

NOVOVJEKI IZUMI.

.....

KNJIGA PRVA.

NAPISAO

IVAN ŠAH.

M a g n e t.

Magnet kod starih naroda. — Naravni i umjetni magneti. — Magnetička igla. — Tumačenje magnetičkih pojava. — Magnetičnost naše zemlje.

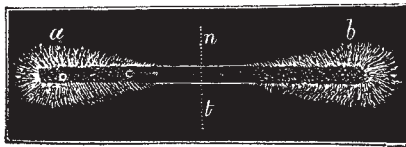
U naravi ima željezna ruda, smeđe boje, koja ima tu moć, da privlači k sebi željezo. Iz davne davnine doprla je kao tračak svjetla do nas grčka bajka, koja svjedoči, da se je već onda znalo za tu moć te željezne rude. Priča pripovieda, da je bio pastir, a zvao se Magnes. On je čuvao ovce na podnožju brda Ide. Izgubilo mu se jednom janje iz stada. Magnes ga stao tražiti, pa nabasao na nekakovu hridinu, od koje se jedva odkinuti mogao. Na hridinu mu se priljepio željezni kraj od štapa i željezni čavli od obuće. Priča kaže, da je Magnes bio prvi, koji je odkrio tu dosele nepoznatu moć te željezne rude, a po njem ju onda okrstiše magnetom.

Priča je to kao i sve druge priče. Pa ako i nisu te priče istinite, one ipak pokazuju onu plemenitu i nezasitnu želju u čovjeka, da zna pripoviedati, kako je ovo, kako je ono postalo. A tek ova tajinstvena magnetična sila, kako da neskloni čovjeka, da priče smišlja. Pričalo se, da ima uz morske obale tako užasnih magnetičnih briegova, da oni znadu silno i naglo k sebi privući brodove; ako su samo željezom okovani, da se o hridini odmah razbiju. A nije to šala bila za brodare, koji su i onako puni predsuda a i straha. Pričalo se, da Muhamedov lies visi med nebom i zemljom, da ga drže veliki magneti, a takvih priča ima o svem i svačem.

Pustimo sada bajke, pa se vratimo k istini. Željeznu rudu, koja privlači željezo, zovemo naravnim magnetom, jer se

on u naravi nalazi već gotov kao magnet, da ga čovjek ne treba tek priredjivati. Ime nam to već samo kaže, da ima i umjetnih magnetu. Mi si ih možemo sami lahko napraviti. Treba uzeti samo komad tvrdoga željeza, pa ga nekoliko puta protrti naravnim magnetom, pa je umjetni magnet gotov. Ovim trenjem dobiva željezo istu onu moć, što ju ima i naravni magnet: ono privlači k sebi željezo. Umjetni magneti prave se u obliku šibke, podkove ili igle, jer se je pokazalo, da su ti oblici za porabu najpraktičniji, pa se po tom zovu oni: šibkasti, podkovasti magneti ili magnetičke igle. Od naravne magnetične rude vrlo je teško napraviti pravilne ove oblike, jer se ta ruda neda kovati, pa se zato naravni magneti skoro nikada nerabe, nego si čovjek za svoju potrebu pravi umjetne magnetu uvijek od izradjenoga željeza.

Uzmimo takov umjetan magnet, koji ima oblik šibke, pa ga stavimo u željeznu piljotinu, to će on odmah množinu te piljotine k sebi povući i držati. Pomislili bi, da će se cijeli magnet pokriti piljotinom, no pokus će nas osvjedočiti, da



Sl. 1. Magnetična igla.

neće tako biti. Piljotina će se na magnetu sakupiti tako, kako nam to prikazuje slika 1.

Na krajevih šibke *a* i *b* sakupiti će se najviše željezne piljotine, prama sredini biti će je sve manje, a u sredini samoj *n t* neće se prihvatiti upravo ništa. Oba ova kraja *a* i *b* na magnetu, koji najjače privlače željezo, zovu se polovi na magnetu.

Evo već nam je prvi pokus pokazao nešto novoga, što nam priča o magnetu još nije znala, pokazao nam je naime, da su na kraju magnetu dva mjesta, koja željezo najjače privlače, a to su polovi magnetu. Ali još nešto je, što je na magnetu još zanimivije. Odmah ćemo to viditi.

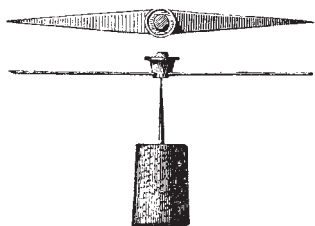
Ako pravežemo magnetičku iglu, t. j. magnet, koji ima oblik igle, u sredini tankim koncem (vidi sl. 7. na str. 8.), te ju objesimo

tako, da se može slobodno kretati, viditi ćemo, da će se igla staviti uvijek u isti položaj, ma ju koliko puta maknuli. Jedan kraj igle pokazivati će uvijek prama sjeveru a drugi prama jugu. Prvi kraj magnetu zovemo njegovim sjevernim a drugi njegovim južnim polom. Ovo neprocjenjivo svojstvo magnetičke igle pokazuje brodaru na pučini morskoj i u crnoj noći put u sigurnu luku. Prvi se brodari nisu smjeli odveć odaljiti od obale, da nezablude u otvorenom moru. Po danu bijaše im lahko, tada se vidi obala, može se brod ravnati po suncu, pa nebijaše straha, da izgube put. Po noći valjalo se je ravnati po zvijezdah stajaćicah. Najsmjeliji brodari staroga vjeka bijahu Feničani. Oni se noćju ravnahu po polarnoj zvijezdi, jer ona pokazuje sjever. Feničani nekazivahu te tajne nikomu, samo da ostanu sami gospodari na moru, ali bilo to badava. Naskoro udjoše i ostali narodi oko sredozemnoga mora u tu tajnu, pa je za dugo vrijeme bila polarna zvijezda, bar za vedre noći, jedinim putokazom u morskoj pustinji. Ali po naoblacenoj i maglovitoj noći ostavio ih i taj putokaz, valjalo je čekati, dok ograne dan, da ih on izvede na pravu stranu. Uz takve okolnosti nije dakako u to vrijeme moglo biti ni govora o razgranjenom svietskom prometu i trgovini, kako to danas imamo.

U polovici dvanaestoga vjeka osvanu za brodarstvo ljepša doba. Za križarskih ratova nadjoše mletački i genoveški brodari kod Arapa magnetičnu iglu, pa ju uvedoše i u Europi u porabu. Od to doba izgubi polarna zvijezda za brodara važnost, on dobi u ruke siguran putokaz, koji ga nikad neostavlja, koji uvijek sigurno pokazuje, gdje mu je sjever, gdje jug. Iglu ovu, koja se može slobodno kretati, tako da se uvijek prama sjeveru postavi, zovemo mi busolom.

Tko je prvi busolu izumio, nezna se pravo, no najvjerojatnije, da su to bili Kinezi, jer za nje znamo, da su ju oni prvi već u najdavnijoj prošlosti upotrebljivali. Od Kineza doznaše za busolu Indijci, a od ovih opet Arapi, a od njih prešla je poraba busole u Europu. Kinezi su po svojih ogromnih ravninah na putovanju, da nezabasaju, nosili na kolih maleni

kip, koji je rukom uvijek na sjever pokazivao. Kip se je taj oko okomite osi mogao okretati, a kroz ruku mu je prolazio magnet, pa je tako uvijek pokazivao prama sjeveru. Mi znamo, da su već tisuću godina pred Krstom Kinezi nosili na kolih ovakvu spravu. No u isto vrijeme upotrebljivali su Kinezi busolu već i na moru, ali ta busola bila je posve drugčije ure-

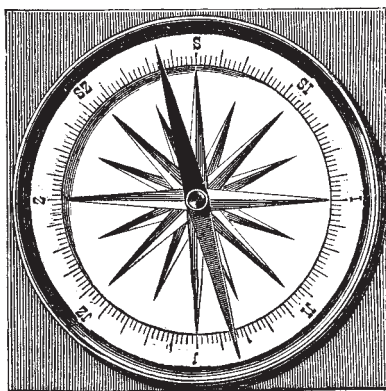


Sl. 2. Magnetična igla sa kapicom.

djena, nego što ju mi danas imamo. Magnetičnu iglu stavili su u slamku, pa ju onda metnuli u vodu. S početka su i u Europi na isti način busolu smještali, no do skora uvidiše, da se u tom položaju ne može igla onako slobodno kretati, kako bi to želili, pa smisliše posve drugi način, kako će se iglu postaviti. Oni ju po sredini nataknuše na oštar šiljak, a u sredini namjestiše na iglu malenu kapicu, oko koje bi se ona slobodno okretati mogla, kako se to vidi na slici 2.

Da bude trenje pri kretanju magnetičke igle čim manje,

mora ova kapica da bude od osobito tvrdoga čelika, ili što je još bolje, od kamena ahata. Ako metnemo sada pod magnetičku iglu još okrugao list od papira, na kom su označene sve strane svijeta, pa da nataknutu iglu stavimo sa papirom u kutiju od žute mjedi, eto nam gotove slike, kako je naš današnji kompas uredjen. (Vidi sliku 3.).

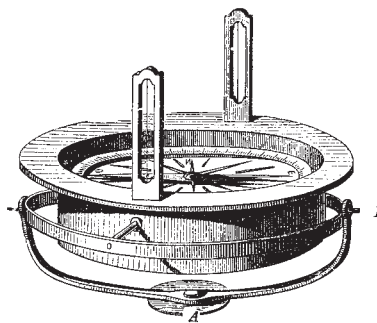


Sl. 3. Kompas.

Da se magnetička igla može slobodno kretati, mora kutija kompasu uvijek stajati vodoravno. U to ime mora kutija

kompassa na brodu biti tako obješena, da ona uz sve njihanje broda uvijek zadrži vodoravan položaj, a to se postigne uredjenjem, kako ga vidimo na slici 4., koja predočuje uredjen brodarski kompas ili busolu. Vidimo tu velik kolobar, koji se može kretati oko osi *B*. Nagne li se sada brod napred ili natrag, to će

ostati busola u ravnom položaju, jer će se ona moći oko osi *B* okretati. Nagne li se brod na stranu, to ovaj kolobar nebi ništa pomogao, on bi se nagnuo a s njim i busola. Zato vidimo na kolobaru drugu os *A*, na kojoj je učvršćena busola. Ova os omogućuje, da se busola i postrance kretati može. Busola će u tom položaju moći ostati u-



Sl. 4. Brodarski kompas.

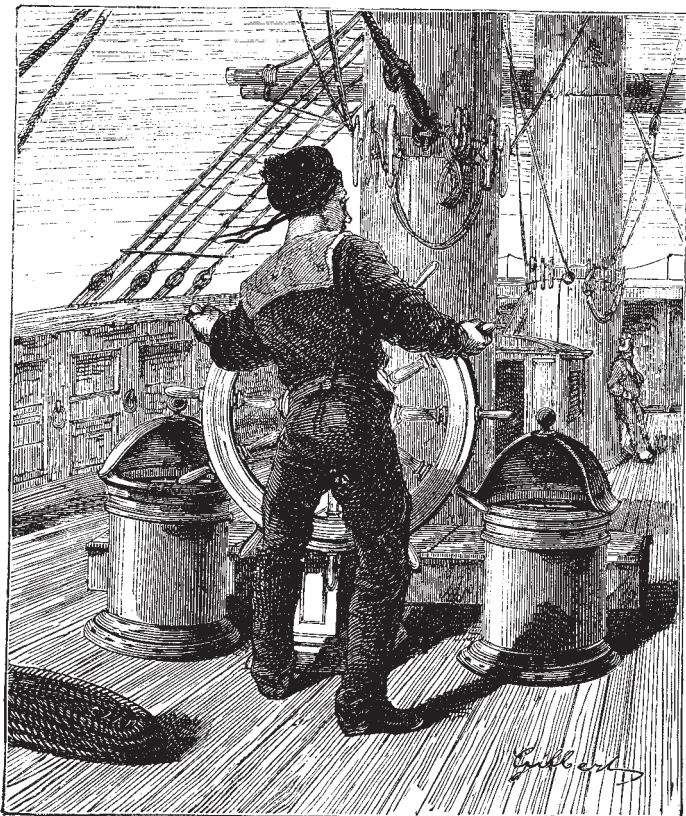
vijek vodoravna, ma se brod na kojugod stranu nagibao. Ovakovo učvršćenje busole izumio je Cardan, pa na taj način učvršćuju danas svjetiljke na brodovih, a i mnoge druge predmete.

Veliki brodovi, a osobito ratni, imaju po dva kompassa ili busole, koje su u valjkastih stupcih smještene, kako ih vidimo na našoj slici 5. Kormilar ih ima uvijek pred očima, te se po njima ravna, kako ima brodom upravljati.

Busolu neupotrebljuju jedino na moru, njom se čovjek služi i na suhoj zemlji. Ona pokazuje put putniku u prašumah, a rudara upućuje, kojim mu je pravcem pod zemljom kopati. Daleko pod zemljom, gdje čovjek nevidi ni sunca ni zvijezda, busola je najsigurniji putokaz. U novije vrijeme izkopaše ogromne tunele kroz Alpe, prokopaše Mont-Cenis i St. Gothard, a pri tom učini busola velike usluge. Mont-Cenis bje dovršen g. 1871., a gorostasni prokop kroz St. Gothard god. 1880. Oba ova tunela počеше kopati, kako to malne svuda biva, na jednoj i na drugoj strani. Pa da se oba ova prokopa točno sastanu, treba svakom prokopu opredieliti pravac upravo neizmjernom točnošću, a to je učinila magnetična igla. Pa i zbilja ona je uvijek

tako točno upravljala pravcem prokopa, da su se prokopi tako točno sastali, kao da bi ih čovjek na papiru pravio.

Dugo vremena mislili su ljudi, da magnetička igla pokazuje točno prama sjeveru. Kristof Columbo opazi prvi

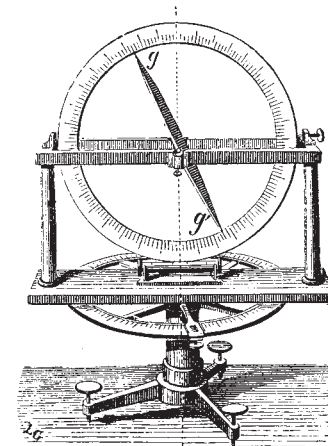


Sl. 5. Kompassi na morskome brodu.

god. 1492. na svom putu, kada je otkrio Ameriku, da to nije upravo tako, već da se igla dosta znatno odklanja od pravoga sjevera. Ovaj odklon nije na cijeloj zemlji jednak, na jednih mjestih se igla odklanja nešto prama iztoku, a na drugih mjestih

neš to prama zapadu. Brodari zovu ovaj odklon promjenljivošću kompasa.

Ako koje tijelo podupremo ili objesimo upravo u sredini njegova težišta, to će tijelo stojati sasvim vodoravno. Tako se je mislilo i za magnetičnu iglu, da ona stoji vodoravno, kada je u težištu poduprta. Robert Normann, tvorničar fizikalnih sprava u Londonu, opazio je, da magnetična igla neostaje vodoravna, nego da se ona uvijek jednim krajem prama zemlji naklanja, kao da bi ona na toj strani težja bila. Na svakoj igli se to odmah nevidi, jer su magnetičke igle obično tako obješene, da se nemogu lahko dolje nakloniti. Stavimo li magnetičnu iglu *gg* tako, kako nam to slika 6. pokazuje, da se ona može kretati oko vodoravne osi, pa ju okrenimo prama sjeveru, to ćemo opaziti, da će se sjeverni pol umah nagnuti prema zemlji. Kut, što ga tvori igla u tom položaju s vodoravnim pravcem, zovemo njezinim naklonom. Kao što nije odklon svuda na zemlji jednak,



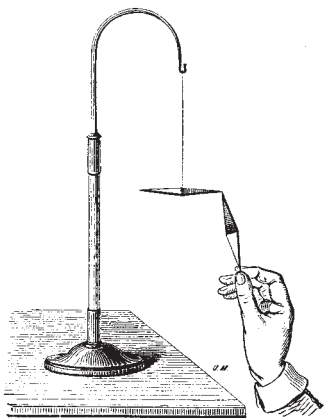
Sl. 6. Naklon magnetične igle.

tako nije ni naklon svuda isti. Ima mjesta na zemlji, gdje se igla ni najmanje nenaklanja, gdje ona ostaje u vodoravnom položaju; a ta mjesta se nalaze u blizini zemaljskog ekvatora. Mi velimo za takva mjesta, da leže na magnetičnom ekvatoru. Ako idemo od magnetičkoga ekvatora prama sjevernom polu, onda će nam se sjeverni pol magnetične igle sve više prama zemlji naklanjati, pa ćemo napokon doći na jedno mjesto, gdje će nam se igla upravo okomito izpraviti: sjeverni kraj igle će se upravo u zemlju uprijeti. Na južnoj polovici naše zemlje nagnuti će se igla sa južnim svojim krajem, i to sve više, što dalje prama jugu dolazimo, pa će se i tu na jednom mjestu posve

ustobočiti. Oba ova mjesta, gdje magnetična igla ustobočena stoji, zovemo mi magnetični polovi zemlje, i to sjeverni i južni magnetični pol. Magnetični polovi nestoje upravo na geografičkih polovih, ali su im dosta blizu.

Vrlo zanimivi su to pojavi, što smo ih dosada na magnetičnoj igli opisali, pa neima dvojbe, da je čovjek odavna želio, da si te pojave protumači, i to pomoću pokusa, što ih je magnetičkom iglom napravio. Pogledajmo si te pokuse, da si sami stvorimo sud.

Uzmimo magnetičnu iglu, poduprimo ju na šiljak ili ju objesimo na nit, kako nam to pokazuje slika 7., da nam se ona može slobodno okretati. Uzmimo sada još jednu iglu, pa ju stavimo blizu prve igle, pa ćemo odmah nešto viditi, što će nam pojave na magnetičnoj igli razjasniti. Sjeverni kraj igle odbijati će sjeverni kraj druge igle, a to će isto učiniti i južni krajevi. Ali protivni polovi to neće učiniti, nego će odmah jedan drugoga privlačiti. Istoimeni polovi se dakle odbijaju, a raznoimeni se privlače. U



Sl. 7. Magnetična igla na koncu.

tom jednostavnom pokusu leži nam tumačenje svega onoga, što nam je na prvi mah bilo na magnetičnoj igli zagonetkom. I naša zemlja, kako smo vidili, privlači k sebi jedan kraj magnetičke igle, a drugi kraj odbija. A čuli smo i to, da zemlja neprivlači magnetičnu iglu svuda jednako, kao što ni sama igla neprivlači po cijeloj svojoj dužini željeznu piljotinu (vidi sl. 1.) jednako, nego najjače na svojih polovih, upravo tako kao i zemlja. Naša zemlja mora dakle sama biti magnet. A to i je sigurno. Mi si ju predstavljamo kao ogromni magnet. Zemlja naša kao magnet ima svoja dva pola, jedan sjeverni magne-

tični pol i jedan južni magnetični pol, samo se dakako ti polovi nesudaraju sa geografičkim polovima. Zemlja kao magnet privlači svaku magnetičnu iglu tako, da se ona jednim krajem upravi prema jednom magnetičnom polu, a s drugim krajem prema drugom polu. Štoga se bliže magnetičnom iglom približujemo magnetičnom polu zemlje, to će tim više zemlja k sebi nadklanjati iglu, a na samom polu će ju ona ustobočiti. Oko ekvatora će magnetična igla ostati vodoravna, jer su joj krajevi jednako udaljeni od oba zemaljska pola.

Onaj kraj magnetične igle, što ga sjeverni magnetični pol zemlje privlači, te koji se prema tomu prema sjeveru obraća, mora prema našem pokusu, što smo ga prije pokazali (sl. 7.), biti posve protivne naravi, jer ga inače nebi sjeverni kraj zemlje k sebi privlačio. Kada bi se htjeli držati znanstvene točnosti, to nebi smjeli onaj kraj magnetične igle, što prema sjeveru pokazuje, nazivati sjevernim polom, nego njezinim južnim polom. Ali se je to jednom u znanosti udomilo, pa tako je i ostalo.

Nedvojbeno je dakle, da naša zemlja mora biti magnet. Kada bi se upitali, odakle zemlji ta magnetična sila, bilo bi nam na to teško odgovoriti, jer nam je nepoznata nutrnost naše zemlje, a i nepoznate su nam sile, koje možda kolaju u nutrnosti zemlji. Mi smo vikli magnetičnost tražiti samo u željezu. Naravni magnet nije čisto željezo, nego je to željezna ruda, zovu ju magnetit. Ona sastoji od 72·4 postotka željeza i 27·6 postotka kisika. Magnetično ovo svojstvo nalazimo u naravi još samo kod gdjekeje platine i gdjekeje magnetove pakovine, ali i to u mnogo manjoj mjeri. Naravno je, da će čovjek u takvih okolnostih pri magnetičnosti naše zemlje ponajprije pomisliti na željezo. Sastoji li dakle nutrnost naše zemlje od željeza? Nitko to nije vidio, pa ipak mi slutimo, da jezgra zemaljska sastoji od sama željeza. Znanost je proračunala, da je naša zemlja teška 5,955.600 trilijona kilograma, te prema tomu, da je jedno šest put teža, nego što bi bila teška isto tako velika kruglja od same vode. Po tom sudimo,

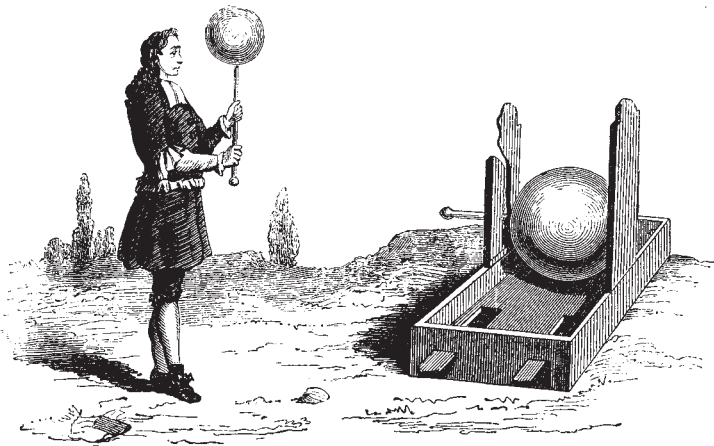
da u unutrašnjosti zemlje moraju biti jako teške tvari, bar tako teške, kao što je željezo. Amerikanski geolog J. Dana uzimlje, da jezgra naše zemlja (a to bi bilo jedno dvie trećine od ciele zemlje) sastoji od željeza. Po toj pretpostavi morala bi željezna jezgra započeti već u dubljini od 108 milja. Lahko nam je u to vjerovati, jer nam na zemlju iz nebeskih prostorija više puta doletaju komadi kamenja, koji nas u toj vjeri utvrđuju. Ti komadi kamenja — meteoriti — potiču od raztrganih nebeskih tjelesa. Gdjekeje to kamenje naliči kamenju naše zemaljske kore, a gdjekad ono opet sastoji od čistoga željeza, a mi uzimljemo, da prva vrst meteorita sastoji od raztrgane kore, a druga vrst od raztrgane jezgre dotičnih propalih nebeskih tjelesa. Pa ako je kod drugih nebeskih tjelesa jezgra od željeza, zašto da nije i jezgra naše zemlje od željeza? Ako je naša slutnja istinita, onda nam je lahko tražiti magnetičnu silu naše zemlje u njezinoj željeznoj jezgri. Čovjeku je danas teško pomisliti, da nebi tako bilo. Kamo se god ogledamo, sve nas na to upućuje. Dok nam znanost tako stoji, kakvu ju danas imamo, mi ćemo u to vjerovati, da magnetičnost naše zemlje u njezinoj željeznoj jezgri leži.

M u n j i l o.

Znanje o munjini u starom i srednjem vijeku. — Prvi iztraživalac munjine Gilbert. — Guerickeovo prvo munjilo. — Hauksbéeovo munjilo. — Dufayeva iztraživanja. — Munjilo Nolleta, Nairnea. — Lajdenska boca.

Pripovjeda se, da su grčke žene u staro doba osobito rado prele na preslice od jantara. Predenjem trla se vuna o jantar, a jantar tim trenjem dobio čudnovatu moć: sitna vlakanca, koja bi od vune odpala, privukao bi jantar k sebi, pa bi ih onda odmah od sebe odbio. Stari Grci znali su, da osim jantara još i kamen jakint i smola, kad se taru, privlače k sebi sitne predmete, pa ih opet odbijaju. Saznalo se to posve slučajno kao i stotine drugih stvari, ali da tkogod dalje iztražuje ovaj zanimivi pojav, nije nikomu na kraj pameti bilo. Pa ni u cielom srednjem vijeku nije se ni jedan od učenjaka brinuo za ovo jantarovo svojstvo. Uzrok tomu nehajstvu bijaše, što se je u ono doba u obće malo brinulo za pojave u naravi, pa u koliko se je i gojila fizikalna znanost, nije se išlo pravim putem, više se je umovalo nego iztraživalo. Istom pod konac šestnaestoga vieka udariše ljudi posve novim putem u iztraživanju prirode. Učenjaci uvidiše, da se prirodni zakoni dadu jedino tako pronaći, da se prave mnogi i mnogi pokusi, a tek na temelju tih pokusa, da se kuša raztumačiti dotični naravni pojav, pa i naći zakone, po kojih se on događja. Da je ovo zbilja pravi i jedini put, kojim je valjalo udariti, pokazuje nam orijaški napredak, što ga od to doba u prirodnih naukah postigosmo. Trebalo je dakako ovim pokusom neizmjereno mnogo uztrajnosti i strpljivosti, ali si iztražiocci ove dobe stekoše tim

neumrlo ime, jer oni udariše čvrste temelje za daljnje izraživanje prirode. Jedan od ovih neumornih iztraživaoca bijaše William Gilbert iz Colchestera, lječnik englezke kraljice Elisabete. Njega je živo zanimalo spomenuto čudnovato svojstvo jantara, s toga ga stane točnije iztraživati. On opazi, da također alem, safir, rubin, opal, ametist, kremen, staklo, sumpor, pečatni vosak, smola itd. zadobe trenjem jantarovo svojstvo, t. j. da privlače i odbijaju lahke predmete, kao što su komadići papira, krugljice od bazgove srčike itd. Gilbert prozva ovo znamenito svojstvo elektricitetom (munjinom), po



Sl. 8. Prva munjevna sprava.

grčkoj rieči: elektron, koja znači jantar, na kojem se je taj pojav prvi put opazio.

Ako ribamo spomenute tvari, to proizvodjamo u njih munjinu. Kada si je Gilbert htio razvijati munjinu, uzeo je štap od stakla, pa ga je ribao vunenom krpicom. Tako su i svi drugi iztražitelji iza njega radili, dok nije magdeburžki načelnik, Otto Guericke, napravio negdje oko god. 1650. posebnu spravu, s kojom se je moglo brže i više munjine razviti. Guerickeovu munjevnu spravu, ili kako ju kraće zovemo, munjilo, vidimo na našoj slici 8. Bijaše to sumporna kruglja, koju

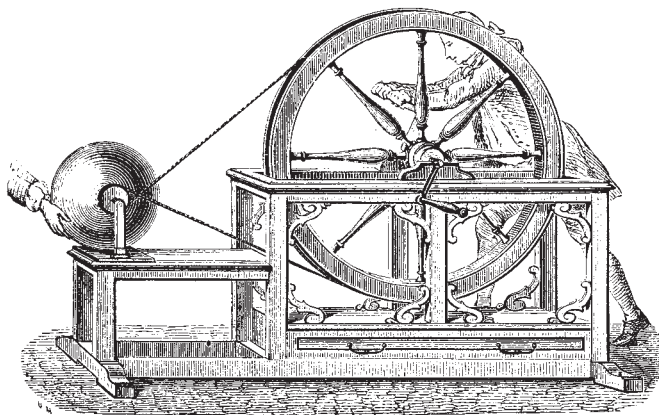
je jednom rukom brzo kretao, dočim je drugom rukom pritisnuo na kruglju suknenu krpom.

Englezki fizik Hauksbée napravio je još bolje munjilo. On je uzeo stakleni valjak, mjesto sumporne kruglje, ali se ipak ni njegova ni Guerickeova sprava nije mnogo rabila, svaki je volio proizvodjati munjinu Gilbertovim jednostavnim načinom, tarući naime štap od stakla ili smole vunenom krpom. God. 1733. napravi Niemac Boze munjevnu spravu, sasama jednaku Guerickeovoj, samo da je uzeo staklenu kruglju mjesto sumporne. Uz tu spravu stao je čovjek na ploču od smole, pa je držao u ruci željezni valjak. Sa valjkom bi se svaki čas dotaknuo naribane staklene kruglje, a munjina bi onda sa kruglje prešla u valjak, gdje se je onda sve više i više sabirala. Valjak taj nazvaše konduktorom. Wolfius i Hausen promjeniše konduktor Bozeova munjila u toliko, da ga nije trebao čovjek u ruci držati, već ga objesiše na svilenu nit ili ga postaviše na staklene noge. Malo zatim popravi Winckler, profesor latinskoga i grčkoga jezika na sveučilištu u Lipskom, Bozeov stroj i to tako, da je ribao staklenu kruglju kožnatim jastučićem mjesto rukom, kako je to Boze pravio. Akoprem su ove novotarije bile dosta dobre, to se ipak nisu svima sviđjale. Zato uvede Nollet u Francuzkoj munjilo bez konduktora i bez jastučića, kako ga vidimo na našoj slici 9., koja je tako jasna, da ju netreba mnogo tumačiti. Pomoću kotača kreće se staklena kruglja, a na ovu se pritisnu ruke, da se ribanjem proizvede munjina.

Prije nego promotrimo, kako se je munjilo dalje razvijalo, dok je dobilo današnji oblik, moramo se malo obazreti na napredak, što ga je čovjek u to vrijeme postigao u poznavanju munjine i njene naravi. God. 1708. opazi Wall vrlo zanimiv pojav, koji dotle nije bio poznat. Ako se jantar natare, pa mu se primaknemo prstom, to skoči iz jantara u prst iskrica uz maleni štropot.

Englezki fizici Gray i Wehler opaziše prvi god. 1727., da munjina, što se n. pr. trenjem u jantaru porodi, u njeke

predmete lahko predje i kroz njih prodje u druge, pa nazvaše takve predmete dobrimi vodići munjine, dočim su za one rekli, kroz koje munjina nemože preći, da su loši vodići munjine. Oni nadjoše, da su dobri vodići munjine sve kovine, mnoge tekućine, te životinjsko tielo, dočim pronadjoše, da su staklo, smola, svila, sumpor, alem, ulja itd. loši vodići. Tim si možemo protumačiti, zašto mora kovni valjak ili kruglja, na kojoj hoćemo sakupljati munjinu, stajati na staklenih nogah ili zašto ju moramo objesiti na svilenu nit. Staklo i svila su loši vodići munjine, pa munjina nemože iz valjka



Sl. 9. Nolletovo munjilo.

ili kruglje kroz njih otići u zemlju. Mi kažemo, da je dotični valjak ili kruglja izolirana, što ne znači drugo, nego da su te stvari tako postavljene, da munjina nemože iz njih izići. Na ovom mjestu treba još spomenuti, da munjinu možemo sakupljati samo na okruglih predmetih, kao što su kruglje i valjci, jerbo kroz svaki šiljak munjina sasna lahko izlazi iz tiela. Ako ima i najveća kruglja samo mali šiljak, pa ako je i najbolje izolirana, to nemožemo na toj kugli ništa munjine sakupiti, jerbo će sva odmah, čim u kruglju dodje, kroz šiljak u zrak uteći.

Ogledamo li se medju lošimi vodići, to ćemo odmah viditi, da su to upravo ona tjelesa, koja je Gilbert pronašao, da ih možemo trenjem učiniti munjevni. Iz toga zaključuje Grey, da se samo u loših vodićih može trenjem stvarati munjina, u dobrih ne. Ovo krivo mnijenje izpravi francezki fizik Dufay, koji pokaza, da svako tielo možemo učiniti munjevno, samo da ga treba tako uzeti ili izolirati, da stvorena munjina iz njega nepobjegne; treba dobre vodiće, kao n. pr. kovine primiti držalom od stakla ili smole. Ako kovni štap jednostavno rukom primimo, to se u njem doduše trenjem razvija munjina, ali pošto je kov dobar vodić, to razvita munjina odmah predje iz njega u naše tielo, a pošto je i ono dobar vodić, to prodje munjina kroz tielo u zemlju, gdje se onda izgubi. Već ovim tumačenjem stekao si je Dufay velike zasluge za znanost, ali ovom odličnom francezkom fiziku imamo se još mnogo više zahvaliti. On je bio prvi, koji je mnogobrojne već poznate pokuse sabrao u neku cjelinu, te ih raztumačio i tim prvi stvorio teoriju o munjini, i to teoriju, koja nam još danas sasvim lahko tumači sve munjevne pojave. On je izrekao sljedeća dva temeljna zakona munjine:

1. Munjevna tjelesa privlače k sebi sva tjelesa, koja još nisu bila munjevna. Privučeno tielo postane u dodiru samomunjevito i u isti čas odskoči, jer ga prvo tielo odbije.

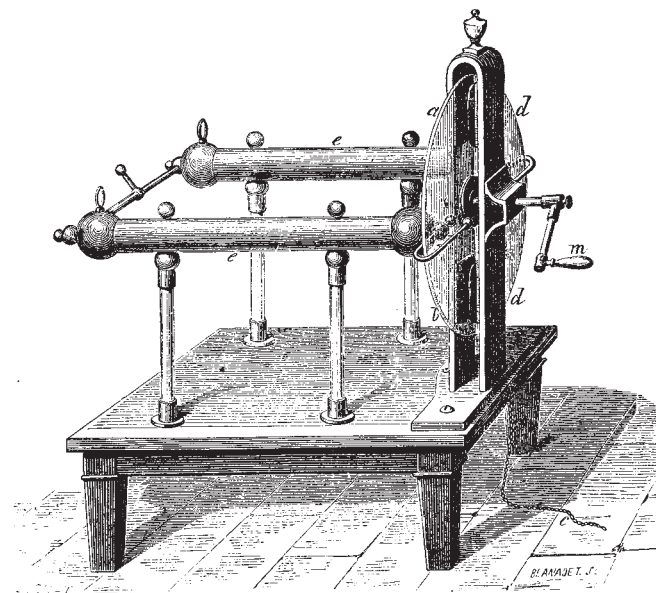
2. Ima dvie vrsti munjine: munjina **stakla** i munjina **smole**. Obie ove vrsti nisu jednake. Sva ona tjelesa, koja imadu u sebi munjinu stakla ili munjinu smole odbijaju se medjusobno, dočim tielo, u kom je munjina stakla, privlači k sebi drugo tielo, u kom je munjina smole. Jednake se munjine dakle odbijaju, a nejednake se privlače.

Sasvim je ovo slično onom pojavu kod magnetu, gdje se jednaki krajevi magnetične igle odbijaju, a razni krajevi privlače. Ušlo je u običaj, da se munjina stakla nazivlje pozitivnom munjinom, a munjina smole negativnom munjinom.

Svako tielo u svom običnom stanju ima u sebi obie vrsti munjine, ali dok se one zajedno drže, upravo je kao da ih nebi bilo, mi ih nemožemo opaziti. Kada taremo stakleni štap, to onda razstavljamo u njem pozitivnu munjinu od negativne. Negativna munjina prodje kroz krpju i kroz naše tielo u zemlju, a u staklu ostane sama pozitivna munjina, i sad ju tek možemo kao munjinu opaziti. Imamo li dva jednako velika tiela, jedno pozitivno a drugo negativno munjevno, pa je stavimo u doticaj, tako da munjina može iz jednoga prelaziti u drugo, to će se obie munjine spojiti, pa ako uz to ima od jedne i druge munjine ista množina, to će nam se pričinjati, kao da u oba tiela neima više nikakove munjine.

Vratimo se sada opet k munjilu. Oko god. 1768. sastavi englezki optik Ramsden veoma zgodno munjilo. Mjesto staklene kruglje ili valjka, kako smo ih kod prijašnjih munjilah opazili, uze on okruglu staklenu ploču, koju je mogao ručkom kretati oko njezine osi. Ploča se je svojim kretanjem ribala o četiri kožnata jastučića, koja su bila izpunjena konjskom dlakom. Trenjem razvila se je munjina u staklenoj ploči, pa je onda iz ploče prešla u dva valjkasta konduktora od kovine; konduktori su bili izolirani, t. j. stajali su na staklenih noguh, tako da iz njih nije mogla munjina izlaziti. Ova sprava mnogo se je rabila po čitavoj Europi, a i munjilo, kojim se danas služimo, sasma joj je slično. Na sl. 10., koja nam prikazuje moderno munjilo, vidimo staklenu ploču *a b c d*, koju možemo kretati ručkom *m*. Između *a* i *c*, te *b* i *d* nalaze se kožnati jastučići, namazani sa amalgamom. Amalgam taj jest spoj tutije i kositra sa živom; poznato je, da se mnoge kovine raztapaju u živi kao sol u vodi, pa da se onda s njom spajaju u tvrda tjelesa. Spomenuti jastučići pritištu ponješto staklenu ploču, pa tako nastaje ribanje, kada se staklena ploča stane okretati. Nadalje vidimo dva kovna valjka *e*, koji stoje na staklenih noguh; to su konduktori ili sakupljači munjine. Sada da vidimo, kako ovo munjilo djeluje. Pozitivna munjina, koja se je trenjem na

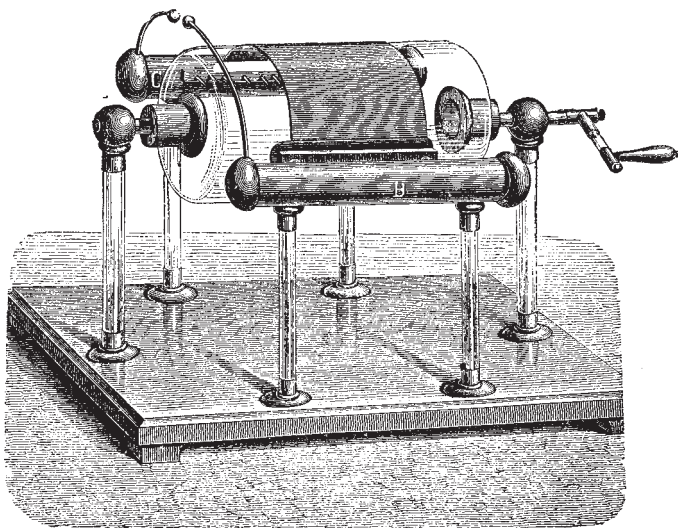
staklenoj ploči razvija, stane razstavljati na valjku pozitivnu od negativne munjine, te negativnu k sebi privlačiti. Negativna ova munjina predje kroz kovne šiljke sa valjka na ploču, pa se na ploči sa pozitivnom munjinom spoji i izjednači. Na kovnom valjku ali ostane upravo onoliko pozitivne munjine, koliko je iz njega negativne izašlo. Daljnim trenjem ploče izlazi iz valjka sve više negativne munjine, ali zato u njem ostaje i nakuplja se sve više pozitivne munjine.



Sl. 10. Naše munjilo.

Spomenuti ćemo samo još jedno munjilo, koje služi većinom u Englezkoj. Napravio ga je početkom ovoga stoljeća Nairne, a razlikuje se od prije opisanoga munjila glavno u tom, što ima mjesto okrugle ploče stakleni valjak. Naša slika 11. prikazuje nam ovo munjilo. Čim dulje krećemo kotač, tim se više munjine sabire na konduktoru, pa će konduktor svojom munjinom lahke predmete već iz daleka k sebi privlačiti, ali

će ih isti čas, čim od njega prime munjinu, odmah i odbiti. Približimo li konduktoru prst, to će unj priskočiti jaka iskra. Mi možemo pače od našega tiela napraviti konduktor, te ga tako napuniti munjinom, da će iz njega iskre skakati. Treba se samo postaviti na stolčić sa staklenimi nogami, tako da nam bude tielo izolirano od zemlje. Ako se sada uhvatimo rukom za konduktor, to će munjina iz konduktora prelaziti u naše tielo, te će se u njem sakupljati, jer nemože iz njega u zemlju

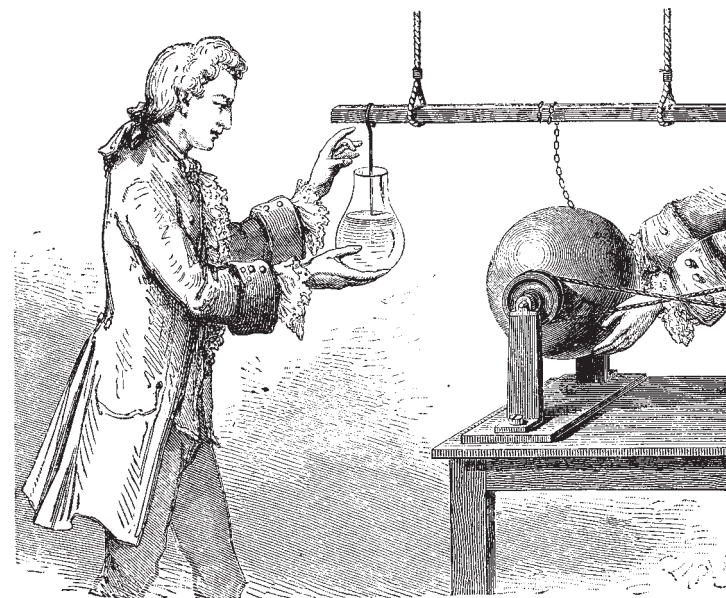


Sl. 11. Nairnovo munjilo.

prolaziti. Mi nećemo ni oćutiti, da nam se u tielu sakuplja munjina, tek u zrcalu možemo opaziti, kako nam se je kosa nakostrešila, jer su svi vlasi nabiti istom munjinom, tako da jedan drugoga odbija od sebe. Približi li nam tko ruku, to će između nas dvojice preskočiti munjevna iskra, a mi ćemo oćutiti, kao da nas je na onom mjestu, gdje je iskra preskoćila, njetko iglom bocnuo. Hoćemo li da nam pokusi s munjilom podju dobro za rukom, treba praviti te pokuse za suha vremena ili u suhoj zakurenoj sobi. Ako je zrak vlažan, t. j. ako

ima mnogo para u njem, to će pare kao dobri vodići munjine neprestano odvajati munjinu iz konduktora, a u samom konduktoru neće se je onda mnogo nakupiti.

Kako spomenusmo, munjevno tielo gubi svoju munjinu u zraku, osobito ako je zrak vlažan, jerbo su vodene pare dobar vodić munjine. Musschenbroek, fizik u holandezkom gradu Leydenu, vodio je jednom munjinu u vodu, koja je bila u



Sl. 12. Musschenbroekov pokus: svadjanje munjine u vodu.

staklenoj boci. On se je nadao, da se munjina iz vode neće tako skoro izgubiti u zrak, pošto je okružena skoro sa svih strana staklom, koje je, kako je poznato, loš vodić. Kada je Musschenbroek htio odaljiti bocu od munjila, te u tu svrhu držao jednom rukom bocu a drugom se dodirnuo žice, kojom je munjina iz munjila u bocu prelazila, oćuti iz nenada tako silan udarac u rukama i prsima, da je pomislio, da mora od toga umrieti. Poslije je jednom prilikom kazao, da nebi toga pokusa

opetovao, sve da mu ponude francuzku krunu. Na našoj sl. 12., koja nam pokazuje taj pokus, vidimo munjilo, kako ga je izveo abbé Nollet, koje se je u Francuzkoj mnogo rabilo. Staklena kruglja kreće se pomoću kotača, koji na slici nevidimo. Na kruglju pritisne jedan čovjek ruke. Okretanjem kruglje stvori se u njoj munjina, koja onda kroz lanac predje na konduktor.



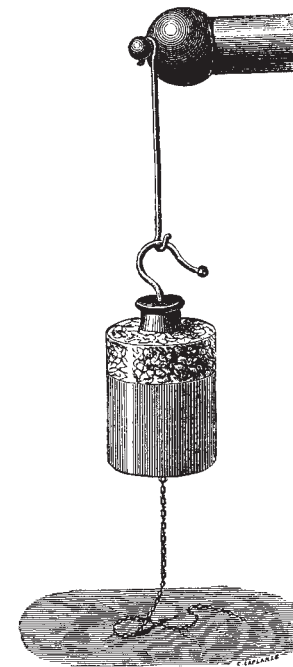
Sl. 13. Abbé Nollet izvadjja svoj pokus sa munjinom.

Konduktor sam imao je oblik pruta, a visio je na svilenih koncih, da iz njega munjina nepobjegne.

Abbé Nollet u Parizu nije imao mira, dok nije Musschenbroekov pokus sam na sebi opetovao. I zbilja pošao mu je tako dobro za rukom, da mu je uslied udarca boca izpala iz ruku. Skoro zatim izvede Nollet isti pokus u Versaillesu pred francuzkim kraljem. Cijela kumpanija francuzke garde od 240 momaka morala je tom sgodom napraviti tako zvani lanac

tim, da je jedan vojnik drugomu ruku dao. Nollet je jednom rukom držao bocu a drugu je ruku dao prvom vojniku u lancu; posljedni momak je dirnuo žicu u boci i isti čas oćuti svih 240 momaka udarac, koji dakako nije bio tako jak, kao što bi bio, da je samo jedan čovjek bocu izpraznio. (Sl. 13.)

Za ovaj pokus dakle morala je boca biti iz nutra puna vode, a iz vana morala se rukom pritisnuti. Englezki fizik Bevis opazi na skoro, da voda i ruka pri boci igraju samo ulogu vodića, da ih čovjek može zamieniti i drugim vodićim, pa da će isti uspjeh postići. Treba samo bocu iz nutra obljepiti jednim, a iz vana drugim dobrim vodićem munjine, pa je stvar gotova. Čine to tako, da se boca iz vana i iz nutra obloži staniolom, t. j. tankim u listove razvućenim kositrom. U tako priredjenu bocu metnu štapić od kovi, a na štapić se objesi lančić, koji dosiže do obložena dna boce. Na gornjem kraju ima taj štapić obično kruglju. Takova boca naziva se po gradu Leydenu, u kojem ju je, kako znamo, Musschenbroek sasma slučajno prvi put odkrio, lajdenskom bocom. (Sl. 14.)

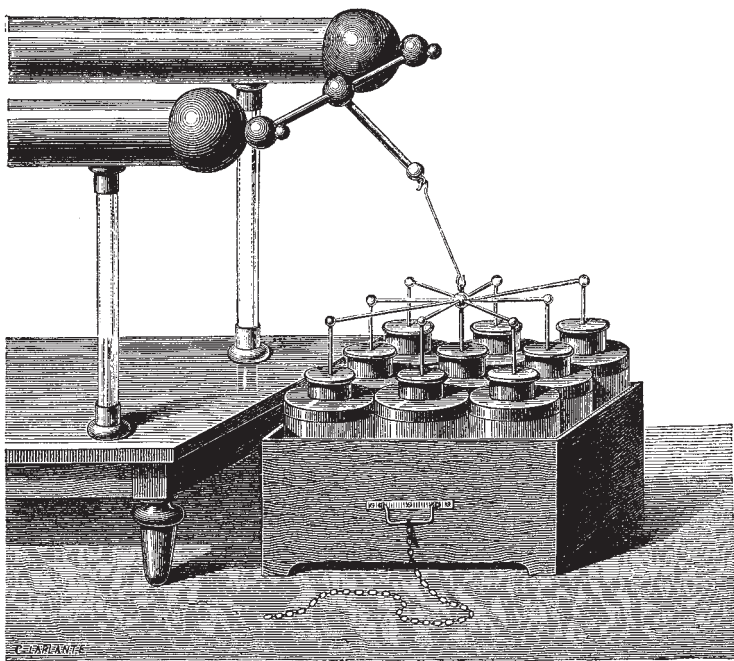


Sl. 14. Lajdenska boca obješana na konduktoru munjila.

Spojimo li više ovakovih boca u jedno, to ćemo moći sakupiti mnogo više munjine, a takovu spravu zovemo lajdenskom baterijom. (Sl. 15.)

Dugo su se europejski fizici uzalud mućili, da si raztumaće Musschenbroekov pokus, ali im to nije pošlo za rukom. Istom slavni Amerikanac Benjamin Franklin raztumaći ovaj pojav. Stavimo li kovni prut lajdenske boce u dodir s

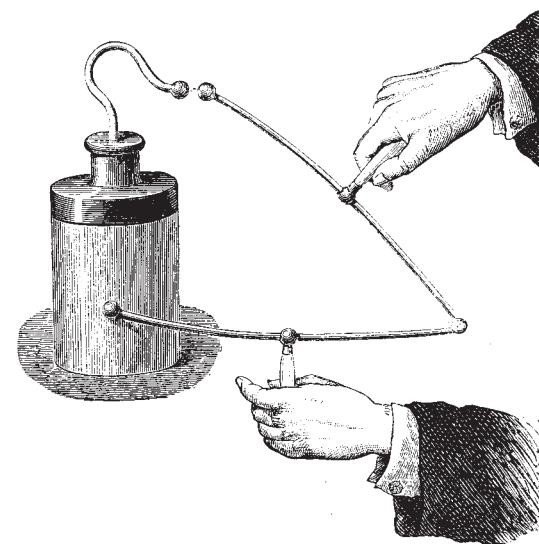
konduktorom munjila, to će s ovoga prelaziti pozitivna munjina kroz prutić u nutarnji staneolni oblog boce. Ova munjinja razstavlja kroz staklo munjinu vanjskoga obloga: pozitivnu negativnu munjinu privlači k sebi, a jednaku pozitivnu odbija, tako da ova bježi u zemlju. Na taj se način sakuplja pozitivna munjina na nutarnjem, a negativna na izvanjskom oblogu lajdenske boce. Ove dvie munjine bi se jako rado spo-



Sl. 13. Lajdenska baterija.

jile, ali nemogu, pošto je među njima staklo, kroz koje munjina nemože proći. Uхватimo li bocu jednom rukom, pa se drugom rukom dotaknemo pomenutog kovnog štapića, koji je u savezu s nutarnjim oblogom, kako je to i Musschenbroek učinio, to će se pozitivna i negativna munjina kroz naše tijelo spojiti, a tim spajanjem ćemo osjetiti onaj jaki udarac. Mi velimo onda, da smo lajdensku bocu izpraznili kroz naše tijelo.

Bilo bi jako neugodno, kad bi svaki put morali tako bocu sami izpraznjivati. Svakako je najzgodnije bocu tako izprazniti, da kakvom žicom spojimo štapić sa vanjskim oblogom. Osobito je dobar u tu svrhu odponac sa staklenimi ručkama, kako ga vidimo na našoj slici 16. Uz njega smo sigurni, da munjina neće proći kroz naše tijelo. Ako je lajdenska boca jako nabita, t. j. ako ima na nutarnjem oblogu mnogo jedne a na vanjskom oblogu mnogo druge vrsti munjine, pa ju onda izpraznimo, to će se obie mu-



Sl. 15. Izpraznjenje lajdenske boce sa odponcem.

njine spojiti jakim munjevnim iskrom uz prasak. Ovakovom iskrom možemo probiti staklo, drvo, papir itd., te upaliti lahko upaljive stvari, kao n. pr. vinovicu. Ako pustimo takvu iskru kroz tanku željeznu žicu, to će se žica zažariti i raztaliti. Svi ovi pokusi su jako zanimivi, samo valja uvijek paziti, kada radimo sa lajdenskom bocom, da nedotaknemo slučajno u isti čas nutarnji i vanjski oblog, jer bi dobili udarac, koji bi nam na dugo vremena omrazio slične pokuse.