoć ovoga toli jednostavnoga ključa možemo slati na drugu postaju po našoj volji struje kraćeg ili dužeg trajanja.

Nije mnogo zamršeniji ni viestnik ili receptor Morse-ova telegrafa (sl. 141.). On je u glavnom elektromagnet na drvenoj daščici: jedan kraj oko njega omotane žice spojen je sa žicom,

koja dolazi sa linije i nosi iz prve postaje spomenute galvanske struje, a s drugoga kraja vodi žica u zemlju. Čim sa linije dodje kakova struja i proleti oko zavoja elektro-magneta, meko se željezo pretvori u magnet, privuče kotvicu, koja je iznad njegovih polova, a tim se makne i poluga, na kojoj je kotvica: desna joj se strana prigne dolje, a lijeva skoči nešto u vis. Čim prestane struja teći, izgubi se i magnetizam, a pero odmah povuče polugu u predjašnji joj položaj. Uvidjamo, da će kotvica biti na elektromagnetu samo dotle, dok teče oko elektro-magneta struja iz linije t. j. dotle, dok je na prvoj postaji ručica ključa *K* pritisnuta: izpusti li na prvoj postaji činovnik ručicu ključa, skoči i poluga viestnika na drugoj postaji u svoj predjašnji položaj, jer sada više nema struje iz linije. Ovo gibanje poluge dolje i gore uredjuju dva vijka, koji se vide s jedne i s druge strane osi.

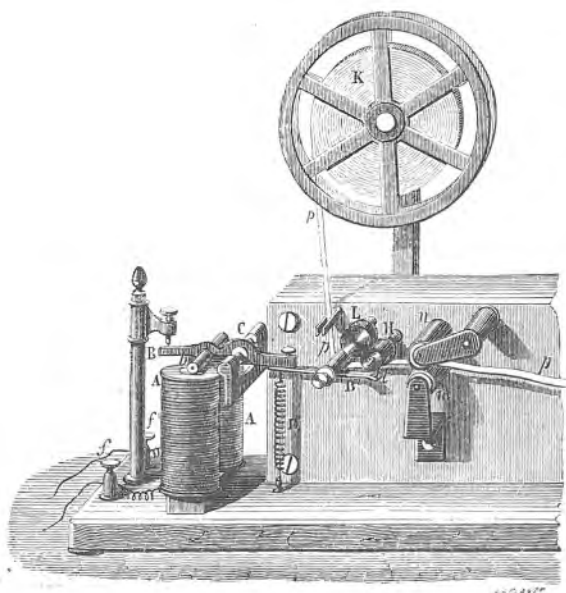
Na lievoj strani poluge vidimo kroz polugu odozdo protaknut željezni šiljak, koji se diže, kad se kotvica na desnoj strani spušta; pred šiljkom je mali drveni valjak, u koji je na obodu urezan na jednom mjestu mali žlieb i baš u taj žlieb ulazi šiljak, kad se podigne. Medju šiljkom napokon i valjkom namješten je uzak papir, koji se uz pomoć posebne ure sve dalje pomiče. Čim elektro-magnet privuče kotvicu, utisne se šiljak u papir i urezuje na njem svoj trag, dok ura tjera papir dalje: dužina urezanih pravaca visjet će o tom, kako dugo iz prve postaje poslana struja teče oko elektro-magneta. S početka je Morse rabio olovku za pisanje ovih pravaca na papiru; nu kako se ova prebrzo trošila, nadomjestio ju je u skoro šiljkom željeznim, koji je svoj trag stalno urezivao u papir.

Ovo urezivanje znakova u papir ište dosta velik tlak šiljka na papir, pa zato se može dogoditi, ako je linija veoma duga, da struja, koja dolazi sa druge postaje, nije toliko snažna, da bi mogla privući dosta krepko kotvicu, a u takovu slučaju dakako i šiljak ne može da reže znakove u papir. Odtuda je potekla potreba, namjestiti na postaji, koja prima depešu, još jedan aparat — zovu ga prenosilac ili „relais“ — i posebnu dosta jaku bateriju, zovu ju lokalnom baterijom, jer njezina struja ne ide u liniju, nego teče samo u viestnik na istoj postaji.

Ulogu relaisa predočuje slika 142. Struja, koja dolazi sa linije (*Pile de ligne*), ulazi kod *c* najprije u ključ postaje, pa onda teče preko *a* u relais. To je vodoravan elektro-magnet, a pred lievim mu polom stoji veoma laka poluga sa željeznom kotvicom. Struja sa linije ulazi

tvica relaisa na svom magnetu, dotle viestnikom teče struja lokalne baterije i dotle je njegova kotvica takodjer na svom elektromagnetu; odskoči li kotvica relaisa od svoga magneta, prekinuta je i struja lokalne baterije i kotvica viestnika odskoči takodjer od svog elektromagneta: šiljak ne reže više znakova u papir.

Kako bi se prištedjela sila, koja je potrebna, da se šiljak viestnika ureže u papir, i kako ne bi pismo odviše umorilo oka, promienio je Digney Morse-ov viestnik tako, da se znaci u obće ne urezuju u papir, nego ih tinta na papiru jednostavno napiše: tomu



Sl. 143. Viestnik po sustavu Morse-Digney.

treba tako mala sila, da ne treba obično ni relais-a, ako nije preduga linija od jedne postaje do druge. Ovaj promienjeni oblik Morse-ova viestnika pokazuje nam slika 143. Vidimo na njem prije svega papir *pp*; ura ga odmata sa ploče *K*. Nu ista ura okreće i valjak *H*, koji se pri tom neprestano dotiče sukna *H*, napunjenoga crnom ili modrom bojom, kakova obično rabi u štamplja. Čim udje struja žicama *f* u viestnik i elektro-magnet *A* pritegne kotvicu, digne se šiljak *l* na drugoj strani poluge i pritisne papir o valjak *H*: boja ostavi na papiru trag u obliku dužega ili kraćega

pravca, prema tomu, koliko je vremena trajala struja okolo elektromagneta.

Do sada nas zanimahu samo aparati, kojim je svrha telegrafske znakove slati iz jedne postaje na pr. Zagreb na drugu postaju na pr. Karlovac. Po Morse-ovu sustavu mora da je u Zagrebu na postaji namješten ključ ili manipulator i linijska baterija; u postaji Karlovac pak treba da stoji ili sam viestnik (receptor) ili pak relais, viestnik i lokalna baterija.

Nu da galvanska struja iz Zagreba dodje u Karlovac, treba da ju vodimo od pozitivnoga pola linijske baterije u Zagrebu žicom u drugu postaju Karlovac i pošto je struja ondje u relaisu ili viestniku obavila svoj posao, treba da ju drugom žicom dovedemo natrag u Zagreb k negativnomu polu baterije, iz koje je pošla; znademo naime, da struja galvaničke baterije samo onda teče, kad su oba pola njezina spojena žicom.

Jasno je prema tomu, hoće li Zagreb da brzojavlja u Karlovac, treba da budu između obiju postaja razapete dvie žice: jedna, koja struju linijske baterije vodi iz Zagreba u Karlovac, a druga opet, koja ju vodi natrag u Zagreb k negativnomu polu linijske baterije. Tako je prvih godina, kad su stali upotrebljavati električni telegraf, doista i bilo. Nu već g. 1838. našao je Steinheil, — tada profesor fizike i matematike u Monakovu, a od god. 1849. do godine 1854. predstojnik brzojavnoga odjela austrijske vlade u Beču, gdje je izradio podpunu brzojavsku mrežu za sve krunovine carstva, — da je druga od spomenutih žica suvišna — obret, koji je u velike pomogao brzomu širenju električnoga brzojava, jer se tim trošak gotovo na polovicu obalio.

Koncem je god. 1837. Steinheil dobio bio nalog od bavorske vlade, da uredi električni brzojav na željezničkoj liniji Nürnberg-Fürth, pa mu je tom prilikom sinula misao, ne bi li mogao željezničke tračnice upotrebiti mjesto posebnih žica, da mu vode struju iz jedne postaje u drugu i natrag. Pokusi mu pokazaše, da to ne ide, jer mu je struja često sa jedne tračnice kroz zemlju prešla na drugu, i to je bio povod, da je došao do misli: zemlju samu upotrebiti kao vodič, koji će struju natrag voditi k negativnom polu baterije.

Pošto je naime struja, dovedena na pr. iz Zagreba u Karlovac, ovdje obavila svoj posao, obletjevši elektro-magnet relais-a ili viestnika, mogu ju odovud žicom odvesti u zemlju, gdje je zako-

pana bakrena ploča. Struja će u zemlji takodjer teći k negativnomu polu linijske baterije u Zagrebu, ako i od ovoga pola spustim u zemlju žicu, koja se završuje bakrenom pločom. Tim smo prištedjeli cijelu žicu bakrenu, koja bi vodila struju natrag iz Karlovca u Zagreb, a to je sa ekonomičkoga gledišta bio prevažan obret.

Kasnija su doduše iztraživanja pokazala, da ovaj nazor Steinheilov, kao da zemlja struju jednostavno natrag vodi, nije posvema izpravan, — bar ne za duge linije — nego da nam je zemlju smatrati velikim rezervoarom, u koji sav elektricitet sa svih strana utječe; nu praktična vrijednost njegova je obreta ostala netaknuta — on je ostao jedan od najglavnijih obreta u brzojavu.

Nu vratimo se k našim postajama Zagreb — Karlovac! Nakon obreta Steinheilova znademo, da izmedju njih treba da bude razapeta samo jedna žica, koja vodi struju linijske baterije Zagrebačke u Karlovac. Ovdje vodi žica elektro-magneta k jednoj bakrenoj ploči u zemlju, a u Zagrebu od negativnoga pola linijske baterije opet k drugoj takovoj ploči.

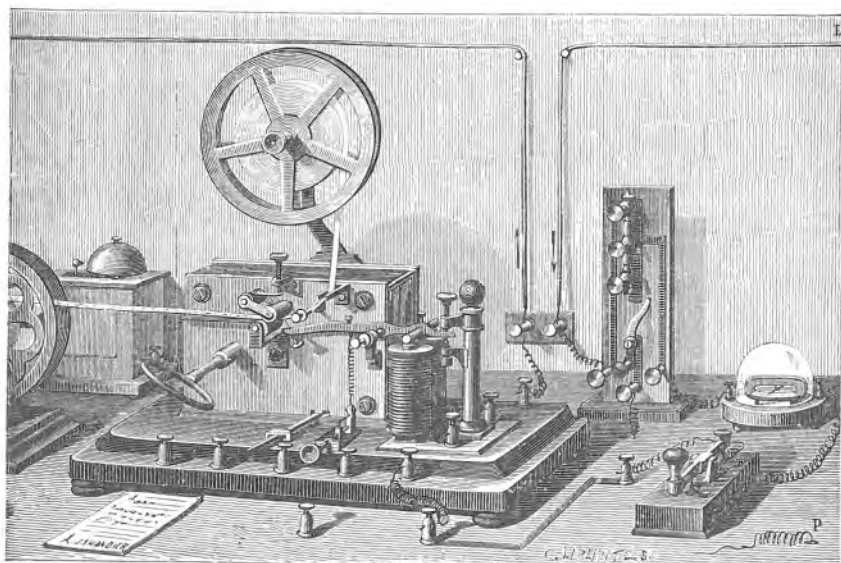
Nu da ostane razpored aparata onakov, kako ga opisasmo, mogao bi Zagreb slati depeše u Karlovac, a ovaj bi ih mogao primiti, ali obratno se ne bi moglo raditi: Karlovac ne može da šalje natrag u Zagreb nikakove depeše. Da bude i to moguće, treba da dobije i Karlovačka postaja svoju linijsku bateriju i svoj ključ; iz ovoga ključa treba da vodi posebna opet žica struju u Zagreb, i ova struja treba da udje u elektro-magnet ondje postavljenoga relaisa; iza njega mora da stoji Morse-ov viestnik sa svojom lokalnom baterijom. Telegraf je dakle tek onda podpun, kad svaka postaja imade sve aparate i za primanje i za odpremanje depeša t. j. ključ sa linijskom baterijom za odpremanje, a relais sa viestnikom i lokalnom baterijom za primanje depeša.

Nu i spomenuta posebna žica, koja bi imala da vodi struju Karlovačku u viestnik Zagrebački, pokazala se suvišnom: istom žicom, koja šalje struju iz Zagreba u Karlovac, mogu i obratno slati Karlovačku struju u Zagrebački viestnik, a iste bakrene ploče vode i ovu struju natrag u Karlovac.

Slika nam 144. pokazuje ovakovu podpunu postaju, kakove su uredjene u Francuzkoj sa popravljenim Morse-ovim viestnikom, ali bez relaisa za manje linije.

Na desno vidimo ključ; od srednjega njegova stupčića vodi žica u liniju L ; u tu su žicu upleteni galvanometar i strielnica;

prvomu je svrha, da odklonom svoje igle javi činovniku, da struja sa linije dolazi, a drugomu je svrha, da zaprieči udarac striele u aparate; u sredini eno viestnika, u koji struju sa linije vodi žica od trećega stupčića na ključu; iz viestnika opet vodi struju žica T' (lievo) u zemlju. Prednji je stupčić ključa žicom p spojen sa pozitivnim polom linijske baterije, (koja nije naslikana, jer je obično u kutu) a negativni njezin pol spojen je sa žicom T , koja vodi u zemlju. Miruje li ključ, može struja iz linije doći u postaju od L preko strielnice i galvanometra u ključ, odtuda u viestnik i žicom T u zemlju i natrag k postaji, od koje je došla. Pritisneš li pak



Sl. 144. Telegrafska postaja po sustavu Morse-Digney.

ručicu ključa, ne može da ulazi struja sa linije u postaju, jer je kod zadnjega stupčića ključa prekinuta, nu zato sada šalješ struju svoje linijske baterije preko galvanometra i strielnice u liniju L ; ona na drugoj postaji ulazi u viestnik, iz njega u zemlju, pa natrag k drugomu polu tvoje linijske baterije, koji je takodjer spojen sa zemljom.

Glede znakova Morse-ova telegrafa postoji međjunarodni ugovor od 27. julija g. 1879. u Londonu. Da se čitatelji ove knjige upoznadu sa Morse-ovim alfabetom, kako je u Londonu ugovoren, donášamo

ovdje (sl. 145.) obilan izvadak iz ovog alfabeta. Budući da viestnik Morse-ov ne može da bilježi nikakvih drugih znakova, osim dužih i kraćih pravaca, sastavljen je sav alfabet od takovih pravaca. Priegled ovoga alfabeta pokazuje, da za slova rabe najviše 4 duža i kraća pravca, za brojke njih 5, a za druge znakove njih do 7 ili i više.

Isti međunarodni ugovor veli na jednom mjestu: „Aparati Morse i Hughes primljeni su jednako za službu na međunarodnim linijama do novoga sporazuma o uvadjanju drugih aparata.“

Evo i nekih njegovih pravila za daljinu i dužinu znakova na Morse-ovu brzojavu.

1. Pravac je jednak trim točkama.
2. Daljina između znakova jednoga slova jednaka je jednoj točki.
3. Daljina između dviju slova jednaka je trim točkama.
4. Daljina između dviju riječi jednaka je pet točaka.

* * *

Do sad iztaknuti brzojavi različni su uzajmice dosta, ako se obaziremo na manipulacije, koje se u njih upotrebljavaju, kad se radi o tom, da se galvanskom strujom bude na udaljenoj postaji nekakovi znakovi. Nu kraj svih se razlika ipak slažu u jednom: kod svakoga se od njih iz postaje, koja brzojavlja, pošalje u postaju, koja prima depešu, cio niz galvanskih kratkih struja, koje u viestniku te postaje prave odredjene znakove. Između gibanja ključa na prvoj postaji i gibanja viestnika na drugoj postoji stalan odnosaj: ili se oba zbivaju u isti čas ili bar istim načinom sliede gibanja njihova jedno za drugim. Ovo podpuno suglasje u gibanju ključa i viestnika još je više potrebno kod brzojava-štampara, što ga je Američanin Hughes izumio. Ovaj brzojav — danas jedina ozbiljna konkurencija Morse-ovu — koji se može pravom nazvati uzorom savršene mehaničke konstrukcije naših dana, idemo da predstavimo i razložimo čitateljima.

Već god. 1841., dakle u prvim godinama električnoga brzojava, snovao je jur spomenuti Wheatstone brzojav, koji bi depešu odmah napisao običnim pismenima stamparskim, i izvadio si je pače i patenat na taj izum. Kasnije su se oko ove ideje zabavili i drugi fizičci i mehanici, pa su ju i riješili s većim ili manjim uspjehom: spominjemo sustave Vaila, Baina, Brett-a, Du Moncel-a, Freitel-a, Theyler-a, Dujardin-a, Thomson-a, Digney-a i t. d. Nu najsavršeniji je od svih tih sustava brzojav-štampar američkoga profesora

Morseov alfabet.

Slova.

a	— — — — —	ñ	— — — — —
ä	— — — — —	o	— — — — —
u	— — — — —	ö	— — — — —
b	— — — — —	p	— — — — —
c	— — — — —	q	— — — — —
d	— — — — —	r	— — — — —
e	— — — — —	s	— — — — —
é	— — — — —	t	— — — — —
f	— — — — —	u	— — — — —
g	— — — — —	ü	— — — — —
h	— — — — —	v	— — — — —
i	— — — — —	x	— — — — —
j	— — — — —	y	— — — — —
k	— — — — —	z	— — — — —
l	— — — — —	w	— — — — —
m	— — — — —	ch	— — — — —
n	— — — — —		

Brojke.

1	— — — — —	7	— — — — —
2	— — — — —	8	— — — — —
3	— — — — —	9	— — — — —
4	— — — — —	0	— — — — —
5	— — — — —	Znak diobe	— — — — —
6	— — — — —		

Razni znakovi.

.	— — — — —	“	— — — — —
“	— — — — —	Nov početak	— — — — —
;	— — — — —	Zaporka	— — — — —
:	— — — — —	Podbrisan	— — — — —
?	— — — — —	Razstavak	— — — — —
!	— — — — —		
-	— — — — —		

Službene oznake.

Brzjavka državna	— — — — —	Odgovor pla-	
“ službena	— — — — —	ćen	— — — — —
“ privatna silna	— — — — —	Poštari	— — — — —
“ “ obična	— — — — —	plaćena	— — — — —
		i t. d.	

Hughes-a, koji ne radi samo točno i pouzdano kao i Morse-ov, nego treba za isti rad bar tri puta manje vremena od Morse-ova, i naštampa odmah depešu latinskim pismenima.

Aparat je doduše mnogo zamršeniji i skuplji od Morse-ova, mnogo ga je teže držati u redu i s njim raditi, ište dobro uvježbane činovnike, ali je zato i mnogo brži od Morse-ova, a to je velika prednost na linijama, gdje je brzopisni promet veoma živ: Hughes-ov brzopis treba za svako slovo i svaki znak, da ga pošalje na drugu postaju, samo po jednu struju, dok ih Morse-ov treba poprieko tri do četiri.

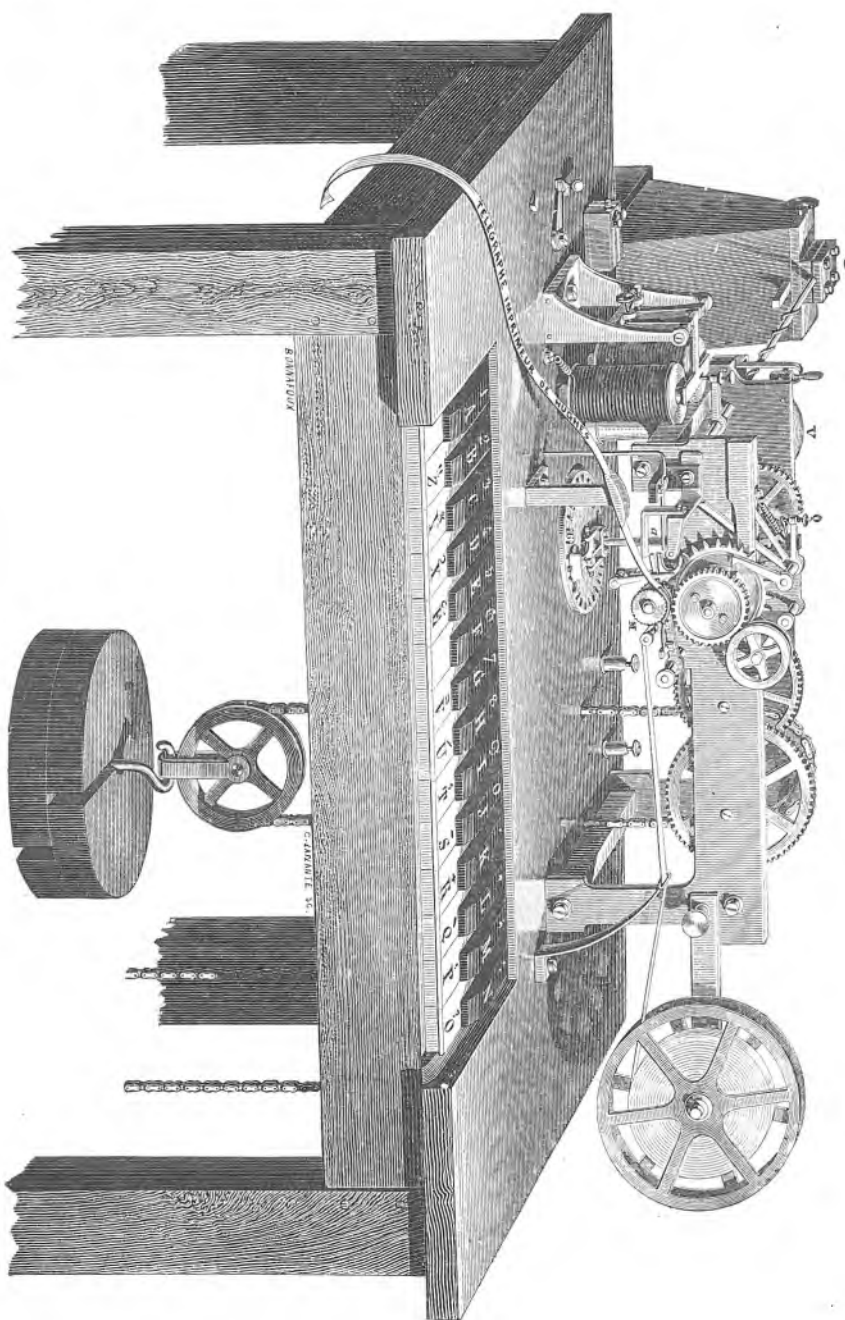
Još se jednom osebinom odlikuje ovaj doista zanimljivi aparat. Ključ ili manipulator Hughes-ova brzopis spojen je sa viestnikom tako, da kad radi ključ i šalje depešu u viestnik na drugoj postaji, ne radi samo taj viestnik na drugoj postaji, nego uzporedno s njim radi, i to sasvim jednako, i viestnik na prvoj postaji: depeša izadje iz aparata naštampana u postaji, koja ju prima i u postaji, koja ju šalje, a u tom je veoma dobra i korisna kontrola za depeše, koja priči pogriješke; te kontrole u Morse-ova brzopis nema.

Ako smo dakle jasno shvatili, kako se depeša naštampa na postaji, koja ju šalje, ne trebamo posebice da govorimo o viestniku na drugoj postaji, jer se on točno podudara sa viestnikom, koji depešu štampa na prvoj: nama je tek iztaknuti, kako je Hughes to uredio, da oba viestnika u isti čas ista pismena štampaju.

Slika nam 146. pokazuje u cijelosti Hughes-ov aparat, gdje su ključ i viestnik donekle stopljeni u jedan jedinstveni stroj.

Ključ je na ovom brzopisu klavijatura poput one na klaviru. Tipkala je u svem što bijelih što crnih 28. Njih 26 nosi po jedno slovo latinskoga alfabeta i nad svakim po jedan znak. Dva su tipkala 1 i 6 bijela, prazna; ta rabe, kad je riječ gotova ili kad treba da od pismena priedje brzopis na znakove, koji su nad njima zabilježeni. Ta je klavijatura u svezi sa linijskom baterijom, koja će slati svoje struje preko ove klavijature u vlastiti viestnik i zajedno u viestnik na drugoj postaji: pritisneš li naime ma koje tipkalo, struja iz baterije teče u liniju.

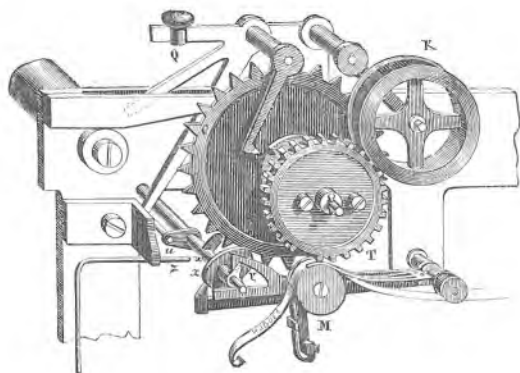
Veoma jaka ura, koju tjera utez od bar 50 kilgr., vidi se razporedana po stolu. Čim ura počne raditi, okreće ona u svem tri osi, ali svaku svojom brzinom; dvie su osi vodoravne, a treća je osnovna. Prva ovih osi, — zove se os pismenâ, — nosi na svom prednjem kraju zubato kolo; na svakom je zubu napried urezano



Sl. 146. Telegraf-štampar po Hughesu.

u reliefu po jedno slovo, a iza njega znak, koji je na dotičnom tipkalu klavijature. To zubato kolo posebice pokazuje (s prieda gledano) slika 147. kod slova *T*, a slika 148. pokazuje cio mehanizam ove osi sa strane gledan. Iza ovoga kola stoji na istoj osi drugo kolo *T'*, koje nema nego jedan zub, a svrha mu je, da se cio aparat povрати u prvi svoj položaj, u kojem uvijek treba da bude, kad započinje brzojavljjanje ili kad bi se na viestnicima obiju postaja pokazivala kakova razlika, koja potječe odtuda, što ure obiju aparata ne idu sasma jednako.

Druga se vodoravna os, zove se zubata os, vrti mnogo brže i nosi samo 4 zuba *u*, *w*, *x*, *y*, (sl. 147.). Prvomu je zubu svrha, da digne kolotur *M*, po kojem teče papir, pa da ga pritisne o slovo



Sl. 147. Odnosaj izmedju osi pismenâ i zubate osi.

zubatoga kola *T*, koje je baš nad papirom. Pojedina su se pismena medjutim namočila bojom iz sukna napojenoga njom i namotanoga na *K*. Ta je druga os sastavljena od dvaju diełova, koji su tako zakvačeni, da se prednji dio, koji papir pritište o pismena, samo tako dugo vrti, dok činovnik koje tipkalo na klavijaturi pritište: nije li ni jedno tipkalo pritisnuto, ne teče li dakle ni struja u aparat, taj se prednji dio sam izkvači, i naskoro se prestane vrtjeti.

Na treću se napokon i osnovnu os *a* (sl. 146.) prenaša gibanje sa prve osi pismenâ preko dvaju zubatih kolesa: pri tom okreće ova treća os male saone po krugu, koje stružu po okrugloj ploči *G* (sl. 146.): saone se u istom vremenu okrenu jedanput po krugu, u kojem se okrene kolo sa pismenima.

Ploča je G na svom obodu 28 puta probušena i u svakom je otvoru po jedan štapić. Ovi su otvori udešeni prema onih 28 zuba kola T tako, da kad saone stignu na jedan otvor, u tom je času i stanovito slovo kola T nad papirom. Svaki od onih utaknutih 28 štapića u savezu je sa jednim tipkalom na klavijaturi, pa kad pritisneš koje tipkalo, skoči dotični štapić iz otvora i saone se nešto podignu, kad prelaze preko štapića. U tom času teče struja iz baterije preko štapića i saona u elektro-magnet viestnika na istoj postaji i dalje žicom u elektro-magnet na drugoj postaji. Ovaj elektro-magnet pritisne u istom času papir na jednoj i drugoj postaji o slovo, koje je onaj čas nad njim, a budući da se ovo slovo podudara sa onim, koje je na pritisnutom tipkalu zabilježeno, očito je, da će se to slovo otisnuti na papiru jednoga i drugoga viestnika. Dok se pak saone ne podignu ne može struja u elektro-magnet, nego teče kroz donji dio osovine, koji je od gornjega izolovan jednim slojem slonove kosti, ravno u zemlju.

Valja nam sada izpitati, kako djeluju te poslane oko elektro-magnetâ struje u jednom i drugom viestniku, da bude posljedica tomu djelovanju štampanje jednoga slova ili znaka.

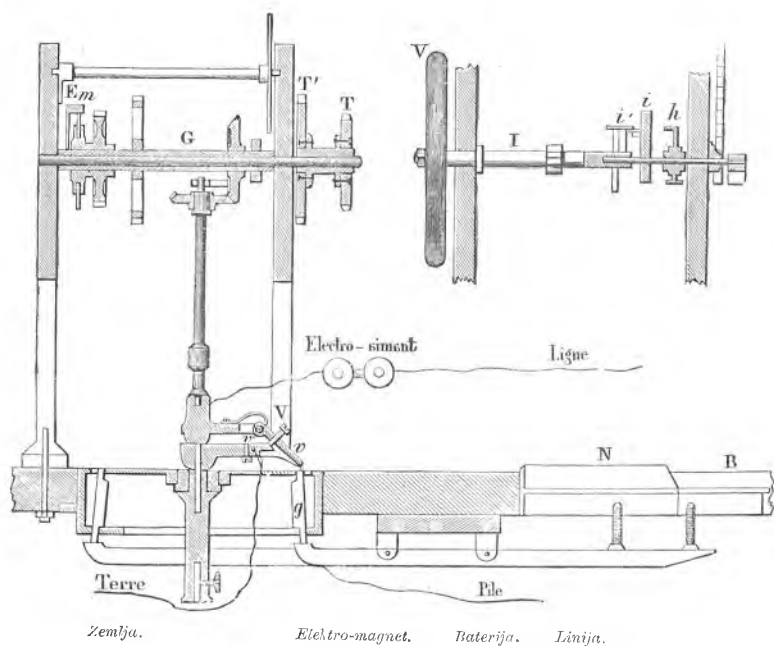
Elektro-magneti na Hughes-ovu aparatu sasna su neobične konstrukcije, prema onim Morse-ova viestnika: dvie su jezgre od nekoga željeza i ovdje omotane žicom, ali svaka je jezgra stalno smještena na jednom polu trajne magnetičke podkove. Radi toga su one jezgre u omotima uvijek magnetičke, pa privlače i drže kotvicu p , koja je iznad njih. Žica je pak oko jezgrâ tako namotana, da struja, kad dodje u omote, magnetizam jezgre sasvim oslabi ili gotovo uništi, i pero digne kotvicu. Kotvica opet podigne polugu, a ova izkvači jur opisani prednji dio zubate osi (sl. 147.); ta se os jednom okrene i opet sama zakvači.

Ova zubata os, dok se okreće, pritisne jednim svojim zubom — preko posebnoga mehanizma — papir na slovo, koje je onaj čas nad njim, nu kako se zubata os čas za tim ustavi, spadne i papir sa slova, ali se pri tom nešto dalje pomakne.

Cielo je djelovanje struje dakle ovako razporedano: činovnik je na pr. pritisnuo tipkalo sa slovom A . Na kolu G se neprestano vrte saone; iz otvora, koji pripada slovu A , skočio je štapić; u času, kad saone prelaze preko štapića, proleti struja iz baterije oko elektromagneta na jednoj i drugoj postaji; kotvica s njih odskoči, a poluga l izkvači prvi zub na zubatoj osi; taj se zub okrene jedan

put sa zubatom osi i pri tom pritisne na časak papir o slovo, koje je baš onaj čas nad njim: ako je aparat u redu, mora da se podudara to slovo s onim, čije je tipkalo pritisnuo činovnik; odmah se zatim papir pomakne dalje. Čim su saone prešle preko štapića, struja je prekinuta, kotvica padne na elektro-magnet, a zub se prve zubate osi zakvači: on ne može više da digne papir do pismenâ na kolu.

Najvažnije je kod ovoga aparata, da ure na objema postajama jednako idu, jer će samo u tom slučaju na objema postajama naštampati ista slova.



Sl. 148. Mehanizam Hughesova telegrafa.

Svaki se put prije odpremanja prave depeše mora činovnik o tom uvjeriti tim, da nekoliko puta zasebice pritisne isto tipkalo: javi li se pri tom svagda i na drugoj postaji isto slovo, idu obje ure jednako; ne idu li jednako, imaju ure već posebne sprave, da im se okretanje prema potrebi pospieši ili pak nešto zaustavi.

Kolo se sa pismenima veoma brzo vrti: u svakoj se sekundi do tri puta okrene, a pri svakom okretu možeš bar jedno slovo na-

štampati; prema tomu mogu činovnici, koji su se na klavijaturi dobro uvježbali, depeše mnogo brže odpremati, nego sa Morse-ovim aparatom: dok Morse-ov aparat u minuti odprema 12—15 rieči, može ih Hughes-ov odpremati u istom vremenu 30—40, a još je k tomu depeša naštampana običnim pismenima, pa ne treba prepisivanja. Hughes-ov je aparat dakle doista na vrhuncu današnje umjeće telegrafске. Hoće li još dugo biti? Je li pače i danas još na vrhuncu? Neka nam kažu sljedeći redci.

Opisani telegrafi-pisari po Morse-u i Hughes-u rješavaju u praksi najvažniji problem: viest po svom smislu sasma vjerno prenieti na drugu postaju i ondje trajno zabilježiti. Nu silni napredak industrije i trgovine u našem vieku zaoštrio je problem telegrafisanja još više: ne bi li se telegrafom dao vjerno prenesti s jedne postaje na drugu i rukopis ili podpis onoga, koji je predao depešu, da služi na pr. kao akt službeni ili da ga primatelj prepozna. Pa ne samo rukopis, nego i risarije, karte i naerti neka se brzojavom sasma vjerno prenesu.

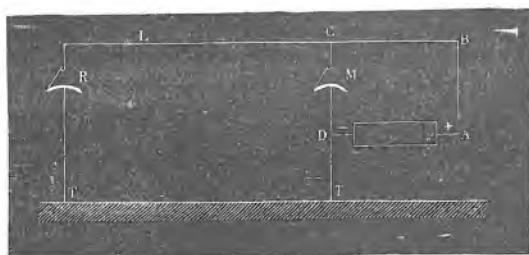
Na prvi bi mah čovjek pomislio, da se tu nešto ište od električnoga telegrafa, što je nemoguće; pa ipak je Caselli riešio i ovaj problem vrlo oštroumno, ali i jednostavno. Vriedno je, da i ovaj zaista krasni izum prvoga telegrafa-autografa ili pantelegrafa s bližega pogledamo.

Medju učincima galvanske struje spomenuli smo i kemičke učinke: struja raztvora vodu u kisik i vodik, a i druge tekućine, ako njima prolazi. Napojiš li na pr. papir vodom, u kojoj je raztopljeno nešto jodkalija, pa prolazi li negdje kroz taj papir struja, potamnjat će jako ono mjesto. I spojevi cijana nalik su na jodkalij, pa možeš lako prirediti papire, na kojima će se svagdje, gdje ih se dotakne struja, izlučiti modra boja, koja je i u trgovini dobro poznata uz ime „berlinska modra boja“; to će izlučivanje i potrajati, dok papirom protječe struja. Već je g. 1851. Morse pokušao, da upotrebi ovaj pojav za popravak svoga aparata. Papir viestnika napoji ovakovim kemičkim preparatom i čim se šiljak dotakao papira, tekla je posebna struja iz šiljka u papir i u njem je ostajao modar trag u obliku dužih i kraćih pravaca. Nu priedlog se u praksi nije održao, jer je veoma teško pogoditi, koliko da upije papir vlage: bude li prevlažan, on se dere i jedan znak se stječe s drugim; bude li presuh, struja ne će da prolazi kroz papir, pa nema nikakvih znakova.

Morse je s toga opet napustio ove znakove, nu oni se nešto kasnije opet pojaviše kod Caselli-jeva pantelegrafa.

Sagradjeni su doduše i drugi telegrafi ove ruke, nu mi ćemo iztaknuti tek onaj, koji se u praksi pokazao valjanim, a to je Casellije v.

Kod njega ćemo na jednoj i na drugoj postaji naći po jednu nešto zavinutu ploču bakrenu M i R (sl. 149.); svaka je spojena sa zemljom kod T . U postaji, koja će depešu odpremiti, leži na ploči M list osobito priredjena papira, koji je prevučen tankim kovnim slojem — zovu ga Schabin-papir, i na taj se papir napiše depeša ili nacerta slika, koju valja brzopjavno prenieti, osobitom mastnom tintom, koja struju ne vodi. Ploča R pak na štaciji, koja će depešu primiti, pokrivena je papirom, koji je napojen raztopinom ciankalija i željeznoga klorida; na tom se papiru, kad teče kroza nj



Sl. 149. Načelo Casellijeve pantelegrafa.

struja, izlučuje berlinska modar. Po objema pločama M i R struju neprestance i u isto doba dva željezna štapića: s preko ploče M , a s' preko ploče R . Ti su štapići spojeni sa žicom, koja vodi iz jedne štacije u drugu BGL i sa galvanskom baterijom u prvoj postaji, kako pokazuje slika.

Iztaknuta sasna jednaka i istodobna struganja štapića s i s' po svojim papirima obavljaju posebne ure, koje ih točno u isto vrijeme vuku preko papira u pravcima istoga smjera; stignu li štapići na kraj svojih ploča, pomaknu se obje ploče za jednako dalje i štapići idu natrag po pločama, ali ne istim pravcem, nego drugim, koji je prvomu veoma blizu i s njim istosmjernan.

Iz tečaja žica u slici 149. vidimo, da će struja iz baterije AD , kratkim putem preko B , C i D teći k negativnomu polu, kad bude štapić s na metaličkom sloju ploče M : iz prve postaje ne teče na

drugu nikakva struja i papir se na ploči *R* ništa ne mienja. Nu čim dodje štapić *s* na mjesto namazano masnom tintom, ne može da priedje struja u ploču *M* i dalje k negativnomu polu, nego mora da udari žicom *L* u drugu postaju, gdje preko štapića *s'* prelazi u papir na ploči *R* i dalje u zemlju, pa natrag u prvu postaju k negativnomu polu baterije; tim se pak put štapića *s'* na papiru zabilježi kao tanak modri pravac. Svi se ovi pravci slože u lik, koji je sličan originalu, ali se od njega razlikuje tim, da su sve crte, koje su na originalu neprekidne, u kopiji složene od jako blizih i tankih crta; nalik bi ovomu lik postao, kad bi rezbar drveni panjčić, u kojem je urezao lik, izpresiecao tankim ertama, pa ga onda tek otisnuo (sl. 150.).

Tim, što ovaj telegraf oponaša svako pismo i svaku risariju, tumači mu se ime pantelegraf, a tim, što je otisak posvema nalik originalu, ime telegraf-autograf.

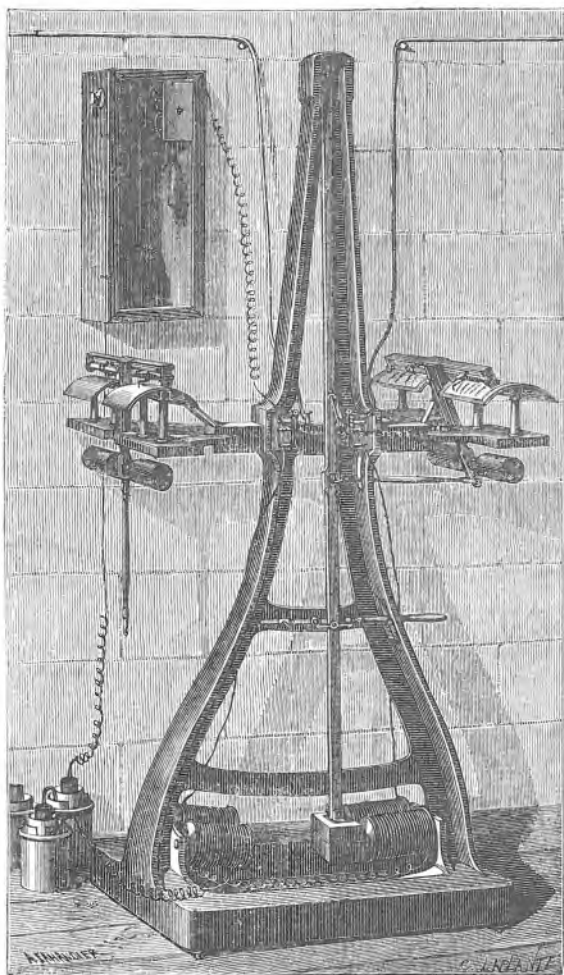


Sl. 150. Oponašanje risarije Casellijevim pantelegrafom.

Da bude otisak posvema prema originalu, treba da štapići na objema postajama posvema jednako stružu po svojim papirima: kad je jedan štapić došao do kraja papira, treba da bude ondje i drugi, oba zajedno treba da krenu natrag, a oba se papira moraju jednako pomaknuti izpod svojih štapića. Ovo sasma jednoliko gibanje štapića izveo je Caselli dva metra dugim nihalom, koje visi u čvrstom željeznom stalku; mjesto obične leće nosi nihalo dolje četverouglasti komad mekoga željeza, težak 8 klgrm. (sl. 151.) U sredini svojoj nosi nihalo ručicu (na slici desno), koja prenaša nihanje na dva štapića: jedan struže po papiru, na kojem je depeša napisana (na ključu), a drugi ima da struže (na slici lievo izkvačen) po papiru, koji depešu prima, kad dolazi iz druge postaje; prema

poslu, što ga obavlja telegraf, zakvačit ćeš u nihalo jednu ili drugu ručicu.

Stigne li štapić na kraj papira, udari o čvrst klin, koji ga nešto dignu u vis, štapić se vrati na prednji kraj papira, ali pri



Sl. 151. Casellijev 'pantelegraf.

tom ne struže po papiru, jer se pokazalo, da znaci, što ih štapić pravi, kad se vraća, nisu posvema u redu; tek kad se štapić vratio na prednju stranu papira, struže iznova po njem i riše pravce, koji

su posvema istosmjerni sa prvima. Da izerpu i ovo prazno gibanje štapića, namjestili su uz prvu bakrenu ploču još jednu, na kojoj štapić po papiru baš onda struže, kad na prvoj ništa ne radi. Zato i vidimo na našoj slici sa svake strane po dvie bakrene ploče mjesto jedne. Ovaj raspored je još i s toga koristan, što po njem možeš u isti čas da odpremaš dvie depeše, ili da jednu primaš i drugu odpremaš.

Jasno je po ovom tumačenju, da će se originalna depeša posvema vjerno samo onda otisnuti, ako se nihala na objema postajama posvema jednako nišu: nihaji im ne moraju samo točno isto vrijeme trajati, nego treba da se započnu i svrše u istom trenu. Ovo je ravnanje obiju nihala najvažniji posao kod ovoga telegrafa. Pa i taj na prvi mah nemogući posao, da se dva daleka nihala posvema jednako nišu, izveo je Caselli veoma jednostavno.

Na onim mjestima, do kojih se meko željezo nihala niše, vidiš u slici namještene elektro-magnete, a oko njih teče na objema postajama u istom trenu galvanska struja posebne baterije. Tu struju ravna kronometar, koji se i na našoj slici 151. vidi na lievoj strani. Kad nihalo ovoga kronometra svrši svoj nihaj na jednoj strani, pritisne pero i struja leti oko elektromagnetâ na objema postajama: ovi elektromagneti privuku meko željezo obiju nihala i zaustave ih časak sa svojim polovima. Nu odmah zatim krene nihalo ure natrag, struja se prekine i elektro-magneti izpuste u istom času nihala na objema postajama.

Još nekoliko rieči o papirima za ovake depeše. Papir, koji će poslanu depešu primiti i otisnuti, treba da bude dosta čvrst, ali ne debeo, nu prije svega jednolik i gladak, da budu i tanke modre crte na njem jednolike; i napajanje sa ciankalijem i željeznim oksidom ište mnogo pomnje, napose valja paziti, da imade primjerenu množinu vlage.

Papir pak, na kojem se originalna depeša piše, obični je bieli papir, na koji je tiskalom natisnut tanak sloj srebra. Točka, gdje štapić započinje svoj put po papiru, označena je pravcem, a isto su tako označene i medje depeše.

Rad je sa Casellijevim pantelegrafom razmjerno jednostavan: čim je depeša napisana, metne se na bakrenu ploču i činovniku se na drugoj postaji javi, da bude spreman primiti depešu. Čim je stigao odgovor, zanišu se u isti čas oba nihala i aparat radi dalje sam bez ikakve pomoći. Kako se mogu zajedno odpremati dvie de-

peše, a možeš upotrebljavati na pr. i stenografijsko pismo, očito je, da i ovaj telegraf može da radi dosta brzo.

Francuz Quet veli u svom izvještaju o napredku elektriciteta i magnetizma o njem:

„Duga nihala Caselli-jeva telegrafa nišu se u jednoj minuti obično četrdeset puta i štapići povuku u tom vremenu isto toliko crta, koje se $\frac{1}{3}$ mm. razdaleke. U svakoj se dakle minuti crtanje pomakne na papiru dalje za 13 mm., a u 20 minuta za 26 cm. Crte, što ih štapić bilježi, dugačke su 11 cm., dakle može Casellijev telegraf za 20 minuta napraviti fac-simile (kopiju) od pisma, portreta ili drugih risarija, koje stanu na papir dug 26 cm., a širok 11 cm. Hoćemo li, da bude kopija čista, treba da bude pismo originala veoma čitljivo i ne premaleno.

Već od g. 1865. rabi Casellijev pantelegraf za privatni promet na liniji Pariz-Lyon-Marseille. Uzrok, što se ovaj doista umni obret nije razširio više po svijetu, svakako nam je tražiti u tom, što se u praktičnom životu ne iztiče tako često potreba, da se napravi vjeran otisak rukopisa, koliko, da se smisao depeše točno prenese s jedne postaje na drugu.

Nije međjutim Casellijev jedini pantelegraf, koji je do danas sagradjen. Godine 1876. javio se francuzki brzoplovni činovnik Meyer novim pantelegrafom, koji veoma pouzdano i brzo radi. Nu i taj se telegraf osniva na načelu, kao i Casellijev: Meyer je Casellijevo načelo spojio sa nekoliko pomoćnih sprava, koje je pozajmio od Morseova i Hughesova telegrafa i tim je dobio savršeniji stroj. Na zadujim su se električnim izložbama još dva pantelegrafa pojavila: jedan od Edisona, a drugi od M. Lenoira.

Svi su ti aparati doista umno gradjeni, ali su ipak više zanimljivi za teoretika, nego za praktika; uzrok smo jur prije iztaknuli, pa zato i odustajemo od toga, da čitatelja podrobnim opisom njihovim možda i umorimo.

Slika bi nam naša električnoga telegrafa ostala nedovršena, da se još ne spomenemo i načina, kojim se galvanska struja sa jednoga mjesta prenaša na drugo, jer baš na tom se prienosu bitno osniva rad svakoga električnoga telegrafa.

Na kopnu danas gotovo svagdje rabi sustav zračnih linija: žice se, koje imaju da prevedu struju, pričvrste na visokim drvenim stupovima, koji su uzduž ciele linije zasadjeni u odmjerenim daljinama. Iztaknuli smo jur prije, da su prvih godina, kad su stali upo-

trebljavati električni telegraf, mislili, kako trebaju za svaku struju posebnu žicu: jednu, po kojoj struja teče od prve postaje na drugu, a drugu, po kojoj struja opet natrag teče. Steinheilovi su pokusi pokazali, da mjesto ove druge žice može rabiti i zemlja, da vodi struju. S toga danas kod svih brzopisnih sustava razapinju između obiju postaja samo jednu žicu, a drugi pol linijske baterije i viestnik na drugoj postaji spoje sa pločama, koje su u vlažnom tlu zemaljskom: ovaj je raspored dobar, slali mi struju iz prve postaje u drugu žicom u zraku, a natrag zemljom, ili obratno, zemljom tamo, a žicom u zraku natrag.

S početka su za provodne žice uzimali bakrene, 2 mm. debele žice, jer bakar iza srebra, koje bi bilo preskupo, najbolje vodi struju; nu i bakar je dosta skup, a osim toga gubi na promjenljivom vremenu sasvim svoj elasticitet, pa se lako lomi. To je i bio uzrok, što su u novije vrijeme napustili bakar, pa mjesto njega rabe danas žice od dobro izžarenoga željeza, koje su 3—4 mm. debele: mnogo su cjenije, a bolje se i drže, ali zato slabije vode struju. Da sačuvaju željezo od rdje, obave na njem operaciju, koju, ako i ne sasma pravo, zovu galvanizacijom željeza: žice se najprije utaknu u razriedjenu sumpornu kiselinu, koja s njih izgrize svu rdju, pa im površina bude posvema sjajna; ova se sada oklopi tankim slojem cinka. I cinak doduše na zraku nešto rdja, nu ta se cinkova rdja u vodi gotovo ništa ne topi, pa zato čuva ona sama željezo izpod nje.

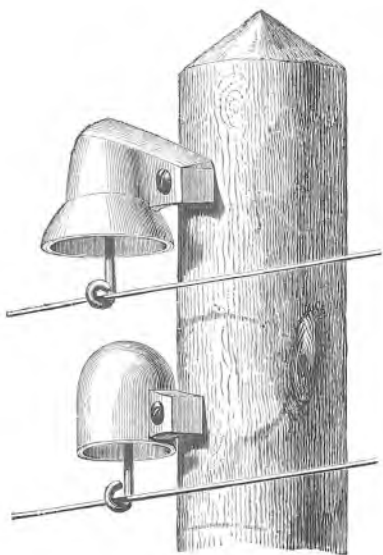
Drveni stupovi, koji nose telegrafsku žicu, sami su po sebi dosta dobri izolatori struje, dok su suhi; nu čim bude vrijeme kišovito ili se pred zoru slegne rosa na njih, bili bi ti stupovi dobri vodići elektriciteta i struja bi po prvom stupu tekla u zemlju, da se najkraćim putem vrati k drugomu polu baterije, pa ne bi ni došla do druge postaje. Da ne bude toga, namjesto na njima čaše od porculana ili stakla, kakove nam na pr. pokazuje slika 152. Vidimo tamo, gdje iz čaša niču željezne žice sa uhom na kraju, a kroz to uho prolazi telegrafska žica. Kod drugih se modela žica savija oko čaše. Nešto su jače građene čaše, gdje žica ima da krene drugim putem, jer se moraju opirati jače napetoj žici. Da čuvaju stupove od truleža, upotrebljavali su razna sredstva na pr. napajali su ih modrom galicom i to se sredstvo pokazalo veoma dobrim, ali je preskupo. Drugdje su opet pokušali, da zamiene drvene stupove željeznima na pr. željezničkim tračnicama, koje više ne mogu rabiti; pa i to je dobro.

Daljina je stupova obično 100 m.; nu gdje se linija vije, kao na pr. na željezničkim zavoјima, treba da im je daljina mnogo manja; gdje se opet žice spuštaju u dolinu, mogu stupovi biti i dalji. Visoki su obično 8—10 m., ali na posebnim mjestima bit će dakako potrebno, da su mnogo viši.

U gradovima prikivaju obično čašice na zidove kuća ili stupčice na krovovima: u velikim gradovima, gdje je promet veoma jak, radije vode žice izpod zemlje, a to čine i kod tunela, jer su u njima čaše uvijek vlažne, pa se lako dogodi, da struja podje u zemlju mjesto na drugu postaju. Svaki telegrafski stup nosi obično više žica, jedna je pod drugom 25 do 30 cm., da se ne bi doticale, ako je jedna preslabo napeta; žice su izmjenice na jednoj i na drugoj strani stupa smještene, da se ne bi stupovi od velike njihove težine na jednoj strani porušili. Na svaki kilometar od prilike dolazi po jedan stup, koji nosi osobite vrste čašice: žica nije oko nje jednostavno namotana, nego imade još posebnu spravu, koja žicu prilično raztegne.

Gauss i Weber upotrebljavali su kod prvoga svoga telegrafa provodne žice u zraku, vodeći ih preko kuća iz fizikalnoga kabineta u zvjezdarnu.

Nu kad su stali graditi duže telegrafske linije, mislili su, da im je odustati od žica u zraku, jer su se bojali, da će električnost lako moći bježati u zemlju ili prelaziti u zrak, i da će zlobne ruke često žice oštetiti ili razkinuti. S toga su stali voditi žice pod zemljom 50—60 cm. u cievima, gdje su žice položene bile u dobre izolatore: nu skupoća ovakovih provodnih žica bila je razlogom, da su ih naskoro posvema napustili, samo su još u gradovima i tunelima rabile. U takim prilikama upotrebljavaju najradije bakrene žice i zamotaju svaku žicu u gutaperku: više takovih žica smotaju u kabel



Sl. 152. Zračne linije: čalice od porculana za žice.

i umotaju ga u svilu napojenu katranom. Taj se kabel položi u ciev od ljevena željeza, olova ili drva, napojena kreozotom, a ciev se 1 m. izpod zemlje polaže u pješčano korito. Ili pak uzimaju galvanizovane željezne žice, spoje njih 4 do 10 u klupko, pošto su ih prije izolovali umetnutim slojevima asfalta, pak ih polažu u jarugu 1 m. pod zemljom, koja je asfaltovana. Ovaj je drugi način u gradovima dao veoma dobre rezultate, samo u takove jaruge ne smije da dospije razsvjetni plin, jer pokvari asfalt, i ovaj propušta vlagu.

Desetke godina bile su ove žice u gradovima i tunelima jedine podzemne telegrafске žice, svagdje su inače rabile provodne žice na zraku. Tek u najnovije vrijeme stali su i za velike linije na kopnu upotrebljavati žice pod zemljom.

Nije prošlo ni 20 godina telegrafskoga prometa, pa je nikao nov problem: mogu li se električne struje i znakovi, koji čine električni telegraf, prenašati i pod vodom s jednoga mjesta na drugo onako, kako ih prenašaju po zraku ili u krilu zemlje?

I ovo je zanimivo pitanje danas riješeno.

Već je g. 1839. englezki inžinir O' Saughnessy spojio obale Hugly-ja, 2 km. širokog, gdje je Kalkutta u Indiji, izolovanom žicom, koju je spustio u korito rieke i već je g. 1840. ozbiljno predlagao za telegrafiju toli zaslužni Wheatstone, da spoje gradove Dover i Calais kabelom. Projekt nije odmah izveden. Tek g. 1850. spustio je francuzki inžinir od rta Gris-Nez, sjeverno od Boulogne-a do Dovera u more bakrenu žicu, dobro umotanu u gutaperku. Nu i ova je sveza bila kratkoga vieka. W. Huber veli u svom djelu o „mreži telegrafskoj na zemlji“: tek je oko 400 depeša njom bilo prošlo, kad je žica najednoč umuknula. Ribar ju neki svojim mrežama digao pa se požurio, da izreže komad iz nje i da ga u triumfu odnese u Boulogne, pa tamo pokazuje čudnu morsku bilinu sa zlatnom jezgrom.“

Ipak je ovaj pokus dokazao, da se telegrafске žice doista mogu voditi izpod mora i od onoga se vremena nigda već nije prekinula telegrafska sveza izmedju Englezke i Francuzke. Ovaj je uspjeh poticao ljude na nove sve veće pokuse i ne prodje mnogo vremena, pa su obale i širokih morskih zaliva pače i dielovi velikih mora na pr. Sredozemnoga bile spojene kabelima: dok su se napokon g. 1857. usudili ozbiljno misliti o tom, kako će novi i stari svijet spojiti ogromnim kabelom. Godinu su dana trajale pripreme, i dne 28. srpnja 1858. sastadoše se na ugovorenoj točki Atlantskoga oceana

brodovi: amerikanski Niagara i englezki Agamemnon, kojih je svaki nosio polovicu kabela; krajeve im spojiše i spuštanje započe na obje strane. Dne 5. kolovoza stao je Agamemnon kod otoka Valentia na zapadnoj obali Irske a malo kasnije i Niagara u New-Foundlandu: sveza je izmedju obiju svietova bila uzpostavljena!

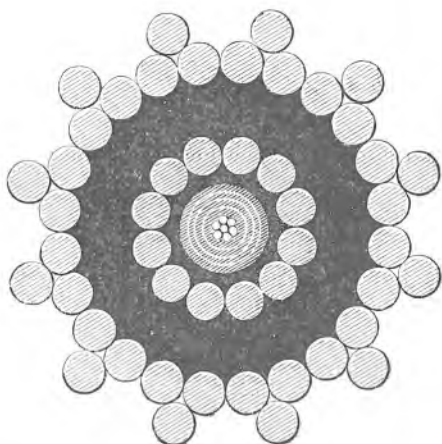
Na žalost je slava bila kratka: tek su nekoliko depeša izmijenili bili, i znaci postadoše nerazumljivi, a za čas prestao sav razgovor. Neuspjeh ovoga veoma skupoga pokusa odvrćao je narode više godina od novoga pokusa, dok napokon g. 1865. ne spustiše novi kabel gotovo istim putem. I kabel od g. 1858. digoše kasnije ribari sa morskoga dna, oštećena mjesta izpraviše i stadoše ga na novo upotrebljavati; danas je izmedju protivnih obala Atlantskoga oceana telegrafska sveza peterostrukim putem izvedena.

Pa kakovi su ti kabeli na dnu oceanâ, i je li se što god moralo rad njih mienjati u telegrafskoj službi? Žica sama telegrafskog kabela pod morem umotana je u nekoliko oklopa, koji su s jedne strane izolatori a s druge čuvaju žicu od kojekakvih nezgoda, koje bi mogle kabel uništiti. Ili upotrebljavaju bakrenu jednu žicu, debelu 1—2 mm., ili je 5—6 tanjih žica bakrenih spletenih u spiralu: ovaj drugi raspored radije upotrebljavaju, jer ako bi se i razkinula jedna od spletenih žica, sveza ne bi bila ipak prekinuta. Svaku žicu omotaju dobro gutaperkom obično u četiri sloja, te je žica oklopljena slojem, koji je 3—4 mm. debeo. Gutaperka je izvrstan izolator i odlikuje se još tim osobitim svojstvom, da ga slana voda morska ni tečajem dugih godina gotovo ništa ne mienja. Izprva su mislili, da ovaj omot dostaje, nu naskoro se uvjeriše, da žicu valja još bolje štititi: s toga zamotaše gutaperku u debeo sloj katranom napojene svile i ovu omotaše još iz vana galvanizovanom željeznom žicom. Tim je kabel postao mnogo stalniji i čvršći. S početka su držali, da se u jednom kabelu može smjestiti više izolovanih provodnih žica, kako bi mogli u isti čas odpremati više depeša: danas su od toga odustali, jer kabeli odebljaju toliko, da je njihovo spuštanje u more dosta tegotno, i osim toga svaka struja, koju pošalješ jednom žicom, budi u bližnjim žicama indukcijom druge struje, koje mogu telegrafisanju silno smetati. Danas meću u svaki kabel samo jednu provodnu žicu, spletenu od više tanjih žica, a izmedju točaka zemaljske kruglje, na kojima je telegrafski promet jak, polažu više takih kabela.

Kabeli obično niesu svagdje jednako debeli, mienja im se

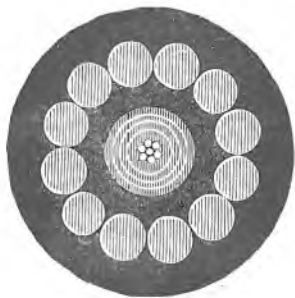
debljina prema osobitim svojstvima dotičnoga diela morskoga. Najjači je kabel blizu obala, jer je ondje more plitko, pa se kabel lako oštetiti od velikih valova ili sidara brodskih ili od mreža ribarskih.

1



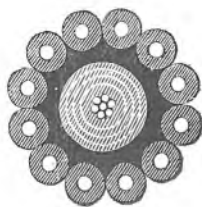
Prorez u naravnoj veličini kabela na obali.

2



Kabel u srednjim dublinama.

3



Kabel u velikim dublinama.

Sl. 153. Transatlantski kabel linije Brest - St. Pierre položene g. 1867.

Na obalama je prema tomu kabel omotan mnogo debljom žicom i na ovoj je još masa od kremenja, da bude kabel što čvršći i da se ne ostruže skoro, kad se tare o pećine: zovu taj dio „kabel za obalu“. Za srednje dubine odabiru i srednje žice kao omot kabela, a dio, koji se na pučini morskoj spušta u velike dubljine, dobije

najmanji premjer, jer ondje u dubljini gotovo ni nema gibanja morskoga, a i inače nije prilike, da bi se kabel mogao oštetiti (sl. 153.); tim postaje kabel mnogo lakši i lakše ga je spuštati u more.

Težina je naime kabela izpod mora upravo silna i za linije, koje baš nisu ni velike; na pr. kabel, što su ga g. 1851. položili između Dovera i Calaisa, bio je dug tek 43 kilometra, a težina mu je bila već 180.000 kg. Transatlantski kabel, koji polazi sa otoka Valentia, težak je na svaki kilometar 865 kg., a onaj iz Bresta 836 kg., a to je za cijeli prvi kabel 4300, a za drugi 4000 bačava (bačva po 10.000 kg.); kod drugoga je u računu samo dio od Bresta do otoka St. Pierre. Jedan je tek jedini brod, silni parobrod Leviathan ili Great Eastern mogao nositi tolik teret, pa i on je imao pune ruke posla, dok je položio taj kabel, jer je za spuštanja teret bivao manji i brod je sve manje ronio u more; pa i spuštanje kabela u velike dubine na pr. 2500 konaca (proko 4 km.) ište osobite pomnje; nu razpredanje ovih tehničkih pitanja ne ide više u ovu knjigu. Nas više zanimaju neki osobiti pojavi električni, koji se javljaju kod kabela izpod mora.

Prije nego što je uspjelo spuštanje prvoga kabela, bilo je mnogo strukovnjaka, koji su o tom sumnjali, je li u obće moguće slati telegrafske znakove na tolike daljine, kao što je na pr. od kontinenta Evropskoga preko Atlantskoga oceana u Ameriku. Nije ih toliko ni smetala ta ogromna daljina, koliko činjenica, da se kabel duboko spušta u morsku vodu, koja je dobar vodič elektriciteta. Što će se zbivati u provodnim žicama sa strujom, koja njima teče, hoće li dostajati izolacija, hoće li izmoći jakost struje, da nepomućena stigne na drugi kraj tako dugačke linije, u koju ne možeš nigdje da upleteš relais-a: sve su to bila pitanja, na koja ne znadoše jasnoga odgovora ni strukovnjaci; tim su više bila opravdana ta pitanja, kad se g. 1858. pokazalo, da je kabel između Sjedinjenih država i Irske iza nekoliko depeša najednoč postao nejasan i čas kasnije posvema umuknuo. Nije bilo druge, valjalo se sasma ozbiljno baciti na izpitivanje pitanja: što će se zbivati, ako struju pustiš u veoma dugu izolovanu žicu, koja je u vodi, kakove se tu poteškoće javljaju, kakove nove do tada nepoznate zapreke nadje struja, i što nam valja raditi, da ih se riješimo.

Liep se broj uglednih učenjaka, među njima Faraday, Wheatstone, Guillemin, Gaugain i Siemens bacio na pomno izu-

čavanje ovoga pitanja i oni su ga i sretno priveli kraju; da se prvi transatlantski kabel raztrgao i s toga umuknuo, a da je inače bio dobar, pokazalo se tek kasnije, kad su ga popravili.

Na jednom ćemo primjeru pokazati, kako su uređjeni aparati, koji rabe za službu na transatlantskim linijama. Odabiramo telegraf, koji spaja francuzku luku Brest sa otokom St. Pierre na jugu od New-Foundlanda.

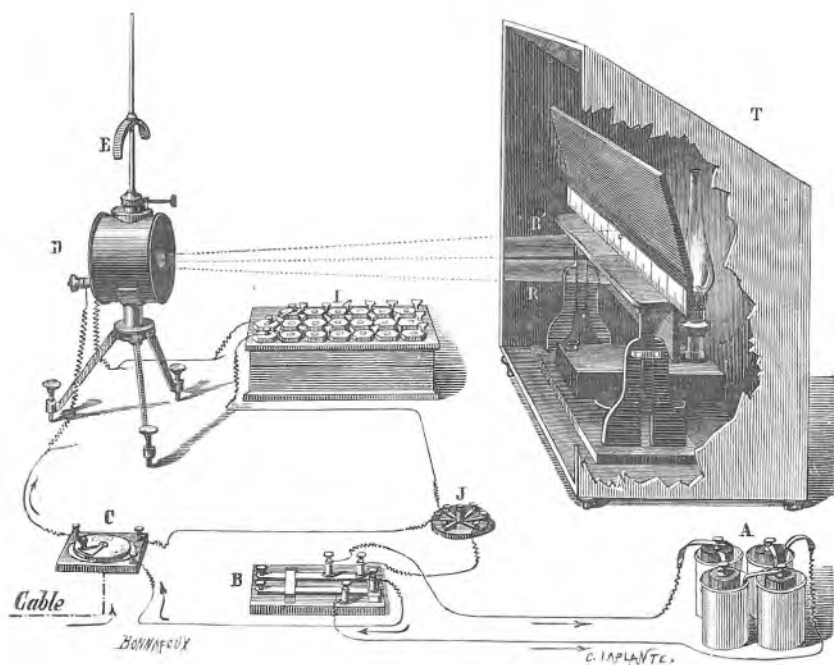
Da bude aparat što osjetljiviji, upotrebljavaju samo telegrafe s iglama, pa i tu je Varley dao prvobitnom galvanometru od Thomsona poseban oblik, da činovnik što lakše prepozna znakove, što ih još daje struja, koja je na svom dugom putu toli silno oslabila. „Osjetljivi organ toga aparata, veli Du Moncel, okruglo je ogledalce, kojemu daje stalan položaj magnetička igla, koja je s njim spojena; magnet izpod nje uvijek ju vraća u odredjen smjer. Na to ogledalce pada zraka jakog svjetla i ogledalo ju baca na zastor dalek 8 stopa. Ovim se povećavanjem i najmanje gibanje igle, kojega okom ne bi mogao nikako opaziti, pokazuje gibanjem svietle zrake na zastoru; iz ovih se odklona zrake na desno i na lievo od zabilježenog znaka na zastoru sastavlja alfabet kao kod Morsea iz pravaca i točaka. Dobivene tim načinom kombinacije dostaju za prienos depеше i činovnik ih čita sa zastora u tamnoj sobici.“

Slika 154. pokazuje aparate francuzkog transatlantskog kabela, kako su namješteni u postaji Brest.

D je osjetljivi galvanometar Thomsonov; u njem je magnetična igla sa ogledalcem u omotu žica; magnet *E* vraća iglu u njezin obični položaj; igla visi na tankoj svilenj niti, te se veoma lako okreće. *C* je komutator, kojim možeš smjer struje preokrenuti u protivni; *B* je ključ, koji je nalik Morseovu sa 2 poluge: prema tomu, koja se poluga pritisne, poletjet će u kabel, a po tom će se i igla na drugoj dalekoj postaji odkloniti na desno i na lievo. *T* je tamna sobica, u kojoj je namještena skala na bielom papiru. Iza nje stoji svjetiljka, koja šalje svoje zrake smjerom *R* na ogledalce u galvanometru a ovo ih odbija, kad je igla na svom običnom mjestu, smjerom *R'* natrag na ništicu skale. Čim dodje iz kabela struja u galvanometar, odkloni se igla iz svoga položaja, a s njom i ogledalce, na desno ili na lievo, a svietla se zraka giba po skali na dotičnu stranu. Kod *A* vidimo bateriju, koja je u Brestu sastavljena od 20 Daniellovih elemenata; kod *J* ulazi žica u zemlju, a *I* pokazuje jur spomenuti Varley-ev kondenzator. Čim se činovniku javi, da će

primiti depešu, uplete on svoj galvanometar sa tamnom sobicom u u kabel s pomoću komutatora *C* i motri pomno odklone zrake na škali, napiše si ih, pak ih onda prenese u obično pismo.

Nije još ni 60 godina, što su se skromno javile svijetu prve žice električnoga telegrafa nad krovovima kuća u Göttingenu. Tko bi onda bio i slutio, da će 50 godina kasnije ove žice opasati cijelu kruglju zemaljsku svojom mrežom, da će električni telegraf biti jedan



Sl. 154. Transatlantski telegraf od Bresta u St. Pierre; raspored aparata.

od glavnih faktora za razvoj kulture ljudskoga roda? A tko će to danas poricati? Mi danas gotovo ne bismo mogli ni pomisliti svijeta modernoga bez električnoga telegrafa. Danas govoriti o silnom utjecaju električnoga telegrafa na cio promet svjetski, ticao se on posebnih ili javnih interesa, trgovačkih odnosa ili pitanja, koja su važna za čitave narode, bilo bi doista suvišno: malo će se naći u velikoj fizikalnoj znanosti granâ, koje bi bile proizvele onolik preokret i tim pokazale, što umije umnik-čovjek, kao što ga je

doista izveo u ovom pedlju vremena električni telegraf. S početka ga sputaše na službu oblastima i na priobćivanje državnih viesti, nu tek kasnije, kad ga predadoše i privatnomu prometu, razvio se on silno; i danas se još razvija prema broju postaja, koje se svake godine dižu; dok su prije 30 godina brojili u pojedinim zemljama predane depeše na hiljade, broje ih danas na milijune.

Ne računajući obiteljske odnošaje upozoriti nam je ovdje prije svega na silni preokret u odnošajima trgovine i prometa, obrta i fabrikacije, odkad obćenito rabi električni telegraf; a rad telegrafa za razvitak državnoga života u ratu i za vrieme mira, za upravu, policiju i mnoge druge okolnosti ne smijemo premalo cijeniti. Ovdje još iztičemo korist, što ju od njega crpe sama znanost prirodna, koja ga je čovjeku dala: astronom njime točno određuje geografske dužine mjesta na zemlji, obrete novih zvijezda, planeta i kometa javi za čas na sve strane svijeta i tako pomaže brzi razvitak svoje znanosti. Meteorologija se gotovo sasvim preobrazila, odkad se dnevice izmjenjuju izvještaji o vremenu na raznim krajevima Evrope: tim se mogu velike promjene u našoj atmosferi, oluje i bure na moru daleko unapried javiti a na uhar brodaru; nu s druge strane ovi isti izvještaji pomažu i samu znanost, jer se po njima malo po malo saznavaju zakoni, po kojima se zbivaju promjene vremena.

Najbolji je dokaz međjutim, koliko svijet cieni telegraf, u tom, kako se telegrafska mreža širila po zemaljskoj kruglji. Nekoliko podataka o tom neka završi našu sliku o ovoj najznamenitoj uporabi magnetskih i električnih sila prirodnih.

Prije 25 godina imala je na pr. Njemačka samo 8.000 km. telegrafskih linija, a žica na tim linijama napeta bila je 20.000 km. duga, dakle su poprieko na svakom stupu tekle 2—3 žice. Godine 1877. imala je već 50.000 km. linija, i 185.000 km. žice.

Godine 1883. imao je cio svijet nešto manje od 2 milijuna km. žice, dakle od prilike petdeset puta obseg zemaljske kruglje. U tom broje žice pod morem 80.000 km., razdieljenih na 231 kabel razne dužine.

U Evropi su prije 15 godina linije u zraku mjerile 270.000 km., a žice na njima 70.000 km.; koncem g. 1877. imala je Evropska telegrafska mreža 450.087 km., a žice 1,200,000 km.

Francuzka imala je iste g. 1877. 44.000 km. linija, a 123.000 km. žica; nu g. 1880. već je imala 59.152 km. linije; g. 1851. pak broj se žica nije digao nad 2000 km.!

Evo i i za druge neke Evropske države dužine linija za konac g. 1880. gdje ipak željezničke žice nisu uračunane:

Rusija	89.872 km.
Njemačka	66.289 "
Austro-Ugarska	48.644 "
Englezka	35.449 "
Turska	27.336 "
Italija	25.082 "

Australija je imala te g. mrežu od 42.947 km., a englezka Indija 29.120 km.

Broj je odpremljenih depeša rastao upravo gorostasno. Da si stvorimo o tom sliku, evo Englezke za primjer. U samoj g. 1870. prošlo je njezinom mrežom oko 10,200.000 depeša, na tjedan njih 203.600. ! W. Huber pripovieda u spomenutom svom djelu, da su samo dne 18. srpnja 1870., kad su u Londonu saznali, da je Francuzka naviestila rat Pruskoj, centralnom postajom toga grada prošle 20.592 depeše. Godine 1871. opremili su indijski telegrafi 33.000 depeša; uzprkos visokoj cieni ponieli su iste godine transatlantski kabeli 240.000 depeša preko oceana.

U Sjedinjenim državama, gdje se dužina linija do 1. siečnja g. 1881. digla bila na 272.164 km., a žice na 500.000 km., bio je broj tečajem g. 1880. odpremljenih depeša više nego 33 milijuna!

Ovi statistički podatci neka budu primjerom, kako se električni telegraf za malo godina širio po svim stranama svijeta. Još bi se bolje vidio taj razvitak iz priegleda telegrafske mreže svjetske.

Sedam kabela spaja stari svijet sa novim: pet njih ide sa otoka Valentije, dotično rta Landsend, na zapadnoj obali Cornwalesa, koji pripada Irskoj, do New-Foundlanda, a dva se počinju u Brestu u Bretagni i teku do otoka St. Pierre i Miquelon, francuzki posjed izpod New-Foundlanda, a sa njih ide sveza dalje na kopno.

I južna je Amerika izravno spojena s Evropom kabelom, koji teče iz Portugala preko Madeire, otoka Kapverdskih, do rta Roque na istočnoj obali južne Amerike.

Indiju spajaju s Evropom dva kabela: oba teku kroz Crveno more, onda kroz Sredozemno, gdje se ciepagu na više granâ, koje teku na Siciliju, Italiju, Francuzku, a jedna obilazeći Portugal teče ravno u Englezku; druge indijske linije teku opet perzijskim zalivom, pa se onda priključuju linijama, koje po kopnu vode Sirijom

i Malom Azijom, pa onda Rusijom u zapadnu Evropu. Indijskoj se mreži priključuju druge linije, koje vode u Kinu i Australiju, a u najnovije vrijeme i u Novu Selandiju.

Depeša, koja je predana u Sydney-u, može po tom preko Evrope ravno u New-York ili Boston, pa onda kopnom u San-Francisco, a za celi taj put ne treba ni jednoga sata! Dakle 270⁰ zemaljskoga kruga ili preko 30.000 km. proleti struja za jedan sat!

Kako je brza korespondencija električnim telegrafom, neka nam pokaže događaj, što ga je zabilježio jur spomenuti W. Huber:

„Dne 12. studenoga g. 1872. sakupila je svečana gostba u istom času u Londonu i Adelaidi sve članove, koji su radili oko ove velike linije, duge 35.852 km., a od toga 28 km. kabela. U Londonu su smjestili telegraf iza stolice predsjednika. Kad se svečanost počela, poslali su telegrafski pozdrav u Adelaidu, a još prije svršetka banketa stigao je odgovor, završujući riečju hurrah!“

Pogledaš li pomnije svjetsku telegrafsku mrežu, naći ćeš lako, da još ni danas nije podpuna. Amerika i Azija niesu izravno spojene, ali su već osnovane 4 linije, od kojih dvie teku sasma izpod mora. Smijemo dakle očekivati, da će i kroz Tihi ocean teći skoro galvanske struje, kako evo već 23 godine teku kroz Atlantski. Tada će se u Parizu i Londonu stjecati depeše sa svih i najdaljih krajeva svijeta i na večer ćeš u novinama čitati, što se najvažnijega zbilo tečajem dana i prošle noći po čitavom svijetu. Zaista veliko slavlje ljudskoga uma!

XI.

Telefon i mikrofon.

Prienos govora. — Elektromagnetični ton Pageov. — Reisov telefon. — Bellov telefon. — Edisonov telefon s ugljenom. — Hughesov mikrofon. — Mikro-telefonska postaja Aderova. — Telefonski središnji uredi. — Širenje telefona.

ko i moramo priznati, da je električni telegraf zadnjih petdeset godina silno napredovao, da je pače gotovo do vrhunca onoga došao, što čovjek od njega može iskati, dok n. pr. Hughesov aparat u svakoj minuti odpremi 150 pismena, a nekoje novije preinake njegove još i više, dok napokon Casellijev telegraf izvodi vjerne otiske svakoga pisma, opravdano je doista pitanje, ima li još štogod, što čovjek u tom smjeru može poželjeti? Imade. Koliko puta govorena rječ iz ograde zubî brže izleti, nego pisana iz pera, toliko je puta i snažnije djelovanje govorene rieči na slušatelja od pisane, a toliko je puta i viši cilj, za kojim su težile odavna darovite glave — cilj: govorenu rječ prenositi neoslabljenu po volji daleko. Odavna je bio jedan od najzanimljivijih problema fizike uz brzoglav, koji kao striela brzo prenosi rječ pisanu, postaviti telefon, koji s istom brzinom prenosi rječ govorenu.

Ono, što se još prije petnaest godina činilo nemogućim, danas je sretno riješeno: mi imademo telefon, koji prenosi na stotine kilometara daleko govor čovječji, tako točno, da ćeš i glas onoga prepoznati, koji govori. A tko je taj čarobnjak, koji je ovo nevidjeno čudo izveo? Tko drugi, ako ne magnetske i električne sile u ruci umnika čovjeka.

Pojavi i zakoni, kojima se pokoravaju ove sile, poznati su nam sada toliko, da ćemo moći pojmiti, kako se uz pomoć magnetizma i elektriciteta mogu prenositi na velike daljine raznoliki zvuci i glasovi.

Nije nova misao prenositi glas u veće daljine, nego što može dohvatiti uho. Od davna već upotrebljavaju za to osobitim načinom gradjene cievi, u kojima se glas toliko pojača, da se čuje u mnogo većim daljinama, nego obično. Amo idu instrumenti, što ih upotrebljavaju vojnici, da daju signale, koji se čuju daleko. To bi dakle bili najjednostavniji telefoni, t. j. aparati, koji nose glas veoma daleko. Njemački je fizik Weinhold opet sagradio aparat, sastavljen od dva ormarića iz tankog drveta (na pr. kutije za cigare) i tanke željezne žice, koja spaja dna obiju kutija. Do 600 m. možeš razapeti žice, pak ćeš još uvijek sasna dobro čuti svaki zvuk ili glas, koji se budi u prvoj kutiji, ako prisloniš uho u drugu. Nu sve ove aparate gotovo posvema zaboraviše, odkad je sinula nada, da će električna struja, koja s užasnom brzinom prenosi pismene znakove, možda htjeti prenositi i različite glasove, bilo muzikalne tonove, ili artikulirane glasove čovječjega grla.

Ta je nada doista sinula najprije godine 1837., kad je američki fizik Page otkrio ovaj zanimljivi pojav: Oviješ li željezni štapić izolovanom spiralom od žice, pa pošalješ li njome galvansku struju, pretvorit će se željezni štapić u krepak magnet. Nu uza to javit će ti se još jedan osobiti pojav, ako struju svaki čas prekidaš. Molekuli željeznoga štapa začnu titrati radi toga, što se štapić svaki čas pretvara u magnet i odmah opet svoj magnetizam gubi: čut ćeš, gdje od štapa dolazi osobit glas, koji je gdjekada veoma glasan. Treba naime znati, da svaki glas ili ton, koji ti stigne do uha, potječe od toga, što čestice onoga tiela, koje zvuči, titraju veoma brzo i živahno. Na svakom tonu pak lako razaznajemo tri stvari: visinu, jakost i zvon njegov. Što češće u jedinici vremena (sekundi) zatitraju čestice tiela, koje zvuči, to je viši njegov ton; što su veći ti titraji, t. j. što dalje odlete čestice od svoga prvoga položaja na jednu i na drugu stranu, to jači je ton. Titranje čestica je napokon povod, da postanu valovi, a oblik je tih valova uzrok različitomu zvonu tonova. Ako dakle isti ton drugačije zvoni na guslama, a opet drugačije na glasoviru, znak je, da su valovi u oba slučaja različitoga oblika.

Prema tomu lako nam je prosuditi, kad će se koji ton posvema točno patvoriti: treba da mu patvoriš visinu, jakost i zvon. Električna struja, koja će prenieti koji glas s jednoga mjesta na drugo, ili bolje val električne struje, treba da imade posvema isti tečaj, kao i val, od kojega potječe glas: samo u tom će slučaju elek-

trična struja moći probuditi na drugom mjestu glas posvema prema onomu izvornomu.

Nije li električni val posvema prema izvornomu, niesu li im na pr. jednaka jakost i oblik, nego samo visina, bit će na drugom mjestu probudjeni ton doduše iste visine, ali drugačije će zvoniti i jakost će mu biti druga. Posvema točno ne ćeš nikada moći glas ili ton patvoriti. Evo uzroka. Pjevaš li koji ton punim grlom na ploču, koja sama začne titrati, čut ćeš doduše isti ton i iz ploče, jer će ploča u sekundi isto toliko puta titrati, kao i glas, nu jakost tona i njegov zvon ne mogu da budu posvema jednaki, kao u izvornom tonu, jer je veličina titraja i oblik valova u pločici ovisan i o tvari i o obliku i o površini pločice. Ako dakle ištemo, da nam se ton vjerno patvori, jasno je, da pri tom mislimo, da patvorak samo razmjerno odgovara originalu.

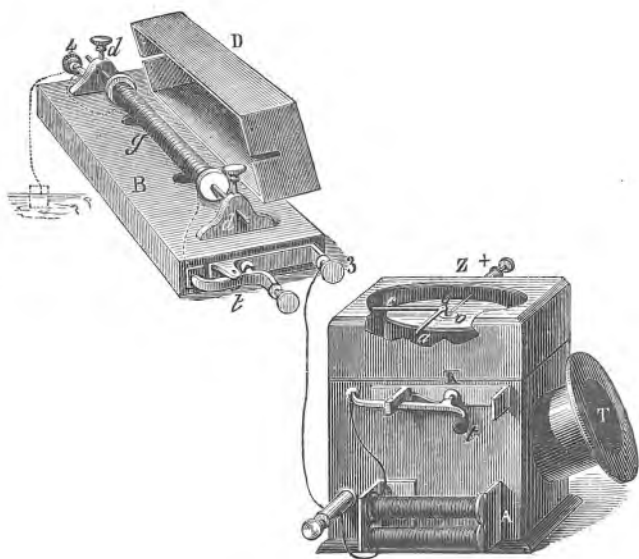
Obret gore iztaknutoga pojava, da željezni štap daje ton, ako ga izmjenice strujom pretvaraš u magnet, pa onda odmah magnetizam uništiš, bio je prvi povod, da su stali misliti o problemu: električnim strujama tonove reproducirati i na daleko prenositi.

Nu od obreta ovoga prvoga pojava do konstrukcije prvoga telefona prošao je još priličan niz godina. Galvanska je struja doduše mogla u željeznom štapu probuditi jedan točno odredjeni muzikalni ton, nu radilo se sada o tom, kako ćeš taj muzikalni ton prenieti na drugo mjesto, da ga i ondje čuješ. Kraj svega toga, što su se oko Page-ovoga pojava od god. 1837. ovamo mnogi ugledni fizičci trudili — nadjenuše mu ime „galvanska muzika“ — uspio je tek njemački gimnazijski profesor Filip Reis g. 1861.—1863. u tom, da sagradi aparat, koji je mogao prenositi muzikalne tonove, a donekle bar i artikulirane glasove čovječje, uz pomoć galvanske struje.

Dne 26. listopada 1861. pokazivao je Reis, tada profesor u Friedrichsdorfu kraj Hamburga vor der Höhe, prvi put svoj aparat, komu je nadjenao ime „telefon“ (t. j. u daljini zvučeći), a g. 1863. dao mu je oblik, u kojem ga čitatelj vidi u priloženoj slici 155. Kao svaki telegraf, tako imade i Reisov „muzikalni telefon“ dva glavna aparata: prvi daje tonove, a drugi ih na drugoj postaji prima, recimo dakle i ovdje ključ i viestnik. — Ključ mu je malen, drveni ormarić *k*, gore okruglo izrezan: na tom je otvoru napeta tanka kožica od svinjskoga crieva (membrana). Usred membrane je namještena mala pločica od platine *o*. Poluga u kut *cba* imade u sredini mali šiljak od platine, koji se dotiče pločice *o*;

kraci ove poluge vode struju u Morse-ov ključ *t* na prednjoj strani ormarića i u elektromagnet *A*. Mala galvanička baterija šalje svoju pozitivnu struju u stežaljku *Z*, koja je spojena sa pločicom od platine *o*. S toga će struja, kadgod se dotiče šiljak *b* pločice *o*, teći u liniju, a čim se taj dotik prekine, ne će biti ni struje u liniji. Razumijemo dakle, da će svi titraji napete kožeice proizvesti cio niz galvanskih struja i njihov će broj biti posvema jednak broju titraja onoga tona, koji se prenosi na kožicu.

Da vidimo, kako radi viestnik, koji tonove na drugoj postaji prima. Bitni su mu dielovi željezni štap *dd*, od prilike kao igla za



Sl. 155. Reisov muzikalni telefon.

pletivo, a nose ga dvie drvene ručice, koje stoje na ormariću za rezonanciju *B*. Oko štapa se gotovo uzduž ciele mu dužine savija spirala elektro-magnetična, a jedan kraj njezin ide do stežaljke 4 i žica vodi dalje u zemlju: po stežaljci 3 pak spojen je drugi kraj spirale sa žicom, koja dolazi iz linije. Morseovi ključ *t* na jednom i drugom aparatu daju samo znakove, da obje postaje hoće da govore.

Kako sada iz linije dolazi cio niz kratkotrajnih struja u spiralu željeznoga štapa, postaje on svaki čas jači i slabiji magnet.

Molekuli njegovi zatitraju u sekundi isto toliko puta, koliko se puta struja prekine i opet zatvori t. j. baš toliko puta, koliko i kožica na prvoj postaji: štap daje isti ton kao i kožica na prvoj postaji. Drveni šuplji ormarići za rezonanciju *B* i *D* pojačavaju taj ton toliko, da ga uho dobro čuje.

Reisov je telefon doista prenosio dosta dobro muzikalne tonove, osobito, ako si ih pjevao u lievak *T'*: i govorene je riječi donekle znao oponašati, ali veoma slabo. Pjevani su tonovi bili jasni, ali razmjerno slabi i kao kroz nos pjevani. Mogao je pače i ciele akorde sa glasovira ili kojega drugoga instrumenta prenašati, ali samo u oktavi *F* do *f*. Pjevane je melodije jasno oponašao, ako su počinjući od *C* ostale u visini običnoga mužkoga glasa.

Po načelu, na kojem je osnovan, jasno je, da Reisov telefon oponaša tonove točno, što se tiče njihove visine. Nu to nije bilo dosta, da se udomi u praktičnom životu. Jakost tona i njegov zvon nije mogao Reisov telefon gotovo ništa da oponaša, a tim je izgubio praktičnu vrijednost, jer se nama hoće baš takovih telefona, koji će i jakost i zvon tona vjerno oponašati: bez toga nema telefona, koji bi mogao prenositi ljudski govor, a telefon, koji prenosi samo muzikalne tonove, gotovo je samo sjena onoga pravoga telefona, što ga čovjek u životu ište: telefon, koji i najzamršenije valove zvuka i glas ljudski u svim tačinama njihovim prenaša.

Sreća je htjela, te nije rod ljudski dugo čekao na ovaj divni obret: 16 godina iza Reisova muzikalnog telefona javio je svijetu godinu 1877. američki profesor Graham Bell, da je sagradio telefon, koji vjerno oponaša u daljini i ljudski govor. Pet je godina neumorno oko njega radio, ali nas je i obdario izumom, komu u poviesti naše znanosti nema premca, izumom, koji je englezki na glasu fizik Sir William Thomson zgodno označio „čudom svih čudesa“.

Danas je četrnaest godina, što je Bell na izložbi u Filadelfiji pokazao svoj prvi telefon, i u tom je kratkom vremenu njegov telefon obišao svijet, a stotina preinakâ njegova izuma glasno nam kazuje, kako danas originalna misao u znanosti na svim stranama svijeta budi duhove, da rješavaju dalje zapodjenuti problem.

Opišimo i raztumačimo dakle to „čudo svih čudesa“, a ujedno opet gotovo Kolumbovo jaje. Slika nam 148. pokazuje taj čudotvorni Bellov aparat u prosjeci i ona će nam pokazati, kako on djeluje. Na dnu drvenoga lievka, koji je u sredini *V* probušen,

stoji pločica LL , od veoma tanka željeza ($0.1—0.2$ mm.), namazana lakom, da ne rdja. Pločica stoji čvrsto među spomenutim lievkom i drvenom ručicom M , koja u sebi krije permanentni magnet NS i na prednjem kraju njegovom omot od bakrene žice. Pol S magneta namješten je baš pred sredinom pločice LL , njoj vrlo blizu, ali ipak tako daleko, da ga se ne može ni onda taknuti, kad zatitra od čovječjega glasa, koji na nju pošalješ. Stežaljkom t možeš pol ili nešto primaknuti pločici LL ili od nje odmaknuti, i tim telefon regulisati. Krajevi omota f, f idu kroz drvenu ručicu do stežaljaka $I I'$, u koje ulaze žice, što vode struju u liniju k drugoj

postaji, gdje je za primanje glasova namješten posvema jednak aparat.

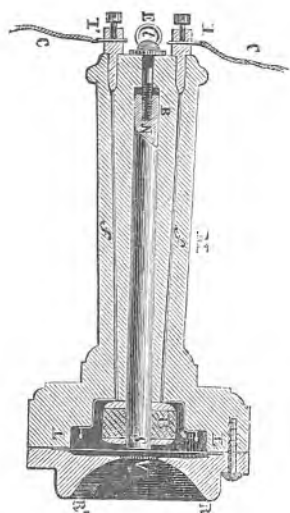
Da pojmimo, kako se ovim zaista jednostavnim aparatom prenose glasovi, valja da si raztumačimo, što se zbiva 1. u telefonu, koji govor u se prima i 2. u telefonu na kraju linije, koji taj govor reproducira.

Glasovi govora, sakupljeni i pojačani lievkom drvenim, prenose svoje titranje na elastičnu pločicu, koja posvema točno oponaša te titraje zraka, što se tiče visine, jakosti i zvona glasa, jer je pločica vanredno tanka i elastična. Gibanje pak pločice pred polom magneta čini, da se prema tomu, kako pločica dolazi

Sl. 156. Prorez Bellova telefona.

bliže k magnetu ili se od njega odmiče, mjenja jakost magnetova. Te promjene u jakosti magnetizma posvema odgovaraju titrajima elastične pločice. Kad smo pak prije govorili o pojavima električne indukcije, iztakli smo, da se u žici omotanoj oko magneta svagda bude časovite galvanske struje, kad se magnetizam pojača ili oslabi. U omotanoj se žici dakle javljaju galvanske struje, koje linijom lete u aparat na drugoj postaji.

Ti se pojavi zbivaju u telefonu, u koji govoriš; a sada da vidimo, što se zbiva u telefonu na drugoj postaji. Prije svega uvidjamo, da će galvanske struje, koje su iz linije doletjele u žicu, omo-



tanu oko magneta u telefonu na drugoj postaji, prema svojoj jakosti i prema svome smjeru mienjati magnetizam toga magneta: bit će čas jači, čas slabiji. Ove pak promjene u magnetizmu djelovat će i na pločicu pred njim: pločica će se čas nešto primaknuti polu, čas opet od njega odmaknuti i oni će titraji posvema odgovarati titrajima pločice na prvoj postaji. Ti će se titraji pločice prenieti i na zrak u lievku, a uho, koje se prisloni na taj lievak, osjećat će te titraje kao glasove, koji se posvema i po svojoj visini, i po jakosti i po zvonu podudaraju sa glasovima, koji su dali povoda titrajima pločice na prvoj postaji.

U viestniku dakle, koji uz pomoć galvanskih struja ili bolje električnih valova prima glasove, što dolaze sa linije — ne kao valovi zvuka, nego kao električni valovi, koji se i po broju i po jakosti i po obliku svom sasma podudaraju sa zvučnim valovima, koji ih bude, — zbivaju se isti pojavi, kao i u ključu, ali samo obratnim redom: što je na prvom telefonu uzrok, to je na drugom posljedica; na prvom su telefonu titraji pločice uzrok, da postaju u omotu električne struje: mehanična se radnja pretvara u elektricitet; u drugom su opet telefonu struje u omotu uzrok, da se mienja magnetizam štapa, a radi tih promjena začne pločica titrati: elektricitet se ovdje pretvara u mehaničnu radnju. Titraji pločice na drugoj postaji prelaze i na zrak u lievku, a uho, koje se na taj lievak prisloni, čuje dakako te titraje ili kao govor ili kao melodiju. Nu što se svi glasovi tako vjerno oponašaju u Bellovu telefonu, ne potječe lih od titraja njegove pločice. Već smo kod Reisova telefona iztakli, da i željezni štap sam stane zvučiti, ako na nj djeluju izmjenice galvanske struje. To se zbiva i kod Bellova telefona. Oba ova uzroka zajedno čine, da on tako izvrstno oponaša svaki glas, koji u nj ulazi. I broj i jakost i oblik titraja, dakle i visina i jasnoća i zvon se glasovâ posvema točno prenašaju; jedina se pokazala pogriješka u tom, da se glasovi, izvedeni na drugoj postaji, ne priobćuju dosta glasno uhu.

Na koncu još nekoliko rieči, kako da se upotrebljava Bellov telefon. Osoba, koja hoće da govori na prvoj postaji, drži telefon za ručicu pred ustima i govori pred lievkom dobro naglašujući i jasno dieleći slovke u riečima: što je bolja artikulacija govora i što su puniji i jasniji poslani glasovi, a da pri tom niesu prejaki, tim će točnije biti prenašanje govora. Za toga vremena drži osoba na drugoj postaji svoj telefon na uhu. Kad je prva osoba dovršila svoj govor,

metne svoj telefon na uho, a osoba na drugoj postaji svoj pred usta i šalje odgovor. Često rabe na svakoj postaji po dva telefona, jedan na uhu, a drugi pred ustima; tko sluša, može oba pritisnuti na uha: čuti će bolje govor.

Jedan od najglavnijih uvjeta, da Bellov telefon točno radi, svakako je ravnanje njegova magneta. Utjecajem temperature i vlage lako se nešto promieni daljina magneta od pločice, koja ima da titra: posljedica je ili da pločica netočno titra ili da sasna prestane titrati. Zato je, na svakom Bellovom telefonu namještena na drugom kraju magneta stežaljka, kojom ćeš uz nešto strpljivosti lako naći najzgodniju daljinu magneta od pločice.

Ako daljina obiju postaja nije prevelika — 15 do 20 km. — prenašat će ti ovako naravnani Bellov telefon svaku melodiju i svaki razgovor do svih tančina točno, samo treba da telefon pritisneš o uho i da bude oko tebe tiho. Pače isti razgovor može slušati i dvadeset ljudi zajedno, ako od linijske žice odvojiš toliko žica, pa u svaku upleteš po jedan telefon.

„Možeš li više iskati od instrumenta, nego da ti prenosi ljudski glas 15—20 klm., sa svim njegovim tančinama i sa celom snagom pa još da dvadeset osoba u isti mah sluša tvoj govor?“ Ovim je pitanjem zaključio jedan francuzki častnik god. 1881. svoj izvještaj o pokusima sa ovim jednostavnim i sitnim aparatom Bellovim.

Pa ipak se je odmah pokazalo, da on još ni s daleka nije savršen. Već sljedećih godina javile su se mnoge preinake Bellova telefona, kojim je bila svrha, da pojačaju titraje pločice, ne bi li se glas čuo jače, a i nešto dalje. Nu sve su ove promjene tek otisci prve genijalne misli Bell-ove i s toga su manje važne.*

Ako se i mora priznati, da su mnogi od ovih telefona u jakosti prenesenih glasova pretekli Bellov, valja da iztaknemo i to, kako njih ni jedan nije Bellova ni dostigao, a kamo li prestigao u nježnoj i upravo savršenoj akcentuaciji prenesenih glasova.

Bellov su genijalni izum po celom svijetu primili oduševljeno. Najbolji je tomu dokaz, kako se u nekoliko godina razišao po svijetu. Oko polovice god. 1883. dakle šest godina nakon obreta bio je telefon već faktor u prometu. Amerika — svim zemljama na čelu — imala je tada 126 telefonskih mreža sa 47.185 učestnika;

* Spominjemo ovdje tek imenom telefone: Siemensov, Gowerov i Aderov.

Evropa je imala telefonskih sveza u 161 gradu, ali samo 30.106 učestnika.

Nu kraj svega toga moramo iztaknuti, da se Bellov telefon ne bi nigda dovinuo bio sam po sebi do one važnosti, koja mu se danas u svijetu svagdje priznaje. Bellov naime telefon doduše prenosi govor ljudski veoma točno, ali samo dok daljina između obiju postaja nije prevelika; čim je daljina prevelika, učinci su Bellova telefona preslabi ili nikakovi. A nije ni čudo. U telefonu se na prvoj postaji bude indukcijom već po sebi slabe galvanske struje; još se više slabe tim, što im je proletjeti dugačkom linijskom žicom, a osim toga se nešto elektriciteta gubi i po stupovima, na kojima je razapeta telefonska žica.

Ako je telefonu bilo sudjeno osvojiti svijet, trebalo je da se riješi ove velike svoje pogriješke. To je i učinjeno sa dviju strana gotovo u isti čas, kad je svijet saznao za mali aparat Bellov. Prvi je uklonio tu pogriješku slavni Edison konstrukcijom svoga telefona sa ugljenom još g. 1876., a dvie godine kasnije uklonio ju je i poznati nam od telegrafa Hughes konstrukcijom svoga mikrofona.

Da vidimo ovo rješenje znamenitoga problema, koje nam je dalo aparate, zaista velike u reprodukciji i najslabijega zvuka, kud i kamo bolji od Bellova telefona.

U Bellovu se telefonu bude struje, koje prenose glas, tim, da titranje pločice mienja snagu trajnoga magneta; nu magnet je sam po sebi slab; slabe su i promjene njegova magnetizma, dakle su i slabe u omotu probudjene struje. Nu već smo u članku o indukciji saznali, da se u omotu bude struje i onda, ako se mienja snaga koje trajne galvanske struje, koju možeš odabrati po volji jaku, a što je jača ta trajna struja, to će biti jače u omotu probudjene struje. Ne bi li se dakle dao onaj slabi trajni magnet Bellova telefona nadomjestiti jačom trajnom strujom, kojoj bi titrajuća pločica baš onako mienjala snagu, kako je mienjala snagu magneta?

Tražeeći odgovor ovomu pitanju, našli su već godine 1856. Francuzom Du Moncelom obretni pojav, da se doista jakost svake trajne galvanske struje može vanredno lako mienjati.

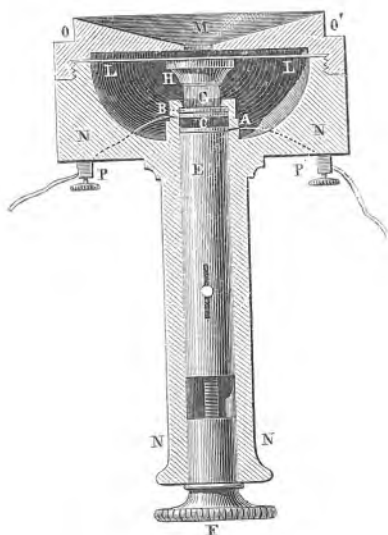
Upleteš li u tečaj koje galvanske struje štapić od ugljena, teći će dakako i kroza nj, jer ugljen dosta dobro vodi elektricitet. Nu ondje, gdje struja prelazi iz žice u ugljen, naći će ona veći ili

manji odpor, prema tomu, kako se dotiče ugljen žice: struja će lakše prelaziti, dakle će biti i jača, ako se ugljen dobro pritisnuo o žicu; struja će teže prelaziti na ugljen, dakle će biti i slabija, ako se ugljen slabo dotiče žice. Mijenjajući dakle tlak ugljena o žicu, mienjat ćeš po volji i snagu trajne struje.

Ovaj na prvi mah posvema neznatni pojav imao je da reformira telefoniju i da joj pribavi pravi trijumf po čitavom svijetu. Edisonov je veliki um prvi znao da erpe iz toga pojava za telefon. Evo kako:

Pred titrajuću pločicu Bellova telefona Edison već ne meće trajnoga magneta. Mjesto njega je tamo ugljen, koji je spojen sa trajnom strujom koje galvanske baterije. Kako govoriš na pločicu, mienja se i tlak ugljena o žice, a struja se svaki čas pojačava i slabi: u bližnjem se omotu pak bude jake struje, koje lete u liniju.

Kako je to Edison izveo, pokazuje nam poblize slika 157. Vanjski nas oblik živo podsjeća Bellova telefona. Evo mu nutarnjega rasporeda: *A* i *B* su dvie pločice od platine, spojene sa stežaljkama *P* i *P'*. U te stežaljke ulaze žice od ma koje baterije, što šalje jaku i trajnu struju kroz telefon. Medju pločicama od platine je pločica od ugljena *C*. Kad govoriš u lievak *M*, prenašaju se titraji pločice *LL* preko pluta *H* i prstena od kaučuka *G* na gornju pločicu od platine



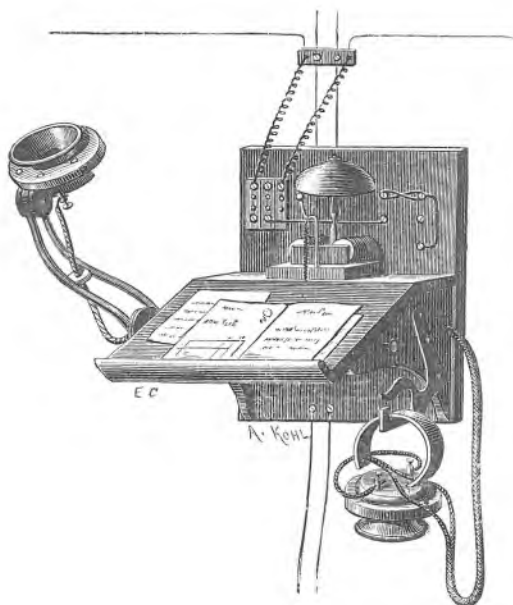
Sl. 157. Edisonov telefon s ugljenom.

i ova čas jače, čas slabije pritište ploču od ugljena, a tim se neprestano mienja jakost struje, koja iz baterije prolazi preko ugljena i obiju pločica od platine dalje u liniju. Da se najbolje naravna daljina ugljena od titrajuće pločice *LL*, služi stežaljka *F*.

Slika nam 158. pokazuje podpunu telefonsku postaju po Edisonovu sustavu. Na lijevo visi koso njegov telefon sa ugljenom, u koji ćeš prema potrebi govoriti. Desno visi na kvaki obični Bellov telefon nešto preinačena oblika (pony-telefon), na koji ćeš slušati govor, poslan od bližnje postaje. Čim ti električno zvonice u sredini

namješteno javi, da netko želi s tobom govoriti, skineš pony-telefon s kvake, metneš ga na uho i slušaš; odgovor opet govoriš u lievi Edisonov telefon s ugljenom i žica ga linijska prenosi na drugu postaju, gdje ga slušaju na pony-telefon. Izkustvo je pokazalo, da su ovim Edisonovim telefonom preneseni glasovi na drugoj postaji zaista glasniji od onih u Bellovu.

Sasma je drugačije riješio iztaknuti problem dvie godine kasnije nakon obsežnih studija Hughes, darovav svijetu svoj zaista čudotvorni aparat: mikrofona (sitnoglas). Što je mikroskop oku, to je



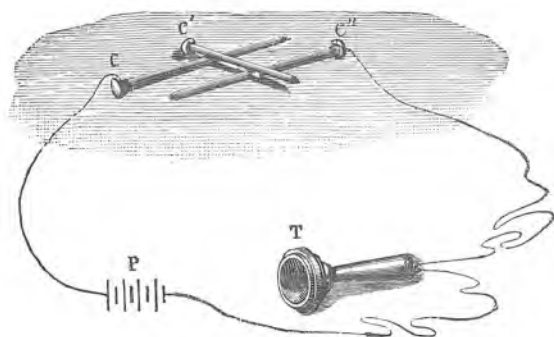
Sl. 158. Aparati telefonske postaje po sustavu Edisonovu.

mikrofona uhu: zvuci i glasovi, koji su tako slabi, da ih naše uho nikako ne može osjetiti, postaju u njem snažni i uho ih izvrstno čuje: hodanje muhe čuješ, gotovo bi čovjek rekao, da možeš čuti i travu, gdje raste!

Evo nekoliko prezanimljivih pokusa Hughesovih, koji su na koncu urodili konstrukcijom mikrofona.

Dva je željezna čavla položio na stol jedan kraj drugoga (sl. 159.) i poklopio poprieko trećim. Čavao *C* spojio je s jednim polom baterije *P*, a drugi je pol spojio preko Bellova telefona *T*

sa drugim čavlom C'' . Čim je treći čavao poprieko položio, tekla je struja neprestano preko čavala od jednoga pola u omot u telefonu, a iz njega k drugomu polu baterije. Dok čavao C' mirno leži na čavlima C i C'' , ne ćeš u telefonu ništa čuti, jer njegovim omotom teče struja, koja svoje jakosti ne mienja. Nu primakneš li samo lice čavlima tako, da ti dah pada na njih, čut ćeš svoje disanje u telefonu; već dah mienja nešto tlak gornjega čavla na dolnje i ta je promjena tlaka dovoljna, da se struja baterije čas pojača čas oslabi i da prema tomu zatitra pločica (membrana) telefona. Ova tri čavla najjednostavniji su, ali kraj toga veoma osjetljiv mikrofoni: i najslabiji zvučni valovi, što udaraju o čavle, mienjaju tlak njihov, a tim i jakost struje; ove pak promjene u jakosti struje javlja ti telefon kao zvukove.



Sl. 159. Pokus Hughesov.

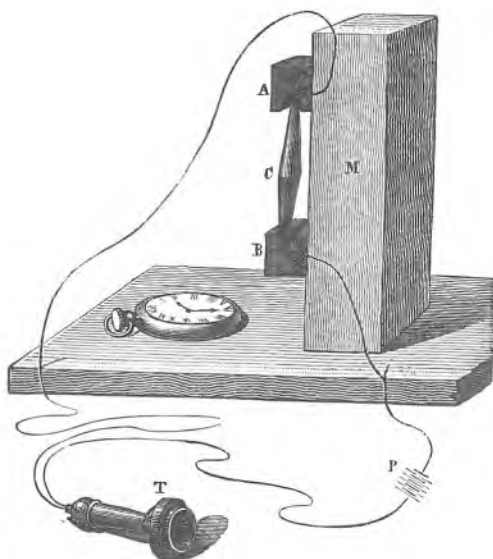
Skoro je međjutim Hughes našao, da se mjesto metalčkoga dotika više preporuča promjenljivi dotik sa ugljenom: mjesto triju čavala bolje je upotrebljavati komade ugljena. Tim je bio sagradjen njegov prvi mikrofoni. Evo ga:

A i B (sl. 160.) su dvie kocke od ugljena namještene jedna izpod druge na drvenom stupcu M . Obje su nešto izdubene i u tim dubinama stoji štap od ugljena C osnovno. Kocka B spojena je sa jednim polom baterije P , a od druge kocke A vodi žica preko upletenoga Bellova telefona k drugomu polu baterije. Ovaj jednostavni aparat stoji na ploči od jelovine.

Želiš li upotrebljavati taj mikrofoni, metnut ćeš ga najprije na uzglavicu ili ciev od kaučuka, da tim odkloniš od njega titraje sa strane.

Aparat je sada vanredno osjetljiv za najslabiji zvuk: tik-tak ure, zvukove najslabije, kao na pr. udarce od nogu kojega kukca, kad hoda po ploči, čuješ u telefonu tako glasno, da gotovo ne bi vjerovao, da se niesi o tom osvjedočio! Rieči jasno razumiješ, ako ih 8—10 m. daleko od mikrofona govoriš.

Umjesto da govoriš polako u lievak Bellova telefona, možeš dakle stati daleko pred Hughesovim mikrofonom, pa običnim glasom govoriti. Ako je struja baterije dosta jaka, čut će, tko sluša taj govor na drugoj postaji Bellovim telefonom, svaku rieč sasma točno i krepko. Nu ipak velimo, ako je struja baterije dosta jaka! Ali



Sl. 160. Hughesov mikrofona.

to je baš bila slaba strana Bellova telefona. Njegove struje, što ih je magnet probudio u svom omotu, bile su, proletjevši dugu liniju, na drugoj postaji već tako slabe, da je pločica telefona ondje ili veoma slabo ili nikako titrala: govor je bio nerazumljiv ili ga u obće niesi ni čuo. Ne će li isti udes stići i struje iz baterije, koje lete dugom linijom na drugu postaju u Bellov telefon? Ne će li one na putu toliko malaksati, da na drugoj postaji ne čuješ gotovo ništa?

Izkustvo je doista pokazalo, da i najjače struje veoma oslabe

Kučera: Crte o magnetizmu i elektricitetu.

na dugim linijama, dakle bi se to za stalno dogodilo i strujama, koje iz našega mikrofona lete u liniju, ako je ova preduga, pa nam eto opet neprilike, koju smo požalili na prvobitnom Bellovu telefonu.

Srećom je kod svakoga mikrofona veoma lako riješiti se ove teške neprilike; a pomaže nas ovdje veoma liepo na drugom mjestu opisani aparat, komu smo nadjeli ime „Ruhmkorffov induktorij“. Svaki je taki aparat sastavljen od dvaju omota žice: jedan je na vanjskoj strani valjka drvenoga, a drugi u valjku. Ovakov mali induktorij upleten u tečaj struje, koja ide u mikrofona, jednim mahom posvema uklanja iztaknutu nepriliku. Evo kako!

Struja iz male baterije (2—3 elementa) teče naime od jednoga pola preko nutarnjega omota induktorija u ugljen mikrofona, a odatle se vraća izravno k drugomu polu baterije; struja dakle ova ni ne ide u liniju, pa s toga ne može da oslabi. Čim staneš govoriti pred mikrofonom, mjenja se neprestance jakost ove struje u nutarnjem omotu, a prema tomu se u vanjskom omotu induktorija bude indukcijom veoma jake struje; tek ove struje lete u liniju i dolaze u Bellov telefon na drugoj postaji; njihova im znatna snaga ne da, da odviše oslabe, dok stignu u telefon na drugoj postaji, a točnost, kojom se i najzamršeniji zvučni valovi pretvaraju u valovite struje električne, upravo je savršena.

I tako smo evo stigli do toga, da možemo razumjeti podpunu uredbu moderne mikro-telefonske postaje. Bitne su joj prema tomu česti: 1. Mikrofona, koji prima govor; 2. baterija, koja šalje svoju stalnu struju u mikrofona; 3. induktorij, koji šalje indukcijom probudjene jake struje za liniju. Ova tri aparata stoje na postaji, koja hoće da govori.

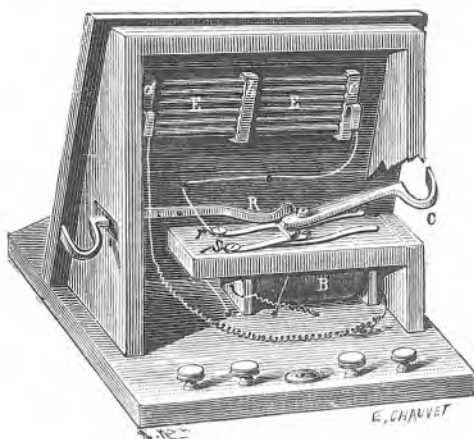
Žica vanjskoga omota na induktoriju prelazi u liniju do druge postaje u četvrtu čest podpune postaje, u Bellov telefon, koji poslane u nj valovite električne struje prima i ponovno pretvara u sasma jednake zvučne valove, koje uho sasvim točno osjeća kao govor.

Nu mikrofona na prvoj postaji ne može da služi za slušanje govora, koji bi se možda poslao sa druge postaje; s toga hoće li druga postaja da pošalje kaki govor na prvu, treba da i ona dobije svoj mikrofona, svoj induktorij i svoju bateriju, a prva postaja treba da dobije svoj telefon za slušanje onoga, što se govori pred mikrofonom na drugoj postaji.

Mikrofoni, koji danas zaista u praksi rabe, nemaju više onoga

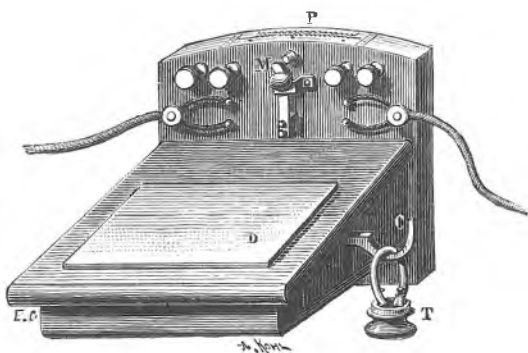
prvobitnoga oblika, što im ga je dao Hughes, nu svi su ipak izvedeni iz onoga oblika.

Između raznih modifikacija mikrofona izučimo Ader-ov mikrofona. On je postao iz Hughesova tim, da je Ader među



Sl. 161. Aderov mikrofona (iznutra).

štapićima od ugljena utaknuo više štapića, te se kontakt, kad titra drvena pločica mikrofona, ne mjenja samo u jednom, nego u svima



Sl. 162. Aderov mikrofona (izvana).

štapićima. Mikrofona je postao još mnogo osjetljiviji. Slike 161. i 162. pokazuju taj mikrofona iznutra i izvana.

Pločica drvena *D* (sl. 161.) nosi na nutarnjoj strani 12 štapića od ugljena (sl. 162.) *EE*, koji su poredani u dva reda među tri

komada ugljena sa 24 jamice, u koje su štapići utaknuti. Pločica je *D* koso namještena od prilike kao ploča na kakovom pultu za pisanje. Kod *B* vidiš mali induktorij i žice, koje vode struju iz baterije najprije u nutarnji omot induktorija pa onda u štapiće od ugljena i natrag u bateriju. Vanjski omot ovoga induktorija spojen je sa linijom i Bellovim telefonom na drugoj postaji. Govoriš li nad pločicom *D*, mienja se tim dotik ugljena a radi toga i jakost stalne i snažne struje, koja teče kroz ugljene i nutarnji omot induktorija. Ove valovite promjene u jakosti struje bude u vanjskom omotu induktorija isto takove valovite struje, koje teknu u liniju i telefon na drugoj postaji. Tamo se ovi električni valovi opet pretvaraju u zvučne i uho ih čuje.

Od drugih mikrofona mi ovdje tek spominjemo mikrofone od Berta i d'Arsonvala, od Bell-Blake-a i od Berlinera, kao konstrukcije, koje su se uz Aderovu najviše udomile u praksi. Princip im je svima isti, a razlikuju se međusobno samo tim, što je kod svake konstrukcije drugačije izveden kontakt između štapića od ugljena i komada ugljena; na nekojima se štapići od ugljena dotiču sa pločicama od kova. Opis bi ovih modifikacija umorio, a nove misli ne bi donio.

Trinaest je tek godina, što je Bell svijetu dao svoj mali, ali čudotvorni aparat, koji prenosi svaki glas i svaki govor uz pomoć elektriciteta daleko, daleko. Stotinu je izuma od tada izvedeno, koji su svi osnovani na prvom rješenju ovoga pitanja i svaki je obretnik kušao, da usavrši prvi izum. Valja reći, da ni jedan od ovih izuma do danas nije nadmašio Bellova telefona. Nu međjutim se ovaj čudotvorni aparat razišao po cijelom svijetu, i do nas je sada, da sa par riječi oertamo, gdje ga i kako ga danas upotrebljavaju.

S početka su mislili, da će telefon i mikrofoni postati opasni takmaci električnomu telegrafu; danas je već jasno, da toga ne će biti nikada: oba će se izuma uzporedno razvijati i širiti po svijetu, oba će izuma služiti uzporedno dobru čovječjega roda, svaki u svojoj sferi, jer svaki imade svoje prednosti, ali i svoje pogriješke.

Telefon je pretekao telegraf najviše tim, da za govor u daljinu ne treba nikakove nauke, nikakove osobite vještine; zaostaje pak iza njega tim, što ne ostavlja nikakvih trajnih tragova govora, i što se u brzini svoga rada ne može da mjeri sa novim savršenim sustavima brzogovornim. Govoru u velike daljine smetaju još i druge

nekoje stvari: gubi se elektricitet na liniji, bližnje žice bude u liniji indukcijom struje, koje se pomiešaju sa poslanima, pa je govor nejasan i t. d.

S toga se ipak telefon ovih par godina silno razširio po svijetu i on je danas u prometu svjetskom za posebne svrhe važan faktor. Gdje je mnogo upravljati i nalagati: u vojsci, u pomorstvu ratnom, u velikim tvornicama, u rudnicima, u trgovačkim lukama, u policiji, u velikim uredima i t. d. danas telefon i mikrofoni već u velike služe. U važnim središtima trgovine ili industrije, u gradovima, gdje je na okupu velika množina ljudi, danas je obični način sporazumljivanja — telefon.

Ustrojila su se velika društva sa posebnim uredima, koji posreduju, kad hoće, da govore ma koja dva učestnika telefonske mreže u gradu. U sjevernoj Americi, u Englezkoj, u svim većim gradovima evropskog kontinenta raste od dana na dan broj tih učestnika i ne će proći dugo vremena, pak ćeš se u svakom većem gradu moći razgovarati po telefonu sa svakim čovjekom u gradu.

Danas upotrebljavaju za telefonski razgovor između dviju mjesta mikrofoni u svezi sa telefonom i posebnim električnim zvoncem za davanje signala. Zovu obično ovaku uredbu dvostrukom mikrotelefonskom postajom. Sa par rieči da oertamo, kako radi ovakova dvostruka postaja (recimo po Aderu). Da uzmognu dva mjesta razgovarati po telefonu, treba prije svega da su spojena ili dvostrukom žicom, koja teče od jednoga mjesta do drugoga i natrag ili pak jednom žicom i zemljom, koja drugu žicu zastupa. Kad bi sada na svakom mjestu postavili samo jedan na pr. Bellov telefon, mogle bi se doduše dvie osobe razgovarati, nu taj bi razgovor bio veoma nesiguran, jer bi se moglo lako dogoditi, da obje osobe u isti čas imadu telefone na uhu, ili pak obje govore u isti čas u svoje telefone: razgovora nema; osim toga pri toj svezi nema nikakova načina, kojim bi drugoj postaji javio, da želiš s njom govoriti.

Obje su se pogreške ove prvobitne sveze lako dale ukloniti. Prva tim, da na svakoj postaji stoje dva aparata: jedan, u koji samo govoriš, a drugi, kojim samo slušaš. Za govor rabi obično mikrofoni (na pr. Aderov sl. 161.), a za slušanje obični telefon Bellov ili koji drugi (u našoj slici A d e r o v), koji visi kraj mikrofona na posebnoj kvačici mjedenoj. Ta je kvačica samo jedan kraj poluge, koja ulazi u ormarić mikrofona; drugi se kraj te poluge ne vidi: on se nešto

podigne, kad na kvačici vani visi telefon, a spusti, kad skineš s njega telefon, da na nj slušaš. Čemu ta osobita uredba, namah ćemo saznati.

Druga je pogriješka prve sveze uklonjena tim, da kraj svakoga mikrofona stoji malo zvonice (na slici ga nema), koje stane glasno zvoniti, čim druga postaja u nj pošalje galvansku struju iz svoje baterije, a to će uraditi, čim pritisne kopču *M* iznad mikrofona (sl. 162.) Za zvonice ne treba posebne baterije: ista baterija, koja šalje svoju struju u mikrofona na vlastitoj postaji, može svoju struju slati i u zvonice na drugoj postaji; tomu baš služi gore iztaknuta mješena poluga, na kojoj visi telefon.

Dok telefon visi na kvačici, struja iz linije ulazi samo u zvonice i ovo zvoni; skineš li pak telefon, poluga se unutra spusti na donji kontakt i struje sa linije sada ulaze u tvoj telefon, što ga držiš na uhu.

Poraba se ovakove dvostruke postaje razpreda od prilike ovako:

1. Na postaji *A* i na postaji *B* visi negdje na zidu po jedna mikrotelefonska štacija (na pr. Aderova sl. 162.). Dok postaje ne rade, treba da visi svaki telefon na svojoj kvačici.

2. Postaja *A* hoće da daje postaji *B* signal, da se želi s njom razgovarati. U tu svrhu pristupiš k svomu aparatu i ne dirajući telefona, pritisneš kopču *M*. Tim je poslala postaja *A* struju svoje baterije po liniji na drugu postaju i tamo zvoni zvonice, dok je god kopča na prvoj postaji pritisnuta.

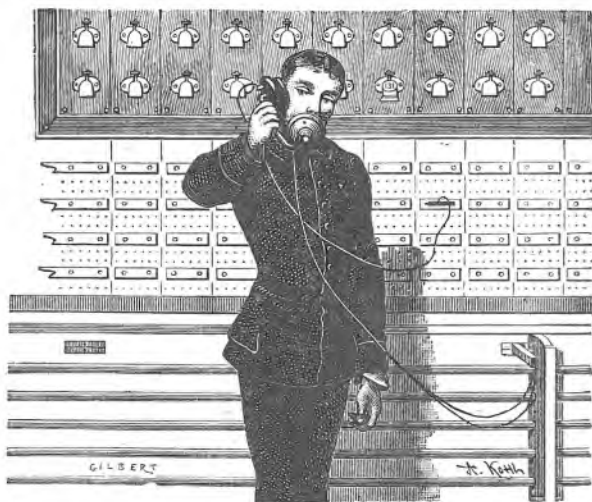
3. Postaja *B* odvrća signal, javljajući tim, da je pripravna slušati. Vraća ga pak tim, da osoba ondje pritisne kopču svoga mikrofona, i pošalje struju u prvu postaju *A*. a zvonice tu zazvoni u znak, da je netko na drugoj postaji pripravan slušati.

4. Kad je odgovor na znak stigao, skidaju osobe na objema postajama svoje telefone sa kvačica i pritisnu ih svaki o svoje uho. Osoba na prvoj postaji *A*, koja je zvala, nagne se nešto nad pločicu *D* svoga mikrofona i govori običnim, ne prejakim glasom na pločicu. Čim su naime skinuti telefoni sa kvačica, struja vlastite baterije ne može više u liniju, nego samo u mikrofona, nad kojim govoriš i u nutarnji omot induktorija. Titranje pločice *D* mjenja jakost te struje, a u vanjskom se omotu induktorija bude indukcijom dosta jake struje, koje lete u liniju i na postaju *B* u Bellov telefon, što ga slušalac ondje drži na svom uhu. Pločica toga tele-

fona stane od doletjelih struja baš tako titrati, kao što je titrala pločica *D* na mikrofону prve postaje, i uho čuje točno cio govor.

5. Postaja *B* odgovara. Čim je osoba na postaji *A* dovršila pitanje, prigne se osoba na postaji *B*, ostavljajući svoj telefon još sveudilj na uhu, nad pločicu svoga mikrofona i šalje svoj odgovor istim načinom na postaju *A*, a osoba, koja ondje drži na uhu svoj telefon, sluša taj odgovor: razgovor je otvoren, i pošto se na nijednoj postaji telefoni s uha ne miču, dok traje razgovor, nema straha, da bi tko mogao nešto prečuti.

Opisana dvostruka postaja radi dakako samo između obiju lokala, gdje je smještena: njom ne možeš da govoriš u gradu s kim



Sl. 163. Korespondencija između ureda i abonenta.

hoćeš, nego samo sa osobom, koja je u onom drugom lokalu. Praktični život pak ište sasvim drugu uredbu: netko je posjednik telefonske postaje i on hoće da razgovara u gradu sa svakom drugom osobom, koja također ima takovu postaju u svom domu. Ovaj zahtjev rješavaju u gradovima telefonski središnji uredi. Kako, — neka u obćenitim crtama kažu ovu redci.

Telefonskomu uredu glavna je svrha, da ma koja dva posjednika telefonskih postaja izravno spoji, te se mogu po volji razgovarati. Tko želi da bude članom telefonske mreže gradske, prijavi se uredu,

i dobije posebnu liniju telefonsku, koja vodi iz ureda u njegov dom, gdje je namještena na pr. Aderova mikrotelefonska postaja. Linija svakoga predbrojnika dobiva svoj broj i svršuje se na posebnom stolu ureda, gdje je označena istim brojem. Kad koji predbrojniki želi da govori s kojim drugim, dađe najprije znak u ured, gdje stane zvoniti zvonce. Posebni elektromagnet, koji pripada broju dotičnoga predbrojnika, postaje magnetski i mala pločica spadne i otkrije broj predbrojnika, koji zove ured. Na donjoj strani ormara, koji nosi brojeve svih predbrojnika, smješteni su komutatori, kojima možeš po volji i izravno spojiti ma koja dva predbrojnika ili pak jednoga predbrojnika sa uredom.

Čim činovnik čuje znak zvona i vidi broj predbrojnika, koji ga zove, spoji žicu svoga telefona sa linijom toga broja i razgovor između abonenta i ureda započinje. On želi, da bude spojen na pr. sa 50. predbrojnikom istoga ureda. Činovnik pritisne na kopču, koja šalje struju u zvonce pozvanoga predbrojnika, spoji linije obiju predbrojnika i njihov razgovor može da započne.

Kad se razgovor između obiju svršio, pritisne onaj predbrojniki, koji je prvi zvao, po drugi put kopču, koja pošalje struju u ured, pločica sa njegovim brojem padne po drugi put i to je činovniku znak, da je razgovor svršen, i da može spojene dvije linije opet razstaviti.

*

Na koncu smo naših razmatranja o telefonu i mikrofону. Uporabe, kojih se mi takosmo, tek su najznamenitije: telefon je i mikrofón već zašao i u razne znanosti i u liečničtvo; pred našim si očima ovaj mali, čudotvorni aparat osvaja uvijek nove krajeve ljudskoga živovanja i danas bi teško bilo i slutiti, dokle će u napredak sezati vlada njegova.

Kako danas stoje stvari, možemo reći, da se u linijama od 30—60 km. može veoma lako i jasno razgovarati. Kad se pak kod uredbe linija pazi na sve okolnosti, u prvom redu, da su aparati dobri, u drugom, da su žice dobro izolovane, i ne pretanke, može se i na mnogo dužim linijama razgovarati. Za električne izložbe u Monakovu na pr. g. 1882. govorili su, upotrebljavajući mikrofón od Berlinera i Blake-a, a telefon od Bella, Monakov i Regensburg sasna dobro (137 km.). Još su mogli govoriti Monakov i Baireuth (282 klm.), ali se niese više mogli razumjeti Monakov i Draždjani (450 km.)

Veoma je dobre rezultate postigao Kornelije Herz sa svojim nešto preinačenim mikrofonom i telefonom. On je govorio između Orleansa, Blois-a, Tours-a, Poitiers-a, Angoulême-a, i Bordeauxa, na linijama od 300—457 km. veoma lako, pače i na 1100 km. od Tours-a preko Pariza u Brest mogao je govoriti, doduše samo noću i ako je bio podpuni mir električni u bližnjim žicama.

Smijemo dakle zaista reći, da je pretvorba zvučnih valova u električne i opet obratno električnih u zvučne, svakako jedan od najvećih i najdivnijih uspjeha, kojima se fizikalna nauka do danas dovinula.

XII.

U galvanoplastičkoj radionici.

Jakobijevi pokusi. — Galvanizacija. — Galvanoplastika. — Uspjesi galvanoplastike u industriji i umjetnosti. — Proizvodi galvanizacije.



elimo li da zaokružimo priegled svih uporaba čudotvorne električne sile, treba da se svrnemo na rpu pojava, koji su osnovani na jur opisanim kemičkim učincima struje. Imenom „galvanoplastika“ označuju te pojave u znanosti i obrtu, a do nas je, da najprije upoznamo osnove, na kojima se uzdigla ova u znanosti i u praktičnom životu danas već mnogo upotrebljavana industrija.

Kad je god. 1800. englezki fizik Carlisle struju Voltina stupa vodio kroz vodu, opazio je, da se i na mjestu, gdje struja ulazi u vodu, i na mjestu, gdje izlazi, tvore mali mjehurići, koji se u vodi uzpinju: na prvom se mjestu (pozitivni pol) razvijao kisik, a na drugom (negativni pol) vodik; struja je dakle raztvorila vodu. Kad su kasnije mjesto vode upotreбили raztopine drugih tjelesa, napose raznih soli alkalskih ili kovnih, na pr. modru galicu, našli su, da i njih struja raztvora, pa da se na negativnom polu uvijek izlučuje kov, koji je u dotičnoj soli, u našem primjeru dakle bakar. Te je čudne pojave izvadjala već struja prvoga Voltina stupeca, nu jer mu je struja naglo slabila, sleglo se na negativnom polu samo malo kova u obliku sitnog praška, a to je bio i uzrok, da se praksa nije ni obazirala na taj pojav. Znanost se nasuprot njim odmah okoristila, jer je Davy već god. 1807. tim putem našao dva nova važna kova: kalium i natrium. Tek kad je Daniell sagradio prvi galvanski elemenat, koji je davao trajnu i uvijek jednako snažnu struju, počeli su ovo izlučivanje kovova iz raztopinâ na novo proučavati i već god. 1839. dobio je ruski fizik Jakobi iz modre galice toliki talog bakra, da nije više bio sitan prašak, nego čvrsta pločica bakrena, koja se slegla na negativnom polu.

Jakobi je taj čvrsti talog bakreni dobio, kad se trudio oko gradnje električnoga aparata, kojim je tjerao po Nevi čamac. Za taj je aparat upotrebljavao galvanske baterije, u kojima je bio bakar pozitivni, a platina negativni kov. Kad je struja tekla, opazio je, da su mu se ploče od platine pokrile dosta neravnim talogom, koji je bio tanak list bakra. Taj se listić dao lako odlupiti od platine, bio je na nutarnjoj strani posvema gladak i na njem si opazio posvema točno otisnut oblik platine.

Jakobi se zadube u taj zanimivi pojav i ne prodje dugo vremena, te je dobivao iz modre galice, upotrebljavajuć konstantnu, ne prejaku struju, doduše tanke, nu veoma jednolike pločice bakrene, tako čvrste, guste i pružive, kako ih daje samo čisti bakar, pod rukom vješta metalurga. Odmah je iza toga pokušao, da mjesto ploča, na koje se imao da slegne bakar, upotrebi kalupe od medalja i ploče sa urezanim slikama, i dobio je posvema vjerne otiske onih kalupa: što je u kalupu bilo više, bilo je u otisku niže i obratno.

Godinu je dana kasnije i englezki kemik Spencer došao do istih rezultata, ne znajući za radnje Jakobijeve, i tako se sve više po Evropi širio glas o novom načinu, kako ćeš načiniti posvema točne otiske kojekakovih stvari. Ne bilo dugo i galvanoplastika postade velikom podporom za radnje u umjetnosti i obrtu.

Prva je dakle zadaća galvanoplastici, da uz pomoć električne struje razvija taloge, koji će se posvema priljubiti obliku one stvari, koju hoćeš da patvoriš, ali da se taj talog ne uhvati čvrsto same stvari. Na drugoj opet strani možeš i veoma tanke kovne taloge razvijati, koji se sasma čvrsto uhvate predmeta, pa ga štite na pr. od vlage, a pri tom se oblik predmeta ništa ne mienja: radnja, koja vodi k tomu cilju, zove se galvaničko pozlaćivanje, posrebriivanje, pobakriivanje i t. d. prema kovu, kojim se oklapa dotična stvar, ili ju pak zovu i zajedničkim imenom galvanizacija. Osnov je i galvanoplastici i galvanizaciji isti, ali izvajanje je radnje različito; obje su radnje posebice nadjene, pače galvansko je pozlaćivanje mnogo starije od galvanoplastike.

Već je god. 1805. Brugnatelli, profesor kemije u Paviji, našao način, kako bi mogao srebrene novce ili male srebrene stvari uz pomoć Voltina stupca pozlatiti: on je dotični predmet metnuo u raztopinu od klorova zlata i amonijaka i spojio ga je žicom sa negativnim polom Voltina stupca, a pozitivni je pol stupca nepo-

sredno utakao u raztopinu. Struja je zlato izlučila iz raztopine i zlato se sleglo na novac, koji je bio negativni pol stupca.

Zaboraviše međutim na ove prve pokuse; tek je god. 1836. znameniti fizik De la Rive u Genevi i opet našao način, nalik na gornji, kojim se može pozlatiti mjed, bakar i srebro. On je nau-mice tražio taj način, kako bi zlatarske radnike riešio veoma štet-noga utjecaja parâ od živoga srebra, koje su do tada upotre-bljavali za pozlatu.

De la Rive je upotrebio riedku raztopinu klorova zlata (5—10 milligrama na kubični centimetar raztopine), pa ju je ulio u kesu od mjehura, a mjehur sam je objesio u staklenu posudu punu ki-sele vode. U raztopini je zlata ležao predmet, koji se imao da po-zlati, od njega je išla žica preko ruba kese u kiselu vodu i na kraju njezinom bio je komad cinka (tutije). Oba kova (onaj u kesi i cinak u vodi) čine dakle sa tekućinama veoma slab galvanski ele-menat i struja u tom elementu neprestance teče od cinka kroz te-kućine k predmetu, a od ovoga žicom opet k cinku; kako je predmet sam negativni pol toga galvanskoga elementa, sleći će se na nj zlato, što ga struja iz raztopine izluči. Obret su De la Rive-ov drugi fizici u brzo popravili i usavršili na pr. Elsner, Böttger, Perrot i Smee; naskoro nadjoše gotovo u isto vrieme Englez Elkington i Francuz Ruolz nov način za ove radnje i tek od toga vremena po-čela se galvano-plastika udomljivati u umjetnom obrtu, najviše tru-dom glasovitoga Parižkoga zlatara Christofle-a, koji je kupio oba patenta. — Osim znamenitih tvrdka: Christofle u Parizu, St. Denisu i Karlsruhu, Elkington i Mason u Birminghamu i Oudry u Auteuilu kraj Pariza, imade danas po svem svijetu tvornicâ, u kojima se galvanizacija i galvano-plastika goje kao posebne grane industrije, dotjerane do velike savršenosti.

Progovorit ćemo najprije o pravoj galvano-plastici, a onda o galvanizaciji tjelesa.

Označismo jur prije zadaćom galvano-plastike, da uz pomoć galvanske struje obori na razne predmete na pr. medalje, kipove, basreliefe, arhitektonske nakite i t. d., talog od bakra, koji je dosta jak, a uza to sasma točno oponaša lik originala; taj talog bakreni još treba da se lako skida sa izvora.

Prema tomu želiš li, da ti bude otisak sasma jednak izvoru: t. j. što je na izvoru uzdignuto, neka bude i na otisku uzdignuto,

ili da bude protimba njegova, t. j. što je na izvoru uzdignuto, neka bude na otisku utisnuto, udesit ćeš drugačije svoju radnju.

Trebaš li otisak posvema jednak izvoru, načiniti ćeš najprije kalup po izvoru možda tim, da ga obliješ raztaljenim voskom; a možeš ga načiniti i strujom, koja će obarati na izvor bakar: kalup je u tom slučaju čvršći i ujedno dobar vodič elektriciteta. Ako je kalup načinjen u vosku, sumporu, sadri, gelatini ili gutaperki, moraš ga najprije na površini namazati veoma sitnim praškom od tvari, koja dobro vodi elektricitet. Jakobi je to obično radio ovako (a i danas se još tako radi): kistom ili finom četkom namazao je kalup veoma sitnim praškom grafita i razdielio je prašak što jednoličnije po cijeloj površini kalupa. Treba li veoma fine predmete patvoriti, urone ih obično u nitrat srebra raztopljen u alkoholu i puste, da na nj struji sumporov vodik; kalup se sav prevuče veoma tankim slojem sumpornog srebra, koje veoma dobro vodi elektricitet.

Kad su kalup napravili i ovako priredili, da može primiti talog, sastave galvanoplastički aparat.

Taki aparat jednostavne vrsti je široka čaša, a na dnu joj leži predmet, na koji se ima da složi talog. Predmeta se na jednom mjestu dotiče žica, koja je inače sva zavijena u gutaperku, da se na njoj ne obara talog. Posuda se napuni tekućinom, iz koje će se kovni talog odlučivati na pr. modrom galicom, ako želimo talog od bakra. U tekućinu dolazi uža šupljikava posuda od pečene zemlje. Ta je posuda puna kisele vode i u njoj je valjak od cinka (tutije), koji je takodjer spojen sa prije spomenutom žicom.

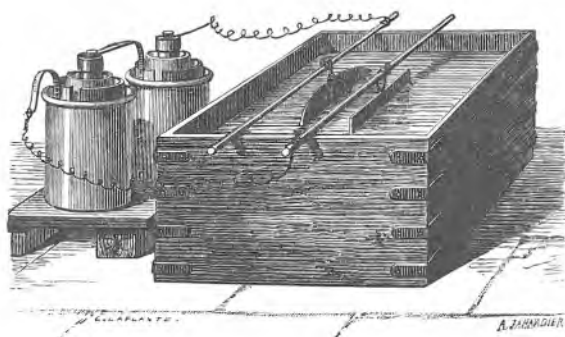
Cieli je dakle galvanoplastički aparat za pravo galvanski element Daniellov, u kojem je predmet na mjestu bakrenog valjka u Daniellovu elementu. U aparatu prema tomu teče elektricitet neprestano od cinka kroz tekućine i šupljikavu posudu k predmetu, a od ovoga dalje žicom natrag cinku. Ova neprestana struja izlučuje iz modre galice bakar, a taj se obara na predmetu.

Nu što se više izlučilo bakra iz galice, to ga je manje u njoj i talog bi bio sve slabiji, kad se ne bi pobrinuli, da se potrošena galica nadomjesti: u čašu objese kesu punu modre galice, koja se malo po malo topi u čaši i potrošenu galicu nadomjesti.

Upotrebljavaju za galvanoplastičke radnje još jedan aparat, koji zovu sastavljenim galvanoplastičkim aparatom

(sl. 164.). Razlikuje se od opisanoga tim, da se u njega struja razvija posebnom baterijom. Negativni se pol baterije spoji sa bakrenim štapom, na kojem visi kalup (na pr. medalje), a pozitivni se pol spoji sa bakrenom pločom; oboje je u raztopini modre galice. Struja, kad prolazi raztopinom, raztvora modru galicu i izlučuje bakar na negativnom polu, t. j. na kalupu; sumporna pak kiselina, koja se kupi na pozitivnoj bakrenoj ploči, odmah se spaja sa bakrom i daje opet baš toliko nove modre galice, koliko je struja prije raztvorila: talog se dakle na kalupu obara o trošku bakrene ploče, koja se sve više troši. Jakobi, koji je i ovaj aparat sagradio. nadjenno je s toga toj bakrenoj ploči ime: topiva (topka) elektroda.

Po ovom se načinu patvaraju kolajne, pečati i druge manje stvari, koje su samo na jednoj strani urezane (gravirane): slika 165.



Sl. 164. Sastavljeni aparat za galvanoplastiku.

i 166. pokazuju na pr. kalup kolajne i obje žice, koje vode struju do kalupa, i (sl. 166.) patvorenu kolajnu.

U novije vrijeme nadomještaju rado galvanske baterije dinamo-električnim strojevima, osobito u većim radionicama galvano-plastičkim. Godine 1872. na pr. napravio je Gramme u Parizu za galvanoplastičku tvornicu Christoffe-ovu dinamo-električni stroj sa četiri elektro-magneta, koja je trošila jednu konjsku snagu, a mogla je svaku uru izlučiti 600 gr. srebra.

Dinamo-električni strojevi, koji se danas grade lih za galvano-plastične radnje, u obće su sasna nalik na strojeve za električno svjetlo; u jednoj se točki ipak od njih razilaze. Za električno svjetlo naime trebaš struju veoma napetu, za galvano-plastične radnje

pak bolje su struje sa velikom množinom elektriciteta, a napetost im ne treba da bude velika. Odatle su nikle osobite konstrukcije dinamo-stroja, koje rabe lih u galvano-plastici. Gramme na pr. ne omata više elektro-magnete takih strojeva žicama, nego jednom bakrenom pločom oklopi cijelu jednu polovicu elektro-magneta, a i žica, na valjku namotana, nije okrugla, nego plosnata i debela.

Da vidimo sada bar nekoje uspjehe ove umjeće u industriji i umjetnosti!

Čas prije opisani galvano-plastički aparat upotrebljavaju najviše, kad treba da patvore kolajne, pečate i nalik im predmete, koji niesu preveliki i samo su s jedne strane rezani, nu upotrebljavaju



Sl. 165. Patvaranje kolajne galvanoplastikom: kalup.



Sl. 166. Galvanoplastikom patvorena kolajna.

ga dalje za patvaranje drvoreza, nădopisa i bakropisa, koji se veoma brzo troše kod štampanja; galvano-plastika može da sačuva posvema vjeran otisak izvora. Ova je poraba u današnjoj tipografiji prevažna.

Rezana se drvena ploča n. pr. ne može više nego 10.000 puta otisnuti. Treba li ju još više otisnuti, upotrebljavaju tako zvane cliché-e ili galvano-e, koje ovako priredjuju. Na rezanu drvenu ploču namažu kistom tanak sloj grafita, pa ju otisnu u gelatinu ili gutaperku, gdje se i grafit slegne. Ovaj se negativni otisak metne u galvano-plastički aparat, gdje se na grafitu, koji elektricitet dobro vodi, slegne sloj bakra, a u tom su sloju sve i najtanje crte reza-

noga drva posvema vjerno patvorene. Nakon 24 ure debeo je taj bakreni sloj od prilike $\frac{1}{20}$ mm., tanka se bakrena pločica izvadi, a jer bi za štampu bila preslaba, zalije se smjesom od olova, antimona i bismuta (metal za slova). Izgladjena i obrubljena se ploča učvrsti na drvenoj podlozi, i ovako priredjena služi za štampu. — Prednost je ovoga postupanja dvostruka: s jedne se strane ovako priredjeni cliché može 24.000 puta otisnuti, a s druge opet — i to je najvažnije — možeš od jednog istog originalnog drvoreza napraviti po volji mnogo sasama vjernih otisaka, a da se tim drvorez ništa ne kviri, broj se dakle otisaka bez kraja može povećati!

Sasma je nalik na ovaj postupak i priredjivanje otiska od bakropisa ili nadopisa, samo se ovdje kalup ne pravi tim načinom, da se rezana ploča utisne u gelatinu, vosak ili gutaperku, nego se već i kalup gradi galvanoplastičkim putem: isti se postupak dakle dva puta obavlja. Originalna rezana ploča dolazi u galvanoplastički aparat. Bakar, što ga struja izlučuje, slieže se na rezanu ploču i tako dobiješ iza nekog vremena bakreni kalup (negativni otisak) originala. Da se ne bi kalup čvrsto priliepilo uz ploču, drže ju prije, nego što će ju posaditi u galvanoplastički aparat, nad parama, koje se dižu od ugrijanog joda.

Primjerom ovoga postupka neka bude fabrikacija poštanskih maraka. Prvobitna je marka dobivena rezanjem. Od nje se snim 200—300 matrica ili otisaka opisanim galvanoplastičkim putem. Te se matrice sastave u jednu ploču i od nje se sada prave cliché-i, koji će uvijek isti broj maraka otisnuti na arak papira. Iztroše li se jedni cliché-i, lako je s matrice snimiti nove, koji su posvema jednaki predjašnjima. Od kolike li je koristi ova točna i brza reprodukcija maraka, saznajemo tek onda, kada se sjetimo, da se na pr. u Francuzkoj na dan potroši preko dva milijuna maraka, a u Njemačkoj ih je na pr. g. 1878. potrošeno 646,750.000!

Da zaprieče krivotvorenje ovakovih maraka, koje bi se lako dale prenieti na litografski kamen, napojen je papir, na kojem se štampaju marke, nevidljivom tintom, koja bi se zajedno sa risarijom prenela na kamen, te bi mjesto risarije na marki dobio u otisku jednoliku bojadisanu ljagu. Cliché-e, koji rabe za štampanje billeta engleske banke, napravio je fizik Smee galvanoplastičkim putem. On sam pripovieda, da su od jedne ovakove ploče napravili jedan milijun billeta, a ploča nije bila gotovo ništa iztrošena. Kod lista

„Times“ rabila je jedna ovakova ploča dvadeset milijuna puta i još nije bila sasma iztrošena!

Nu galvanoplastika ne služi čovjeku samo ondje, gdje treba, da dobije bezbroj vjernih otisaka od originalne rezane ploče: ona mu je liepo poslužila i onda, kada je trebalo, da se jur rezane ploče naknadno izprave ili upotpune. Imadeš li na pr. već gotove rezane bakrene ploče za štampanje zemljopisnih karata, osobito takovih, koje treba da budu posvema točne, kao na pr. vojničke mape, pokazat će se često potreba, da se originalna rezana ploča u mnogo čem popuni. Lice se pojedinim krajevima znatno mienja gradnjom novih cesta, željeznica, kanalâ; kuće se ruše, velike tvornice postaju i čitave se šume posieku. Sve ove promjene treba da su zabilježene na originalnoj ploči, s koje se štampaju karte. Prije su to ovako radili: dotično su mjesto na ploči izrezali i čekićem nov bakreni klin ondje u ploču utjerali; izgladiv mu pomno površinu, rezali su ju po novom licu kraja. Ovim se postupkom lako pokvarila ciela ploča. Zato je Georges predložio nov postupak, koji danas obćenito rabi, kad treba, da se poprave ploče za zemljopisne karte. Mjesto na ploči, gdje se zbila kakova promjena, ostruže se strugačom (Kratzeisen) i na tom se mjestu u galvanoplastičkom aparatu obori novi sloj bakra; kad je dosta jak i pomno izglađen, snime sa ploče otisak i na njem je dotično mjesto bijelo; risar ondje unese promjene onoga kraja, a rezbar po tom popuni ploču. I kod štampanja karata sa više boja galvanoplastika je vrlo liepo pomogla tipografskoj umjeći. Uz pomoć galvanoplastike naime postigli su tek, da se ploče, koje daju razne boje, posvema slažu. Narodna štamparija u Parizu mogla je tek po ovom načinu izvesti velik broj karata u više boja; iztičemo ovdje veliku geologičku kartu Francuzke.

Nu ni to nije vršak galvanoplastičke umjeće. Nije dosta, da možeš njom dobiti bezbroj sasma vjernih otisaka prvobitne rezane ploče, ona će ti danas poslužiti, da dobiješ lakšim načinom nego do sada i prvobitnu rezanu ploču: galvanoplastika sama reže (gravira) ploče. Evo kako. Ploča se bakrena sva oklopi pokostom (Firnis), koji ne vodi elektriciteta; u nj se strugačom ureže risarija, tako da su samo ona mjesta bakrene ploče za struju pristupna, gdje je pokost ostrugan.

Ovako priredjena ploča dolazi sada u galvanoplastički aparat, ali ne kao negativni, nego kao pozitivni pol struje: ploča zastupa sada u aparatu topivu elektrodu, ali se bakar samo ondje topi, gdje

nema pokosta: risarija se sama ureže u ploču, a da ne trebaš, kao prije, disati otrovne pare dušične kiseline.

Još nekoliko rieči recimo o uporabi galvanoplastike za patvorenje cijelih tjelesa: poprsja, kipova, vaza, glavica na stupovima ili drugih predmeta skulpture i arhitekture. Načelo je i ovdje isto, samo su poteškoće u izvadjanju mnogo veće, ali su danas posvema svladane i savršena današnja tehnika riešila je sretno i ovaj problem.

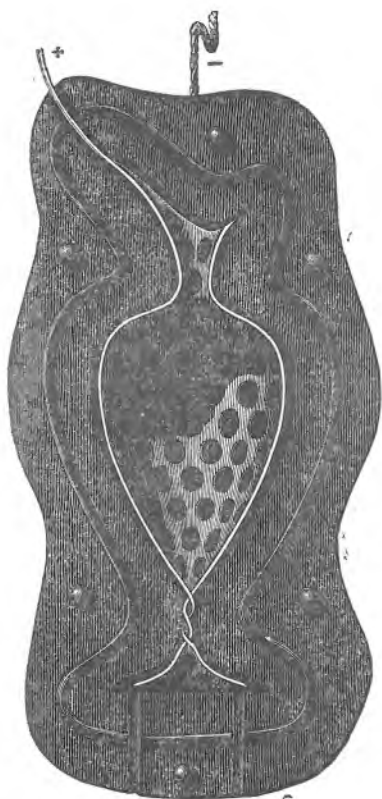
Najprije trebalo je o tom misliti, kako ćeš dobiti talog, koji je svagdje jednako debeo i toliko jak, da bude patvoreni predmet dosta čvrst. Danas to ovako rade. Od predmeta naprave najprije kalup, sastavljen od više komada, tim da pojedine partije tiela otisnu u sadru ili nalik joj tielo. Ti se dielovi kalupa naknadno tako slože, da zatvaraju šupljinu, koja imade točno oblik tiela. Nutarnja se strana kalupa namaže grafitom, a šupljina se napuni raztopinom, iz koje će struja odlučivati koji kov. U tu raztopinu metahu s početka topivu elektrodu od istoga kova, pa ju spojiše sa pozitivnim polom baterije, a od grafita na kalupu vodila je žica k negativnomu polu: struja je raztvarela raztopinu i njezin se kov sliegao na negativnom polu, t. j. na grafitu; malo se po malo razvijala patvorina tiela.

Nu pokazalo se, da se topiva elektroda u tekućini jako brzo topila, i da je davala vrlo nejednak talog, s toga je Lenoir predložio, da se kao pozitivni pol metne u raztopinu snop žica od platine, koje se u tekućini na sve strane razilaze, ali se nigdje ne dotiču kalupa. Da nadomjesti na pr. bakar, koji se iz tekućine neprestano izlučuje, objesio je Lenoir u šupljinu kalupa vrećicu od gutaperke punu kristala od modre galice, koja je bila na više mjesta probušena.

Pokazalo se, da su patvorine, ovako izvedene, dosta skupe, a osim toga se cio postupak može dobro izvadjati samo onda, ako predmeti nisu preveliki. Za veće predmete preporučuje poznati nam Planté, da platinu nadomjestite olovom: u šupljinu kalupa dolazi na više mjesta probušena jezgra olovna, koja u velikim crtama imade oblik tiela, koje se patvara, ali je samo nešto manja, te izmedju nje i kalupa ostaje dosta mjesta za raztopinu, iz koje se izlučuje kov na grafitu.

Slika 167. pokazuje nam polovicu kalupa, koji je rabio za patvorenje vaze u sl. 168. sa olovnom jezgrom, kojoj ide žica od pozitivnoga pola baterije.

Postupak, što ga u ovo par redaka oertasmo, donio je u umjetnosti već liepih plodova: kipove 2 metra, pače $4\frac{1}{2}$ m. visoke, određene za novu dvoranu Pariške opere, patvorili su električnom strujom tako savršeno i točno, da ne zaostaju ništa iza djela stare umjetnosti slievanja. Jedan put su pače uspjeli, da patvore kip 9 m. visok i 3500 kg. težak, a talog bakreni njegov bio je ništa



Sl. 167. Kalup za patvaranje okruglog tiela (vaze).



Sl. 168. Vaza patvorena galvanoplastikom.

manje nego $4\frac{1}{2}$ mm. debeo! Sve su ove znatne radnje izvedene u radionici znamenitoga Francuza Christoffe-a.

Drugu veoma liepu radnju ove ruke izveo je Oudry. Sve bas-reliefe na Trajanovu stupu, a njih je 600, snimio je i patvorio galvanoplastičkim putem u bakru. Svaki je bas-relief poprieko velik 1 m².

Pod rukama spomenutih dvaju Francuza razvila se dakle galvanoplastika, tako odlična sa vjernosti i savršenosti svojih patvorina, do veoma znamenite industrije. Iztaknuti su primjeri tomu dovoljan dokaz.

Druga je glavna zadaća galvanoplastici, oklapati predmete tankim, ali trajnim oklopom kojega dragoga kova, obično pozlatiti predmet ili posrebriti. U novije ih vrijeme oklapaju često i bakrom ili nikelom, pa je s toga za ovu operaciju odabrano ime: galvanizacija predmetâ.

Temelj, na kojem se galvanizacija predmetâ osniva, isti je kao i galvanoplastici: galvanska struja i ovdje raztvora raztopinu, u kojoj je dotični kov, na pr. zlato, srebro ili ma koji drugi kov, te ga izlučuje na negativnom polu.

Nu u praktičnom se izviđanju ovaj posao ipak znatno razlikuje od pravljenja otisaka, jer je ovdje glavna svrha poslu, da izlučeni kov što čvršće prione uz tielo, na koje se obara. Zato ovdje treba s jedne strane, da se površina tiela, na koje će se obarati kov, s osobitom pomnjom priredi, a s druge opet valja paziti i na raztopinu, da se kov svagdje jednako izlučuje.

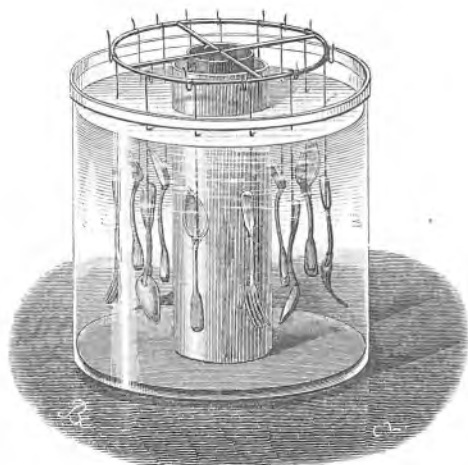
Elkington i Ruolz su glavna imena, uz koja je osobito vezan popravlak metoda za galvanizaciju.

Što se tiče priredjivanja čiste površine tiela, na koje će se obarati kov, iztaknuti nam je dvie metode za taj posao: ili tielo ugriju, dok se ne razžari, ili ju pak obradjuju kakovim jedom (Beize): jedno i drugo čine za to, da površina ostane posvema čista, jer uz ovakovu oboreni kov mnogo bolje prijanja. Bude li predmet od bronca (tuča), užare ga, dok ne porumeni, bude li od žute mjedi (mesinga), peru ga sitom raztopinom od sode; nu kako još uvijek na njem ostane tanak sloj oksida, utiču ga još u razriedjenu kiselinu, koja ga izgrize. Treba li pozlatiti tielo od željeza, čelika ili aluminija, obore na nj najprije veoma tanak sloj od bakra, jer se zlato i srebro ne će da uhvati onih tjelesa.

U drugom se redu radi o tom, da se tekućine, iz kojih će se izlučiti kov, zgodno pomiešaju, pa tu su našli, da je za pozlatu najbolje, ako rabi smjesa od cijanova zlata i cijankalija; naliku ovoj smjesi od cijanova srebra i cijankalija upotrebljavaju za oklapanje srebrom. Dobro je, da se za vrijeme, dok se oklop stvara, ugrije

tekućina do 70° C., jer se pokazalo, da su onda sjaj i boja oklopa kud i kamo življi, nego kad se radi pri običnoj temperaturi.

Predmet, koji treba pozlatiti ili posrebriti, spojiš sa negativnim polom baterije, a pozitivni njezin pol dovedeš do ploče zlatne ili srebrene, koja je u raztopini ujedno topiva elektroda: koliko zlata ili srebra struja na negativnom polu izluči iz tekućine, toliko se zlata ili srebra u njoj s ploče raztopi. Čim naime struju pustiš kroz tekućinu, obara se zlato ili srebro na predmetu, koji je na negativnom polu, klor pak ili cijan, koji se seli k pozitivnomu polu, spaja se ondje odmah sa kovom utaknute ploče i raztopina ostaje uvijek jednaka.



Sl. 169. Jednostavni aparat za pozlaćivanje galvanskom strujom.

Za galvanizaciju manjih predmeta upotrebljavaju i veoma jednostavne aparate (sl. 169.) U širokoj je čaši raztopina, iz koje će struja izlučivati kov, usred čaše je valjak od pečene zemlje, pun razriedjene kiseline, a u njoj komad cinka, koji nosi mjedeni obruč. Na tom su obruču povješani predmeti, na kojima će se oboriti kov, tankim žicama. Ovaj aparat daje sâm struju, koja će raztopinu raztvoriti: struja, koja se budi tim, što su dva različita kova u tekućinama, teče ovdje od cinka kroz kiselinu, zemljani šupljikavi valjak i raztopinu na povješane predmete, a s njih preko tankih žica i mjedenoga obruča opet natrag k cinku.

Upuštati se u tehničke operacije, koje se obavljaju, kad je oklop dosta jak, pa se predmeti iz kupke izvade, nije ovdje mjesto; iztičemo tek to, da je oklop izprva posvema bljed; on posjaji, čim ga okruglom četkom taru, koja umjesto dlaka imade tanke mje-dene žice, te se osobitom spravom brzo okreće; iza toga se još sa željezom za osmedjivanje (Brunirstahl) ili pak tvrdim kamenjem izgadi. Planté je pokazao, da su srebrni oklopi odmah s početka dosta sjajni, ako se u kupku za vrieme kemičkoga raztvaranja metne nešto sumporna srebra.

Proizvodi se galvanizacije danas silno šire po svim prosvietljenim zemljama: i u siromašnije kuće već ulaze predmeti, koji su gal-vaničkim putem oklopljeni zlatom i srebrom. To je svakako radostan pojav, jer se tim na jednoj strani širi i u siromašnijim krugovima ukus za ono, što je liepo, a na drugoj strani mnogo doprinosi i čistoći u kućama, jer predmet, koji je galvaničkim putem oklopljen zlatom ili srebrom, dobiva tim najdragocjenije svojstvo tih kovova: nepromjenljivost na površini.

Našla je pri tom širenju galvanizacije svoj račun i čovječnost. Okanivši se naime starih metoda za pozlaćivanje, gdje si morao upotrebljavati živu, stotine su i stotine radnika oteti veoma ubitačnomu utjecaju otrovnih živinih para, koje su se na vatri iz nje izvijale. Napokon je i prilična množina obiju dragih kovova, koja je prije, dok su sve predmete masivno pravili, bez koristi ležala nakrcana u djelima zlatarske umjetnosti, danas opet predana prometu.

O kolikim se svotama tu radi samo za Francuzku, neka kažu ove rieči, koje smo izvadili iz djela Tourganova o „Velikim radi-onicama“:

„Nekoliko na dobru sreću izvadjenih brojeva pokazat će nam, do koje se važnosti uzpela umjetnost galvanizacije samo kod tvrdke Christofle, koja nije jedina svoje vrsti, odkada je utrnuo pa-tenat, koji je bio podijeljen Elkingtonu. Godine su 1865. ondje po-srebrili 5,600.000 parova vilica i noževa i tim iz prometa izvukli 33,600 kg. srebra vriednoga 6,700.000 franaka. Da su isto toliko parova načinili od masivnoga srebra, bilo bi nestalo iz prometa milijun kilograma srebra, koji vriede bar 200 milijuna franaka. Onih 33,600 kg. srebra pokrili bi kraj debljine, u kojoj su na predmetima oboreni (na svaki četvorni centimetar dolaze 5 gr. srebra) plohu od 112.000 četvornih metara.“

Što su ove rieči napisane, tomu su danas 24 godine, a od onda se ova industrija mnogo više razvila.

I umjetni se obrt liepo znao okoristiti obretom galvanizacije: skupocjenomu pokućtvu daju danas galvanizacijom bogat i raznolik nakit. Pojedine im partije pozlate, druge posrebre; njeke ostave bliede, druge izglađe i napokon mienjaju i vrst zlata, upotrebljavajući čas zeleno zlato sa dodatkom srebra, čas crveno, pa tim daju nakitu veoma raznoliko i bogato lice. A budući da se one partije pokućstva, u kojima se obara zlato ili srebro, mogu izdubsti koliko hoćeš, možeš uz liepo lice pokućtvu dati i solidan temelj.

Zlato i srebro niesu medjutim jedini kovovi, koji se električnim putem obaraju na tjelesa u slojevima, koji ih se čvrsto uhvate: i od platine, mjedi, cina, cinka, čelika i nikela mogu danas načiniti oklope, ako upotrebljavaju prema tomu raztopine. Za oklop platinom upotrebljavaju danas raztopinu od platinova fosfata i natrona; željezne posude pokositre u kupki od natronfosfata i kositrova klorida; i olovo i cinak se ovako mogu pokositriti. Danas se već mnogo upotrebljavaju „galvanizovani čavli“, kad se učvršćuju predmeti na zraku, jer se takovi čavli bolje opiru utjecaju vremena. Veoma je važna grana galvanizacije danas i čeličenje bakropisa, koje upotrebljavaju u tipografiji: prevučeš li bakrenu ploču tankim slojem čelika, mnogo se manje troši pri štampanju; nestane li toga oklopa, a to lako prepoznaješ po tom, što ti proviruje crveni bakar, možeš ga drugom galvanizacijom ponovno napraviti.

Prije nego ćemo završiti ovaj kratki nacrt, koji se bavio oko uporabe kemičkoga raztvaranja tjelesa uz pomoć galvanske struje, da iztaknemo još jednu mladu granu ove industrije, koja se u rukama njezinoga obretnika Oudry-ja već liepo razvila.

Treba li da predmete velikih dimenzija na pr. vaze, kipove, velike sviećnjake i t. d. pokriješ oklopom bakrenim, niču poteškoće, kojih kod posla oko sitnijih predmeta nema: napose teško je tolike plohe pomno očistiti i tako prirediti, da se oboreni kov čvrsto prihvati predmeta, pak bi na pr. posvema nedostatno bilo, kad bi cieli predmet pokrio grafitom. Kiselina, koja je u galvanoplastičkoj kupki, grizla bi opet predmet još prije, nego što se može oboriti bakar, pa zato Oudry takove predmete oklopi pokostom, koji ne vodi galvansku struju, a kiselina ga ne grize; nu prije toga cieli predmet pomno očisti i, ako gdje treba, turpijom i dlietom popravi nakit na njem. Čim je suh taj pokost, u kom je najviše benzina, i

koji se kistom namaže na tielo, pokrije se predmet svagdje, gdje treba da se slegne bakar, slojem grafita, a gdje ne treba da bude bakra, slojem ilovače; ovako priredjeni predmet ulazi u veliku posudu, u kojoj je raztopljena modra galica, i sada se pusti struja u nju, da ju raztvari i bakar iz nje obori na odredjena mjesta. Nakon 5 ili 6 dana bude oboreni bakar 1 mm. jak i sada ga samo još četkom taru, koja je napojena acetatom bakra i amonijaka, da dobije lice bronca. Javni kandelabri u Parizu, umjetni zdenci na trgu Louvois i Concordije, vanjska vrata na novoj operi i mnogi drugi nakiti na javnim zgradama načinjeni su ovako. Na mjesto starih ljevenih ornamenata, koji se uzprkos laka na njima ne mogahu opirati zubu vremena, stupaju novi nakiti, koji su prema umjetničkom ukusu vremena savršeni, a osim toga se mnogo duže drže. I ovdje, kao i u svim drugim granama, čeka galvanoplastiku još velika budućnost.

XIII.

Elektricitet namjestnik pare.

Elektricitet proizvadjja gibanje. Motor električni od Salvatora del Negro. — Jakobijev čamac na Nevi. — Elektromotor Bourbouzeov. Elektromotor Fromentov. — Pretvorba prirodnih sila. — Motor od Marcela Deprèza. — Motor Griscomov. — Električni prienos sile. — Električna željeznica i tramway. — Električna pošta.

Električni telegraf, a i telefon dokazali su, da se sila galvanske struje može lasno pretvoriti u mehaničku radnju: struja je naime bila pravi uzrok, što su se telegrafski i telefonski aparati stali baš onako gibati, kako je trebalo, da im znakove razumijemo. Ovi nam dakle električni obreti jur dosta jasno pokazuju, da se i električna sila daje pretvoriti, kao i toplina, u mehaničnu silu, a ovu moći ćemo dalje upotrebiti, da nam obavlja kakovu mu drago mehaničnu radnju. Istina je: ona radnja, što ju obavlja struja, gibajući telegrafske aparate ili pločice telefona, ne ište velike sile, nu ipak nam se primaknuti sada pitanju, ne bi li se elektricitet direktno dao upotrebiti kao sila, koja tjera strojeve, poput pare, a gibanje bi se s ovih strojeva onda dalje prenosilo na druge prema potrebi dotičnoga obrta. I ovaj je problem danas već riešen na više načina u tolikoj mjeri, da imade već nekoliko zanimljivih uporaba njegovih.

Učenjak u Padovi Salvator del Negro bio je jamačno prvi, koji je god. 1831. sagradio pristao električni stroj, gdje se magnet medju polovima drugoga elektro-magneta amo tamo nihao, a malo kasnije sagradili su u Njemačkoj i stroj, gdje se magnet ne niše samo amo tamo, nego se neprestano vrti istim smjerom. Na velik je glas izišao stroj, što ga je Jakobi god. 1839. sagradio u Petrogradu. O njem kaže Du Moncel: „Upotrebiše ga za gibanje maloga čamca, koji je dobio dva kolesa na lopate i na kojem je sjedilo

dvanaest osoba. Zaista su se mogli na njem voziti po Nevi nekoliko urâ, ali snaga, što ju je stroj mogao dati, nije nigda nadilazila $\frac{3}{4}$ jedne konjske sile, akoprem je potjecala od 128 Groveovih elemenata. Ova okolnost, da tako snažna galvanska struja daje slabu mehaničnu radnju, ozlovoljila je obretnika vrlo, pa je od onoga časa bio uvjeren, da se elektricitet ne će moći nikada upotrebiti za obrtne svrhe.“

Da ova misao nije bila ispravna, pokazalo se kasnije, i s toga idemo da čitaocima predstavimo neke te neke primjere takovih električnih strojeva, u kojima se doista galvanska struja izravno pretvara u gibanje, kojim možeš da tjeraš druge strojeve.

Recimo odmah, da su ovi strojevi — zovu ih obično elektromotori — dvojaki: u jednima galvanska struja proizvadjja samo gibanje magnetâ amo tamo (oscilacija), a u drugima se magnet sasma vrti (rotacija).

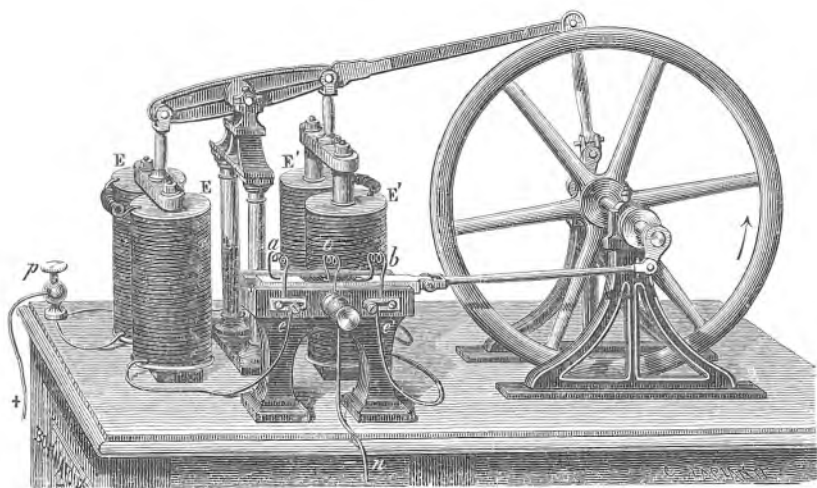
Evo za svaku vrst po jedan primjer. Verdet opisuje načelo obiju strojeva obćenito ovako: „Kod elektro-motora sa titrajućim gibanjem obtječe galvanska struja ili spiralu od bakrene žice ili elektro-magnet, pa s toga privlači drugu spiralu ili drugi elektro-magnet; na mjesto ovoga može stupiti i trajan magnet ili komad meka željeza, — ali mora da bude tako namješten, da se može gibati k spirali, kojom teče struja. — Čim se taj gibljivi komad toliko primaknuo stalnoj spirali ili elektro-magnetu, da se gotovo dotiču, promieni se najednoč u stalnoj spirali smjer galvanske struje u protivni, i od privlačenja postaje odbijanje, ili se pak struja u spirali, koja je do sada djelovala, prekine, ali se zato u tečaj struje uplete druga spirala, koja je na protivnoj strani stroja. I tim se smjer gibanja okrene, a budući da se ova promjena neprestano opetuje, nastaje gibanje, koje možeš prenositi i upotrebljavati, nalik kao i gibanje čepa amo tamo u parnom stroju.

Kod motorâ sa potpunom vrtnjom razporedani su stalni i gibljivi dieľovi tako na dva kruga, da su na krajevima njihovih polumjera; proleti li struja spiralamâ gibljivoga kola, potjerat će ih u neki stalni položaj, u kojem bi ostale, da se u tom času posebnom spravom (komutator) ne promieni smjer struje u jednoj rpi spirala u protivni, a tim se i privlačenje pretvori u odbijanje: tako se vrtnja nastavlja uvijek istim smjerom.“

Primjer prvi vrsti motora, gdje gibljivi dio stroja amo tamo titra, neka bude elektromotor Bourbouze-ov (sl. 170.). Evo njegovih

bitnih dielova. Dva para elektro-magnetičkih spirala (omota) EE i $E'E'$ stoje na daski s obiju strana stalka, koji nosi ravnotežac (balancir), nalik na onaj, što ga ima parni stroj. Ravnotežac nosi sa svake strane na priečki po dva valjka od meka željeza, koji lako ulaze u spirale i u njima se bez zapreke dižu i spuštaju. Prema tomu sada, da li struja baterije teče jednim ili drugim parom spirala, poletjet će jedan ili drugi par željeznih valjaka u svoju spiralu, a ravnotežac će se uslied toga amo tamo gibati; ono se nihanje njegovo može ojnicom i ručicom, kao i kod parnoga stroja pretvoriti u vrtnju i prenieti na osovinu, na kojoj sjedi veliko kolo.

Zanimat će možda čitatelja, da saznade, kako to, da galvanska

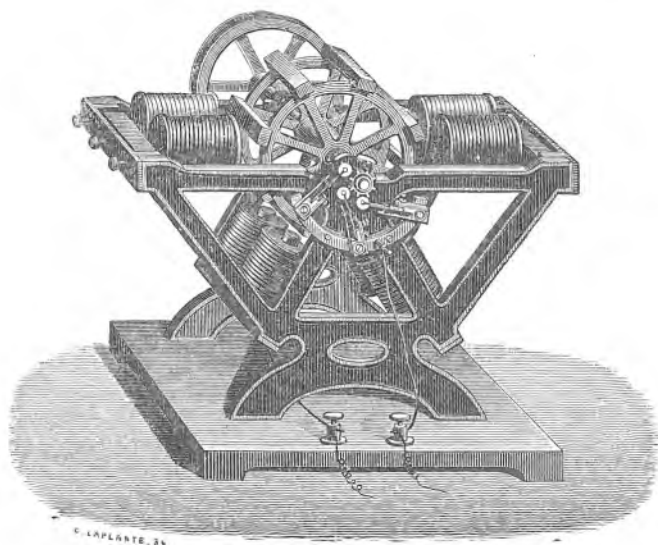


Sl. 170. Elektromotor Bourbouze-ov.

struja sama čas prvim, čas drugim parom spirala teče, i kako stroj tu izmjenu sam obavlja. Na osovini je kola u to ime smještena ručica, koja kod aob vuče u posebnim stazama komad slonove kosti: dok se kolo jedan put okrene, prodje slonova kost s jednog kraja staza do drugog i natrag. U tu slonovu kost umetnuta je pločica od mjedi, koja je u našoj slici tamnija, i ta pločica upliće u tečaj struje sad jedan sad drugi par spirala.

Žica, koja dolazi od pozitivnoga pola baterije, ulazi u stupčie p , a iz ovoga teku dvie žice, koje idu jedna oko prvoga, druga oko drugoga elektro-magneta i kod a i b im je kraj; žica sa negativ-

noga pola baterije svršuje se kod *o* i struže neprestano po umetnutoj u slonovu kost pločici. Kod položaja, što ga imade stroj u našoj slici, pritegla je ručica slonovu kost toliko, da galvanska struja teče samo oko spirala $E'E'$, dok je žica *a*, koja dolazi od spirale EE , jur prešla na slonovu kost, koja struju ne vodi. Kod ovoga se dakle položaja prekida struja, koja teče oko spirale EE , ali zato ona teče oko spirale $E'E'$, ravnotežac se kod $E'E'$ spusti dolje, čim je kolu pomogao preko mrtve točke. U drugoj polovici puta poći će slonova kost sa umetnutom mjedom pločom na lievo: žica *b* prijeći će na slonovu kost i struja,



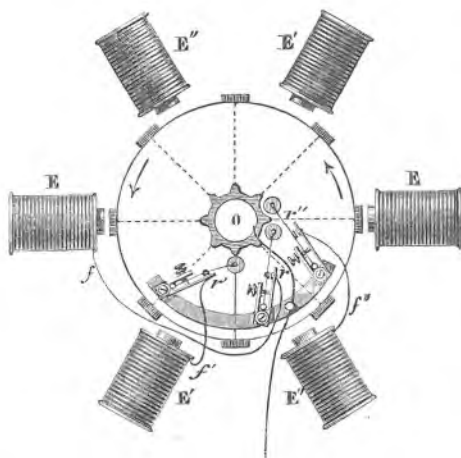
Sl. 171. Elektromotor Fromentov za neprekidnu vrtanju.

koja je tekla od *p* oko spirale E' u *b* i dalje u *o* i *n*, sada je prekinuta; nu zato će opet žica *a* doći na mjedenu pločicu i pozitivna struja, koja dolazi od *p*, teče sada kroz EE preko *a* i *o* k negativnomu polu *n*: spirale EE privuku valjke željezne na lievoj strani i ravnotežac se na toj strani spušta. Sada jamačno nije teško pojmiti, kako se kolebanje ravnotežca amo tamo, proizvedeno elektro-magnetičkim privlačenjem, pretvara u neprestanu vrtanju istoga smjera.

Kod opisanoga netom stroja proizvela je galvanska struja tek kolebanje jedne poluge, a ovo se kolebanje uz pomoć ojnice i

ručice moglo pretvoriti u vrtnju. S više su strana međjutim pokušali graditi i takove strojeve, koji odmah daju gotovu vrtnju; kao primjer ovakova elektro-motora predstavljamo čitaocima stroj, što ga je sagradio Froment. Slika ga 171. pokazuje.

Šest je parova elektro-magneta — na slici vidiš samo četiri dolnja para, da ostane otvoren vidik na gibljiva kolesa i njihove kotvice — razporedano po obodu kruga, i svi su učvršćeni na čvrstom stalku, koji nosi i glavnu osovinu stroja, a ova je baš u sredini toga kruga namještena. Osovina ova nosi veliko kolo (Schwungrad) i još dva manja kolesa, na kojima vidiš osam kotvica od meka željeza. Kad se osovina okreće, dodju uvijek po dvie kotvice pred po-

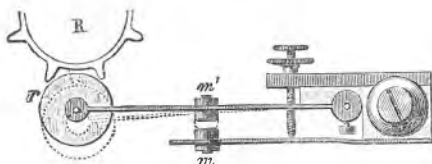


Sl. 172. Elektromotor Fromentov: djelovanje struja na armature.

love elektro-magneta EE (sl. 172.), a ostalih se šest kotvica namjesti medju dva elektro-magneta. Kad su na pr. dvie kotvice baš pred polovima protivnih elektro-magneta E i E' , bit će bližnje dvie kotvice za $1/24$ kružnice daleko od polova svojih elektromagneta E'' E'' . Ako se dakle u tom času u tečaj struje upletu baš elektro-magneti E' i E' , privući će oni k sebi bližnje kotvice i osovina krene onako, kako pokazuju strjelice.

Posebnim mehanizmom zbilja je Froment postigao, da se u času, kad dvie kotvice dodju pred polove elektro-magneta, struja u tim elektro-magnetima EE prekine i priedje u bližnja dva elektro-magneta $E' E'$. Ovu izmjenu obavlja malo kolo O , koje sjedi na osovini

nosi 8 zubova, koji su namješteni prema kotvicama; kolo je uvijek spojeno sa pozitivnim polom baterije, dočim zajednička žica dvaju protivnih elektro-magneta vodi k negativnomu polu baterije preko posebnoga prekidača struje (u slici r , r' i r''); svaki prekidač vrijedi za dva protivna para elektro-magneta. Ni uredba ovoga prekidača struje nije zamršena. Slika ga 173. pokazuje nešto većim, nego što je u slici 172. načinjen. Vidimo na njem prije svega mjedeno pero, koje nosi u sredini pločicu od platine m' , a na kraju mjedeni kolotur r . Dok je kolotur između dvaju zubaca, ne može da prijedje struja iz kola R u prekidač i dalje u ona dva elektro-magneta, koji su s njim spojeni; nu pritisne li koji zubac kolotur, dotakne se pločica m' pločice m i struja sada može prelaziti s kola R u dotična dva elektro-magneta. U našoj predjašnjoj slici 172. uhvaćen je čas, gdje zubac dolazi na kolotur r' i struja baš utječe u elektro-magnete $E' E'$, koji sada privuku bližnje kotvice. Nu čim su došle pred svoje magnete,



Sl. 173. Prenosnik struje na Fromentovu elektromotoru.

prekine se kontakt kod r' , ali sljedeći zubac kola O upliće sada u tečaj struje treći prekidač r'' i struja teče okolo elektro-magneta E'' i E'' . Zubci su tako gradjeni, da se jedna struja ne prekine prije, nego se sljedeća zatvori: tim se izbjegava postanak jačih iskara, koje kvare kontakte.

Imade još nekoliko strojeva, nalik opisanima, koji su svi gradjeni na istom načelu, kao i Fromentov, ili su osnovani na privlačenju i odbijanju magneta. Nu svi ti strojevi ne imaju za nas tolikoga interesa, ponajviše s toga, što im je poraba u praktičnom životu veoma stegnuta. Možeš ih upotrebiti samo, gdje se troši jako malo radnje: da okreću kolo za ventilaciju, mali svitak za rezanje u staklu ili možda koju znanstvenu igračku.

Nu u zadnjem desetgodištu okrenula se težnja elektrika na drugu stranu, s koje se čini, da će mnogo bolje nego do sada moći izcrpsti električnu silu za obavljanje mehanične radnje.

Ovom novomu smjeru u gradnji elektromotora temelj je u našem vijeku toliko razvijena misao o pretvorbi prirodnih sila, koju je već na početku ovoga veka iztakao Francuz Carnot. Evo za nju ovaj primjer. Rekoše si električari: kada trošim neku množinu sile na to, da dinamo-električnomu stroju dadem neku određenu brzinu gibanja, dobijem iz stroja umjesto potrošene radnje galvansku struju, koja imade određenu neku jakost; dakle moram i obratno, ako u isti ili drugi sasma jednaki dinamo-električni stroj uvedem onu galvansku struju, dobiti od toga stroja isto onakovo gibanje. Jednom rieči: u prvom se slučaju pretvara mehanična radnja u elektricitet, a u drugom opet obratno, elektricitet, kojim sam snabdio stroj, pretvorio se u mehaničnu radnju.

Ako ovu misao pokus potvrdi, važan je problem riešen. I doista ju je prvi potvrdio na svjetskoj izložbi Bečkoj god. 1873. H. Fontaine. On je namjestio dva jednaka Gramme-ova stroja 1 klm. razdaleko. Jedan je tjerao motor sa plinom: galvanska struja, u njem probudjena tim gibanjem, odvedena je po žicama u drugi stroj, i zbilja se njegov obroč stao vrtjeti i ta je vrtnja bila toliko snažna, te je mogla tjerati centrifugalnu jednu sisaljku za vodu.

Od ovoga su se doba svi graditelji dinamo-električnih strojeva trsili, da ovu misao o medjusobnoj pretvorbi mehanične radnje i elektriciteta uporave na svoje strojeve, te ih možeš upotrebiti prema potrebi ili kao vrela jakih električnih struja, ako imaš da raspolazeš kakovom silom, koja će ih vrtjeti, ili pak kao elektro-motore, ako imaš jakih galvanskih struja, koje možeš da uvedeš u svoj stroj.

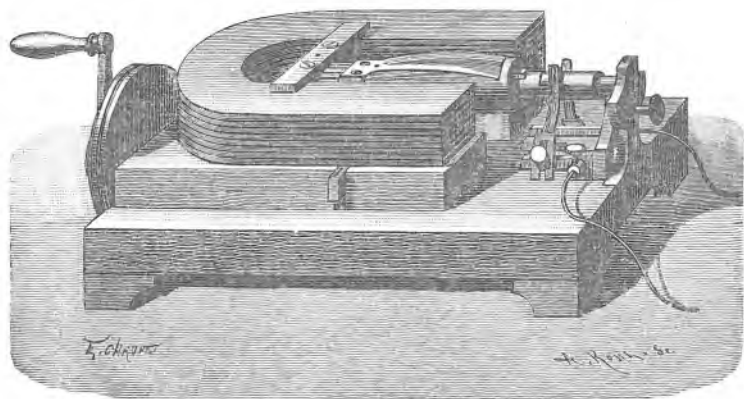
Na ovom su osnovu u najnovije vrijeme najprije gradjeni neki manji električni motori, gdje je dobivena radnja malena.

Ime Francuza Marcela Deprez-a ostat će za uvijek skopčano sa ovim motorima. Godine 1878. on je prvi pretvorio Siemensov dinamo-električni stroj u elektro-motor. Slika nam ga 174. pokazuje. Medju kracima jakoga trajnoga magneta eno vidiš poznati od prije omot Siemensov, gdje leži na vodoravnoj osi, oko koje se može vrtjeti. Preko dviju četaka od mjedenih žica ulazi u taj omot struja iz galvanske baterije — na pr. Bunsenove — kroz komutator, koji mjenja svaki čas smjer struje.

Po zakonima, kojih smo se na drugom mjestu obširnije taknuli, znademo, da se galvanske struje i magneti gdjekada privlače, a gdjekada odbijaju. Ovo medjusobno privlačenje omota sa magne-

tičnim polom protivnoga imena i odbijanje omota sa polom istoga imena uzrok je, da će se lako gibljivi omot zaista okretati među kracima magneta, a jer komutator svaki čas mjenja smjer struje u omotu, ta će vrtinja ostati trajna: dok u omot utječe struja iz baterije, dotle se među polovima magneta vrti, pred nama je elektromotor, jer vrtanju omota možeš sada po volji upotrebiti, da ti na drugom kojem stroju obavlja radnju.

D' Arsonval izveo je god. 1881. velik broj pokusa na ovom Deprez-ovom električnom motoru, pa je našao, da nam doista može liepo poslužiti, ako ne trebamo u sekundi više nego 2—3 kilogrammetra radnje.* Mali model, kojemu bijaše omot žice 30 mm.



Sl. 174. Elektromotor od Marcela Deprez-a.

širok i ništa više nego 35 mm. dug (težak je bio samo 200 gr.) i na kojem je trajni magnet bio težak 1700 gr., dakle je ukupna težina stroja bila manja nego 2 kg., davao je sa strujom od 5 Bunsenovih elemenata 51 kilogrammetar radnje u minuti i okretao se u tom vremenu 204 puta!

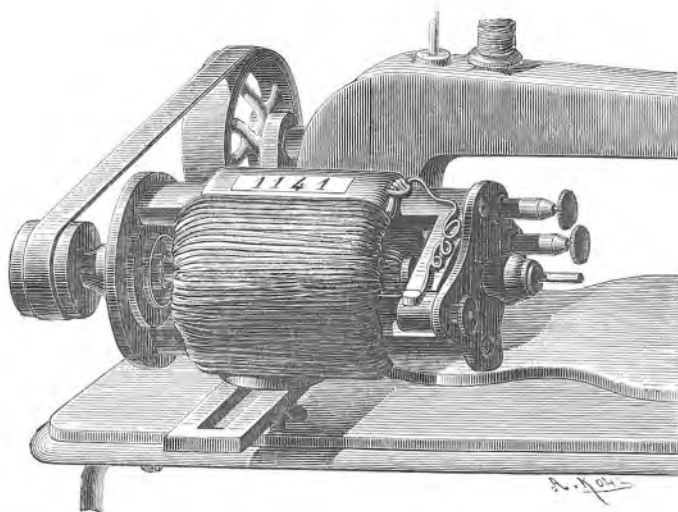
Drugi opet model sa omotom težkim 400 gr. i magnetom od 1700 gr. razvijao je u sekundi 25 kilogrammetra radnje sa 3000 okreta u jednoj minuti!

Velika većina malih elektromotora, koji su sagradjeni iza ovoga

* Radnja, što ju snaga n. pr. tvoje mišice ili druga koja sila obavi, kad dignesh 1 klg. 1 m. visoko, zove se kilogrammetar ili metarkilogram.

Deprezova, osnovani su na istom načelu: omot žice, u koji puštaš galvansku struju, stane se okretati među polovima ili trajnoga ili elektromagneta i vrti se, dokle god omotom teče struja. Ova se vrtuđa omota remenjem prenosi na druge sprave, za koje hoćeš, da se gibaju.

Između ovih elektromotora iztaknuti nam je osobito dva, koji su na zadnjim izložbama električnim od g. 1881. ovamo izašli na na lep glas: to su elektromotor Trouvé-ov i elektromotor Griscomov. Ovi a i neki drugi motori budili su velik interes u posjetnika električnih zadnjih izložaba radi porabe za tjeranje šivaćih strojeva, čamaca i zrakoplova.



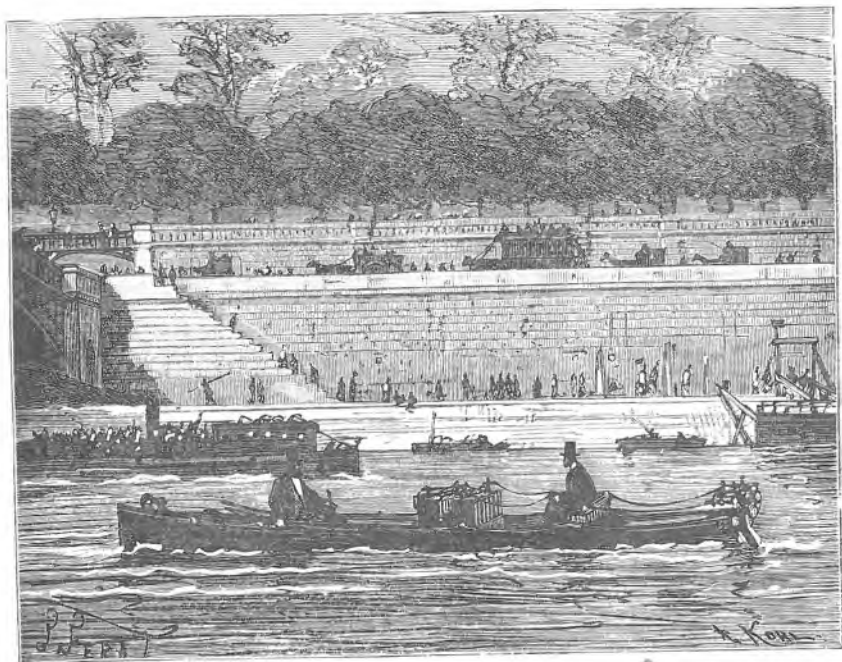
Sl. 175. Elektromotor od W. Griscoma.

Osobito se izticao motor Griscomov (sl. 175.). Ovdje se cijeli omot žice vrti pred polovima elektromagneta, koji kao obruč sa svih strana obuhvaća omot, tako da je ovaj sasam skriven u elektromagnetu. Baterija od 6 elemenata Grenetovih dosta je, kad kaniš upotrebljavati motor, da ti tjera šivaći stroj. Cijeli je motor dug jedva 10 cm.! Naša ga slika pokazuje učvršćena na šivaćem stroju i remen ga spaja sa kolom stroja. Pod stolom šivaćega stroja stoji baterija od 6 elemenata. Ako je istina, da trajni rad na šivaćem stroju tielo ubija, može se reći, da je obret Griscomova motora i drugih, njemu sličnih, prava blagodat za radnike i radnice na takim

strojevima, a nije mu ni ciena pretjerana (30 for. ne računajué bateriju).

U obée se mali motori po ovom sustavu preporučuju u malom obrtu svagdje, gdje se ne ište velika sila; spomenusmo već šivaće strojeve, ali amo idu i strojevi za dielenje skala, za vrtanje, što ih treba urar, u obée svi poslovi, koji ištu pravilno i precizno gibanje uz slabu silu.

Na Parižkoj električnoj izložbi dvie su osobito porabe Trouvéova motora zanimale obéinstvo, pa ćemo i o njima još koju reći. Na



Sl. 176. Pokus o električnoj plovitbi; izveo ga na Seini Trouvé.

vodi jezera u sredini izložbene palače vidio si gdje plovi čamac, a tjerao ga elektricitet. Nekoliko mjeseci kasnije plovio je taki čamac i po Seini i po jezeru u šumi Boulogneskoj. Rezultati su bili prilični: čamac, a na njem 3 osobe, plovio je uz rieku brzinom od 1 m. u sekundi, a niz nju brzinom od 2·5 m. (sl. 176.). Tjerao ga je motor Trouvé-ov sa dva omota i dvie baterije, koje su bile smještene usred čamca, dok je motor sam bio na kraju. Lanac ga

je spajao sa elikom, koja je bila smještena u donjoj partiji krmila. Struja iz baterija prelazila je u motor preko konopa, kojim se je ujedno krmilarilo. Tko je ravnao, držao je u svakoj ruci po jedan konop za držalo, namješteno usred konopa, u kojem se nalazila sprava, kojom si mogao struju po volji skupčati ili prekinuti, a prema tomu i gibanje motora svaki čas obustaviti.

Nu uzprkos svim ovim zaista lepim pokusima valja reći, da se svi do danas gradjeni elektromotori, koji su više ili manje nalik na opisane, ni s daleka ne mogu mjeriti, što se snage tiče, sa motorima, što ih tjera toplina. Niesu dospjeli dalje od gradnje elektromotora sa 1 konjskom silom, a i ti su prema motorima sa toplinom nerazmjerno skupi.

Ako dakle elektro-motori u svim slučajevima, gdje se radi o velikoj sili, daleko zaostaju iza kaloričnih motora, pa je prema tomu malo nade, da će ih tako skoro u velikoj industriji nadomjestiti, valja ipak iztaknuti, da imaju i takovih svojstava, kojima se odlikuju nad svim drugim motorima. U svim slučajevima, gdje se radi o velikoj brzini ili gdje valja gibanje prenieti u veliku daljinu, u svim se tim slučajevima osobito preporuča upotrebljavati električne motore. Osim toga lako ih je natjerati na gibanje, a isto ih je tako lako obustaviti; radnja oko njih nije ništa opasna, a oni sami zapremaju vrlo malo mjesta.

* * *

Čas prije vidjesmo, da je misao o pretvorbi sila, uporabljena na električne strojeve, bila izhodište znamenitomu napredku u konstrukciji motora, koji elektricitetu imaju da zahvale svoju suagu. Nu dok su ljudi za to potrebnu električnu struju dobivali samo iz raznih baterija, — vrela i skupa i neugodna, — morali su graditi samo male motore, koje smo malo prije opisali. Ovo je pitanje međjutim sasvim promijenilo lice, kad su mjesto galvanskih baterija mogli upotrebljavati velike dinamo-električne strojeve, na pr. Gramme-ov, kao izvor galvanskih struja. Ako na pr. okrećeš obruč Gramme-ova dinamo-stroja parnim strojem ili možda slapom vode, dobit ćeš od njega jake galvanske struje, sve jače prema snazi mehaničkoj, koja obruč vrti. Odvedeš li sada ovu struju u drugi Gramme-ov stroj, koji je sa prvim posvema jednak, teći će struja, što dolazi iz prvoga stroja, najprije omotanom oko obruča žicom pa onda i oko elektromagneta; radi međusobnoga privlačenja struje u omotanoj žici i

*

magneta, stat će se obruč drugoga stroja vrtjeti među polovima svoga elektromagneta: drugi stroj pretvara dakle elektricitet opet natrag u mehaničnu radnju, iz koje je i sam postao bio. Možemo dakle reći, da smo mehaničnu radnju onoga parostroja ili slapa uz pomoć elektriciteta prenijeli na drugo mjesto, gdje ovu radnju možemo po volji upotrebljavati.

Lako je razumjeti, da se pri toj transformaciji ne će prenijeti sva radnja prvoga stroja na drugi, nego da će se jedan dio radnje na putu od prvoga stroja Gramme-ova do drugoga izgubiti, pretvarajući se u toplinu: oba će se stroja i žica, kojom teče struja s prvoga mjesta na drugo, ugrijati.

Korist će dakle ovoga električnoga prijenosa sile mehanične od jednoga mjesta na drugo u prvom redu visjeti o tom, koliko će se mehanične sile javiti na drugom mjestu, i da li se doista sila prenijeti s jednoga mjesta na drugo, a da se pri tom ne izgubi gotova sva.

Do sada prenosili su u velikim tvornicama silu kojega motora, na pr. kolesa na vodi ili parostroju, samo na male daljine: kolo ili parostroj stajali su ili tik tvornice ili baš u njoj samoj. Za prienos njihova gibanja upotrebljavali su remenje i koloture. U slučaju, da se upotrebljava motor sa plinom ili slapom vode, može se radnja motora prenašati kanalizacijom ili tim, da se zrak u cjevima sgusne; liepi su primjeri ovakova prijenosa sile velike radnje oko bušenja tunela u Alpama u klancu Fréjus i na Sv. Gothardu. Nu u svim se ovim slučajevima sila prenašala na veoma malu daljinu, a prienos je stajao skupocjenih radnja i instalacija. Elektricitet pak prelazi, smijemo reći, u istom momentu sa prvog dinamostroja, u kom se je rodio, na drugi ma kako daleki, u kojem će se opet pretvoriti u radnju; a za taj prienos ne trebaš ništa drugo, nego jednostavnu metalčku žicu dobro izolovanu.

Nu mogao bi tko s pravom zapitati, čemu u obće prenositi radnju kojega motora s pomoću remenja ili elektriciteta? Ne bi li bilo jednostavnije i racionalnije stvar tako udesiti, da motor sam neposredno radnju obavlja, koju od njega ištem? Ta kod električnoga prijenosa radnje trebam najprije sam motor, koji prvi dinamostroj okreće, žicu, koja vodi dobivenu struju, onda trebam još i drugi dinamostroj, koji će struju natrag pretvarati u mehaničnu radnju, a tek tu će radnju upotrebiti, da mi obavlja posao na strojevima. Zašto da ne metnem neposredno onaj prvi motor pred ove

strojeve, pa neka ih on sam tjera? Tako se doista i radi, kad god je moguće, da se motor smjesti na onom mjestu, gdje strojevi rade. Nu imade i takovih prilika, gdje je upravo nemoguće smjestiti motor na tom mjestu, pa kad ne bi bilo prienosa sile, strojevi jednostavno ne bi mogli ništa raditi. U takim je prilikama svaki prienos sile iz daleka za industriju problem upravo zlata vrijedan i rješanje ovoga problema s pomoću elektriciteta jedna je od prvih stečevina tehničkih u našim danima.

Da se doista može elektricitetom prenositi mehanična sila uspješno sa jednoga mjesta na drugo, pokazali su jur neki veoma zanimljivi primjeri u industriji. Nu prije, nego što ćemo najvažnije iztaknuti, spomenimo se sa par rieči još jednoga pitanja kod ovoga električnoga prienosa sile, koje je za praksu u velike važno. Kako utječe daljina na uspjeh električnog prienosa sile i kako mora da raste debljina žica, kad treba prenašati sve veće mehanične radnje?

Jur spomenuti Marcel Deprez izpitivao je ovu stvar pomnim pokusima, pa evo rezultata: „Možeš sa dva jednaka Gramme-ova stroja po tipu C, ako ih spojiš žicom 4 mm. debelom, prenieti čiste radnje 10 konjskih sila 50 kilometara daleko, ako je prvi motor davao radnju od 16 konjskih sila“. Dakle 65% radnje prvobitnog motora možeš elektricitetom u običnoj telegrafskoj žici prenieti 50 kilometara daleko!

Lako je pojmiti neizmjerni gotovo zamašaj ove nove porabe elektriciteta za budućnost, ako uspiju u tom, da s puta maknu sve praktične zapreke ovoj uporabi. Ne samo, da će se moći sila jur radećih motora, koji su stalno namješteni, prenositi na udaljene i na raznim mjestima razasute točke, gdje radnju baš trebamo, nego će i priličan broj prirodnih sila, od kojih danas nemamo nikakove koristi, jer su daleko od središta, gdje ljudi obitavaju, slati tisuće i milijune konjskih sila svojih na sve strane i ondje obavljati čovjeku koristnu radnju; danas je tâ gotovo neizmijerna radnja, na pr. silnih slapova za čovjeka sasma izgubljena.

Priedjimo sada na prve pokuse, koji su pokazali, da električni prienos sila nije i ne će ostati samo teoretička stvar. Spomenuli smo jur, kako je već g. 1873. na svjetskoj izložbi u Beču Fontaine prvi pokazao, da se sila doista preko dva Gramme-ova stroja može prenositi. Iza toga sliedili su pokusi Félix-a u Sermaize-u koji su upotrebili elektricitet pri radnjama gospodarskim na polju; dalje je

opet Siemens u Berlinu sagradio na tom temelju električnu željeznicu i električni tramway, a na zadnjim električnim izložbama u Parizu, Beču i Monakovu, vidio si već ukupnu sliku svih dosadanih pokusa.

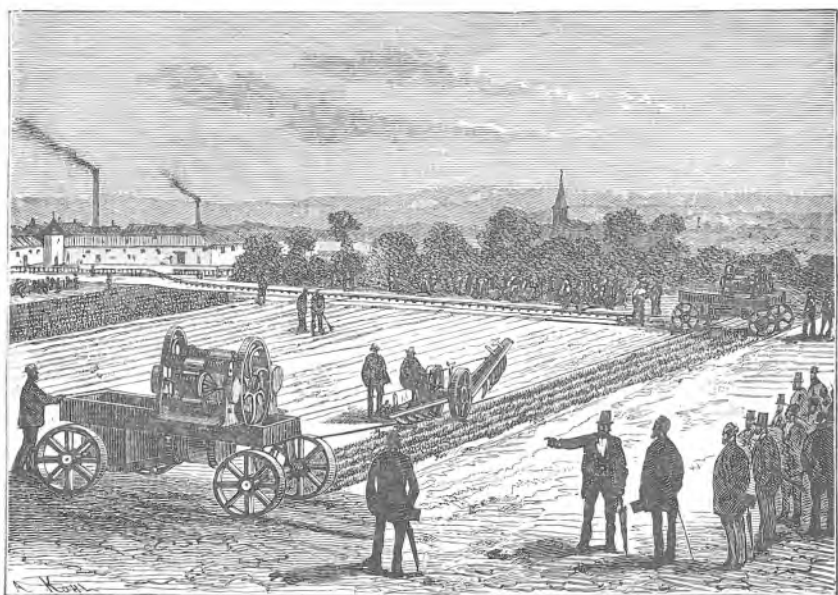
Jedan od najprvih i najzanimljivijih pokusa, gdje su u praksi kušali upotrebiti električni prienos sile, svakako je pokus mjernika Félixa od g. 1879. da s pomoću elektriciteta ore. Taknimo se toga pokusa sa nekoliko rieči.

U Sermaize-u (departement Marne) stajala je tvornica šećera. „Campagna“, t. j. vrijeme rada ovake tvornice, stegnuto je na veoma mali dio godine, na vrijeme neposredno iza žetve šećerne repe. Posljedica je tomu, da strojevi i motori, koji u tvornici rade, najveći dio godine badava stoje. Nu ovakove su tvornice šećera obično spojene i s većim ili manjim gospodarstvima, a poslovi oko tih gospodarstva padaju baš u ono vrijeme, kad tvornica ne radi. Očito je dakle, da bi bilo za tvornicu veoma koristno, kad bi mogla upotrebiti strojeve, koji joj u tvornici badava stoje, za radnje izvan nje. Nu pošto su svi strojevi stabilno namješteni, treba njihovu radnju prenašati iz tvornice na razne točke gospodarstva, gdje treba da se obavlja kakov posao. Mjernici tvornice Féliz i Chrétien pokušali su u svibnju g. 1879. da prenesu radnju parostroja svojih električnim putem na dvie strane svoga gospodarstva; najprije neka tjeraju električni plug, da ore njihova polja, a onda opet neka posebnom spravom pretovare repu, koja u ladjama dolazi do pristaništa kanala, od prilike 100 m. daleko od tvornice, iz ladja u kola.

Plug, što su ga upotrebljavali, bio je dvostruki plug sa tri noža sa svake strane, nalik na plugove, koji se upotrebljavaju kod oranja sa parom (sl. 177.). Na dva jaka kolotura, koji su postavljeni na krajevima brazda, namata se i odmata željezni konop (Drahtseil) i vuče plug na jednu i na drugu stranu preko polja. Kola sa četiri kotača, ujedno nosioci ovih kolotura, nose po dva Gramme-ova stroja, koji se gibaju uslied galvanske struje, što dolazi iz tvornice; druga dva stroja, koje tjera parostroj u tvornici i koji daju onu struju, spojena su sa kolima žicom od 30—40 četvornih milimetara proreza. Gibanje Gramme-ovih strojeva na kolima prenaša se sada lako na os kolotura pod kolima, konop se navija, i plug se miče jednim smjerom. Kad je brazda gotova, pošalje komutator struju u stroj na drugim kolima, konop se ondje navija i plug se giba protivnim smjerom.

Možda najvažnija uporaba električnoga prijenosa sile je ona, gdje elektricitet tjera jedan ili više vagona po tračnicama željeznice ili tramwaya. Siemens je u Berlinu prvi graditelj ovakovih električnih željeznica i tramwaya.

Na obrtnoj izložbi u Berlinu g. 1879. vidio je svijet prvi put električnu željeznicu Siemensovu, koja je za celoga trajanja te izložbe dobro radila. Vlak je bio sastavljen od jedne male lokomotive na četiri kolesa, koja je vukla troja kola, svaka sa šest sjedala, također na četiri kolesa. Motor te željeznice bijaše jedan Siemensov dinamo-



Sl. 177. Pokus o električnom oranju izveden u svibnju g. 1879. od Félixu u Sermaize-u.

stroj, smješten na lokomotivi. U valjak ovog stroja ulazila je galvanska struja iz jedne željezne tračnice, koja je bila položena u sredini izmedju obiju običnih tračnica i pomno izolovana; prošavši omotom dinamo stroja vraćala se struja jednom od obiju željezničkih tračnica natrag k prvomu stalno namještenom dinamo stroju, koji je, tjeran parostrojem, davao i šiljao struju u stroj na lokomotivi. Valjak se ovog stroja stao okretati, a kolesa na zubce prenašala su to okretanje na kolesa lokomotive. Kondukter ove željeznice sjedio je na

lokomotivi, lievom je rukom mogao ravnati komutator, kojim je mogao struju ili pustiti u svoj dinamostroj, dakle vlak pokrenuti, ili pak struju prekinuti, da vlak ustavi. Desnom je rukom u potonjem slučaju posebnom spravom mogao zakvačiti kotače vagona i vlak ustaviti. Srednja je brzina ove prve električne željeznice bila 2—3 $\frac{1}{2}$ m. u sekundi.

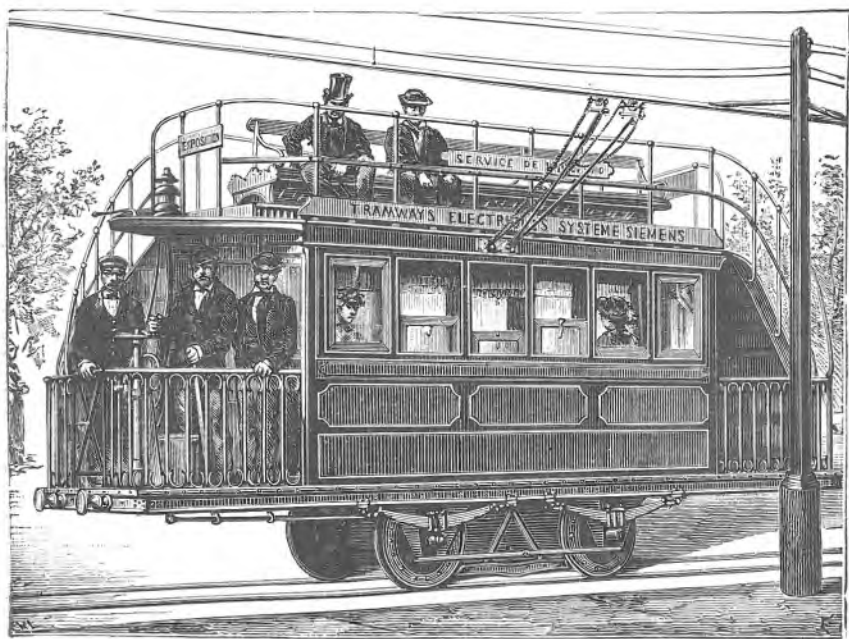
Dvie godine kasnije predao je Siemens prometu prvu električnu željeznicu, koja trajno rabi: Lichterfeldsku željeznicu. Ona vodi od kolodvora u Lichterfeldu do kadetske škole i duga je 2.450 metara. U Lichterfeldu namješten je parostroj, koji okreće prvi dinamostroj, stalno namješten uz parostroj. Željeznica se sama od prvoga pokusa u Berlinu dosta razlikuje. Nema tu više električne lokomotive, koja vuče jedan ili više vagona za putnike, nego svaka kola, u kojima sjede putnici, imaju svoj dinamostroj, namješten izpod poda kolâ. Kola se sama pak ničim ne razlikuju od običnih velikih tramwayskih kola u gradovima. Mjesta je u kolima za 26 osoba.

Kad u dinamostroj udje struja, stane se valjak vrtjeti i ta se vrtnja prenosi takozvanim Jarolimekovim vrpčama na sva četiri točka kolâ. Gdje stoji kondukter, namještena je poluga, kojom može struju iz prvog stabilnog stroja pustiti u stroj na kolima, pa tim kola krenuti, ili pak struju prekinuti i kola ustaviti.

Ciela su kola ove željeznice, kad u njima sjedi svih 26 putnika, teška 4.800 klgr. i lete brzinom od 20 kilometara na sat, a po ravnu tlu dosegne brzina i do 35—40 kilometara. Dinamo-stroj u kolima, težak 500 kilograma, razvija u tom slučaju radnju od 5·5 konjskih sila.

Način, kojim Siemens i Halske vode struju tračnicama kod Lichterfeldske električne željeznice, ne da se upotrebiti, ako željeznica ima da ide po ulicama gradskim, kad ima dakle da bude više električni tramway. U tom naime slučaju ne smiju tračnice ležati nad tlom zemaljskim poradi drugoga prometa u ulicama: kolâ, jahača i pješaka; kad bi se opet ljudi ili životinje dotakle zajedno obiju tračnica, mogla bi se kraj jakih struja dogoditi i nesreća, a napokon se kod vlažnoga vremena struja i gubi jako u zemlju. To je potaklo Siemensu, da za dovadjanje i odvadjanje struje ne upotrebi više tračnice, nego u zraku razapete žice poput brzozavnih. Prva ovako građena željeznica za trajni javni promet ide od Charlottenburga do Spandau-a 2·3 kilometra daleko.

I na električnoj izložbi u Parizu godine 1881. vozio je ovaki električni tramway ljude od trga „de la Concorde“ do istočnog ulaza u industrijalnu palaču. Na jakim drvenim stupovima razapete su željezne cievi na donjoj strani uzduž otvorene. Struja iz stabilnog stroja teče ovim cievima i s njih prelazi u električni tramway ovako: u cievima se sklize metalčki valjak (ladjica), od kojega vodi kabel u kola k jednomu polu dinamo-stroja u njima, a drugi opet kabel vodi do ladjice u drugoj šupljjoj cievi, kojom struja natrag teče u stabilni dinamo-stroj (sl. 178.).

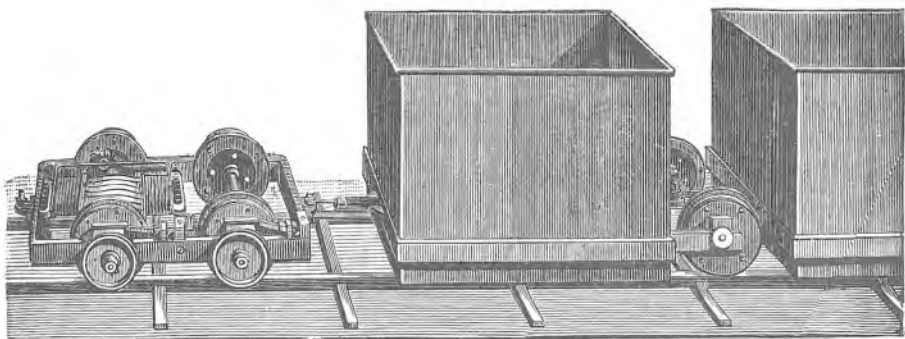


Sl. 178. Električni tramway na izložbi u Parizu po sustavu Siemensovu

Za onih 500 metara trebao je onaj električni tramway u Parizu dvie minute, išao je dakle brzinom od 17 kilometara na uru, nu mogao je ići i četverostrukom brzinom. Kad je bio pun ljudi — njih 50 — bio je težak oko 900 klgr. Linija je imala dva jaka zavoja, jedan sa polumjerom od 55 metara, a drugi 30 metara; jedna se partija linije dizala za 2 cm. na 1 metar. Radnja je stroja bila poprieko 3·5 konjskih sila na ravnu, a 7·5 konjskih sila na zavojima i 8·5 konjskih sila uz brdo.

Od godine 1883. ide ovakova električna željeznica od Mödlinga kraj Beča do Brühla preko 3 kilometra daleko. Kola i dinamo-strojevi gradjeni su kao kod Lichterfeldske željeznice. Za tjeranje prvog stabilnog dinamo-stroja upotrebljavaju se dva lokomotiva po 12 konjskih sila, eventualno stalna lokomotiva sa 120 konjskih sila.

Električna se željeznica i električni tramway sve više šire po svijetu, napose po većim gradovima, gdje nadomještaju tramway sa konjima i tramway sa parom. Za javni je naime promet po ulicama veoma velik dobitak, kad se po njima ne giba lokomotiva sa svojom vatrom, dimom, parom, ugljenom i drugim otpadcima kod loženja. Svega toga nema kod električne željeznice, gdje parostroj stabilno stoji na zaklonjenu mjestu.



Sl. 179. Električna pošta.

Po gotovu će pak mah preoteti električne željeznice u gradovima, gdje će biti od potrebe, da se grade pod zemljom. Dinamo-strojevi, koji daju struju za željeznicu, ujedno će davati i električno svjetlo za tunele.

U red električnih željeznica, dakako u malom, ide i prijedlog, da se u gradovima uvede, mjesto pneumatičke, električna pošta (sl. 179.), za prenašanje pisama i paketa. Predložili su to Siemens u Berlinu i Ch. Bontemps u Parizu, gdje su i pokusi izvadjani pod ravnanjem Deprezovim. Lokomotiva Deprezova i mali poštarski vlak Siemensov bili su jur izloženi g. 1881. u Parizu. Ovaj je vlak imao sprieda električnu lokomotivu, koja je na 4 točka nosila mali dinamo-stroj Siemensov. Struja je u nju dolazila po tračnicama i toč-

kovima i kad se stala gibati, vukla je za sobom vagone na 4 točka, u kojima su pohranjena bila pisma i paketi. Po računu Deprezovu bilo bi 12 konjskih sila dosta, da električna pošta prenosi pisma i pakete po cijeloj podzemnoj mreži grada Pariza; danas obavlja to pneumatička pošta sa 120 konjskih sila.

Mogli bismo još priličan broj primjera nanizati za ovu sasmanovu i liepu porabu električnih sila, odkad je Gramme sagradio svoje velike dinamo-strojeve. Nu hrlimo kraju i iziđemo samo još zaista čudni prizor, koji se neobično dojmio svakoga posjetnika zadnjih velikih električnih izložaba: velika množina strojeva, orudja svake ruke, strojevi za blanjanje, tkanje, vezenje, šivanje i t. d. radili su dan i noć, a tjerala ih je — nevidljiva sila!

XIV.

Razne uporabe elektriciteta.

*Električno zvonce od Brégueta. — Ansellov indikator. — Električno pero Ediso-
novo. — Elektricitet u liečničtvu. — Elektricitet u meteorologiji; Secchijev
meteorograf. — Elektricitet u ratu. — Torpedo i palenje minā. — State-
hamov aparat. — Bréguetov aparat. — Chazalov aparat za palenje torpeda.
— Ravnanje urā elektricitetom. — Elektricitet tjera uru. — Garnierova
električna ura — Hippova ura. — Hronoskop Wheatstoneov.*

Prije nego zaključimo opis djelovanja električnih sila, sjetiti nam se još nekih uporaba ove tako blagotvorne za čovjeka sile; mislimo neke uporabe u kući, u obrtima u znanostima i u ratu, koje bi u bližnjoj budućnosti mogle doseći do velike savršenosti i važnosti za društvo ljudsko. Ni s daleka ne izcerposmo ni tim priegledom sve jur učinjene pokuse u tom smjeru: naša je nakana, da čitatelja upoznamo tek s onima, koji nam se čine najvažniji i najzanimljiviji.

Da počnemo s elektro-magnetičnim zvonceom ili domaćim telegrafom. Kad smo opisivali telegrafe, iztakli smo, da se pozornost činovnika, koji prima depešu, vraća na dolazak njezin znakom, što mu ga daje zvonce, smješteno u njegovoj sobi. I kod telefona se upotrebljava ovo zvonce, a u novije se vrijeme već prilično razširilo po svijetu svagdje, gdje treba da se u daljinu davaju signali: u kućama privatnim, u hotelima, u tvornicama, na željeznicama i t. d. Red je dakle da upoznamo, kako su ta zvonca građena i kako prenose u velike daljine određene signale.

Najviše upotrebljavaju danas elektro-magnetično zvonce od Brégueta (sl. 180.), jer je veoma jednostavno.

Malim stupčićem *A* ulazi struja ma kojega elementa galvanskoga u omot elektromagneta i prošavši oko njega prelazi u držak batića *B M*; taj batić, dakako od kova, leži na peru *R* i preko ovoga teče

u zvonce; izпустиš li kopču, krajevi su se žice razstavili i struja ne može da teče u zvonce. Prema tomu dakle, kako dugo držiš kopču pritisnutu, trajat će i zvonjava zvonca na udaljenom mjestu, a pritisneš li izmjenice i izпустиš kopču tipka, dobit ćeš na zvoncu po tvojoj volji odredjen broj kratkih udaraca.

Nalik na ovo elektromagnetično zvonce su i električna zvona na željeznicama, koja uzduž ciele pruge javljaju odlazak vlaka jasnim udarcima zvona. Činovnik na postaji, iz koje odlazi vlak zavrti mali magneto-električni stroj i pošalje tim kratku struju, koja obidje u svakoj stražarnici elektromagnet sa zvoncem; ovaj privuče kotvicu i tim se otvori tečaj ure, tjerane utezom, koja opet batić potjera izmjenice na dva zvonca jedno uz drugo. Kad se kolo ure jedan put okrenulo i tim dalo ugovoreni broj udaraca, obustavi klin uru, dok ju opet nova struja ne potjera.

Osim poraba električnoga zvonca u tvornicama, gostionama, javnim uredima i na željeznici, vriedno je, da se spomenemo još jedne njegove uporabe u rudara. Za radnike u ugljenim rudama velika je pogibao u tom, što se mogu iz ugljena samoga razvijati razni plinovi, koji ih ili uguše ili se zapale, čim im se primaknu svjetiljkom, pa tako postaju one silne eksplozije u rudama, koje su već toliko ljudi progutale.

Ansell je izumio aparate, koji sami navieštaju radnicima, da se spomenuti plinovi u rudama razvijaju i tim odklanjaju pogibao života. Osnova, na kojoj su gradjeni ti aparati, jest ova. Ako su u dvima prostorima, razdijeljenima šupljikavom stienom na pr. mjehurom, dva različita plina, probija polako i jedan i drugi plin kroz stienu, pa se plinovi u objema prostorima pomiešaju. Nu ova se selitba plinova kroz šupljikavu stienu ne obavlja s obiju strana jednako: lakši plin probija stienu brže i učini, da tlak plinova sve više raste u prostoru, gdje je bio gušći plin.

Ansellov indikator (dojavljač pogibli) (sl. 181.) prema tomu imade ciev dva puta zavinutu u pravi kut; na jednoj se strani širi poput lievka ciev u oveću posudu, koja je zatvorena šupljikavom pločom *m*. U cievi je živa, koja je u normalnim okolnostima u objema cievima jednako visoka, pa se ne dotiče kovnoga šiljka *f*, spojenoga sa jednim polom galvanske baterije, dočim je živa u cievi spojena sa njezinim drugim polom. Metneš li ovaj aparat u rudnik, pa kupi li se oko njega kakov pogibeljni plin, koji je lakši od zraka, a takovi i jesu plinovi, što se dižu iz ugljena, ući će kroz šupljikavu

ploču m više ovoga lakoga plina u posudu, nego što će zraka iz nje izići: povećani će tlak potisnuti živu u desnom kraku nešto u vis i ova će se taknuti šiljka f , tim skopčati tečaj struje, u koju je upleteno elektro-magnetično zvonce, koje će neprestano zvoniti, dok je pogibelnih plinova u rudniku.

Da ti indikator javi i prisutnost težih od zraka plinova, koji su opasni za život radnika na pr. ugljičnu kiselinu ili sumporov vodik, možeš namjestiti nalik na ove aparate, samo treba da je kovni šiljak na protivnoj strani.

Poraba je električnog zvonca danas već veoma raznovrstna i razgranjena. U hotelima na pr. nije dosta, da se zvoncem daje signal, koji dozivlje stanovitu osobu, nego treba, da dotična osoba znade, iz koje ju sobe zovu; zato ćeš ondje vidjeti uz električno



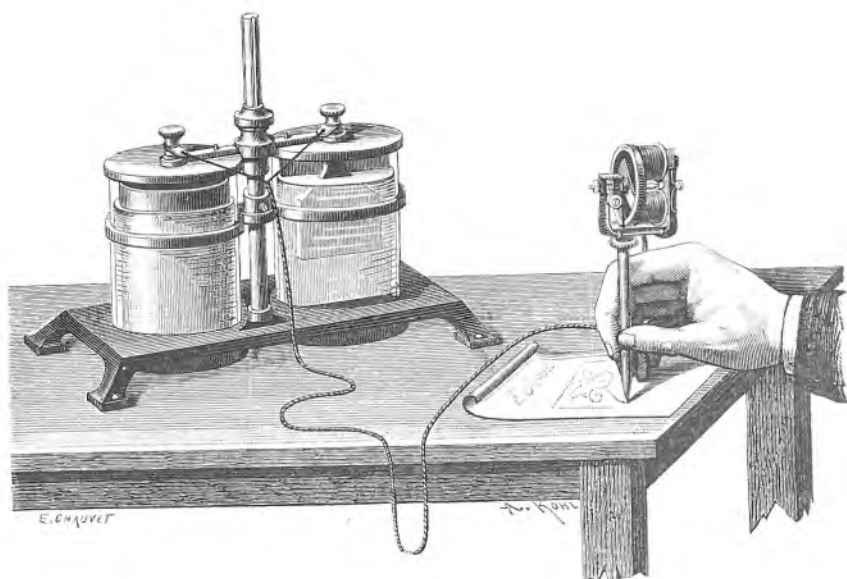
Sl. 181. Ansellov dojavljač pogibli ili indikator.

zvonce tableau-kazalo; struja, koja prolazi zvoncem, ide ujedno i oko elektromagneta u tableau-u; ovaj privuče svoju kotvicu i pod staklom ti se pokaže broj sobe, iz koje je struja pošla; svakoj sobi dakako pripada posebni elektromagnet u tableau-u.

Mnogo se upotrebljavaju danas i automatični aparati, koji u odredjenoj sobi sami javljaju dolazak i odlazak ljudi u drugoj udaljenoj sobi, otvaranje i zatvaranje vrata ili prozora, koji u vatrogasnoj centrali javljaju, da je buknila vatra u kojoj od javnih zgrada, spojenih sa centralom i t. d. Nu kako su svi ovi aparati osnovani na opisanom ovdje načelu, mi ih se ne možemo ovdje pobliže taknuti.

Električno pero Edisonovo (sl. 182.). To je veoma umno sagradjen aparat, koji možeš s velikim uspjehom upotrebiti, kad treba da napraviš veći broj kopija kakovoga pisma. Upotrebjavaju ga danas u velike državni uredi u Americi i mnogi industrijalci. Slika ga naša pokazuje, gdje baš pravi prvi rukopis ili maticu.

Na gornjem kraju pera vidiš mali elektromotor 4 cm. visok a 2 cm. širok, poput onih, što smo ih prije opisali. U vilici je elektromagnet, a pred njim je malo kolo, koje poprieko nosi sitan



Sl. 182. Električno pero Edisonovo.

trajni magnet. Na osi kola smješten je komutator, koji smjer struje dva puta preokrene, dok se kolo jedan put okrene. Kad udje struja u elektromagnet, postaje on magnetičan i kolo se stane vrtjeti, jer se polovi u njem smještenoga trajnoga magnetića postavljaju pred protivne polove magneta; nu u to komutator promieni smjer struje; prije protivnoga imena polovi, koji su si stajali nasuprot, sada su polovi istoga imena, pa se odbijaju i kolo se dalje vrti. Kako se ova izmjena polova neprestano zbiva, vrti se i kolo neprestano pred elektromagnetom sa dosta velikom brzinom: 65 okretâ u se-

kundi. Iz držala pera izlazi tanak štap, koji struže ob os vrtećeg se pola, pa se s toga izmjenice diže i spušta. Na donjem je kraju toga štapa pričvršćena oštra igla, koja iz držala samo 0·2—0·3 mm. izlaziti može.

Vodiš li ovo pero po običnom papiru rukom, naći ćeš u papiru, kad ga okreneš prama svjetlu, zabilježene sve poteze svoje, kao niz veoma malih rupica u papiru. Dobio si tim načinom maticu ili patronu; ovu položiš na drugi list papira, pa valjkom napunjenim bojom priedješ preko matice. Boju protisneš tim kroz rupice i na podmetnutom papiru ti se pokaže posvema točna i jasna kopija tvoga rukopisa. Ovim su načinom jur mogli sa jedne matice skinuti 4.000—5.000 kopija.

Za tjeranje elektromotora dostatna su već 2 elementa, koji su eno i u našoj slici naslikani.

Elektricitet u liečničtvu. Što vriedi elektricitet kao liek, o tom suditi nije naša: to će pitanje riešiti liečnici, koji će sakupiti dovoljan broj podataka, po kojima će odlučiti, gdje je elektricitet na mjestu kao liek. Danas se mnienja o tom još dosta razilaze, nu većina liečnika kao da misli, da električna struja u mnogim slučajevima blagotvorno djeluje na živee, i već kraj dosta slabe se struje osjeća to djelovanje, s toga su već davno slutili, da bi ovi trzaji gdjekada mogli kao liek djelovati, pa su već za rana uveli elektricitet u medicinu.

S početka su dakako upotrebljavali samo trzaje Leydenske boce: nu kad su nakon obreta Galvanija i Volte, a još više nakon obreta indukcije saznali, da je trzaj od Leydenske boce doduše veoma jak, nu da je množina elektriciteta, koja tielom teče, veoma malena prema množini elektriciteta, što ju daje trajna galvanska struja, napustili su liečnici posvema Leydensku bocu. Danas upotrebljavaju samo galvanske baterije ili pak induktorije raznih konstrukcija; ovi aparati šalju u tielo ili prvu induciranu struju ili koju drugu iz nje izvedenu.

Što je u pojedinim slučajevima bolje: slati u tielo prvobitnu struju baterije same ili pak struju, što ju ova budi u induktoriju, ili možda tek drugu ili treću struju, što ju opet ova već inducirana struja može probuditi, to su pitanja, kojima se od davna zanimaju fiziolozi, pa se i sve više primiču konačnu riešenju njihovu.

Kad trebaju trajnu struju baterije, upotrebljavaju obično elemente od cinka i ugljena u raztopini od sulfata žive: trideset takovih

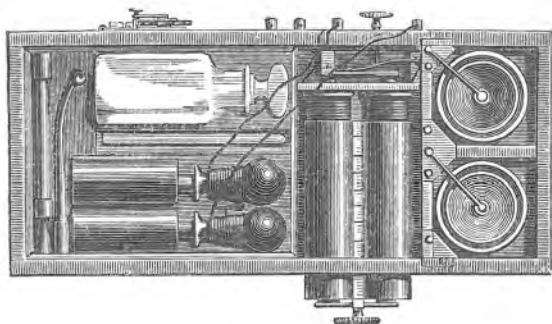
elemenata daje već dosta krepku struju. Za porabu su veoma spretne i galvanske baterije, što ih je sagradio Pulvermacher u obliku lanca: svaka je karika u tom lancu jedan galvanski element. Svaki je element sastavljen od drvenog valjka, na kojem su urezane dvije zavojnice; u zavojnice dolaze po jedna žica od cinka i bakra, koje više puta obilaze oko valjka, ali se nigdje ne dotiču. Oba kraja bakrene žice, namotane na jednom valjku, spoje se krajevima žice od cinka, namotane na drugom valjku, i tako su elementi spojeni u bateriju, kojoj su krajnji članovi učvršćeni o dva držka. Kad treba bateriju upotrebiti, položiš ju neko vrijeme u vinski razriedjeni ocat, koji se upije u drvo i tim postaje tekućinom elemenata; bolestnik uhvati zatim u ruke oba držka pa tako spoji oba pola baterije, i struja mu neprestano teče tielom. Prije su mislili, da su osjetljivi trzaji tiela potrebni za djelovanje struje kao lieka, pa su u držke uplitali posebne sprave, koje su struju svaki čas prekιδale i spajale; nu danas naginju više nazoru, da već i mirna struja dosta djeluje i da je prekιδanje samo suvišno mućenje bolestnika.

Aparata u liečničke svrhe, koji upotrebljavaju induciranu struju, imadu dvie vrsti: u jednim se inducirana struja budi magnetom, u drugima pak galvanskom baterijom; čini se, da struja jednih i drugih jednako djeluje na tielo. U prvu vrst idu jur prije opisani magneto-električni strojevi od Pixiija, Clarke-a i Stöhrera, kod kojih se pred polovima jakoga magneta vrte valjci od meka željeza, omotani žicom: u toj žici probudjene struje teku u držke i odovud u tielo.

Aparati druge vrsti opet niesu ništa drugo nego Ruhmkorffovi induktori malih dimenzija, koji su za porabu spretno udešeni i obično imadu pravu, kojom možeš naravnati po volji jakost induciranih struja. U slici 183., koja pokazuje takov aparat, vidimo na desnoj strani ponajprije dva mala galvanska elementa, kod kojih se upotrebljava bisulfat žive kao tekućina. Iz ovih elemenata teče struja u dva valjka omotana žicom, u koje je još utaknut po jedan štap od meka željeza; iz ovih se valjaka vraća struja preko posebnog interruptora (prekιδača) natrag k drugomu polu baterije. Prekιδač sam struju svaki čas prekιδa, te žicama na valjcima teče cio niz zasebičnih časovitih struja. Na ove je žice namotan drugi sloj veoma tankih žica, od prvih izolovan, i u tima se budi inducirana struja svaki put, kad se struja u prvoj žici prekine ili skopća; krajevi

ove tanke žice spojeni su sa ručicama, koje vode inducirane struje u tielo. Na jedan i na drugi su valjak nataknuti šuplji bakreni valjci, koje možeš šarafom nataknuti na valjke ili opet s njih odvući. Dok su bakreni valjci nad omotima žice, bude se i u njima indukcijom struje, koje su protivne strujama probudjenim u namotanoj tankoj žici, pa ih s toga vrlo slabe: aparat u tom slučaju daje vrlo slabe struje; struje bivaju to jače, što više povlačiš bakrene valjke sa omota: možeš dakle doista po volji urediti jakost induciranih struja.

Nu još nam se taknuti i druge strane, s koje elektricitet sve više ulazi u liečničstvo. Imade kirurškičkih operacija, koje su znatno olakšane, otkada upotrebljavaju elektricitet. Gastona Planté-a akumulatori n. pr. veoma su zgodni po svojim učincima topline za kauteriza-



Sl. 183. Elektro-liečnički aparat sa indukcijom po Ruhmkorffu.

ciju (t. j. palenje žive kože ili mesa razžarenom žicom) kod kraćih operacija. Planté je u tu svrhu posebno uredio svoj akumulator za prenašanje u škatulji, koja nosi dva metalčka štapa spojena sa polovima akumulatora, s kojih vode žice do aparata za kauterizaciju.

Kad je akumulator jedan put napunjen elektricitetom, može i više operacija izvesti jednu za drugom. Doktor je Onimus na pr. god. 1873. mogao ovakovim akumulatorom sedam ili osam puta izvesti kauterizaciju suzne žliезде (glande lacrymale).

I u zubarstvu rado se upotrebljavaju galvanskom strujom razžarene žice od platine, da lieče neuralgije i da izvedu razne operacije na zubima.

I električno si je svjetlo napokon prokřilo put u medicinu. Često je naime potrebno, da se baci nešto svjetla u šupljine čovje-

čjega tiela, kad ih treba pregledati ili liečiti. Na dva se načina to može uraditi: ili se sunčano svjetlo ili svjetlo kakove svjetiljke baci zrealima u dotičnu šupljinu ili se pak sâm izvor svjetla smjesti u šupljini. Ovaj se drugi način može izvesti samo s električnim svjetlom i to sa žarnicama. Treba li na pr. razsvietliti želudac čovječi, ne bismo smjeli, a ni mogli tako lako upotrebiti jednostavnu žicu od platine, u koju bismo, kad je već smještena u želudcu, poslali galvansku struju, da ju razžari, jer ovakova bi žica ne samo svietlila nego i grijala želudac. Da odklone štetonosni dojam ove topline, zatorili su žicu od platine u ciev, a ovu su utakli u drugu posudu, kojom neprestano teče voda. Hladna voda odvodi toplinu i cieli aparat ostaje hladan. Prema anatomskoj konstituciji tiela ovaj je aparat za razsvjetu želuca (gastroskop) na jednom mjestu nešto zavinut, pa s toga su na tom zavoju u cievi smještena dva staklena bridnjaka, koji svjetlo dva puta odbijaju, te oko, koje odozgo gleda, ipak vidi želudac.

Elektricitet u meteorologiji. Jedna je od najstarijih, ali ujedno i jedna od najmladjih grana prirodne nauke meteorologija ili nauka o pojavima u zraku: jedna od najstarijih, jer je čovjek, u brizi za prirod obradjene zemlje, već za rana morao baciti oko na promjene u atmosferi i kupiti podataka, po kojima bi mogao unapried pogoditi, kakovo će doći vrijeme; jedna od najmladjih, jer je prošlo tek nekoliko godina, što su ovomu motrenju udarili znanstveni temelji.

Pojavi su u zraku veoma zamršeni, pa nije čudo, da se je teško dovinuti zakonima, koji za stalno i ovdje vriede, kao svagdje u prirodi. Elementi, iz kojih se slaže ukupna slika ovih pojava, jesu: tlak zraka, temperatura zraka u raznim slojevima njegovim, temperatura tla i vode, vlaga, jakost i smjer vjetrova, množina vode, koja je pala iz zraka. Sve te elemente treba uztrajno i marljivo motriti u što više mjesta zemaljske kruglje, hoćemo li da dobijemo jasnu sliku, kako se mienjaju po mjestu i vremenu. Učenjaci, koji se bave tim izpitivanjem, odredili su s toga, osobito pobudom zaslužnoga fizika Dove-a, stalne ure dana i noći, kada se na svakoj postaji motre i bilježe ovi elementi (obično tri puta na dan: u 7 sati u jutro, 2 sata po podne i 9 sati na večer.). Jedino se tim načinom polako dovijamo zakonima, po kojima se mienja vrijeme, ali je i to jasno, da ćemo se cilju to sigurnije dovinuti, što su bliži rokovi, u kojima motrimo navedene elemente, pa kad bi bilo moguće u

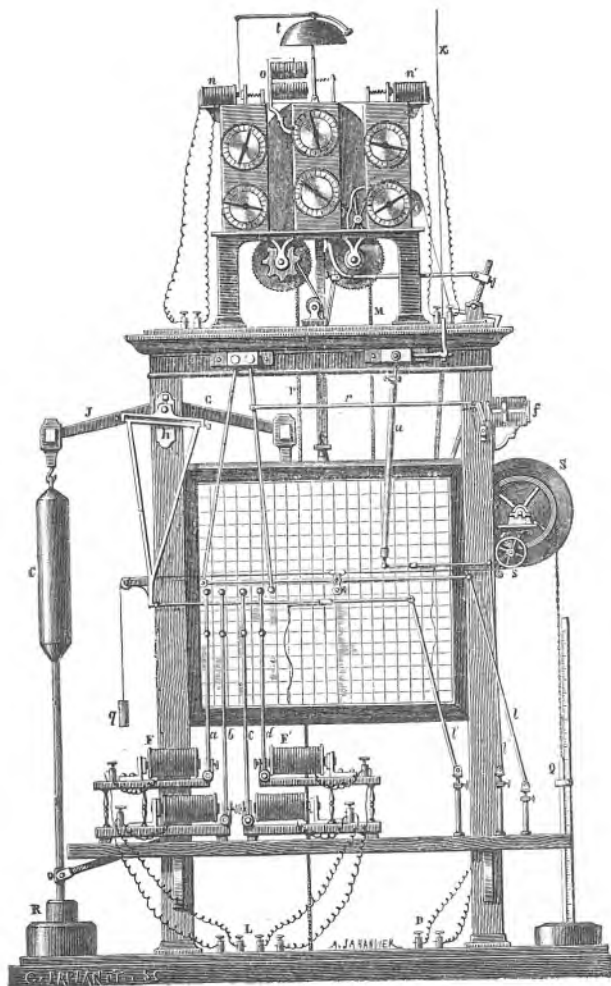
mnogim mjestima ponamjestiti instrumente, koji neprestano i sami bilježe sve promjene u vremenu, bila bi to najveća dobit za znanost. Instrumenti ovi treba da sami bilježe, jer motritelj ne može nikako da stoji dugo vremena kraj svoga aparata, na pr. termometra (toplomjera) i barometra (tlakomjera), pa da neprestano bilježi promjene: a koliko bi to i vremena i novca progutalo, ni ne osvrćuć se na jednoličnost posla, koja ubija duh! Motritelj dakle može direktno čitati i zabilježiti stanje svojih aparata samo na određene ure dana, a između ovih rokova ostaju praznine, koje bi trebalo u interesu meteorologičke znanosti što bolje popuniti.

Misao ovakovih instrumenata, koji sami bilježe sve pojave u zraku, nije ni nova. Jur je god. 1782. Magellan sagradio takav meteorograf, osnovan sasvim na mehaničnom temelju. On se nije u praksi mogao održati, pa su s toga kasnije pokušali, ne bi li mogli fotografiju povući u službu meteorologije, t. j. ne bi li na fotografični papir mogli baciti povećanu sliku vrška žive n. pr. u barometru i termometru i t. d. Ovaj je način dakako mnogo skuplji, jer moraš dodati aparatu uru, koja neprestano odmata osjetljivi papir fotografički, kako bi slike uvijek padale na drugo mjesto papira. Skupoća ovih aparata, a donekle i nejednaka osjetljivost fotografičnog papira, učiniše, da su i ovaj način neprestanog bilježenja meteorologičkih pojava gotovo sasvim napustili, pa danas upotrebljavaju izključivo aparate, u kojima radi električna struja.

Prije nego se taknemo nekih ovakih aparata, koji sami bilježe meteorologičke elemente uz pomoć struje, iztichemo obćenito o njihovu načelu, što sliedi. Svaki aparat, kojemu je namjena, da sâm bilježi promjene, nosi šiljak, koji mienja svoje mjesto prema stanju aparata samoga; izpred toga se šiljka neprestano odmata papir i taj se u određenim rokovima (na pr. svakih 10 časaka) sâm pritisne o šiljak i ovaj utisne u papir točku; po visini, u kojoj se načinila točka, znadeš, što je pokazivao u onom času dotični instrument. Papir odmata posebna ura, a pritisnu ga u određenim rokovima na šiljak električne struje, koje se takodjer svakih 10 časaka skopčaju uz pomoć elektromagneta.

Po ovom je načelu glasoviti o. Secchi spojio u jednu cjelinu više meteorologičkih aparata, koji su sami svakih 10 časaka bilježili na papiru gotovo sve meteorologičke elemente i to bijaše prvi električni meteorograf, koji je na Parižkoj izložbi g. 1867. dobio prvu nagradu. Slika nam 184. pokazuje ovaj znameniti in-

strumenat. Na čelu mu vidiš uru, koja pomiče papir i u određenim rokovima skapča struju, da pritisne papir o šiljke pojedinih aparata. Na prednjoj strani vidiš tablu, gdje se registrira stanje barometra,



Sl. 184. Meteorograf od Secchi-a.

suhog termometra, mokrog termometra i sat, kad je padala kiša. Ova se tabla odmota za dva dana i pol i pokazuje onda lepo razvijene krivulje, po kojima možeš u sitno pratiti promjene navedenih

meteorologičkih elemenata u iztanutom vremenu. Na tabli s druge strane nadješ zabilježene jakost i smjer vjetra i stanje kovnoga termometra; pače podatci o barometru i o kiši još su jedan put zabilježeni. Ova se tabla odmota za deset dana i daje ti jednim mahom priegled svih promjena u onim elementima, pak ih možeš sada veoma lako sravnjivati i ocieniti utjecaj jednoga na drugi.

U međunarodnoj električnoj izložbi Parižkoj god. 1881. vidjao se drugi znameniti električki meteorograf u odsjeku belgijskom, što ga je izložio Van Rysselberghe. On radi već od god. 1879. na meteorologičkom observatoriju u Bruselju i bilježi svakih deset časaka: 1. suhi termometar, 2. mokri termometar, 3. kišomjer, 4. vjetarnicu, 5. barometar i 6. brzinu vjetra.

Ne dostaje nam mjesta, da se upustimo u potanji opis ovoga i drugih meteorografa ili meteorologičkih posebnih instrumenata, koji se n. pr. upotrebljavaju samo za bilježenje tlaka zraka (barometrografi) ili samo za bilježenje temperature zraka (thermometrografi) i t. d. Iztičemo samo, da su svi gradjeni uz bitno sudjelovanje električne struje. Spomenuli bismo ipak još krasni meteorograf-štampar od Theorella, što ga je kupio od obretnika za 12.000 for. bečki meteorologički centralni zavod. Ovaj aparat bilježi svake četvrti ure sve meteorologičke elemente na papiru, ali podatke odmah naštampa u običnim brojevima.

Ovaj će način meteorologičkoga motrenja naše znanje o pojavima i zakonima u atmosferi za stalno veoma unaprijediti. Razni sustavi ovakvih meteorografa rade danas već u najvažnijim observatorijima: u Kevu, Greenwichu, Bruselju, Rimu, Bernu, Parizu i Beču. Kad budu jednoč ovakove stacije ponamještene po čitavoj kruglji zemaljskoj, na kontinentima i na otocima, kad budu rezultati ovakih dugotrajnih i točnih motrenja pretreseni, dobit ćemo sve točnije i točnije izraze za zakone, po kojima se naša atmosfera giba, i za pojave, kojima je sielo ovaj uzdušni ocean naše zemlje.

* * *

Elektricitet u ratu. I u operacije vojničke prokrčio si je put elektricitet na trojaki način. Jedan je od prvih uvjeta ratnomu uspjehu, da se viesti za vremena odpreme od jednoga odjela vojske do drugoga, a tomu nema boljega sredstva od električnoga telegrafa. U koliko u tu svrhu mogu poslužiti telegrafske linije,

koje upotrebljavaju u obćenitome prometu, mi o toj stvari ne bismo ovdje imali ništa nadovezati na ono, što smo jur iztakli opisujući razne sustave telegrafske. Nu vojnička je uprava pošla još dalje, pa je stvorila posebnu vojničku ili ambulantnu telegrafiju, o kojoj nam je dužnost izvijestiti naše čitatelje. Prvi su bili Francuzi god. 1857., koji su uveli kod svoje vojske osobitu službu vojničke telegrafije. Njemačke čete u ratu od god. 1870. i 1871. imale su za celoga rata telegrafske odjele, koji su izvrstno bili uvježbani u polaganju linija za ratne svrhe i u porabi aparata. Ovi telegrafi niesu upotrebljavani lih u svrhe ratne, nego i za dobavu svega ratnoga materijala. Evo što pripovieda o Pruskoj vojničkoj telegrafiji za vrieme rata od g. 1870. Tenant u svom djelu u telegrafima:

„U Prusiji su vježbali još za vrieme mira velik broj činovnika civilnih u telegrafiji za vojničke svrhe. Čim se započeo rat, bilo je 300 telegrafista, spremnih na put sa avant-gardom vojske i odmah je bio načinjen telegrafski savez sa arriére-gardom. Sbor telegrafski upotrebljavao je Morse-ove aparate. Odio, što je pratio avant-gardu, nosio je sobom lake stupove i bakrenu žicu, ali je uzporedito upotrebljavao i kabele položene na zemlju ili takodjer viseće u zraku prema potrebi službe. Aparati Morse-ovi bijahu od prilike tako teški kao oni u civilnoj službi.

Drugi je odio sagrađio na malim stupovima nešto stalniju liniju, koja je služila samo za to, da se može nabavljati iz Prusije živež i municija ratna. Treći odio telegrafista, sljedeć arriére-gardu pri njezinu napredovanju na francuzkom zemljištu, pretvarao je privremene linije drugoga odjela u stalne, sa istom snagom i istim dimenzijama, kako ih upotrebljava vlada. Korist se telegrafa osobito pokazala za obsjedanja gradova i tvrđava. Krug dugačak 150 km. telegrafskih žica opasao je Pariz i lako je razumjeti, da ovaj veliki prostor nije mogao biti pun vojnika. Dvie su linije u zraku takodjer bile načinjene iza dohvata francuzkih projektila. Svaka je nosila po četiri žice uzpostavljajući tim svezu izmedju 24 postaje. Njemački je car Moltkeu izrazio mnijenje, da bez telegrafa ne bi bilo moguće izvesti opsadu Pariza ni tako dugo podržavati opsadu Metza.

Druga se prednost telegrafa pokazala u dobavi i razdiobi materijala ratnoga telegrafskim putem. Sva je hrana ove silne vojske dobavljena iz Njemačke, jer je u posjednutim zemljama ne mogoše dosta naći.“

Danas je služba vojničke telegrafije već uređjena kod svih vojska evropskih, u Francuzkoj, Austriji, Englezkoj, Italiji, Ruskoj i t. d. Na električnim su se zadnjim izložbama vidjeli modeli aparata, kolâ i u obće svega materijala, kako su ga u te svrhe primile države. Uredba vojničke telegrafske linije obuhvaća tri posla: prienos i odmatanje žice, namještanje stupova, ako je linija u zraku, i uredbu postaja. Amerika i Švedska upotrebljavaju za razne objekte telegrafska troja kola: jedna nose žice ili kabele, druga stupove sa izolatorima, a treća aparate za postaje. Belgija ima jedna kola, ali samo za slučaj, da liniju polaže izravno na tlo, bez stupova; i ta su kola razdijeljena u troje.

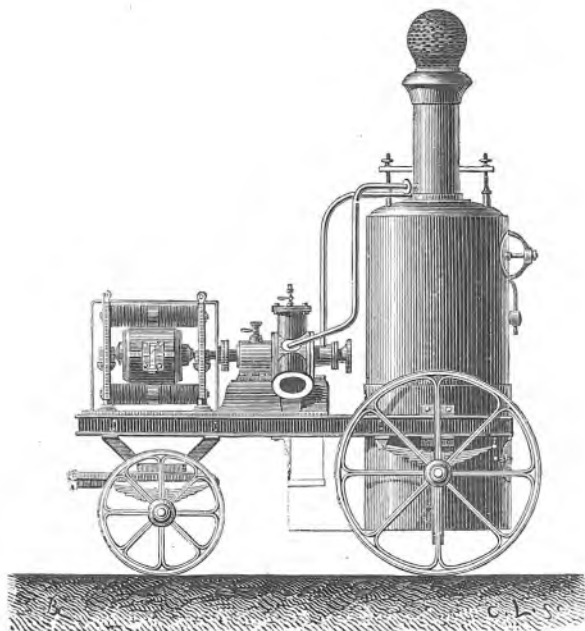
Opisivati, kako se ovakove vojničke linije što brže grade, kakovi su razni aparati (u glavnom upotrebljava se Morseov telegraf) gradjeni za osobite svrhe vojničke, ne može biti zadaćom ove knjige. Iztičemo tek, da je Francuz Trouvé za korespondenciju na male daljine sagradio sustav vrlo dobro zamišljenih aparata, koji bi se mogao nazvati letećim telegrafom, jer ga vojnici sami lako prenašaju s jednoga mjesta na drugo. Uz stalne vojničke linije mogao bi u ratu ovaj sustav, osobito s toga, što su aparati veoma jednostavni, važnu službu obavljati. U tom sustavu čine jedan častnik ili podčastnik i jedan vojnik dvie postaje telegrafske. Svaki njih nosi bateriju i jedan aparat za primanje i šiljanje depeše. Liniju čini kabel sa dvie žice, koji je namotan na valjku, smještenom na vilici, koju vojnik nosi na leđima poput običnoga telećaka.

Nije međjutim telegraf jedina uporaba elektriciteta u ratu. Već prije taknuli smo se, opisujuć aparate za električno svjetlo, velikih projektora, što ih upotrebljavaju na velikim brodovima, da bace snop žarkih trakova električnoga svjetla na koju mu drago točku horizonta, pa da tako razsvietle stazu, kojom plove i da opaze za vremena mogući sukob. U vrijeme se rata ovi isti aparati mogu upotrebiti za rekognosciranje, za operacije po noći, bilo na kopnu ili na moru, i za davanje ugovorenih znakova.

Posebna je služba ovakova bila uvedena za opsade Pariza godine 1871. Foucaultove su regulatore upotrebljavali, da dobiju električno svjetlo. Ne imajuć dosta Gramme-ovih strojeva, morali su upotrebiti struje od baterija Bunsenovih po 50 elemenata. Samo svjetionik u reduiti na Montmartre-u dobio je potrebnu struju od magneto-električnog stroja. Ovaj je svjetionik svojim tracima svjetla očistio visoravan Argenteuil i njegovi su traci dosegli do redute

Orgemont, 10 kilometara daleko u pravcu. Niemci su više puta pokušali, da noću narupe na francuzke utvrde: električno je svjetlo vjerno stražilo.

I obsjedatelj i obsjednuti s velikim uspjehom mogu upotrebljavati električno svjetlo kod svih ratnih operacija noćnih: da uhvati sliku nove utvrde, da pošalje topove noću na određeno mjesto, da ga neprijatelj ne iznenadi pred njegovim šancima, treba da neprestano razsvjetljuje onaj kraj, gdje bi se to moglo dogoditi. Razsvjeta boj-



Sl. 185. Lokomobil sa električnim svjetlom u ratu.

noga polja, prolom utvrde za vrijeme navale istu takodjer trajno i jako svjetlo, kakovo nam samo može dati elektricitet.

Za slučaj, da treba razgledavati noću okolicu, da uhode razmještaj neprijatelja, namjestili su Gramme-ov stroj i mali lokomobil na kolima (sl. 185.), a uza stroj je smještena i električna svjetiljka sa projektorom.

Fontaine pripovijeda o takovom stroju, koji je bio za opsade Pariza na Mont-Valerien-u: „Upotrebljavajući Gramme-ov stroj, koji daje do 2.500 svieća, vidjeli su motritelji, koji su stajali kraj projektora, gi-

banje vojske, kuće i kola 5.000 metara daleko; na 2.700 m. mogao si razpoznati vojnike i razabrati, kako se bore na bajonete.“

U pomorskom ratu upotrebljavaju električno svjetlo s jedne strane, da sa brodova razsvietle ciele gradove ili tvrđjave, a s druge strane, da na pučini morskoj za vremena opaze, da im se primiču brodovi, koji nose tako opasne torpede. A trebaš li, da ti plane torpedo u odredjenom času, opet ćeš naći, da to radi elektricitet. Ova nas opazka vodi do toga, da zaključimo ove redke s uporabom elektriciteta, koja nije baš čisto vojnička, nego se upotrebljava i u industriji: mislimo eksploziju torpeda i palenje laguma.

Kad su u predjašnje vrijeme htjeli u rudniku dignuti u zrak stanac kamen ili kod gradnje cesta htjeli razmrskati velike pećine, bio je to posao veoma pogibeljan, koji je mnogi život ljudski progutao. Minsku kletku (Minenkammer), izklesanu dlietom u kamen, napunili bi prahom ili kojom drugom praskavom tvari, pa bi ju opet sasama zatvorili, do uzke cievi, koja vodi u kletku, a puna je praha. Na tu bi ciev pričvrstili vitilj (Zündschnur), koji bi po tlu komad puta daleko odveli od pećine. Na kraj vitilja došao bi odug komad gube, koji je bio tako odmjeren, da je radniku ostalo dosta vremena, kako bi, zapaliv gubu, mogao pobjeći prije, nego dodje vatra do drugog kraja, pa uhvati vitilj. Da su te manipulacije opasne, na dlanu je svakomu: zapali li se mina prerano, radnik je izgubljen; a to se lako dogodi, jer ne možeš unapried pogoditi, s kolikom će brzinom gorjeti guba. Nu još se češće zbila nesreća s toga, što se upala mine zakasnila ma s kojega razloga: radnik, koji je neko vrijeme čekao eksploziju, misli, da mu se guba utrula, pridje k pećini i život mu je u najvećoj pogibli.

Svih ovih neprilika nema, poslužiš li se za upalu mina električnom strujom, koju možeš poslati u minu iz svake daljine: iskrica, koja se javi u času, kad skopčаш struju, dostatna je, da zapali minu. Upotrebljavaju u tu svrhu ili struju jakih galvanskih baterija ili takodjer struje, što ih daje Ruhmkorffov induktorij. S početka su upotrebljavali samo galvanske baterije za te poslove: sa polova su baterije tekle dvie izolovane žice u minu i u kletku, krajevi žica bijahu spojeni komadićem tanke žice od platine. Čim je struja žicama pošla, razžarila se tanka žica od platine i zapalila je prah oko sebe. I danas još često rade ovako i upotrebljavaju za to baterije od cinka i ugljena u smjesi od bichromata kalijeva i sumporne kiseline.

Gotovo sa još boljim uspjehom možeš zapaliti minu iskrom, što ju daje Ruhmkorffov aparat. Francuz je Du Moncel to prvi predložio. Prvi pokusi ne uspješe, jer se pokazalo, da iskra Ruhmkorffova aparata znade kroz prah u mini preskočiti sa jednoga pola na drugi, a da se prah ipak ne zapali. Tek kad je Englez Stateham našao mjesto praha novu praskavu tvar, koja mnogo lakše eksplo-dira, mogao se s uspjehom upotrebiti Ruhmkorffov aparat, pa su na pr. s njime mogli dizati u zrak silne pećine kod gradnje luke u Cherbourg.

Evo aparata Stateham-ova (sl. 186.). Dvie su bakrene žice svagdje umotane u gutaperku, iz koje joj samo vire krajevi *A* i *B* savinuti i oklopljeni malom škatuljicom od gutaperke. Krajevi su žica razmaknuti tek 1—2 mm. i sve skupa je smješteno u većoj škatuljici od gutaperke, koja je napunjena običnim prahom, a samo među krajevima *A* i *B* umetnuto je nešto praskava živoga srebra.



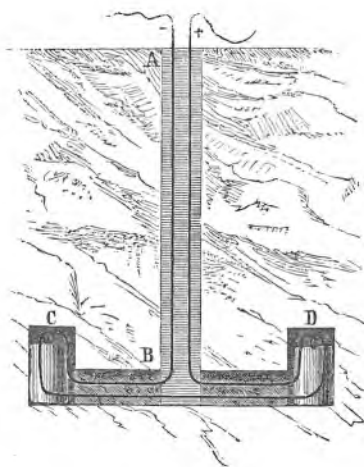
„Prvi pokusi za uporabu Ruhmkorffova aparata pri palenju mina“, kaže Du Moncel, „koji su u veliko izvajani, bili su g. 1853. u la Vilette-u, a izveo ih je španjolski kapetan Verdu u radionicama gospodina Herkmanna, gdje su se pravile žice omotane gutaperkom. Malo su po malo uplitali žice duge 400, 600, 1.000, 4.800, 5.000, 6.400, 7.600, 25.000 i 26.000 metara i uvijek su postigli podpun uspjeh, da li su upotrebljavali dvie žice, ili pak mjesto druge, kao u telegrafu, zemlju, da vodi struju natrag u bateriju. Kod svih su ovih pokusa upotrebili samo dva Bunsenova elementa.“

Treba li velike mase kamenja najednoč dignuti, namjestite u njem zgodno više mina, pa vode struju kroz sve mine: u isti se čas poradi velike brzine elektriciteta sve zapale i pećina je razmrskana (sl. 187.).

Gdjekada se napokon dižu u zrak tako silni laguni, da su nabijeni stotinama, pače hiljadama kilograma praha. U takim bi se prilikama mogao aparat iznevjeriti, kad bi struju ili iskru vodili redom iz jedne mine u drugu. S toga vode u svaku minu posebne žice, a te spoje sa zgodnim preokretačem struje, koji je tako gra-

djen, da struju redom pošalje u sve mine. Sve mine doduše ne planu u isti tren, ali ipak jedna drugoj pomaže, jer se jedna odmah iza druge zapali i uspjeh je konačni doista isti, kao da su se sve zapalile u isti čas. Tako su na pr. godine 1854., kad su kopali luku u Cherbourg, šest mina smjestili i opisanim načinom zapalili, pa su doista pećinu od 50.000 kubičnih metara u jedan put razmrskali. Upotrebljavajući dakle elektricitet, ne umanjuje se samo opasnost posla, nego se može i uspjeh mu znatno podići, a tim se opet snizuju troškovi, pa i zbilja se obično računa, da je ovo električno palenje mina prema starijemu za 60% cjenije.

Ne upotrebljavaju međjutim za palenje mina samo Ruhmkorffov aparat, nego i male magneto-električne strojeve, gdje se

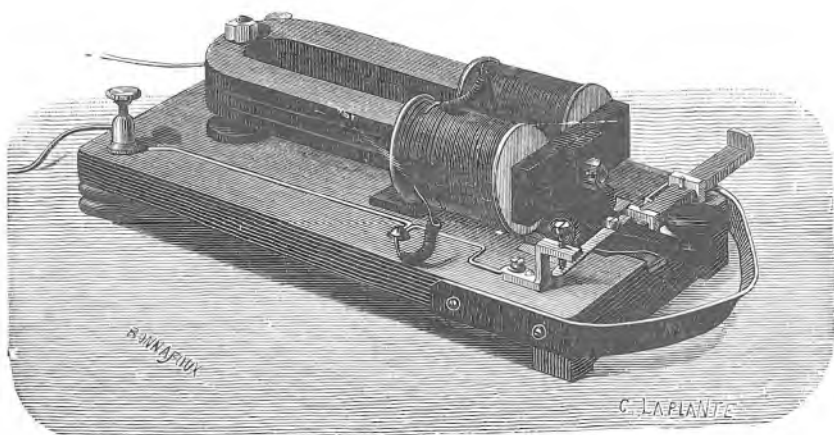


Sl. 187. Hodnik za mine.

inducirana struja, koja će zapaliti minu, budi okretanjem svitka žice pred polovima magneta. Najobičniji aparat te ruke je Bréguetov. (sl. 188.). Izpred polova jakoga trajnoga magneta namješten je elektromagnet tako, da si protivni njihovi polovi nasuprot stoje; na polove elektro-magneta na drugom kraju pritiska pero komad meka željeza; pritisneš li pero posebnom ručicom, odkine se kotvica naglo od elektro-magneta: magnetizam u elektro-magnetu tim nešto oslabi, a to je već dosta, da se u omotanoj žici bude inducirane struje. Kad se kotvica najviše odmaknula od elektro-magneta, prekine se sama struja, koja je elektro-magnetu davala magnetizam:

on izgubi svoj magnetizam i u tom se času rodi druga veoma jaka struja u omotanoj žici, koju zovu extra-strujom. Prvu induciranu struju i ovu extra-struju vode žice u minske kletke, gdje kao iskrice preskaču medju krajevima žica i zapale praskavu tvar.

Ne upotrebljavaju samo u rudnicima i kod dizanja pećina u zrak ovaj novi način paljenja, isti aparati mogu se svagdje upotrebiti, gdje se radi o tom, da se zapale tvari, a njihovo bi paljenje moglo biti opasno po onoga, koji ih zapali, a isto tako da se upale svjetiljke, do kojih je teško doći. Tako je na pr. predložio pomorski častnik Tréve, da se električnim putem na brodovima zapale svjetiljke za signale. Preko ovih signalnih svjetiljaka obće noću dva



Sl. 188 Magneto-električni stroj za palenje mina od Bréguet-a.

broda: one su neka vrst optičkoga telegrafa izmedju brodova. Smještene su na najvišoj točki broda, navrh jarbola i obkoljene lećama, koje im svjetlo skupljaju i daleko bacaju. Zapaljivanje i smještanje ovih svjetiljaka na onako visoku mjestu ište mnogo vremena. S toga predloži Tréve, da se mjesto običnih upotrebljavaju na brodovima svjetiljke od razsvjetnoga plina, u koje dolazi plin iz gazometra, smještenoga na stražnjoj strani broda, kroz cievi od kaučuka ili olova. Čim se otvori pipac jedne ovakove cievi, teče plin u dotičnu svjetiljku. Aparat Ruhmkorffov ili Bréguetov, koji počne djelovati u isti čas, kad je pipac otvoren, šalje svoje iskre kroz izlazeći plin i zapali ga lako. Ne trebaš dakle nigda svjetiljke micati s mjesta, a osim toga lako

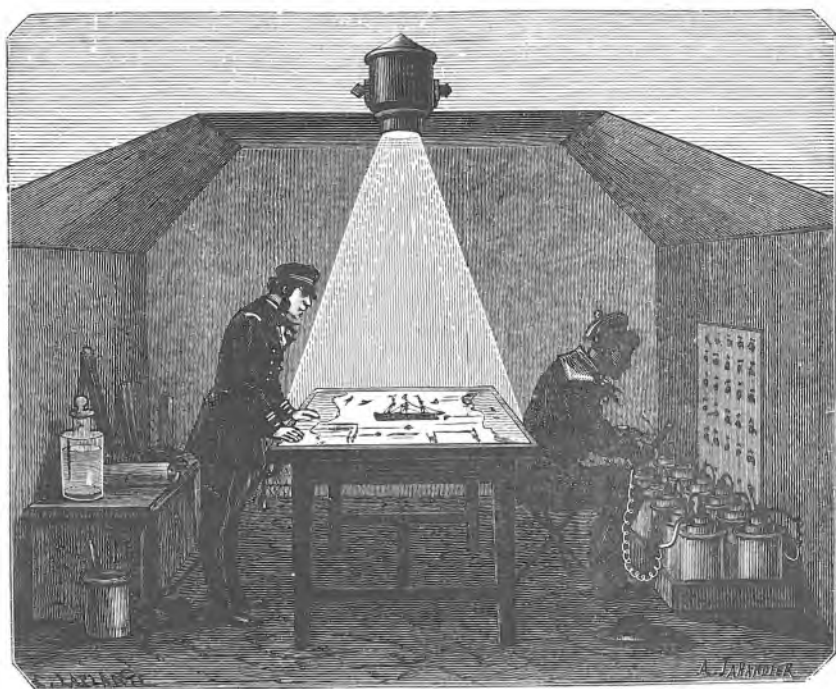
je stvar tako udesiti, da zapovjednik iz svoje kabine sam može ove svjetiljke prema potrebi užeći i utrnuti.

Kako si je električno svjetlo u naše dane prokrčilo put u vojsku, tako si je i palenje mina električnom strujom osvojilo u ratu važno mjesto. Ovim načinom kušaju na kopnu razoriti utvrde i šance neprijatelja, a na moru osobito, da zaprieče ulaz neprijateljevih brodova u luku i da im ne dadu primaknuti se obali.

Cio svijet danas je već čuo govoriti o onim užasnim škrinjama, koje označuju imenom „torpedo“; eksplozija im je tako strašna, da jedan jedini torpedo, ako se zapali u pravi čas, može razoriti najveći ratni brod. Najprije su ih upotrebljavali u krimskom ratu, a u gradjanskom ratu američkom već su torpedi progutali priličan broj brodova. Američki torpedo bijaše ovako razporedan: škrinja od cina, od prilike 45—50 litara, bila je razdijeljena u dva odjela, u donjem je bio prah, a gore zrak. Na određenom su ju mjestu spustili u more i ondje usidrili. Čeličan štap prolazi gotovo do dna praha i nosi na svom kraju prižig (Zündhütchen), a u gornjem je odjelu bat, što ga drži u visu osobiti zapinjač (Sperrkegel). Čim brod udari o plivača, koji je spojen sa zapinjačem, odmakne se zapinjač i bat padne na čelični štap: udarac je dovoljan, da zapali prah i torpedo eksplodira.

Prvi dakle torpedi ne imaju nikakova posla s elektricitetom, ali su se i pokazali pogriješni. Polaganje i usidriavanje ovih torpeda bio je veoma opasan posao, a još više sakupljanje njihovo iza dovršenoga rata, jer su se često za ovog posla zbile eksplozije. Niknula je s toga misao, da se i torpedo iz daleka zapali električnom strujom u času, kad je nad njim neprijateljev brod. Kako je umno spojio bivši ministar rata u Belgiji Chazal porabu električne struje i kamere obskure u ovu svrhu, kad bi se radilo o tom, ušće Šelde štititi od neprijateljskih brodova, pokazuje slika 189. Za ledjima šancu sagrađio je Chazal čador, koji je bio posvema taman, a na tjemenu je nosio kameru obskuru, koja je svoja stakla okrenula k luci. Usred čadora bio je stol, na koji je ogledalo bacalo zrake svjetla, što je došlo u kameru obskuru i na stolu si vidio cielu sliku luke; tu su sliku bacili na drugu sliku iste luke, dobivenu i istom kamerom, ali na toj su bila zabilježena mjesta, gdje su torpedi bili spuštteni u vodu. K svakom torpedu vodile su izolovane žice, a krajevi su tih žica bili pričvršćeni na jednoj tabli u čadoru, pa si ih u tili čas mogao spojiti sa galvanskom baterijom u ča-

doru i struju poslati u ma koji torpedo. Čim bi opazio častnik, koji nadzire sliku luke na stolu, da se primiće k luci brod, morao bi neprestano pomno motriti svoju sliku na stolu. Ako bi opazio, da je brod baš iznad kojega torpeda, trebao bi prisutnomu mornaru samo reći, koje žice da spoji sa baterijom i eksplozija je onoga torpeda u istom trenu bila gotova. Još nije bilo prilike, da se ovaj Chazalov aparat u ozbiljnom velikom ratu upotrebljava, ali pokusi.



Sl. 189. Eksplozija torpeda elektricitetom: sustav za obranu luka i obala po generalu Chazal-u.

koji su nazad nekoliko godina s njim izvadjeni, pokazali su, da će se moći uspješno upotrebljavati u ratu.

Pariz je god. 1870./71., za vrijeme opsade, štitio ulaze u svoje utvrde i tvrđave cijelom mrežom torpeda. Nu kako nije od strane obsjedatelja bilo nijedne žive navale na te utvrde, nije ova obrana, inače izvrstno uređjena, mogla imati drugu osim preventivne svrhe.

Električne ure. Silna brzina, kojom lete galvanske struje, čini, da dva jednako građena mehanizma u isti čas obavljaju isto gibanje, ako su spojeni žicom i tom žicom proleti struja. Telegrafski su nam aparati to veoma liepo pokazali. Ta je silna brzina bila i povod, da su već za rana pokušali, ne bi li se ovo načelo električne telegrafije dalo prenieti i na regulaciju ura, koje su razmještene po raznim točkama grada ili raznim postajama željezničkim. Željeznički promet, a i u obće javni promet u većim gradovima sveudilj raste, a tim i potreba, da sve ure na željezničkoj pruži ili u jednom gradu sasma jednako idu sa jednom, recimo normalnom, urom. Da to postigneš, dosta je, da električnim putem spojiš kazala svake brojance (Zifferblatt) sa glavnom urom: svako gibanje njezinih kazala u istom će se trenu obaviti na svima drugima. Ovaj problem, ravnati veći broj kazala po jednoj uri, riešen je već dosta davno, i u mnogim se gradovima i na mnogim željeznicama već poodavno upotrebljava ova regulacija ura.

Nu riešen je još i drugi važniji problem: elektricitet neka tjera mehanizam, koji ravna uru sâmu. Imenom električnih ura smjeli bismo za pravo nazvati samo ovakove ure, nu običaj je i aparate prve vrsti tako zvati.

Napokon se upotrebljava elektricitet i na treći način u urarstvu: da izjednači hod od više ura, kojih svaka imade svoj posebni mehanizam i posebnu silu, koja ju tjera.

Kao kod telegrafa imade i ovdje velik broj različitih sustava, nu nama se ograničiti na opis po jednog primjera, koji se i u praksi pokazao valjanim.

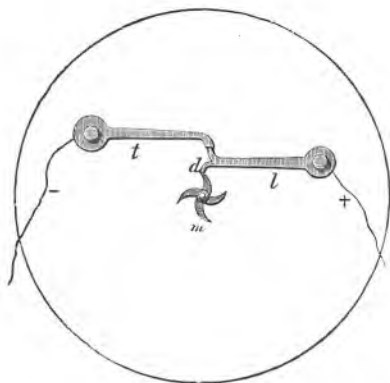
Opišimo najprije električnu uru prve vrsti.

Dvie sasma razstavljene česti čine cjelokupni aparat, baš kao i kod telegrafa: na uri, po kojoj će se ravnati sva druga kazala, mora da bude sprava, koja električnu struju u jednakim razmacima vremena skapča i prekida; drugi dio, koji je prema viestniku kod telegrafa, sastoji od brojance, na kojoj će ove struje dalje pomicati kazala. Da shvatimo, kako se to zbiva, i kako su građena ta dva diela, odabiramo kao primjer električnu uru od Garniera.

Ura, po kojoj će se sva kazala ravnati, može biti svaka ura sa perom ili nihalom. Na osi njezinoga gončina (Triebad) namještena je vrlo jednostavna sprava, koja će u odredjenim razmacima vremena galvansku struju skapčati i prekidati (sl. 190.). To je kolešce *m* sa četiri zuba, koje se zajedno sa osi gončina okreće.

Pri okretanju zub najprije diže polugu l i struja je skopčana, jer se mjedena poluga t , kojom ulazi struja, pritisne o mjedenu polugu t , kojom izlazi k negativnomu polu. Kod prielaza sa jednoga zuba na drugi pada poluga l ; za to se vrijeme ona ne dotiče poluge t i struja je prekinuta. Da ne bi poluge za'rdjale ondje, gdje se dotiču, pričvršćene su na tim mjestima pločice od smjese zlata i platine. Čim je struja skopčana, teče ona žicama u drugi glavni dio aparata, brojanicu sa kazalom, koja se ima da giba prema kazalu na normalnoj uri.

Struja ulazi ovdje najprije u elektromagnet E (sl. 191.); ovaj privuče kotvicu od meka željeza M , a ova uz pomoć štapa t pokreće polugu L . Poluga ova nosi na jednom kraju utez, koji ju uvijek vuče

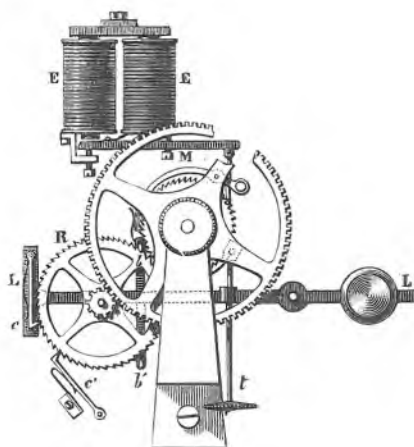


Sl. 190. Garnierova električna, ura: prenosnik struje.

u prvi njezin položaj, a na drugom zapinjač (Sperhaken) c , koji kolo R za jedan zub dalje potjera, kadgod elektromagnet privuče kotvicu M ; druga dva zapinjača b i b' ne dadu, da bi se kolo više nego za jedan zub pomaklo ili da se okrene u protivnom smjeru. Kolesje, koje hvata u kolo R , prenosi njegovo gibanje konačno na kazalo brojанице.

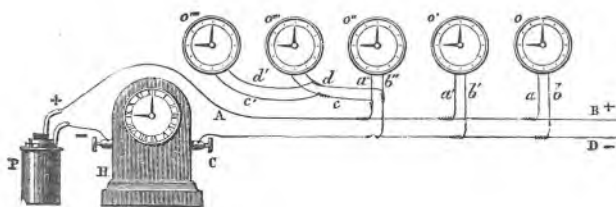
Evo kako se sada može spojiti cio niz brojаница sa normalnom urom, i kako će sva kazala ići kao ona na prvoj uri, a da ipak poremećenje struje u jednoj uri ništa ne djeluje na druge (sl. 192.). Debela žica AB polazi od jednoga pola baterije P i prolazi kraj svih brojаница; drugom žicom, tik prve, DC vodi se struja natrag najprije u normalnu uru H i preko opisanoga kolešca sa četiri zuba

natrag k drugomu polu baterije. K svakoj uri $o, o', o'',$ i t. d. vode od ove glavne žice dvie posebne žice $a b, a' b',$ i t. d. samo jedan ogranak struje u dotičnu uru; a i sa ovih pobočnih žica možeš opet odciepati žice za druge ure, kako je to na pr. za ure o''' i o'''' naznačeno.



Sl. 191. Garnierova električna ura: mehanizam za tjeranje kazala.

Mehanizam, koji pokreće kazala na ovoj uri (sl. 191.), predpostavlja, da poluga L , koja svojim dizanjem i spuštanjem proizvodi gibanje njihovo, bude vodoravna, jer će samo u tom slučaju moći utez povući polugu u njezin prvi položaj, kad se prekine



Sl. 192. Električni spoj normalne ure sa kazalima Garnierovih ura.

struja. S toga ove ure moraju stajati osovno. Želimo li ih i u drugom položaju imati, nadomještamo utez na poluzi perom, koje će u svakom položaju djelovati.

Zavriedili bi i drugi sustavi električnih ura: Fromentov, Bainov, Bréguetov, Houdinov, Nolletov da ih ovdje opišemo; nu nama se zadovoljiti s onim jednim; spominjemo samo, da u Parizu, Lyonu, Marseille-u, Bruselju, Gandu i Lipskom upotrebljavaju električne ure ovih raznih sustava uspješno, te u svim krajevima grada pokazuju sve javne ure isto vrijeme.

Da ovakove električne ure dobro idu, prije svega treba, da je normalna ura u redu, da se u njoj struja pravilno skapča i prekida, onda, da struja baterije uvijek teče i napokon, da bude jedna ura neodvisna od druge, kako ne bi jedna od njih poremetila sve ostale. Treba li u gradu ili na pruzi razmjestiti veoma velik broj ovakih ura, ne upliću ih sve u jednu normalnu uru i u jednu bateriju, jer bi se struja odviše pociepala i oslabila; u takim prilikama podiele grad na više krajeva i u svakom kraju namjeste posebnu normalnu uru sa posebnom baterijom.

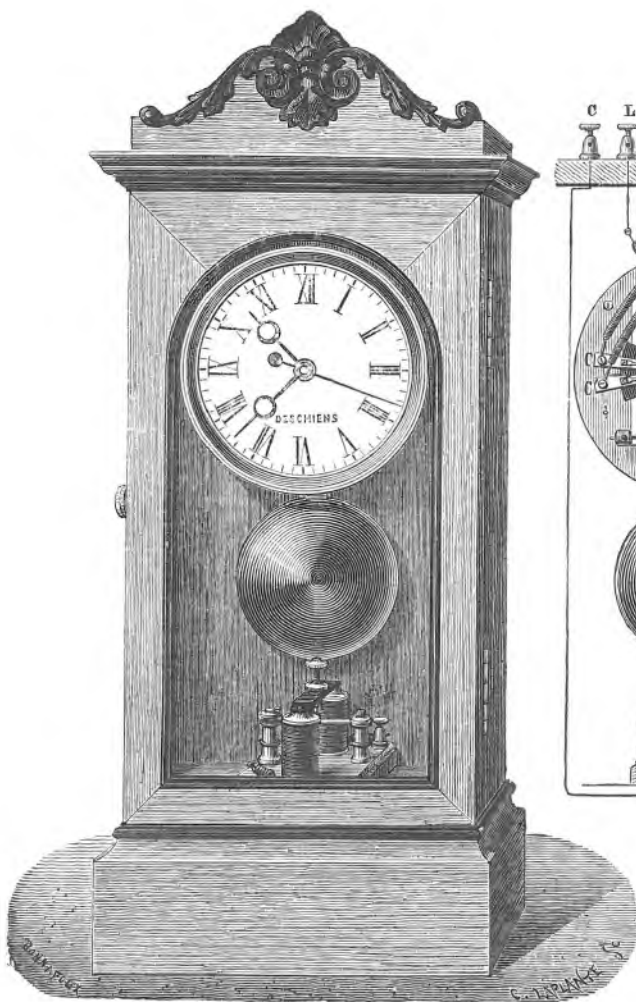
*

Poznato je, da je gibajuća sila, koja tjera uru nihalicu, sila teža, koja k zemlji vuče utez, a ovaj okreće os, na kojoj su kazala i osim toga nihalo iza svakoga nihaja potiče na nov nihaj po kotvici, koja hvata u zubato kolo; tim se postigne, da nihalo ne stane poradi trienja i otpora u zraku. Kasnije su opet silu težu nadomjestili napetim perom, koje se iza odredjenoga vremena mora na novo nategnuti. U novije su napokon vrijeme kušali, ne bi li i težu i pero mogli nadomjestiti drugom kojom prirodnom silom, napose elektromagnetičkim privlačenjem. I dodjoše tako do ura, koje dugo vremena veoma pravilno idu, a da ih ne trebaš ni navlačiti, dok su galvanički elementi u redu, t. j. napunjeni svojim tekućinama i dok su kontakti dobri, kojima struja ima da prolazi.

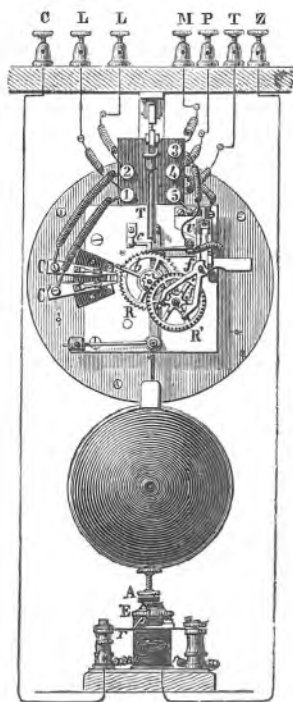
Ovdje dakle ne tjera više padajući utez nihalo i uru, nego djeluje elektricitet kao pravi motor nihala, a sila teža samo podržava jednake nihaje na njem. Evo jedan primjer ovakih električnih nihala, gdje su iztahnuti uvjeti izpunjeni.

Iztičemo jednu od najnovijih električnih ura, koja je s jedne strane vrlo jednostavna, a s druge — i tim je baš pretekla druge konstrukcije — ne treba struju baterije kod svakoga nihaja, nego je upotrebljava tek onda, kad su nihaji radi zapreka gibanja oslabili. Električna je to ura, što ju je izumio urar u Neuchâtelu Hipp (sl. 193. i 194.).

Najprije da opišemo regulator sam. On sastoji od kolesja, koje tjera kazala, nu to kolesje opet tjera kratko i teško nihalo, koje se niše samo utjecajem sile teže, a elektricitet na te nihaje ništa



Sl. 193. Električna ura od Hippa.
(Izvana.)



Sl. 194. Pojediniosti u mehanizmu Hippove ure.

ne utječe, dok su dosta veliki. Tek, kad nihaji postanu manji, utječe galvanska struja preko privlačenja jednoga elektromagneta na gi-

banje nihala, pospješuje ga ponovno i daje mu potrebni pravilni hod. Evo kako se to zbiva:

Elektromagnet E (sl. 194.) smješten je stalno izpod nihala nešto u stranu od osnovnoga položaja. Nihalo nosi na donjem svom kraju osobitu armaturu, koja je u donjoj slici još jasnije izražena. Vidiš ondje mali štapić p , koji se lako oko vodoravne osi vrti. Taj štapić struže kod svakoga nihaja po maloj mjedenoj pločici sa dva nešto dublja zareza, koja je učvršćena na tankom peru od čelika, a ovo je spojeno s jednim polom baterije.

Dok su nihaji dosta veliki, prijeći će štapić lako preko mjedene ploče, okrećuć se pri tom oko osi, i kad se vrati, opet će po njoj strugati ne pritiskujući ništa dolje, nu čim postane nihaj tako malen, da štapić ne može da priedje preko pločice, on se, kad se počne nihalo natrag nihati, upre o zarez u pločici, pak bi i ustavio nihalo, da se ne ugne elastično pero, koje nosi pločicu, i štapić tim opet pusti na drugu stranu. Nu tim što se je pero ugnulo, dotaklo se metalikoga puceta, od kojega vodi žica do elektromagneta E i dalje do drugoga pola baterije. Tim načinom probudjeni magnetizam privlači na samom nihalu pričvršćenu kotvicu od mekoga željeza, potjera nihalo nanovo i sljedeći je nihaj već tako velik, da štapić opet priedje preko pločice, a da je ne potisne dolje.

Razmak vremena izmedju dvaju ovakih poticaja struje visi o jakosti galvanske struje: gdjekada je dosta jedan poticaj struje za nekoliko časaka, a gdjekada opet jedva za isto toliko sekunda; sa jednim jedinim elementom od Leclanché-a može da ide ovaj regulator više mjeseci, a da se nikada ne poremeti.

I ova ura može rabiti kao normalna ura, koja može tjerati kazala na mnogim udaljenim brojanicama. U tu svrhu namjestio je Hipp na prvom kolesu R , koje se u jednom časku sasvim okrene, zubac b , koji u odredjenom trenu toliko tipkala C , L . . . pritisne, koliko je brojanica upleteno u tečaj ove ure, i pošalje tim u svaku brojanicu struju, koja pomakne kazala njezina, kako smo već prije opisali.

Akoprem se može reći, da je problem električnih ura našao liep broj rješenja, koja su većim dielom na čast onima, koji su ih našli, moramo iztaći, da se je poraba ovih ura slabo razširila po svijetu. Uzroku se lako dosjetiti. S jedne se strane mora posvetiti velika i neprekinuta pažnja baterijama i žicama, da budu uvijek u

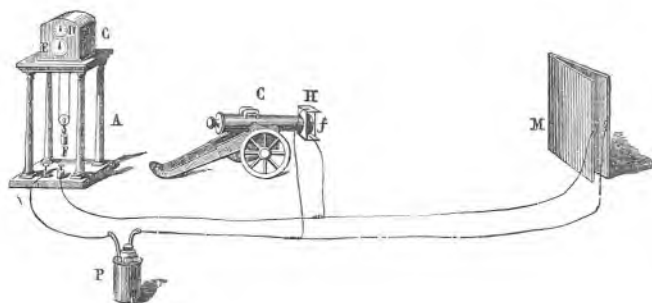
redu, jer najmanja pogriješka može da obustavi i centralnu i sve s njom spojene druge ure; s druge opet strane ovisnost svih ura od centralne donosi sobom tešku nepriliku, da sve ure stanu, kad stane centralna i sve ure krivo pokazuju, ako to čini centralna. Nianudet pravo kaže: „Dosta je, da stane regulator, ili da se razbije jedan elemenat baterije ili da žica pukne samo na jednom mjestu, pa se ustavio cio sustav. Dosta je, da se nadje kaki nespretnjak ili zlobni šaljivdžija, pa ili nemaš ure ili je velik broj ljudi prevaren. Za ove manjkavosti sustava možeš naći palijativnih sredstava, ali prigovor ostaje, ma što radio.“

Kušali su s toga da električno priobćivanje vremena po velikim gradovima drugačije urede. Ne upotrebljavaju više elektricitet za to, da njim gibaju posebne mehanizme, ili da od sekunde do sekunde, od minute na minutu ravnaju kazala svih javnih ura strujom, koja polazi od centralne ure. U novom sustavu, koji s velikim uspjehom danas radi u Parizu, gibaju se samostalno sve ure, koje imadu da se slažu. Svrha je električnoj struji, koja potječe od centralnoga regulatora, smještenoga u observatoriju, da podržava sinkronizam (jednako trajanje nihaja) između nihala centralne ure i nihala ura, koje su razmještene po glavnim dijelovima grada, pa vriede za taj grad kao centralne ure svih javnih ura. Svaka je centralna ura spojena električki sa svim javnim urama onoga kraja grada i šalje im na pr. svaki sat po jednu struju, koja toliko traje, da može izpraviti ono, za koliko je u tom satu pojurila napried, ili zaostala, te ju za onaj čas sasma izravnati sa urom na observatoriju. Ako je dakle kakova pogriješka u mehanizmu koje centralne ure, ona se ne može nikako pokazivati duže od jednoga sata.

Predaleko bi nas vodilo, da se upustimo u podrobno opisivanje ovoga Pariškoga sustava. Spominjemo tek to, da u observatoriju stoje uz centralnu uru u istoj sobi dvie ure, s njom električni tako spojene, da u isti čas udaraju sekunde. Ove su dvie ure glavne za dvie gradske linije električnih ura, zapadnu i istočnu, a u svaki tečaj upleteno je nekoliko centralnih ura za pojedine krajeve grada. U cijelom je Parizu takovih centralnih ura šestnaest na broj: u zapadnom devet, a u istočnom sedam.

Velika brzina, s kojom električna struja leti po žicama, čini ju sposobnom, da nam električna struja još i drugim načinom posluži

u kronometriji. Radi li se o tom, da veoma kratko vrijeme $\frac{1}{10}$ ili $\frac{1}{100}$ sekunde točno izmjeriš, ne dostaju za taj posao ure nihalice, ma kako točne bile. A treba često mjeriti i u znanosti i u tehnici ovakove male čestice vremena na pr. kad pitaš, koliko je vremena prošlo od časa, kad se zapalio prah u topu, pa do časa, kad je kruglja iz njega izašla, ili opet vrijeme od ovoga časa, pa do časa kad je pogodila cilj. U ovoj knjizi već više puta spomenuti Wheatstone bio je i tu prvi, koji je uhvatio misao, kako bi se moglo mjeriti tako kratko vrijeme i on je jur g. 1840. sagradio za to mjerenje aparat, komu je nadjenao ime hronoskop. Ako je te ruke aparat još tako udešen, da sâm zabilježi trajanje toga vremena, zove se danas radije: hronograf.



Sl. 195. Wheatstone-ov hronoskop.

Hronoskop Wheatstoneov od god. 1840. bio je ovako gradjen:

Na mjestu *A* (sl. 195.), s kojega se puca, namještena je ura, a nju tjeraju utez i pero, koje u sekundi hiljadu puta zatitra; pero hvata u kolesa sa sto zubaca i potjera kolo kod svakoga titraja za jedan zubac dalje, dakle kolo treba, da se jedan put okrene, jednu desetinu sekunde. S kolom je spojeno kazalo, koje se vrti pred brojanicom *E*, razdieljenom na sto česti, dakle nam ovo kazalo broji tisućine jedne sekunde; drugo je kolo s prvim tako svezano, da se pomakne za jedan zub dalje, kad se prvo kolo jedanput sasama okrenulo i daje nam dakle na svojoj brojanici *D* desetine sekunde. Cielu uru možeš ustaviti (aretirati) zapinjačem, koji je smješten na kotvici elektromagneta i tako dugo ustavlja uru, dok

oko elektromagneta teče struja, koja kotvicu privlači: čim se pak struja prekine, povuče se i zapinjač natrag i ura ide, dok ne dodje nova struja, koja će opet opet u elektromagnetu probuditi magnetizam i kotvicu sa zapinjačem pritegnuti

Ako si dakle zabilježio, kako su stajala kazala na uri prije nego što je ura pošla, i onda opet, kad je zapinjač na novo ustavio uru, poznaješ vrijeme, koje je proteklo točno na tisućine sekunde; a da je ura u tom razdoblju jednoliko išla, poznaješ po nepromijenjenom tonu, što ga je davalo pero ure.

Treba li s pomoću ove ure na pr. izmjeriti, koliko vremena treba kruglja topa, da od njega dodje do cilja, rasporedat ćeš pokus od prilike ovako:

Elektromagnet ure upleteš u tečaj struje, koja dolazi iz baterije *P*, nu jedna je žica *f*, koja vodi tu struju razapeta na drvenom okviru pred ždriplom topa. Dok struja teče, obustavljena je ura i stanje se obiju kazala zabilježi. Čim kruglja izleti iz topa, razkine žicu i prekine struju, a ura počne ići, jer se zapinjač povukao natrag. Cilj, koji stoji u određenoj daljini od toga uređen je tako, da se dvie kovne ploče sastave, kad udari kruglja i tim struju baterije opet skupčaju: elektromagnet u uri privuče ponovno zapinjač i u istom je trenu ura stala.

Već je Wheatstone sam našao, da mu aparat nije savršen, jer elektro-magnet, ako upotrebiš isto jače struje, ne izgubi u istom trenu svoj magnetizam, u kojem se žica razkinula, ura dakle počne nešto kasnije ići; po drugi se put zakasni, kad cilj struju ponovno skupča. Ma kako sitne bile te pogreške, one ipak smetaju točnomu iztraživanju tim više, što je i cijelo vrijeme, koje mjeriš, veoma kratko. Wheatstone je već sam kušao, da se ugne ovim pogreškama tim, da je upotrebljavao dvie struje, za prvo prekidanje slabu, a za drugo skupčanje jaku, koja je brže privukla zapinjač.

I Hipp je popravio ovu uru: po njegovu prijedlogu ide ura uvijek dalje, ali ne vuče sobom kazalâ, dok struja teče; tek kad se prekine struja, podju i kazala, dok ih ponovno skupčanje struje opet ne ustavi.

Sagradjeno je još nekoliko hronoskopa i hronografa od vremena Wheatstone-ovih, nu ne može biti naša, da ih podrobno opisujemo, tim više što se još ni jedna konstrukcija ne može označiti savršenom. Ovdje samo još spominjemo, da su ovu metodu, mjeriti

male česti vremena, i u drugim prilikama upotrebljavali. Wheatstone sam odredio je vrijeme, što ga tielo treba, da slobodno pada niz zadanu visinu, vrlo uspješno hronoskopom.

Upotrebljavaju danas i u astronomiji hronograf, da odrede razliku geografske dužine za dva mjesta, koja su telegrafički spojena. Mjerili su i brzinu svjetla ovako, a napokon je Marey pokazao, kako se ove metode dadu upotrebiti, kad se radi o tom, da saznamo, koliko vremena traju fiziološki ili duševni akti.



S A D R Ź A J.

Strana

Pripomenak	VII—VIII
------------------	----------

Crte o magnetizmu i elektricitetu.

Uvod	3—10
I. Heraklov kamen, elektron i umjetni magneti:	
1. Priča o Magnesu i Heraklov kamen. — Prirodni magnet. — Umjetni magnet. — Privlačenje željeza. — Elektron. — Znanje starih o njem.....	11—14
2. Dr. Gilbert. — Razlika između magneta i elektrona. — Polovi magneta. — Željezo i magnet uzajmice se privlače. — Magnetička sila djeluje i kroz tjelesa. — Magnetička krletka — Magnetička igla. — Busola. — Temeljni zakoni magnetički. — Magnetička influencija. — Bit magnetičke sile. — Sastav magneta. — Magnetičke krivulje. — Pre- tvaranje čelika u trajni magnet. — Magnetički snopovi. — Jaminovi magneti.....	15—34
II. Zemlja kao magnet. — Dokazi, da je zemlja doista jak ma- gnet. — Polovi zemaljskoga magneta. — Magnetički meri- dijan. — Magnetički odklon. — Magnetičke karte. — Magne- tički naklon. — Izogone. — Izokline. — Promjene zemaljskoga magnetizma na istom mjestu tečajem vremena. — Stoljetne promjene. — Dnevne promjene. — Magnetičke oluje i nepra- vilni trzaji igle. — Polarno svjetlo, pjege na suncu i zemaljski magnetizam.....	35—52
III. Temeljni električni pojavi. — Električno privlačenje. — Elek- trična i neelektrična tjelesa. — Dobri i loši vodiči elektriciteta. — Električno odbijanje. — Dvie vrste elektriciteta: pozitivni i negativni. — Temeljni zakon. — I tarivo postaje električno. — Što je elektricitet? — Hipoteza dvaju fluida. — Električna influencija. — Elektroskop. — Elektrofor. — Razdjelba elek- triciteta po tjelesima. — Električna krletka. — Elektriцитet na uglovima i šiljcima. — Šiljci sišu elektricitet.....	53—80
IV. Električni strojevi i Leydenska boca. — Glavne česti električnog stroja. — Oton Guericke. — Ramsdenov stroj. — Djelovanje stroja. — Winterov stroj. — Van Marumov veliki	

stroj. — Armstrongov stroj. — Holtzov elektroforni stroj. — Pokusi sa strojem. — Električno zvonce. — Električna tuča. — Električna kantica. — Električna iskra. — Električna zmiya. Magična ploča. — Kinnersleyev termometar. — Električni mužar. — Električni vjetar. — Električni mlin. — Leydenska boca; njezini jaki udarci. — Franklinova ploča. — Pokusi sa Leydenskom bocom. — Odponac. — Baterija. — Električna iskra probija tjelesa, ugrije ih i zapali. — Lichtenbergove slike. — Učinci električnih udaraca u tielu čovječjem. 81—112

V. Elektricitet u zraku. — Munja i električna iskra. — Franklinovi pokusi. — Strielnica. — Elektricitet u zraku i oblacima. — Vrsti munje. — Strašni učinci munje. — Striela udarila u crkvu Chateaneuf de Moustiers g. 1819.; opis toga događaja. — Povratni električni udarac. — Vatra sv. Elma; opis Obermayerov. — Zrak je električan i onda, kad nema oblaka. — Polarno svjetlo. 113—139

VI. Veliki obret Galvanijev i Voltin. — Električne ribe. — Električni ljudi. — Galvani i njegovi pokusi sa žabljim kracima. — Voltini pokusi o tom. — Elektricitet se budi dotikom. — Elektromotorna sila. — Galvanijev elemenat i Voltin stup. — Elektricitet se budi i dotikom kova sa tekućinom. — Stalni galvanički elementi i baterije. — Galvanska struja. — Daniellov elemenat. — Groveov elemenat. — Bunsenov elemenat. — Grenetov elemenat. — Leclanchéov elemenat. 140—155

VII. Učinci galvanske struje. — Galvanska struja raztvora tjelesa. — Voltametar. — Grothussova hipoteza. — Struja ugrije žice, kojima teče. — Struja užari tjelesa, osobito ugljen. — Voltin luk ili električno sunce. — Struja trza mišice i živce. — Ubijanje ljudi strujom. — Struja odklanja magnetičku iglu iz meridijana. — Ampéreovo plivačko pravilo. — Astatički par igala. — Galvanometri. — Magnet okreće struju. — Ampéreova teorija magnetizma. — Struja pretvara željezo u jak magnet. — Elektromagneti. — Struja budi u blizoj žici nove časovite struje (Volta-indukcija). — Magnet budi takodjer u blizoj žici nove časovite struje (Magneto-indukcija). — Ruhmkorffov induktorij. — Geisslerove i Crookesove ciev. 156—197

VIII. Današnja vrela galvanskih struja. — Pixii-jev magneto-električni stroj. — Clarke-ov stroj. — Alliance-stroj. — Siemensov stroj. Wildeov stroj. — Pacinotti-jev obruč. — Gramme-ov stroj. — Dinamo-električno načelo i dinamo-stroj. — Siemensov i Edisonov dinamo-stroj. — Ceylonski magnet. — Termo-električna baterija. — Planté-ov akumulator i njegov reostatični stroj. 198—221

- IX. **Električna razsvjeta.** — Prvi pokusi s električnim svjetlom. — Voltin luk između šiljaka od ugljena. — Regulatori za ovo svjetlo. — Foucaultov regulator. — Jabloškovljeva svieća. — Dieljenje električnoga svjetla — Siemensova diferencijalna svjetiljka. — Žarnice. — Starrova žarnica. — Thomas Alva Edison. — Dieljenje struje za žarnice. — Električno svjetlo i razsvjetni plin — Današnje stanje električne razsvjete. 222—250
- X. **Električni telegraf.** — Princip telegrafa. — Akustični telegraf — Optički telegraf. — Električni telegraf. — Brzina elektriciteta. — Soemmeringov telegraf. — Gaussov i Weberov telegraf. — Telegrafi s iglom. — Morse. — Njegov telegraf pisar. — Relais. — Steinheilov obret — Znaci Morseova telegrafa. — Hughesov telegraf. — Casellijev pantelegraf. — Telegrafske linije. — Kabel. — Transatlanski telegraf u Brestu. — Svjetske linije 251—292
- XI. **Telefon i mikrofون.** — Pienos govora. — Elektromagnetični telefon Pageov — Reisov telefon. — Bellov telefon. — Edisonov telefon s ugljenom. — Hughesov mikrofон. — Mikro-telefonska postaja Aderova. — Telefonski središnji uredi. — Širenje telefona. 293—313
- XII. **U galvanoplastičkoj radionici.** — Jakobijevi pokusi. — Galvanizacija. — Galvanoplastika. — Uspjesi galvanoplastike u industriji i umjetnosti. — Proizvodi galvanizacije. 314—328
- XIII. **Elektricitet namjestnik pare.** — Elektricitet proizvadj a gibanje. Motor električni od Salvatora del Negro — Jakobijev čamac na Nevi. — Elektromotor Bourbouzeov. Elektromotor Fromentov. — Pretvorba prirodnih sila. — Motor od Mascela Depréza. — Motor Griscomov — Električni puenos sile. — Električna željeznica i tramway. — Električna pošta. 329—347
- XIV. **Razne uporabe elektriciteta.** — Električno zvonce od Brégueta. — Ansellov indikator. — Električno pero Edisonovo. — Elektricitet u liečuičtvu. — Elektricitet u meteorologiji; Secchijev meteorograf. — Elektricitet u ratu. — Torpedo i palenje mina. — Statehamov aparat. — Bréguetov aparat. — Chazalov aparat za palenje torpeda. — Ravnanje urā elektricitetom. — Elektricitet tjera uru. — Garnierova električna ura. — Hippova ura. — Hronoskop Wheatstoneov. 348—378