

Encycl. 0.

52.

70.

STAMPFEL-FÉLE
TÁNYOS ZSEB-KÖNYVTÁR.

85.

Dr. Lévy Ede

Physikai Repetitorium



III.

ELEKTROM. ÉS MÁGNESÉG

Ára 60 fill. • 30 kr.

POZSONY - BUDAPEST
KIADJA
STAMPFEL K.

STAMPFEL-FÉLE
TUDOMÁNYOS ZSEB-KÖNYVTÁR.

—  85.  —

PHYSIKAI REPETITORIUM.

III.

EKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESÉG.

ÖSSZEÁLLITOTTA

DR. LÉVAY EDE

ÁLL. FÖGYMN. TANÁR.

30 ÁBRÁVAL.



POZSONY. 1901. BUDAPEST.

STAMPFEL KÁROLY KIADÁSA.

MAGY. AKADEMIÉ
KÖNYVTÁRA

A „TUDOMÁNYOS ZSEB-KÖNYVTÁR“-ban
ugyanazon szerzőtől megjelent:

- 2. sz. Arithmetikai és algebrai példatár.
- 14. „ A sík trigonometriája.
- 23. „ Planimetria.
- 35. „ Számтан.
- 44. „ Algebra.
- 50. „ Stereometria és sphaerikus trigonometria.
- 78. „ Physikai repetitorium : I. Mechanika.
- 81. „ II. Akustika. Optika. Hőtan.
- 85. „ III. Elektromosság és mágnesség.

Legközelebb megjelenik még az:

Analytikai síkmértan.

Egy füzet ára 30 kr. = 60 fillér.

Elektrostatika.

1. §. Alaptünemények.

Ha borostyánkövet, melynek görög neve *elektron*, gyapjúszövettel dörzsölünk s a dörzsölt részt könnyű testek, pl. papirszeletkéék, vagy bodzabél-golyócskák közelébe hozzuk; akkor e testek előbb a borostyánkődarabhoz röpdülnek, rövid időre ahhoz tapadnak, utóbb nagy erővel ellöknek. Ha újjunkkal a dörzsölt rész felé közeledünk, gyenge pattanást hallunk, szúrászt érzünk, sötétben átugró apró szikrákat látunk. A borostyánkő ezen állapotát *elektromos állapotnak*, az azt létesítő okot *elektromosságnak* nevezzük. Az elektromosság felfedezője állítólag a hét görög bölcst egyike, a miletosi *Thales* volt, Kr. e. 600 év körül. Am általános figyelmet csakis mintegy 2000 évvel később ébresztett az elektromosság az angol *Gilbert* (1603) kezdeményezésére. Nagyszámú kísérletekből kiderült, hogy nem csupán a borostyánkő dörzsölése révén gerjeszthetünk elektromosságot. A gyanta, üveg, kén, pecsétviasz, ebonit gyapjú- és selyemszövettel, vagy amalgámozott bőrrel dörzsölve, kisebb-nagyobb mértékben szintén alkalmas az elektromosság előállítására.

Elektromosság gerjesztése.

Az angol *Gray* (1727) kimutatta, hogy a felsorolt testeken kívül mások, így különösen a fémek is elektromos állapotba hozhatók, ha azokat előbb gyanta, vagy üveg tartónyéllel látjuk el s úgy dörzsöljük. Mégpedig a dörzsölt fémpálczák az előbbi testektől eltérőleg, nem csupán a dörzsölt részen, hanem egész felületükön elektromosakká lesznek. A tünemény magyarázata abban rejlik, hogy a fémek *jóvezetők* (conductorok), a benők dörzsölés utján gerjesztett elektromosság, ha egyik végüket kezünkben tartjuk, testünkön át, mely szintén jóvezető, a földbe távozik s így nem mutatható ki; ellenben a gyanta, vagy üveg *rosszvezetők* (isolatorok), ezek tehát meggátolják az elektromosság eltávozását s így az kimutatható. — Ezt tudva, ki-

Az elektromosság jó és rossz vezetői

mondhatjuk most már, hogy *dörzsölés útján minden test elektromossá lesz*, de míg a testek egy része nem gördít észrevehető akadályt az elektromosság terjedése elé, addig más testek az elektromosság tova-vezetésére alkalmatlanoknak mutatkoznak. *Jóvezetők* a fémek (mégpedig a következő sorrendben: ezüst, réz, arany, zink, platin, vas, ón, ólom, higany stb.); a szén, sóoldatok, savak, a víz, nedves és ritkított levegő, a szerves testek, a láng; *rossz vezetők*: a száraz oxidok, a száraz jég, a kréta, a száraz fa és papír, a száraz levegő, üveg, kén, gyanta, gutta-percha, sellák stb. Ha a nem elektromos test valamely elektromos testtel érintkezik, az utóbbi elektromosságát egészben, vagy részben átveszi. Ha azt akarjuk, hogy a jóvezető ne veszítse el elektromosságát, izolátorokkal vesszük azt körül, de most mindjárt megjegyezhetjük azt is, hogy tökéletes vezető és tökéletes izolator nincsen. A vezetőképesség függ a test hőmérsékletétől is. *Hurmuzescu* paraffin és kénből kitűnő izolátort készít.

A kétféle
elektromos-
ság.

Az elektromos vonzás és taszítás ki-mutatására alkalmas készüléket nyerünk az *elektromos ingának* nevezett, selyemszálon csüngő bodzabél-golyócskában. Ha dörzsölt üvegrúdat közelítünk az elektromos-ingához, az magához vonzza a bodzabél-golyócskát, majd érintés után ismét el-taszítja s azt ezután bármely dörzsölt üvegrúd állan-dóan taszítani fogja; ellenben minden dörzsölt gyanta-rúd még nagyobb erővel vonzza, mint tenné, ha a bodzabél-golyócska előbb elektromos üveggel nem érintkezett s üveg-elektromossággal meg nem telt volna. Ha pedig a golyócskát kezünkkel való érintés-sel elektromosságától megfosztjuk és dörzsölt gyanta-rúddal hozzuk érintkezésbe, akkor a gyanta-elektro-mosságával megtöltött golyócskát minden dörzsölt gyantarúd taszítani s minden dörzsölt üvegrúd élénken vonzani fogja (*du Fay* 1733.). Az elektromos ingával végzett kísérletekből kitűnik, hogy: 1) a dörzsölt üveg- és gyantarúd különböző módon lesznek elek-tromosakká és mert 2) más testek elektromossága vagy az üveg, vagy a gyanta elektromosságával meg-egyező, ennél fogva csakis két-féle elektromosság van, melyek közül *Lichtenberg* (1777) után az üveget *positiv* (+), a gyantáét *negatív* (—) elektromosságnak nevezzük; 3) egynemű elektromosságok taszítják,

különneműek vonzzák egymást; 4) hogy a dörzsölt test positiv, vagy negativ elektromosságot nyer-e, az nem csupán a dörzsölt testtől, hanem a dörzsölő anyagtól is függ; 5) dörzsölés alkalmával egyidejűleg mindkétféle elektromosság létrejön, egyik a dörzsölt testen, másik a dörzsölő szeren; 6) két test dörzsölésénél az egyikken létrejövő positiv töltés a másikon létrejövő negatívval egyenlő. (*Lippmann* kísérlete.)

Coulomb (1785) a testeket oly rendbe, az ú. n. *feszültségi sorba* állította össze, melyben bármely test az utána állóval dörzsölve negativ, emez pedig positiv elektromosságot nyer. Ez a sor a következő: kén, selyem, gyanta, fém, pecsétviasz, viasz, fa, papír, toll, gyapot, állati bőr, üveg. Minél távolabb áll a sorban két test, annál nagyobb a dörzsölésük után nyert elektromosság hatása.

A feszültségi sor.

Hogy lényegében mi az elektromosság, nem tudjuk, s így az elektromos tünemények megfejtésénél hypothesisekhez fordulunk. Annyi tény, hogy dörzsölés alkalmával semmit sem közlünk a testekkel, mert azok súlya közömbös és elektromos állapotban egyenlő. *Symmer* (1759) felteszi, hogy a nem elektromos testben mindkétfajta elektromosság, mint súlytalan folyadék — fluidum — egyenlő mennyiségben van jelen s így egymást közömbösíti. A dörzsölés ezen ú. n. *dualistikus* hypothesis szerint csupán a fluidumok szétválasztását eszközli olykép, hogy ha a dörzsölt testben a positiv elektromosság jut túlsúlyra, akkor a dörzsölőszer ugyanolyan mértékben negativ elektromosságúvá lesz. Ezzel szemben áll *Franklin* (1755) egy fluidumos, *unitarius*, hypothesise, mely szerint az egyetlen elektromos folyadékot a közömbös testek bizonyos normális mennyiségben tartalmazzák, ennél több folyadék esetében positiv, kevesebb mellett negativ elektromosságú a test. Az utóbbi elmélet látszólag egyszerűbb, mint a *Symmer*-féle, ámde alkalmazásában nagy nehézségekkel van összekötve, holott az előbbi elmélettel igen könnyen megfejtethők az összes elektromos tünemények, éppen azért — bár tudjuk, hogy ez a hypothesis sem felel meg az elektromosság mibenlétének — ezt fogjuk alkalmazni az elektromos tünemények egységes alapon való megfejtésére; anyagok gyanánt beszélünk tehát az elektromosságokról, amint anyag gyanánt emlegettük a hőtanban a meleget,

Az elektromosság mibenléte.

noha ott biztosan tudtuk, hogy nem az, sőt teljesen tisztában voltunk a hő mibenlétével. Óvakodnunk kell azonban attól, hogy a *pozitív és negatív elektromosság* megnevezéshez a folyadékok eredeti képzetét fűzzük. Az ilyeszerű szólásmódokkal csakis az anyagnak hatásai révén érezhető és megmérhető különös tulajdonságát akarjuk megjelölni. Bizonyos átmeneti állapot gyanánt tekintendő a test elektromos állapota, melyben az olytünemények létrehozására képes, melyek eltérnek az egyéb physikai állapotokban megismert hő, fény, vagy nehézségi hatásoktól s azért azoktól, mint elektromos hatások külön választatnak.

Faraday (1837) egész új alapot szolgáltatott az elektromos tünemények megfejtésére; az ő felfogásának *Maxwell* szabatosabb formát adott, ezt azonban csak később tárgyalhatjuk. — Most csak annyit jegyzünk meg meg, hogy bármi legyen is lényegében az elektromosság, egy neme az az energiának, mert más energia-fajokból (mechanikai-, hő-, chemiai energiából) előállítható és más energia-fajokká átalakítható.

Coulomb
törvénye.

Ha izolált vezetővel egymásután ugyanolyan nemű elektromosságot közlünk, ezzel növeljük a vezető vonzó, illetőleg taszító hatását. Ezt úgy fejezzük ki, hogy a vezető elektromos hatása a benne foglalt *elektromos-mennyiséggel* növekszik. A törvényt, mely szerint elektromos-mennyiségek egymásra hatnak *Coulomb* (1785) az ú.n. *sodró-mérleggel* állapította meg. Ennél finom, sodratlan platinahuzalon, vízszintesen gyantapálczácska csüng, melynek egyik végén aranyfüsttel bevont golyócska áll, mit a tulsó oldalon csillámlemez tart egyensúlyban. A platinahuzal felső vége csavarral van ellátva, a golyóval szemben pedig vele egyenlő nagyságú golyó függ, mely fémi összeköttetésben áll azon harmadik golyóval, melylyel a megvizsgálandó test elektromosságát közöljük. Az így berendezett készüléket hengeralakú üvegbe helyezik s a huzal elcsavarodásának leolvasására az üveghenger felső részén fokosztást alkalmaznak. Ha most a golyóval, mely a kísérlet kezdetén a huzalon függőt érinti, elektromosságot közlünk, akkor a két golyó egyenlősége folytán azok egyenlő mennyiségű, egynemű töltést nyernek s így egymást taszítják, miáltal a platinahuzal bizonyos szög alatt elcsavarodik. Ahhoz, hogy a két golyó

távolságát felére, vagy harmadára csökkenthessük, azt tapasztaljuk, hogy a felső csavarral a huzalt 4-szer, illetőleg 9-szer akkora szög alatt kell ellenkező irányban elfordítanunk. Ellentétes elektromos töltéssel látva el a golyókat, azok vonzását 2-szeres, 3-szoros távolságban, 4-szer, illetőleg 9-szer kisebbnek észleljük. Ezek alapján kimondhatjuk, hogy: *az elektromos vonzás és taszítás a távolság négyzetével fordított arányban áll. Coulomb* mérlegével igazolhatjuk azt is, hogy ugyanazon távolság mellett 2-szeres, 3-szoros elektromos-mennyiséget közölve a golyókkal, a vonzás és taszítás mérve is 2-szeres, illetőleg 3-szoros lesz, azaz: *az elektromos vonzás és taszítás az elektromos mennyiségek szorzatával egyenes arányban áll. A Coulomb-féle törvényt matematikailag*

így fejezhetjük ki: $E = c \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2}$, ahol E az elektromos mennyiségek egymásra gyakorolt hatását, m és m' a ható elektromos mennyiségeket, r azok távolságát, c pedig azt az erőt jelenti, melylyel egységnyi elektromos-mennyiség ugyanolyan másakra, egységnyi távolból hat. Ha m és m' egyenlő előjelűek, akkor E taszítást, ha ellenkező előjelűek, vonzást jelent.

2. §. Az elektromos potenciál.

Ha valamely pozitív elektromos töltéssel bíró vezetőhöz kis pozitív töltésű testet közelítünk, az egynemű elektromosságok taszítása ellenében munkát kell végeznünk. *Azt a munkát, mely a pozitív elektromosság egységének végtelen távolból valamely adott pontba hozatalára kívántatik, az illető pont elektromos potenciáljának hívjuk.*

A potenciál értékének kiszámítására tegyük fel, hogy m a ható elektromos mennyiség, melytől előbb r , majd $r_1 < r$ távolságban legyen a pozitív elektromosság egysége. A munkát, mely az egységnyi elektromosságnak r távolból r_1 távolba hozatalára felhasználtatott, nyerjük, ha a ható erőt megszorozzuk a leirt úttal. A leirt út $r - r_1$; az erő azonban nem állandó, a mennyiben r távolban annak értéke *Coulomb* törvénye szerint $m \cdot 1 : r^2$ és r_1 távolban $m \cdot 1 : r_1^2$. A végzett munka számára tehát $m (r - r_1) : r^2$ igen kicsiny és $m (r - r_1) : r_1^2$ igen nagy értéket adna. Alkalmas középértéket nyújt: $m (r - r_1) : r \cdot r_1 =$

$m : r_1 - m : r$. Ha most $r = \infty$, akkor $m : \infty = 0$ s a potenciál r_1 -ben $= m : r_1$. A potenciál egységére nézve $m = 1$; $r_1 = 1$. Ha több $m_1, m_2, m_3 \dots$ elektromos mennyiség van jelen, melyeknek távolsága $r_1, r_2, r_3 \dots$ akkor a potenciál:

$$P = \frac{m_1}{r_1} + \frac{m_2}{r_2} + \frac{m_3}{r_3} + \dots = \sum \frac{m}{r}$$

Ha az egység helyett M elektromos mennyiség vétetik számba, akkor: $P = \sum \frac{Mm}{r}$

Azt a tért, melyben az elektromos erő hat *elektromos mezőnek*; az olyan felületeket, melyeken minden egyes pont potenciáljának értéke egyenlő egymással *niveau-felületeknek*; az ezekre húzott merőlegeseket *elektromos-erővonalaknak* nevezzük, mert azok jelölik meg a ható erő irányát. Két pont akkor bir potenciál-különbséggel, ha vezetőileg összekötve az egyikről elektromosság áramlik a másik felé. Az áramlás a magasabb potenciálú helyről az alacsonyabb felé történik.

Mi tulajdonképen csak potenciál-különbségeket tudunk megfigyelni és mérni, s így a potenciált csakis oly állandó értékre vonatkoztathatjuk, melynek nagysága nem gyakorol befolyást a számításra. Ez okból a föld potenciálját zérusnak szokás tekinteni s a potenciál-különbségeket ahhoz viszonyítani; ezáltal a testek között éppen olyan potenciál-különbségeket nyerünk, mintha a föld elektromos potenciáljának is tudnánk értéket adni. Ez az eljárás elég logikus, mert a föld oly nagy térfogatú vezető gyanánt tekinthető, melyen a vele közölt elektromosság nyomtalanul eltűnik.

Ha p és p , pont egymástól ρ távolban van és e pontokban a potenciál P és P_1 ; akkor a $\frac{P_1 - P}{\rho}$ kifejezést a *potenciál esésének* szokás nevezni ρ uton, a P_1 -től P felé számított irányban. Ez ellenkező előjellel véve azon erő-összetevővel azonos, mely az egységnyi elektromosságot egyik ponttól a másik felé vinni törekszik; ugyanis $P_1 - P$ azt a munkát jelenti, mely a pozitív elektromos egységnek ρ uton P -től P_1 -be való eltolására szükséges; ez azonban az erőnek ρ -szorososa s így az erő maga: $\frac{P_1 - P}{\rho}$.

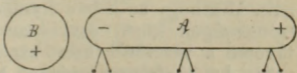
A potenciál-különbségeknek az elektromosságban olyan szerepük van, mint folyadék-felszínéknél a magasság-különbségből eredő folyadék-nyomásnak, vagy mint a hővezetésnél a hőmérsékleti különbségeknek. Valamint bizonyos folyadék-oszlopnak magasabb niveaura emelésére munka kívántatik, melynek eredménye a potenciális energia emelkedésében nyilvánul; éppenúgy munkafelhasználással van az elektromosságnak valamely niveauról a magasabbra való felemelése is összekötve. Magasabb potenciálú helynek itt az tekintendő, honnan az elektromosság valamely más helyre iparkodik áramlani.

Igen fontos szerepe van az elektromosságban az *elektromosság önmagára vonatkoztatott potenciáljának*. Ha az elszigetelt r sugarú fémgömböt elektromossággal kell megtöltenünk, úgy az első ízben abbevezetett elektromos mennyiség minden következőre, amit még a gömbbe vezetünk, taszítólag hat; a taszítás legyőzésére tehát munkát kell végeznünk s ez $\frac{1}{2} \cdot \frac{M^2}{r}$ -rel egyenlő, ahol M a bevezetett elektromosság mennyiségét, r a gömb sugarát jelenti. Ez az érték méri a gömb megtöltésénél felhasznált munkát.

3. §. Az elektromos megosztás, vagy influentia.

Az eddig megismert elektromos hatások súlyos testek taszításában, vagy vonzásában nyilvánultak. Ezen ponderomotoros hatásokkal egyidejűleg fel szokott azonban lépni egy másik is, mely magának az elektromosságnak mozgásán alapul s éppen ezen elektromotoros hatás az, melyet alaphatásnak kell tekintenünk.

Influentia.



1. ábra.

Ha a végein kigömbölyödő A (1. ábra) hengeralakú vezetők közepén és végein drótokra erősítve bodzabél-golyócskapárok csüngnek alá és ha a közömbös állapotban lévő eme vezetőhöz B positiv elektromos-töltéssel bíró testet közelítjük; akkor a henger végein csüngő golyópárok szétválnak, a középső pár azonban továbbra is együtt marad. Ha B testet eltávolítjuk, a szélső golyó-párok is összeesnek, jeléül annak, hogy A többé nem tartalmaz

elektromosságot, holott előbb a szélső párok szétválása azt mutatta, hogy elektromosság volt jelen a vezetőben.

Ennek a tüneménynek a megfejtése a következő. Mikor *B* testtel *A* felé közeledünk, *B*-nek elektromossága szétválasztja az *A*-ban, mint közömbös testben, egyenlő mennyiségben jelen lévő pozitív és negatív elektromos fluidumokat. A negatívot lehető közel vonzza s így az a feléje fordított végen, a pozitívot lehető messze taszítja, s így az a tulsó végen gyűlik össze; ez az oka egyszersmind annak, hogy a középen nincs elektromosság. Ha *B* testet eltávolítjuk, a golyó-párok összeesnek, a szétválasztott elektromos fluidumok *A*-ban ismét egyesülnek s így az visszatér előbbi közömbös állapotába. Hogy ez a magyarázat helyes, azt a következőkből ismerhetjük fel. Közelítsük ismét *A* felé a *B* testet, akkor, mint előbb, a szélső párok szétválnak. Erintsük most kezünkkel *A*-nak *B*-től távolabb fekvő végét. Ekkor az ezen végen levő golyók összeesnek, mert ily módon a pozitív elektromosságot a földbe vezettük el testünkön át. Ha most elveszszük kezünket *A*-ról s egyszersmind a *B* testet is eltávolítjuk *A* mellől, akkor mind a három golyópár szétválk és *A* negatív elektromossággal megtöltöttek mutatkozik. Az *A*-ban szétválasztott negatív elektromosságot *B* vonzotta s nem engedte a földbe távozni, ellenben mikor *B*-t elvittük a közelből, ezen elektromosság az egész *A* vezetőn szétterjedt.

B-nek *A*-ra gyakorolt ezen elektromótoros hatását *elektromos megosztásnak*, vagy *influentiának* nevezük. Minthogy az *A*-ban ily módon szétválasztott elektromosságok közül csakis az egynemű törekszik eltávozni a vezetőről, azért azt *szabad-*, a különeműt pedig *kötött elektromosságnak* hívjuk.

Könnyű belátni, hogy éppen ez az elektromótoros hatás az oka az eddig tárgyalt ponderomótoros hatásoknak is, mert pl. a dörzsölt üvegrúd pozitív elektromossága megosztólag hat a közelébe vitt papírdarabka elektromos fluidumaira; a különeműt vonzza, az egyneműt taszítja s a vonzás alapján magához ragadja a könnyű papírdarabkát, melynek ellentétes elektromossága érintkezés alkalmával ugyanolyan mennyiséget közömbösít az üveg elektromosságából s így a papírdarabkán most már csakis az üveg pozitív

elektromossága marad meg, minek természetes következménye csakis az érintkezés után való eltasztás lehet. Olyan testet, mely elektromosságot egyáltalán nem tartalmaz, az elektromos test sohasem lenne képes magához vonzani.

Az elektromos megosztás leginkább az elszigetelt jóvezetőkön észlelhető; azonban a rosszvezetőkben is létesíthetünk megosztást, ámde e célra a megosztó elektromos testet huzamosabb ideig kell a rosszvezető közelében tartani. A rosszvezetők még az elektromos test eltávolítása után is megtartják influenza utján nyert elektromosságukat; minek éppen a hiányos vezető-képesség az oka, mely a szétválasztott elektromos fluidumok egyesülését megnehezíti.

Az elektromos megosztás nagysága, azaz a kötött elektromosság mennyisége függ:

- a) a megosztó elektromosság mennyiségétől;
- b) a két test távolságától és alakjától;
- c) a két testet elválasztó elszigetelő test anyagi minőségétől.

Elválasztó közeg a mi esetünkben a levegő volt.

A harmadik pontból kitetszőleg az izolátorok nem csupán a vezetők elválasztását eszközlik, mert akkor mindeniknek egyenlő viseletet kellene az influenza-hatásoknál tanúsítani, hanem tényleges részt vesznek az elektromos távolbhatás közvetítésében. Ezért nevezi azokat *Faraday* (1837), ki a dolgot legelőször vizsgálta tüzetesebben, *dielektrikumoknak*.

Dielektrikum.

Azt a viszonyszámot, melyben valamely vezető influenza utján nyert elektromos mennyisége bizonyos anyag, mint elválasztó médium mellett azon elektromos mennyiséghez áll, mely a vezetőn ugyanazon potenciál-különbségnél felhalmozódik, ha elválasztó közeg gyanánt a levegő szerepel, az illető anyag *dielektromos állandójának*, vagy *megosztó-képességének* nevezzük.

4. §. Az elektromosság elhelyezkedése.

Az elektromosság székhelyére nézve *Coulomb* kísérleti, *Poisson* matematikai alapon a következő tényt állapította meg: Az elszigetelt jóvezető, positiv v. negativ, szabad elektromos töltése kizárólag a vezető külső felületén helyez

Az elektromosság székhelye.

kedik el. A tétel elméleti bizonyítása a potenciál matematikai sajátosságai alapján végezhető; de könnyen megmagyarázhatjuk azt különben is, ha meggondoljuk, hogy a conductor belsejében netalán befoglalt egynemű elektromosságok taszító hatása szűkségképen, az elektromosságnak a külső felszínen való elhelyezkedésére vezet. Az egynemű elektromosságok taszító hatását csakis a környező izolátor gátolja meg abban, hogy az elektromosságot még a felszínről is tovább hajtsa.

A kísérleti bizonyításra üveglábon álló sárgaréz-gömb szolgálhat, melyre két, szintén üveglábon álló, félgömbhéj borítható. Ha a golyóval, mikor a hüvelyek borítják, elektromosságot közlünk és utána a hüvelyeket a gömbtől eltávolítjuk, azt tapasztaljuk, hogy a hüvelyek elektromosak, ellenben a golyó nem az, jeléül annak, hogy a közlött elektromosság csakis a felszínen helyezkedett el.

A felület-egységre eső elektromos-mennyiséget a töltés *elektromos-sűrűségének* hívjuk. Az elektromosság bizonyos *feszültséggel* bír.

Elektromos
sűrűség és
feszültség.

Ezt azon erő méri, melylyel az elektromosság a felszíntől eltaszítatik. Arányos a sűrűség négyzetével, de azonkívül annál nagyobb, minél kisebb a test, melyen az elektromosság elhelyezkedik. Mint-hogy a vezető felületén olyan az elektromos sűrűség, mely mellett a mozgató-erő az egész felületen zérus, azaz a potenciál az egész felületen és a vezető belsejében azonos; azért az elektromos-feszültség csakis a gömbalakú vezetőn egyenlő mindenütt. Egyenlőtlenül görbülő felületen annál nagyobb a sűrűség valamely helyen, minél nagyobb ott a felület görbülete. Innen van, hogy a csúcsokon legnagyobb a feszültség s így azokról az elektromosság magától kiáramlik.

Capacitas. A vezető potenciálja arányos az elektromos-mennyiséggel. Az $\frac{M}{P} = C$ arányt a vezető

elektromos kapacitásának hívjuk. Ha $P = 1$, akkor: $C = M$, tehát *valamely test elektromos kapacitásán azon elektromos mennyiséget értjük, mely a potenciál értékét az egységre hozza.* Az r sugarú gömbön a

potenciál minden pontban $M : r$; tehát: $C = \frac{M}{P} = r$; a gömb kapacitása ilyformán radiusával egyenlő.

A csúcsok hatásának egyik következménye az *elektromos szél*, azon légáram, mely a nagy feszültségű csúcsok körül a levegőben foglalt porszemek odavonzatása, majd nagy erővel való ellökése révén keletkezik s mely oly mérvű, hogy kisebb lángot eloltani képes. Erősen töltött csúcsokból sötétben fény sugárzik ki. Hegyes csúcsok nem csupán a velök összekötött testből vezetnek el az elektromosságot, hanem a földdel, vagy valamely conductorral összekötve, képesek az eléjük állított test elektromosságát influenza folytán átvezetni. (Szívó hatás.) A lángok, a csúcsokhoz hasonlóan, szintén felette alkalmasak valamely test elektromosságának elvezetésére.

A csúcsok
hatá-a.

Míg jóvezetőknél az elektromosság csakis a felszínen helyezkedik el, addig az izolátoroknak még a belsejükbe is behatol, annélkül, hogy ottani elterjedésének mikéntjét bővebben ismernők.

5. §. Elektrosztatikai mérő-eszközök.

A legegyszerűbb eszköz az elektromosság kimutatására: az *elektroszkop*. Ennél a felső végükön fémileg összekötött aranyfüst, vagy alumínium-lemezek szétválnak, amint azokat valamely elektromos testtel vezetőileg összekötjük. *Volta* aranyfüst-lemezek helyett szalmaszálakat alkalmazott. Ha az aranyfüst-lemezek mellett még fokosztás is van, akkor a készüléket *elektrométernek* nevezzük. Elektrométer *Coulomb* sodró-mérlege is.

Elektroskop.

Kis feszültségű elektromosságok kimutatására *Volta* (1782) *condensatora*, vagy *Bohnenberger* (1817) *elektroszkopja* szolgál. A *condensator*nál az aranylemezes elektroskop fémlapjára, a *gyűjtőlemezre*, üvegnyéllel ellátott *fedőlap* (sűrítő) kerül s a két lemezt vékony sellakréteg, vagy csak levegő választja el. Ha a gyűjtőlemezt összekötjük; a gyenge elektromosságú testtel, az aranylemezek nem válnak szét. Ha azonban a gyűjtőre helyezük a sűrítőt s azt újjunkkal megérintjük és felemeljük: akkor észrevehetően szétválnak az aranyfüst-lemezek, mert a felgyült kötött elektromosságok felszabadúlnak. *Bohnenberger* elektroskopját *Fechner* (1820) megjavította. Ennél az egyetlen aranylemez egy *Zamboni*-féle száraz oszlop ellentétes elektromosságú sarkai között csüng le.

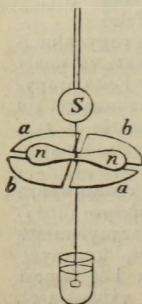
Ha a készülékhez positiv elektromosságú testtel közeledünk, a lemezke a negativ sark felé tér ki és viszont.

Elektrométerek.

Henley-elektrométerénél a conductoron drót van megerősítve, ennek felső végén másik forgatható huzalt alkalmaznak, mely fokosztáson mozoghat és szabad végén bodzabél-golyócskát tart. A bodzabél-golyócska a drótokon át megtelik elektromossággal s a fokosztályon annál messzebbre taszítatik, minél nagyobb a conductor elektromos potenciálja.

Lord Kelvin (W. Thomson) abszolút elektrométere két vízszintes, párhuzamos fémlapból áll, melyek közül a felső mérlegről csüng le. Ha a lapokat egyenemű, vagy különemű elektromossággal megtöltjük, azok taszítani, illetőleg vonzani fogják egymást s mi a taszítás és vonzás nagyságát a mérlegre helyezett súlyokból közvetlenül abszolút mértékben meghatározhatjuk.

Dellmann elektrométere finom üvegszálon függő s egész hosszában fémlappal érintkező könnyű fém-tűből áll. A fémlappal közölt elektromosság áterjed a tűre, mely ekkor eltaszítatik. Sodró csavarral visszatérítjük a tűt eredeti állásába s a sodrás szöge a taszító erő mértéke.



2. ábra.

Lord Kelvin quadrans elektrométere többféle alakban fordul elő; legszokásosabb a következő berendezés. Finom aluminium-tű (2. ábra) négy felé vágott kör alakú sárgarézlemez fölött csüng. A lemez két-két átellenes negyede egymással és egy *Zamboni-oszlop* egyik sarkával összekötötték, úgy hogy a quadrans-párok ellentétes elektromosságának a tűre gyakorolt hatásai egymást ellensúlyozzák. A tűre vezetett legkisebb elektromosság azonban annak kitérését okozza.

Végül mint a legérzékenyebb készülékek egyikét, legalább névleg megemlítjük még *Lippmann capillarelektrométerét* is.

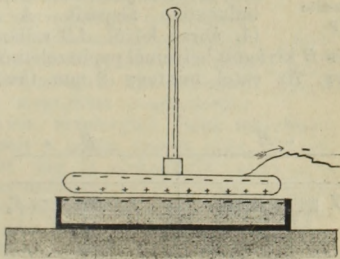
6. §. Az elektromos gépekről.

Az olyan apparatusokat, melyek nagyobb elektromos-mennyiségek előállítására szolgálnak, elektro-

mos-gépeknek nevezzük. Ilyenek: az *elektrophor*, a *Winter-féle* és a *Holtz-féle elektromosgépek*.

Az *elektrophor* (3. ábra) az influentián Elektrophor.
alapszik. Fém-tálba öntött gyanta, vagy ebonit-lepényből áll, mely a tál útján a földdel vezetőileg össze van kötve. Rókaprémmel dörzsölve a lepényben erős negatív elektromosságot állítunk

elő, mely a fém-tálra megosztólag hat s annak negatív elektromosságát a földbe taszítja. A tál és lepény ellentétes elektromosságai egymást erősen megkötik, miáltal a készülékben hosszú ideig megmarad az elektromosság. Ha most elszigetelő



3. ábra.

nyéllel ellátott fémlapot — fedőt — fektetünk a lepényre, influenza útján annak felső részén negatív, alsó részén pozitív elektromosság gyűlik össze. A felső részt újjunkkal érintve a negatív elektromosságot elvezetjük s a felemelt fedőn szabad pozitív elektromosságot nyerünk. Ez eljárást tetszés szerint, sokszor ismételhetjük, tehát az elektrophorból, mint valamely raktárból pozitív elektromosságot meríthetünk. (*Volta* 1775.)

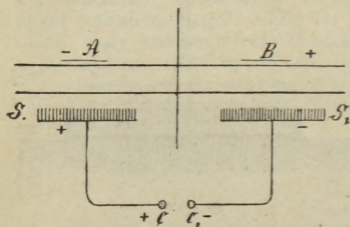
A dörzsölési elektromos-gépek közül az elsőt *Guerricke Otto* (1663) állította elő. Mai napság a *Winter-féle* van elterjedve. Üvegkorong az, mely vízszintes üveg v. ebonit tengely körül foroghat és forgása közben két átellenes amalgamozott bőrvánkoshoz dörzsölődik. A vánkosokat rugók szorítják a koronghoz. A származott elektromosság az üvegkorongról átellenesen fekvő fémesúcsok útján a pozitív elektromosság gyűjtőjébe kerül, mely utóbbi még az u. n. *Winter-féle* fémhuzallal bélelt hársfagyűrűt is tartja. A vánkosokkal szintén kis conductor áll összeköttetésben, ezt azonban a gép működése közben a földdel (víz- vagy gázvezetékkel) kapcsoljuk össze. Ha a két conductort egymással

Winter-féle
gép.

összekötjük, elektromosságot nem mutathatunk ki, mert az ellentétes, egyenlő mennyiségű elektromosságok egymást közömbösítik. Ezzel a géppel csakis addig fokozhatjuk a conductor töltését, amíg a levegőbe szétáramló elektromosság mennyisége az ugyanazon idő alatt dörzsölés útján gerjesztett elektromosság mennyiségével egyenlő lesz.

Holtz-féle
gép.

A Holtz-féle elektromos gép (1865) az influentián alapszik. A két üvegkorong (4. ábra) közül AB szilárdan áll s arra A és B kivágott helyeinél papirszeletkéek vannak ragasztva. Az ezzel mintegy 2 mm. távolságban szemben



4. ábra.

fekvő korong vízszintes tengely körül forgatható. Ha A -val negatív elektromosságot közlünk, ez a szemközt lévő fésűre megosztólag hat; a negatív elektromosság a fésű fémgömbjébe, illetőleg a második gyűjtőn

át a korong másik oldalára nyomul, a fésű fogai-ból pedig a forgó korongra pozitív elektromosság áramlik. Így hát forgás alatt a korong felső fele pozitív, alsó fele negatív elektromossággal telik meg. Mikor félfordulat múlva a másik nyílás elé érkezik, a korong pozitív töltésű része nemcsak közömbösíti az itt lévő papirfegyverzet negatív töltését hanem azt még oly pozitív elektromossággal is el látja, mely megosztólag hat a második conductora; a negatív elektromosságot a korongra vonzza, a pozitívot pedig az első gyűjtőbe taszítja. Ily módon fokozódik a gép töltése; a *mechanikai munka elektromossággá alakul át*. Ez úton úgy szólván végtelen mennyiségű elektromosságra lehetne szert tenni, ha a tökéletlen szigetelés s a levegő okozta szétszóródás miatt már bizonyos idő múlva el nem érnők a termelhető elektromos mennyiség maximumát, amely mintegy 30-szor annyi, mint a legjobb dörzsölési elektromos-gép útján nyerhető. A forgatás közben széthúzott gyűjtők közt szikra-áram jön létre, mely

sötétben szép rózsaszínű fényt mutat. *Poggendorf* (1876) beigazolta, hogy ezen gép hatása megfordítható, azaz, ha egy ilyen gép szívó-fésűjét egy másik gépével, melynek hajtó-zsinórja le van véve, összekötjük; akkor a bevezetett elektromosság következtében a második gép forgó korongja is forgásba jön. Itt tehát az elektromosság mechanikai munkává alakul át. Ez az elektromos erő-átvitel alapkísérlete.

Kísérletek
az
elektromos
gépekkel.

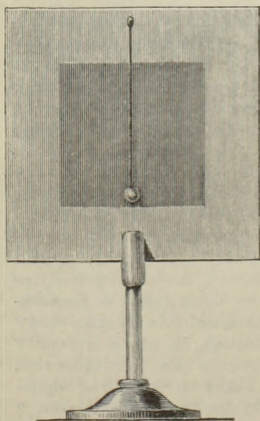
A dörzsölési elektromos-gép conductorában felhalmozott nagyobb mennyiségű elektromosság igen alkalmas az elektromos vonzás, taszítás, vezetőképesség stb. kimutatására. Ha kezünkkel a megtöltött conductorhoz közeledünk, bizonyos távolságból élénk fehérfényű szikra ugrik át, mely a bőrön égetést okoz, sőt erősebb szikra a kezet meg is rázkódtatja, azért czélszerűbb a szikrákat *szikrahúzóval* előállítani. A nyerhető legnagyobb szikrák hossza a gép *ütő-távolságát* adja. A gép működése alatt sötétben rózsaszínű fény mutatkozik a conductor körül. Ilyen rózsaszínű az elektromos szikra a ritkított levegőben. (Elektromos tojás.) A szikra gyújtó hatása akkor mutatkozik, ha azt borszeszen, aetheren, világító gázon, vagy durranó légen (elektromos pisztoly) vezetjük át. A vonzó és taszító hatást mutatja az *elektromos bábtáncz, harangjáték, a Medusa-fő*. Üveglábra helyezett (elszigetelő) zsámolyon álló ember hajszálai felborzolódnak, minden részéből elektromos szikra ugratható ki. Ha a conductorra csúcsokat helyezünk, képtelenek vagyunk azt elektromossággal megtölteni. A kétféle elektromosság különbözősége szépen mutatkozik a *Lichtenberg*, vagy *Antolik*-féle porábráknál. Ha gyanta- vagy kaesuklemezre szikrát ugratunk, s aztán a pozitív elektromosság helyére kénvirág- és miniumporból álló keveréket szítálunk; akkor a kénvirág *ágasbogas csillag* alakjában rakódik le. Ha ellenben a por keveréket a negatív elektromosság helyére szórjuk, úgy ott a miniumpor fog lerakódni, *felleges kőralakot* alkotván. Az elektromos géppel csak akkor sikerülnek jól kísérleteink, ha úgy a szoba levegője, mint a gép alkotó részei elég szárazak.

7. §. Elektromos sűrítők.

Ha elektromos testet elszigetelt nem elektromossal fémileg összekötünk, az elsőről elektromosság

áramlik a másodikra. Az áramlás addig tart, míg a potenciál mindkét vezetón azonos értéket vesz fel, mert hiszen csak addig van esése a potenciálnak, más szóval addig áll az elektromosságot továbbmozdító erő rendelkezésre. Rendes viszonyok között tehát csakis bizonyos meghatározott elektromos mennyiség ömölhet át a második testre. Az elektromos megosztás és megkötés azonban arra képesít bennünket, hogy az ú. n. *elektromos sűrítők* segítségével, a rendesnél jelentékenyen nagyobb elektromos mennyiséget halmozhatunk fel valamely elszigetelt vezetón. Ilyen készülékek :

Franklin
táblája.



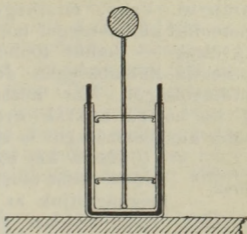
5. ábra.

A leydeni
palaczk.

1) *Franklin táblája* (5. ábra), mindkét oldalon, a szélektől számított pár cm.-nyi rész kivételével, staniolfegyverzettel bevont üveglap. Az egyik staniollemezzel közölt pozitív elektromosság megosztólag hat a másik lapra, annak negatív elektromosságát megköti. Ha a szabad pozitív elektromosságot a második lapról a földre vezetjük, az elsővel új pozitív elektromosságot közölhetünk, ez ismét megosztólag hat a második lapra. Ezt az eljárást többször ismételve, a két lapon nagy mennyiségű elektromosság gyűlik össze. Ha a két lapot dróttal összekötjük, a kétféle elektromosság hatalmas durranással, erős szikra alakjában egyesül; elektromos kisülés megy végbe.

2) *A leydeni-palaczk* (6. ábra) lényegében azonos az előbbi készülékkel ámde kényelmesebb berendezésű annál. Közönséges hengerűveg külső és belső lapja a szélek kivételével staniollemezzel van bevonva. Az üveget elszigetelő fedő zárja, melyen át gömbbel ellátott drót nyúlik be az

üveg fenekéig, érintve a belső fegyverzetet. Több ily palaczk összekötve *elektromos-batteriát* alkot, melyei a felületek terjedelmesebb volta folytán fokozott elektromos hatások idézhetők elő. Az elektromos sűrítő-palaczkot a leydeni *Pieter van Muschenbreeck* (1745) kísérletei alapján *Cunaeus* és tőle függetlenül *Kleist* a kammini káptalan dékánja fedezték fel.



6. ábra.

8. §. Az elektromos kisülés módjai és hatásai.

Valamely elektromos mennyiségnek a magasabb potenciálú helyről az alacsonyabb potenciálú helyre való átmenetelét elektromos kisülésnek nevezzük.

Ha valamely nagy terjedelmű vezető egyik végébe elektromosságot vezetünk, az minden akadály nélkül elterjed az egész vezetőn, és ha pl. annak másik vége vezetői összeköttetésben áll a földdel, úgy az elektromosság rendkívüli gyorsasággal, de csaknem minden észrevehető jel nélkül kiömlik a jóvezetőből. *Az elektromos töltés tovaterjedésének sebessége* a különböző vezetők természete szerint felette változó, de változik még a szerint is, hogy vajjon a vezető drót a levegőben, vagy guttaperhával körülvéve a vízben van-e. A jelzett sebesség igen nagy és másodpercenként több száz-ezer km.-t tehet. Hiányos vezetőképességű testeknél, pl. nedves zsinegeknél kisebb értékű. Negatív töltésű fémvezetők kisülnek, ha azokat ultraviola fénysugarak érik (*Wiedemann* és *Ebert*). A levegő ritkítása szintén elősegíti a kisülést.

Lassú
kisülés.

Ha két különböző potenciállal bíró elektromos testet gyorsan közelítünk egymáshoz, akkor bizonyos távolságnál — az *ütőtávolságnál* — a levegőt, vagy más elválasztó isolatort áttörő elektromos szikra alakjában a két potenciált kiegyenlítő pillanatnyi kisülés jön létre. Az ütőtávolság a két elektromos test — *elektrod* — elektromos sűrűségének különbségétől függ s *Riess* szerint azzal

Disruptív
kisülés.

arányos. Vagy, minthogy általában a sűrűség a potenciál-különbséggel nő, mondhatjuk, hogy az ütőtávolság — habár többé nem arányosan — nő a potenciál-különbséggel. Jó izolatorok kisebbitik az ütőtávolságot. Már közönséges gépekkel mintegy 1 m. hosszú szikrák nyerhetők. A villámok néha több km. hosszúságot is elérnek.

Geissler-féle
csövek.

Ha a két elektródot ritkított gázokkal telt csövekbe olvasztjuk be, ily módon felette megnagyítjuk az ütőtávolságot és az élesen határolt czikk-czakkos elektromos szikra pompás, szelid, az egész belső tért betöltő fénynyé alakul át. Az ilyen csöveket *Geissler-féléknek* nevezzük. A pozitív elektródtól (anod) kisugárzó fény jellemző a befoglalt gázra nézve; a negatív elektródtól (kathod) kiinduló egyenesvonalú fénysugarak phosphorescentiahatásokat hoznak létre.

Oscilláló
kiszülés.

Rövid vezetőknél az u. n. *oscilláló kiszülés* áll be; ezt tapasztaljuk, ha valamely leydeni palaczk fegyverzeteit vezetőileg összekötjük. Ilyenkor a palaczk többször sül ki, mert pozitív elektromosság több megy át a másik fegyverzetre, mint a mennyi a negatív elektromosság közönbősítésére elég lenne, s így ez pozitív töltést nyer, mely ismét visszaömlik, de kelleténél nagyobb mennyiségben s ez a folyamat egy ideig ismétlődik. A tünetény megfejtésére felteszik, hogy az elektromosság a súlyos testekhez hasonlóan tehetetlenséggel bír. A lengések tartama és száma a zárástól függ, de *Feddersen* szerint 0 00001 — 0 0001 mp. alatt bevégeződik.

Az elektromos szikra hatásai a következők:

A disruptív
kiszülés
hatásai.

1. *Mechanikai hatás.* Ez abban nyilvánul, hogy a szikra átfúrja a szilárd elszigetelő testeket; magával ragadja a vezető részeit, ahonnan a szikra kiindul; szétveti a vízzel töltött, elzárt csövet; összegömbölyíti a vezető drótot stb.

2. *Chemiai hatás.* A szikra a gázokat (CO_2 , NH_3) alkotórészeikre bontja, vagy egyesíti. (H és O-t H_2O -zé). Oly helyeken, hol sok szikra keletkezett a származó ozon sajátzerű, jellegzetes szagát érezzük.

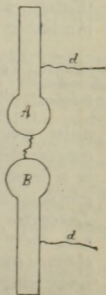
3. *Physiologiai hatás.* Az elektromos szikra meg rázza az emberi és állati izmokat. Leydeni palaczkokból álló battéria ütéseitől bénulás, sőt halál állhat be. A phisiologiai hatás a gyógyászatban talál alkalmazást.

4. *Hőhatás.* Az elektromos vezetőkben történő, tehát nem disruptív kisülés alatt a drótok felmelegszenek, izzanak, sőt meg is olvadnak. A szikra meggyújtja a gyulékony testeket, így az aethert, világító-gázt (*Clarke* gázgyújtója). *Riess* (1838) az elektromos thermométerrel (érzékeny légthermométer) végzett kísérletei alapján úgy találta, hogy az elektromosság okozta megmelegedés az elektromos-mennyiség négyzetével egyenes, a vezető felületével fordított arányban áll.

5. *Fényhatás.* Ez részben a hőhatás következménye, amennyiben a szikra utjában annyira felmelegszenek a gázok, hogy izzásba jönnek; továbbá a vezetőről leszakított részek izzó gőzökké alakulnak. A szikra spectruma ilyenkor a fémek és gázok vonalait mutatja. Ritkített gázok a szikra behatása alatt felmelegedés nélkül is világíthatnak; az elektromosság tehát itt közvetlenül hat a fényaetherre.

Ha *A* és *B* vezetők (7. ábra) szikra ugrik át, akkor a környező térben, *AB* hosszában oscilláló aethermozgások keletkeznek, melyeknek periodusai *A* és *B* vezetők dimenzióitól és az ütőtávolságtól függnék. Ezek a rezgések nagyságuktól eltekintve, ugyanazon sajátosságokkal bírnak, mint az aether fényrezgései. Ugyanolyan sebességgel haladnak tova a térben, hódolnak a visszaverődés és törés törvényeinek, interferentia hatásokat hoznak létre, álló hullámokat képeznek csomópontokkal s a sarkított fényhez hasonló tulajdonságokat: elhajlást, kettőtörést mutatnak. Az elektromos hullámok létezését *Faraday* és *Maxwell* is sejtették, kísérletileg azonban *Hertz* (1888) bizonyította be legelőször. E célra egy második vezetőt állított fel, mely kis megszakított helylyel (szikraköz) bírt. Ha ezen másodlagos, *resonator*nak nevezett, készüléket oly térbe hozzuk, melyben elektromos hullámok terjednek tova, akkor annak megszakítási helyén szikrák ugranak át. Igaz, hogy a szikrák hossza nem több, mint a mm. 100 ad része, mindamellett elég arra, hogy a hullámok jelenlétét igazolja. Mint látjuk nagyban hasonlít e tünemény a hangtanban megismert reso-

Hertz
kísérletei.



7. ábra.

nantia-jelenséghez; a másodlagos vezető szerepe azonos a resonatorokéval, a különbség csak az, hogy egyik esetben aether-, a másikban levegő-rezgésekkel van dolgunk. *Hertz* megmutatta, hogy az elektromos hullámokat az izolatorok átbocsátják, a conductorok reflectálják. Ha a szoba falait, melyben kísérleteit végezte bádoggal vonta be, arról a sugarak folyton visszaverettek s ily úton az interferentia tüneményeit állíthatta elő. Zinkbádogból homorú tükröt állított elő s úgy találta, hogy annak fókuszában legerősebb szikrát adott a másodlagos vezető. Szurokból készített (izolator) prismában megtöretnek az elektromos sugarak, a törésmutatót az optikaival közel megegyezőnek találta. Hasonló éleselműséggel sikerült *Hertznek* a sugarakra nézve a fénysarkításhoz hasonló tüneményeket is kimutatnia. *Hertz* kísérletei korszakot alkotók, mert a fény- és elektromos tünemények közös alapon való megfejtésére utalnak.

9. §. A légekör elektromossága.

Azokat a tüneményeket, miket elektromos gépek segélyével előállíthatunk, sokkal nagyobb méretekben tünteti elénk a természet viharok alkalmával, a villámlás és az azt kísérő dörgés alakjában.

A légeköri
elektromos-
ság forrása.

A régiek e nagyszerű s hatásaiban sokszor romboló természeti jelenséget vallásos dolgokkal hozták kapcsolatba, ami e tüneménynek sokszor még a középkorban is igen naiv megfejtésére adott alkalmat. Legyen elég itt megemlítenünk, hogy még *Beorhave* és *Muechenbreok* is a levegőben lebegő, gyulékony, olajos és kénes gőzök robbanására vezették vissza a villámlást, *Descartes* pedig nagyszerű fénytüneménynek tartotta azt, mely a felhők összehúzódásából keletkezve, jelentékeny meglejlesztéssel jár, a dörgést pedig szerinte a nagy magasságban lebegő felhőnek, valamely alantabb fekvőre való rögtöni lezuhanása okozza. Amit ma tudunk a villámról, azt főképp *Franklin* (1747) kezdeményezése és kísérletei alapján ismertük meg, a ki kimondta, hogy a villám nem egyéb, mint ellentétes elektromosságok egyesülése, elektromos kisülés.

Franklin kísérletei után *Monier de Romas* és *Boccaria* kimutatták, hogy a légeköri levegő kisebb-nagyobb mértékben mindig tartalmaz és pedig több-

nyire positiv elektromosságot, maga a föld pedig negativ elektromossággal bir. Hogy ez az elektromosság honnan ered, az még ma sincs bizonyosan megállapítva, csupán elméletek állanak rendelkezésünkre, melyek közül néhányat itt ismertetünk.

Saussure és *Schübler* arra az eredményre jutottak, hogy a légkör elektromossága a légköri nedvességgel változik. Ebből *Volta* azt következtette, hogy annak forrása a párolgásban rejlik. *Van Mons* szerint a párolgás utján a magasba jutó hő egy része elektromossággá s ez a villámban ismét hővé és fénynyé alakul át, hogy aztán a párakkal ismét a levegőbe kerüljön, s ez így tart tovább az idők végéig. *Pouillet* ezen elméletet támogatni akarván kísérletileg igazolta, hogy a párolgásnál tényleg keletkezik elektromosság, csak hogy *Riess* és *Reich* kimutatták, hogy ez a vízgőzöknek az edény falához való dörzsölődéséből áll elő, ami a párolgási elmélet tarthatatlanságát vonta maga után.

Az ifjabb *Peltier* elmélete azt mondja, hogy a föld állandó negativ, *Lamont* szerint *permanens* elektromossággal bir, mit a levegő, mint szigetelő rajta megtart; ez részint átvezettetik a földdel közvetlenül érintkező páratestekbe, részint megosztólag hat a vele nem érintkezőkre s azokban ellenkező nemű elektromosságot halmoz fel.

Sohnke elmélete szerint a légköri elektromosság forrása magában a levegőben van. A felhők egy része, különösen a jelentékeny magasságban lebegő cirrus-felhők apró jégtűkből, a *cumulus*-felhők pedig vízből állanak; szerinte ezek egymáshoz dörzsölődése a légköri elektromosság forrása. Ezt az elméletet *Faraday* egy kísérlete is támogatja, mely tényleg igazolja, hogy vízrészecskéknél jégdarabokhoz való dörzsölődése alkalmával a víz negativ, a jég pedig positiv elektromosságot nyer.

Amint látjuk, mindezen elméletek a légkör páráira s azok változásaira támaszkodnak s az észlelések valóban azt bizonyítják, hogy a kettő változásaiban szoros összefüggés van.

Végül megemlítjük még *Brillouin* Marcel újabb, ama tudományosan bebizonyított tényre támaszkodó elméletét, hogy fémvezetők az ultraviola sugarak behatása alatt elvesztik negativ elektromos töltésüket. *Brillouin* kísérletileg kimutatta, hogy e tekintetben

a száraz jég a fémekhez hasonló viseletet tanusít, ellenben a nedves jégnél felette lassú a kisülési folyamat. Ez alapon *Brillouin* azt állítja, hogy az ultraviola sugarakat bőven tartalmazó napfénytől érve, a nagy magasságban lebegő, jégtükből álló cirrus-felhők a levegőbe árasztják szét negatív elektromos töltésüket, melyet a földmágnesség tart fent rajtuk.

A légkör elektromosságának észlelésére hosszú rúdra erősített fémgömb szolgálhat, melyre a légkör elektromossága oszlatólag hat. Az eltaszított egynemű elektromosság dróttal elvezethető, a gömbben megmaradó ellentétes elektromosság pedig elektrométeren kimutatható és megmérhető.

A légkör elektromossága többnyire igen gyöngye, hogyha azonban erős felhők jelennek meg, igen nagy feszültségre tehet szert, minek következtében a föld, vagy valamely más felhő ellentétes elektromosságával villám alakjában egyesül. A villámnak a levegőre gyakorolt erős ütéséből hanghullámok jönnek létre s ebből származik a *dörgés*. A villámok igen nagy hosszúságot érhetnek el, már 70 km. hosszú villámokat is észleltek.

A villám
hatásai.

A villámok mindazokat a hatásokat létrehozzák, miket az elektromos szikra. Szigetelőket átfúrnak és szétszórnak, vezetőket megolvasztanak, égékeny anyagokat felgyújtanak, embereket és állatokat megbénítanak, sőt agyonütnek. A villámok igen rövid tartamúak s oly erős fényvel bírnak, hogy alakjukat emberi szemmel tisztán látni nem lehet. Annyit észlelhetünk csupán, hogy erősen szétágazók, czikk-czakkosak s *oscilláló*-kisülések is mutatkoznak.

A villám
hárító.

Az a nagy veszély, mit a villám hatása magával hord, megfejtí, mily nagy jelentőséggel bír az ellenében védelmet nyújtó *villámhárító* felfedezése (1753), mit *Franklin*-nak köszönhet az emberiség. A villámhárítónak nem az a főczélja, hogy a villámot a védelmére bizott helytől eltávolítsa, hanem hogy annak oly haladási útat jelöljön ki, hol veszélyt nem okozhat. E czélból a föld és a házon levő minden jóvezető fémrész egy, a háztetőn álló, hosszú rézpálczával hozatik összeköttetésbe, melynek hatása abban nyilvánul, hogy egyrészt *influentia* folytán a környezetbe ellenkező nemű elektro-

mosságot áraszt ki, mely a környezet elektromosságának egy részét közömbösíti, úgy hogy annak feszültsége annyira csökken, hogy villámcsapás nem jöhet létre; vagy ha másrészt a közömbösítés nem elég a villámcsapás meggátlására, akkor a villám a rézpálcán és a kényelmes fémi összeköttetésen át fog a földre távozni. Hogy a villámhárító céljának megfelelhessen, a rézpálcza csúcsának jól kihegyezve, rozsdától mentve, tehát arannyal, vagy platinával bevontnak kell lennie, továbbá nagyobb, nedves helyen elásott fémmel kell összeköttetésben állania; azonkívül oly erősre kell azt készíteni, hogy becsapáskor könnyen át ne melegedjék.

Itt említjük meg az *elektromos visszacsapást* (száraz villám), melynek oka abban rejlik, hogy a talajtól nem nagy távolban úszó felhő elektromossága megosztólag hat a földre, s ha most ezen felhő hirtelen valamely más felhőbe kisül, akkor a megosztott elektromosságok a talajban gyorsan egyesülnek s nagy kárt tesznek az ott lévő emberben, állatban stb.

Elektromos
vissza-
csapás.

A *lidérczfény*, vagy *Szt.-Elmo* tüze az a tünemény, mely gyakran, sötét éjjeleken abban nyilvánul, hogy tornyok, árboczok villámhárítók csúcsain fényes csillag jelenik meg. Oka a talaj elektromosságának csúcsokon való kiáramlása.

Szt. Elmo-
tüze.

Valószínűleg a légkör elektromosságával függ össze az *északi fény* neve alatt ismert tünemény is, mely a föld sarkainál mozgó fényív alakjában jelenik meg. A tünemény biztos megfejtése hiányzik ugyan még, de hatásaiból azt következtetik, hogy itt a magasban lévő ritka lég-rétegek elektromos kiáramlásával állunk szemben. Sajátságos, hogy az északi fény gyakoriságának 11 éves periodusa összeesik a napfoltok ugyanily periodusával.

Az északi
fény.

10. §. Az elektromosság egyéb forrásai.

A szilárd testek egymáshoz dörzsölésén és az influentián kívül még más elektromosság-forrásokat is említhetünk. Így, ha gőzök szilárd testekhez súrlódnak, akkor is keletkezik elektromosság. Ezen alapszik *Armstrong hydro-*

Hydro-
elektromos
gép.

elektromos gépe, melynél gőzszekrényből fanyíláson gőzök áramlanak valamely gyűjtő csúcsos fésűjéhez. A szájnnyílás úgy van szerkesztve, hogy a gőzök ahhoz erősen dörzsölődjenek, miáltal a kondensatorban bizonyos elektromosság, a szekrényben pedig az ellentétes halmozódik fel. Elektromosság keletkezik akkor is, ha vasedényből folyékony szénsavat engedünk kiömleni.

Pyro-elektromosság.

Vannak kristályok, melyek hőmérséklet-változásnál elektromosakká lesznek; ilyenek: a kvarcz, a turmalin, a topáz stb. Az ily uton nyert elektromosságot *pyro-elektromosságnak* nevezzük. Különösen a kristályok élei tüntetnek fel ilyfajta jelentékenyebb elektromosságot, mégpedig hevítésnél ellenkezőt, mint hűtésnél. Azt a helyet, mely hevítésnél pozitív elektromosságot mutat *analog* sarknak, azt pedig, mely ugyanakkor negatív elektromossággal bír *antilog* sarknak nevezzük. *Kundt* szerint, ha szitával minium- és kénporkeveréket szórunk szét a kristályon, a porok ellentétes elektromosságot nyernek, s a pozitív és a negatív helyeken a vörös minium, illetőleg a sárga kénpor helyezkedik el. A pyro-elektromosságot leginkább *Wilke*, *Aepinus*, *Lemery*, *Lehmann*, *Wilson*, *Naya* herczeg, *Canton* és *Haiüy* tanulmányozták.

Állati elektromosság.

E helyen említendő az *állati elektromosság* is. Meglehetősen nagy száma a halaknak azzal a képességgel bír, hogy testében elektromosságot fejleszthet. Mi módon történik ez, azt nem tudjuk, de tény az, hogy ha a hal fejét és farkát érintjük, úgy működik, mint valamely leydeni palaczk két fegyverzete s erős ütést érzünk. Ez azonban csak akkor következik be, ha a hal akarja, azaz, ha az érintést észreveszi s az ellen védekezni kíván. Ilyen halak: a *Raja torpedo*, *Gymnotus elektrikus*, *Silurus elektrikus*.

11. §. Ujabb felfogás az elektromosságról.

Eddigi tárgyalásainkban az elektromos vezetők egymásra gyakorolt hatásai, a vonzás, taszítás és influentia, mint távolbahatások tüntek elénk, azaz, mint olyanok, melyek valamely testből kiindulva a térben elválasztott más testen létrehozzák a tüneményeket, a nélkül, hogy a közbeeső úton a legcsekélyebb

változást okoznák. Az isolatorok, vagy dielektrikumok arra valók voltak csupán, hogy meggátolják az elektromosság szétterjedését a jóvezetőkéről. *Faraday* a távolbahatás teoriáját sehogy sem tudta összeegyeztetni az emberi felfogással. Alapot erre a mindennapi tapasztalat nyújtott, mely azt mutatja, hogy a test a tér valamely helyéről más helyre csak úgy mehet át, ha a közbeeső útrészeket egymásután befutja; ebből folyólag a térben elválasztott testek közt nyilvánuló hatások is csak úgy nyerhetnek észszerű és felfogható magyarázatot, ha felteszszük, hogy azok valamely testből kiindulva a közbeeső téren át részecskéről-részecskére haladnak előre a másik testig, a hol a jelenségeket létrehozzák.

Ezen álláspontra helyezkedett *Faraday* és később *Maxwell*, s elvetve a távolbaható erők létének lehetőségét, feltették, hogy éppen a vezetőket környező dielektrikumok az elektromos hatások hordozói.

Az elektromos erővonalak ezen újabb elmélet szerint nem csupán kijelölik a ható erő irányát, hanem reális léttel bírnak. Ez úgy értendő, hogy az elektromos erő hatása következtében a dielektrikum részecskéiben olyképp oszlik meg az elektromosság, hogy azok az erővonalak irányában egyik végen positiv, a másikon pedig negativ elektromosságot nyernek s ezen egyenlő irányban sarkított részecskék láncolatai alkotják az erővonalakat. Könnyen érthető, hogy ily úton a dielektrikumokban bizonyos energiaszűntével ismét szabaddá lesz. Ezt az állapotot *Faraday dielektromos polarizatió*nak nevezi. Valamely médium dielektromos polarizatiója ezek szerint olyan állapot, melynél a médium csupa egyenlő irányban sarkított molekulából összetettnek tekintendő. Mivel a dielektrikum részecskéinél mindig két különemű polus van egymásfelé fordítva, azért azok kifelé semmi hatást sem gyakorolhatnak; ellenben a dielektrikum végein, ahol az valamely jó vezetővel áll érintkezésben, szabadon nyilvánulhat az elektromosság, és azt szoktuk mi úgy tekinteni, mint a jóvezető elektromosságát. A dielektromos polarisatio leginkább a rugalmas testek feszültségi állapotának felel meg.

Faraday szerint a legfőbb különbség vezető és isolator között abban rejlik, hogy ezen állapotnak

— tehát elektromosságnak — felvételére csakis az isolatorok képesek, a vezetők ellenben nem, mert azok a legcsekélyebb feszítésnek azonnal engednek.

Ha az elmondottakat magunkévá teszszük, azonnal érthető lesz előttünk, hogy miért kell változnia az influentiahatásnak, ha a vezetőket elválasztó dielektrikum-réteg megváltozik.

Nem a vezetőkben jönnek tehát létre — *Faraday* szerint — azok a jelenségek, melyeket mi elektromos távolbahatásoknak szoktunk tekinteni, hanem éppen a környező dielektrikum az összes hatások színtere, mert ebben haladnak előre részecskéről-részecskére az állapotváltozások.

Hogy lényegében mi az elektromosság, arra sem *Faraday*, sem *Maxwell* nem állítottak fel hypothesis-t, de abból a körülményből kifolyólag, hogy elektromos tünemények — miket pedig elméletük szerint távolbahatásoknak többé nem lehet tekinteni — légüres térben is létrejönnek, mintegy kényszerítve voltak annak felvételére, hogy kell valami olyan dielektrikumnak léteznie, amely minden tért betölt s mely az elektromos tüneményeknek is hordozója, és ez nem lehet más, mint a fényaether. Ennek transversal rezgéseiből áll elő az elektromos hullám; csak hogy míg a fényhullámok hossza alig pár tizezredrésze a milliméternek, addig az elektromos rezgések — *Hertz* (1888) kísérleteiből kitetszőleg — pár centől több méterig terjedhető hullámhosszakkal, de mindig a fény terjedési sebességével haladnak előre. De ha a fénynek és az elektromosságnak tényleg közös hordozója van, akkor a tünemények e két csoportja nem lehet független egymástól, hanem kölcsönös hatással kell egymásra bírniok. Mivel ilyen kölcsönös hatásokat *Faraday*, *Kundt*, *Röntgen*, *Kerr*, *Wiedemann*, *Verdet*, *Becquerel* stb. tényleg észleltek, sőt *Hertz* az elektromos hullámokat is előállította s bebizonyította azokról, hogy mindama törvényeknek hódolnak, melyeknek a fény- és sugárzó hősugarak alá vannak vetve; azért a legutóbbi időben a *Faraday*—*Maxwell*-féle felfogás igen sokat nyert valószínűségében.

12. §. Elektrostatikai mértékegységek.

Az *elektromos-mennyiség* egysége *Coulomb* törvénye alapján azon egy pontban koncentrálva

gondolt elektromos-mennyiség, mely egy második, éppen akkora mennyiségre egységnyi távolból, egységnyi erővel hat. Ez az egység előállítható, mert ha 2 kis, 1 g. súlyú gömböt 490 5 cm. $\left(\frac{1}{2} \text{ g}\right)$ hosszú zsinegekre függesztünk fel egymás mellé s azokat oly elektromos töltéssel látjuk el, hogy 1 cm. távolságra távolodjanak, akkor a gömbök mindenike egységnyi töltéssel bír.

A *potentiál* $\left(P = \frac{m}{r}\right)$ egységével az elektromos mennyiség egysége hat, az egységnyi távolságban lévő pontra.

Valamely test elektrosztatikai kapacitása az elektromos mennyiség és az attól létesített potenciál hányadosa. *Egységnyi kapacitással* tehát akkor bír a test, ha az egységnyi elektromos-mennyiség útján egységnyi potenciált nyer.

Az *elektromos mező intenzitásán* azt az erőt értjük, mely a mező egységnyi elektromos-mennyiségére hat.

A galván áram.

13. §. Galvani és Volta. Elektromótoros erő. A galván áram.

Az eddig tárgyalt elektromos-tüneményeket nagy feszültségű és csekély mennyiségű elektromosságok hozták létre. *Galvani* (1789) egy véletlen megfigyelése nyomán azonban *Volta* oly készüléket állított össze, melylyel nagy mennyiségű és csekély feszültségű áramok nyerhetők. *Galvani* azt tapasztalta, hogy valahányszor az elektromos gép conductorából szikra ugrott át, mindannyiszor megrándult az asztalon fekvő frissen nyúzott békacomb. A tünemény magyarázata az, hogy a gép conductora megosztólag hat a békacombra, kisülés alkalmával pedig a megosztott elektromosságok gyors egyesülése, tehát az elektromos visszacsapás, okozza a békacomb megrándulását. Amde *Galvani* annak okát — téves alapon — az állati elektromosságban kereste. 1792-ben meg akarta még tudni,

Galvani
felfedezése.

milyen befolyást gyakorol a légkör elektromossága a békaczombra? Azért rézdróton vasrácásra akasztotta azt s úgy találta, hogy a békaczomb, mindannyiszor megrándult, valahányszor a vasrácscsal érintkezett. Ekkor leydeni palaczkhoz hasonlította azt, melynél az idegek és izmok a fegyverzetek s azok érintkezésbe hozatala után történik a megrándulásban nyilvánuló kisülés.

Volta alap-
kísérlete.
Az elektro-
motoros erő.

Volta ismételvén a kísérletet, azt állította, hogy a tűnemény oka a rézhorog és a vasrács *érintkezése*, és hogy a békaczomb szerepe a tűneménynél nagyon másodrendű, mert csupán az elektromosságok egyesülését közvetíti. Elektroskoppal kimutatta ezután, hogy *két különböző fém érintkezésénél azok mindegyike elektromossá, még pedig az egyik positiv, a másik negativ elektromossá lesz.*

Volta alapkísérlete abban állott, hogy érzékeny sűrítő elektroskop alsó sárgarézlapját zink-pálczával, a felsőt pedig újjával érintette s azután a sűrítőt üvegnyelvénél fogva felemelte; ekkor az elektroskop negativ elektromosságot mutatott. Ha a felső lapot érintette a zink-pálczával s az alsót ujjával, akkor az elektroskopen a sűrítő felemelése után jelentkező elektromosság positiv volt. Hasonló eredményt észlelt más fémek érintkezésénél is. *Volta* szerint tehát valahányszor két különböző fém érintkezik, bizonyos erő, amit ő utána *elektromótoros erőnek* nevezünk, megbontja a fémek elektromos fluidumait, az egyik fémet positiv, a másikat negativ töltéssel látva el, állandó potenciál-, vagy feszültségi különbséget tart fenn. Ha a feszültséget az egyik fémen $+e$, a másikon $-e$ jelöli, akkor a különbség $2e$, mely még akkor is fenmarad, ha a fémekre kívülről elektromosságot vezetünk, vagy ha az egyik fémet a földdel vezetői összeköttetésbe hozzuk.

Chemiai
elmélet.

Volta érintkezési elméletével szemben áll a chemiai elmélet (*De la Rive* és *Faraday*), mely tagadja, hogy két fém pusztán érintkezése potenciál-különbséget eredményezhessen s felteszi, hogy a két fém közé foglalt vékony légréteg nedvessége a fémeken bizonyos chemiai elváltozásokat hoz létre és ezek a chemiai processusok a galván-elektromosság forrásai. Ezen elmélet szerint tehát itt a chemiai energia alakul át elektromos energiává.

Már *Volta* oly sorát állította össze a fémeknek, melyben *mindegyik az utána állóval érintkezve positiv, emez pedig negativ elektromos-ságot nyer.* Ez a *feszültségi sor*, melynek nevezetesebb tagjai: zink, ólom, ón, vas, réz, higany, ezüst, arany, platina, szén, borostyánkő. Az érintkezésnél fellépő potenciál-különbséget úgy tüntetjük fel, hogy a chemiai jelek közé merőleges vonalat húzunk. Így pl. $\text{Fe} | \text{Ag}$ azt a potenciál-különbséget jelenti, mely a vas és ezüst érintkezésénél áll elő. *Volta* önkényes mértékegységben, a következő számokkal fejezi ki a fémek érintkezésénél fellépő potenciál-különbségeket: $\text{Zn} | \text{Pb} = 5$; $\text{Pb} | \text{Sn} = 1$; $\text{Sn} | \text{Fe} = 3$; $\text{Fe} | \text{Cu} = 2$; $\text{Cu} | \text{Ag} = 1$ stb. Ha nem közvetlenül egymás után álló fémeket pl. Zn -et és Ag -ot hozunk érintkezésbe; akkor: $\text{Zn} | \text{Ag} = 12$; vagy: $\text{Zn} | \text{Cu} = 5$; $\text{Zn} | \text{Fe} = 9$ stb. E számok megfigyelése a feszültségi-sor ama nevezetes törvényére vezet, hogy *a több érintkező fémből álló láncz szélső tagjainak potenciál-különbsége az egyes combinatiók potenciál-különbségének összegével egyenlő.* Más szóval egyre megy, hogy vannak-e közbeeső fémek, vagy csupán a szélsők érintkeznek-e egymással. Ebből következik, hogy a nyerhető legnagyobb potenciál-különbségre a zinknek borostyánkővel való érintkezése vezet és hogy *ugyanazon combinatio ismétlésével az elektromótoros-erőt nem fokozhatjuk.* De könnyű belátni azt is, hogy *oly zárt fémkörben, ahol a szélső párok szintén érintkeznek, potenciál-különbség nem jön létre.* A fémeknek valamely combinatióban való felcserélése csakis az előjel megváltozását vonja maga után; pl.: $\text{Zn} | \text{Cu} = - \text{Cu} | \text{Zn}$.

A foyadékoknak fémekkel való érintkezése is potenciál-különbségre vezet, ellenben a foyadékoknak egymásközt való érintkezésénél ez oly csekély, hogy zérusnak tekinthető. Az érintkező foyadékok és fémek nem követik a feszültségi-sor törvényeit, azért megkülönböztetésül a fémeket *elsőrendű*, a foyadékokat *másodrendű* vezetőknek nevezzük. Abból a körülményből, hogy a foyadékok nem követik a feszültségi-sor törvényeit, mintegy önkényt következik, hogy itt egyes combinatiók ismétlésével az elektromótoros erőt tetszészerinti mértékben fokozhatjuk, mégpedig oly módon, hogy az illető combinatiónak 2-szeres, 3-szoros stb. ismétlésével az elektromótoros erő is 2-szeresre,

A feszültségi sor.

Első- és másodrendű vezetők.

3-szorosra stb. emelkedik. Így a $Cu | \text{folyadék} | Zn$ kombináció n -szeri ismétlése az egy kombináció elektromótoros-erejének n -szeresére vezet.

Volta
oszlopa.

Két fémből és folyadékból álló egyetlen kombinatio *galván-elemet* alkot, több ilyen összekötését *galván-láncznak*, vagy *Volta-féle oszlopnak* nevezzük.

Már *Volta* is felismerte, hogy erősebb elektromosságot nyerhet, ha száraz fémlapok helyett olyanokat hoz egymással érintkezésbe, melyek közé hígított kénsavba mártott posztó-lemezeket helyez. Az ily láncznál nyert elektromosság képes a végeket összekapcsoló rézdrótokat felmelegíteni s ha a végek nem érnek egészen össze, azok között apró szikrákat létrehozni. Bizonyos czélokra igen alkalmas *Zamboni száraz oszlopa*, mely több ezernyi, fémes oldalával egymásra borított arany és ezüstpapír-szeletből áll, melyeket végeiken fémlapok tartanak össze. A folyadékot itt az a nedvesség helyettesíti, melylyel a papírlapok mindenkor birnak. Alkalmazását láttuk már *Bohnenberger* elektroszkopjánál és a *Lord-Kelvin-féle* elektrométernél.

Ha valamely galván-elemnek e potenciál-különbségig megtöltött végeit rézdróttal vezetőleg összekötjük, áramnak kell létrejönni, mert az elektromosság a magasabb potenciálú helyekről állandóan az alacsonyabb potenciálú helyekre fog ömleni. Minthogy pedig az elektromosságot létesítő ok, vagyis a két fémnek a folyadékban való érintkezése állandóan megmarad s arra törekszik, hogy az e potenciál-különbséget a végeken folytonosan fentartsa; ennél fogva a tovaáramló elektromosság helyére újabb fog a végekhez ömleni, mely a vezető drótban ismét kiegyenlítődik. Ilyformán sohasem jöhet egyensúlyba az elektromosság, hanem folytonos mozgásban marad s ezt *galván-áramnak* nevezzük. Itt azonban ismét utalnunk kell arra, hogy az elektromosságnak az alacsonyabb potenciálú helyre való átömlését nem szabad úgy értelmeznünk mint valamely anyagnak a tényleges mozgását. Az említett kifejezéssel csakis az energia egy fajának körfolyását akarjuk megjelölni s így azon tulajdonképen az elektromos energia áramlását kell értenünk.

A galván-áram látszólag ellene mond az energia megmaradása elvének; azonban látni fogjuk, hogy

másodrendű vezetőkben áram-átmenetnél oly chemiai folyamatok jönnek létre, melyekből meleg, tehát energia szabadul fel s éppen ebben a felszabaduló chemiai energiában kell az áram forrását keresnünk. Ellentétben tehát azokkal, kik a fémek érintkezésének semmi hatást sem tulajdonítanak s csakis e chemiai hatásokat tartják a galván-elektromosság forrásának, mi felteszszük, hogy a fémek érintkezése hozza létre a végeken a potenciál-külömbiségeket, a galván-áram forrása pedig tényleg a felszabaduló chemiai energiában rejlik.

14. §. Állandó galván-elemek.

Ha réz- és zinklemezt hígított kénsavba helyezzünk s a lemezeknek az edényből kiálló végeit (az elem sarkait) rézdróttal összekötjük, akkor a zinktől a réz felé negatív s a réztől a zink felé pozitív áram indul. Hogy a zárt áramkörben kezdetben milyen erős az áram, azt megláthatjuk, ha vékony platina-dróttal cseréljük ki a rézdrótot. Az az áram hatására nemcsak megmelegszik, hanem izzásba is jön. Ámde nemsokára az izzás csökken, sőt végre teljesen megszűnik, jeléül annak, hogy később az áram hatása, tehát maga az áram is gyengébb lett. Oka ennek a *galván-polarisatio*. Az áram a vizet alkotó részeire bontja, a rezen hydrogon, a zinken oxygen válik ki s a gázok egyrészt megakadályozzák a fémek folyadék-közvetítette érintkezését, másrészt a főárammal ellenkező irányú *polarisálási áramot* indítanak, mely a főáram hatását gyengíti. Hogy állandó hatású elemeket nyerhessünk, oly berendezésről kell gondoskodnunk, mely mellett a kiválasztott gázok azonnal tovább vezetnek. Ilyeneket egy és két folyadékkal, nagy számban készítenek; a nevezetesebbek, egy folyadékkal: 1) A *Smec-féle*, zink, hígított kénsav platina-korommal bevont ezüst. 2) A *Leclanché-féle* (1868) barnakő és szénkeverék, salmiak-oldat, zink. 3) A *Grenet-féle* szén, hígított kénsavval vegyített ketted chromsavas káli, amalgámozott zink. Két folyadékosak: 1) A *Daniell-féle* (1836), zink hígított kénsavban, réz rézgálicz-oldatban; a két folyadékot likaesos agyagfal (diaphragma) választja el. Ez az elem állandó, mert a víznek O és H₂-re való felbontásán kívül, a CuSO₄ is felbomlik

SO_4 és Cu-ra. Az SO_4 és H_2 egyesüléséből H_2SO_4 keletkezik, a Cu a rézlemezre rakódik le s azt vastagítja. A zinken fellépő O zinkoxydot alkot, mely a kénsavval zinkgálicz oldattá alakul át. Itt tehát az áramot gyengítő gázok szabad fellépése meg van akadályozva. 2) A *Grove-féle* (1839), platina salétromsavban, amalgámzott zink hígított kénsavban, agyagdiaphragma. 3) A *Bunsen-féle* (1842) az előbbitől csak abban tér el, hogy a platinát szén helyettesíti. 4) A *Meidinger-féle* (1859), réz rézgálicz-oldatban, amalgámzott zink keserűső-oldatban; agyagdiaphragma nincs, mert a két folyadékot az utóbbi nagyobb fajsúlya tartja elválasztva. 5) *Latimer-Clarke-féle* (1878), koncentrált zink- és higanyulfátoldatban lévő amalgámzott zink, platina-vezetékekkel bíró higany. Legalább névleg megemlítjük még a *Lalande* és *Warren de la Rue-féle* elemeket.

A *Daniell*- és *Meidinger-féle* elemeket tudományos méréseknél és a távirásban, a *Bunsen*- és *Grove-féleket* galvanoplastikai munkálatoknál, a *Grenet-félet* iskolai és orvosi célokra, *Leclanché* elemét a telephonnál és az elektromos jelző-készülékeknél, végre a *Latimer Clarke-félet* az elektrométerrel végzett tudományos méréseknél alkalmazzák.

Ezen elemeknél az áramátmenetnél fellépő chemiai változások s különösen a zink feloldása (elégése), energia veszteségül lép föl; ennek árán azonban a nyert áram egyenlő-értékű hatásokat fejt ki.

15. §. Ohm törvénye.

A galván-áram erején, vagy *intenzitásán* azt az elektromos-mennyiséget értjük, mely az áramkör bizonyos keresztmetszetén az idő egysége alatt átfolyik. Az intenzitás az áramkör minden keresztmetszetében egyenlő, mert ha bizonyos helyeken nagyobb lenne, azokon emelkednék a potenciál, vagyis az áramot mozgó erő s így a kiegyenlítő-désnek mégis be kellene következnie. Az áram intenzitása két tényezőtől függ, még pedig: az *elektromótoros erőtől*; ennek növekedésével az áram intenzitásának is növekednie kell, továbbá azon *ellenállástól*, melyet az áramkör az áram tovaterjedése ellenében kifejt. Minél nagyobb az ellenállás, annál kisebb valamely keresztmetszetnél az idő egységében

átfolyó elektromos-mennyiség, tehát annál kisebb az áram intenzitása.

Legtalálébban a kiömlő folyadék-sugárral hasonlít-hatjuk össze az áram intenzitását. Minél magasabb nyomás alatt áll valamely folyadék-oszlop és minél kisebb a kifolyási csőhöz való súrlódása, annál több az idő egysége alatt kiömlő folyadék mennyisége. Az áramnál a nyomásnak az elektromótoros erő, a súrlódásnak a vezetői ellenállás felel meg. Hogy az áram ereje miként függ e két mennyiségtől, azt az áram mágneses és chemiai hatása alapján határoz-hatjuk meg.

1. *Oersted* 1820-ban azt a felfedezést tette, hogy az áram a közelében álló mágnestűt a földmágnesség hatása folytán elfoglalt dél-északi irányból, vagyis a mágneses meridiánból kitéríti s irányára merőleges állásba törekszik hozni. Az áram intenzitása a kitérés szögével, vagy annak tangensével arányos. Ezen elv alapján az áram-erő mérésére szolgáló készülékeket — *galvanométereket* — szerkesztettek, melyek nagyszámú tekervénnyel bíró dróttekeresből s ennek közepébe helyezett mágnestűből állnak. Ha az áram intenzitása i , a mágnestű kitérés-szöge α , akkor: $i = C \cdot \alpha$. A C tényező az arányosságot állapítja meg s a készülék *átváltoztatási tényezőjének* neveztetik.

2. Az áram-erő meghatározásának második mód-ját az áram chemiai hatása szolgáltatja. Az áram a folyadékot, melyen átmegy, alkotórészeire, így a vizet hydrogen és oxygenre bontja. E két gáz keveréke a durranólég. Kísérletek igazolják, hogy az idő egysége alatt keletkezett durranólég mennyisége arányos az áram intenzitásával. A chemiai felbontások végzésére szerkesztett készülékek: a *voltaméterek*. Az áramerő egységéül *Jakobi* javaslatára azon áram intenzitását tekinthetjük, mely 1 percz alatt 0°C -nál és 760 mm. nyomásnál 1 cm^3 durranógázt fejleszt. Ha az áramot a voltaméteren és galvanométeren egyszerre átvezetjük, akkor megkapjuk a voltaméterben az áramintenzitásnak *Jakobi*-féle egységekben kifejezett értékét, valamint a tű kitérés szögét s így az $i = C \cdot \alpha$ képletben csakis a C átváltoztatási tényező lesz ismeretlen s abból meghatározható. A galván-elemeknél *belső- és külső ellentállást* különböz-tetünk meg. A belsőt az elemet alkotó vezetők, a külsőt a sarkokat összekötő drótok fejtik ki. Ha

most e jelenti az elektromótoros erőt, r az összes ellenállást, i az intenzitást; akkor a három mennyiség összefüggését az elmondottak alapján már meghatározhatjuk. E célból hosszú, vékony dróttal zárt *Daniell*-elem áramkörébe vastag, csekélyszámú tekervényvel bíró galvanométert kapcsolunk be. Ennek tűje áramátmenetnél valamely a szöggel kitér. Kössünk most egészen megegyező második elemet is az áramkörbe. A kettő elektromótoros ereje az előbbihez képest tehát kétszeres s úgy találjuk, hogy a tű kitérése $2a$ lesz. Három elemnél $3a$ a kitérés s általában n elemnél na . Az áram intenzitása tehát az elektromótoros erővel egyenes arányban áll. Másfelől ha egy elemet tartunk meg és ugyanazon anyagból 2, 3, 4 . . . n -szer oly hosszú drótot igtatunk be; akkor a galvanométer tűjének elhajlása csak $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. . . $\frac{1}{n}$ lesz. Az áram intenzitása tehát a vezető ellenállásával fordított arányban áll.

A két eredmény összevonásából: $i = k \cdot \frac{e}{r}$. Ha most az elektromótoros erő egységeül megtartjuk a *Jakobi*-félét, az ellenállás egységeül pedig elfogadjuk *Siemens* higany-egységét melyen az 1 m. hosszú 1 mm.² keresztmetszetű higany-oszlop ellenállását értjük; úgy az áram-erő egységére nézve $e = 1$ és $r = 1$, tehát $k = 1$ és $i = \frac{e}{r}$. Ezen nevezetes s a galvanismusban előforduló minden fajta mérés alapját alkotó törvényt *Ohm Simon György* fedezte fel 1827-ben. Az elektromótoros erő egységeül a *Daniell*-elem elektromótoros erejét is szokták választani s ekkor az áram-intenzitás egységén azt az áramot értjük, mely az egy *Daniell*-elem elektromótoros erejével az egy *Siemens*-ellenállású vezetőben kering.

16. §. A rheostat.

Az olyan készüléket, melynek segítségével valamely áramkörbe az ellenállás tetszőleges számú egységét igtathatjuk be, *rheostatnak* nevezzük. Ilyen:

a) *Siemens dugós-rheostatja*, melynél az 1, 2, 3, . . . 100, 200 stb. *Siemens*-egységnyi ellenállással bíró dróttekercek vastag sárgaréz-lemezzel vannak

összekötve; a rézlemezek dugók segítségével kapcsolhatók egybe. A tekercsek szekrényben, a rézlemezek annak tetején vannak elhelyezve. A rézlapokat nem csak a külső dugók, hanem a szomszédosakat belső drótok is összekötik. A szélső fémlapok az áram be- és elvezetésére zárócsavarokkal bírnak. Ha valamennyi dugó a helyén van, akkor az áram csakis az ellenállással nem bíró rézlemezeken megy át; hogy ha azonban valamelyik dugót kihúzzuk, az áram akkor a megfelelő dróttekerccsen is átmegy.

b) *Weathstone rheostatja* tengely körül forgó fa-, vagy serpentinhenger, melynek felületén csavaros barázda van bevésve és ebben fémdrót oly módon fut körül, hogy egyik vége a hengerre, másik a tengelyen át zárócsavarra van erősítve. A tengellyel párhuzamosan álló fémpálcán kis fémcsga ide-oda mozgatható. A csiga érinti a hengerre csavart drótot. A bevezetett áram a drót annyi tekervényén megy át, amennyit a csiga megfelelő helyre való állításával beigtatunk s ekkor, ha egy tekervénynek ismerjük az ellenállását, egyszerű szorzással megtudhatjuk, mennyi ellenállást kell az átmenő áramnak legyőznie.

c) *Poggendorf rheochordja* párhuzamosan kifeszített két fémhuzalból áll, melyeket mozgatható szán köt össze. A szánnal tetszőleges huzaldarabot igtatunk az áramkörbe.

Ohm törvénye alapján megállapíthatjuk, hogy micsoda tényezőktől függ valamely vezető ellenállásának nagysága. E törvény szerint $r = \frac{e}{i}$. Ha most

ugyanazon áramkörbe különböző drótokat igtatunk be, akkor az ellenállás az áram intenzitásával, vagyis a galvanométer tűjének kitérésével fordított arányban áll. Ily módon kiderült, hogy a vezető ellenállása arányos annak hosszával; fordított arányban áll keresztmetszetével; függ az anyagi minőségtől,

szóval: $r = c \cdot \frac{e}{i}$, ahol c a vezető *fajlagos ellenállásának*, $\frac{1}{c}$ pedig *fajlagos vezetőképességének* nevez-

tetik s nem egyéb, mint az 1 m. hosszú, 1 mm.² keresztmetszetű drót ellenállása. Ezek a törvények a folyadékok közül csakis azokra érvényesek, melyeknél áram-átmenetnél gázalakú termékek nem jönnek létre.

17. §. Ohm törvényének alkalmazása.

Ha az egy vagy több elemből álló áramkörben b jelenti a belső, k a külső ellenállást, úgy $r = b + k$ és Ohm törvénye szerint: $i = \frac{e}{b + k}$. Minthogy az elem belső ellenállása nem más, mint a folyadék ellenállása, azért módunkban áll azt tetszésszerű mértékben kisebbiteni, a folyadékoszlop keresztmetszetének növelése útján. Ezt több elemnél úgy érjük el, hogy azok egynemű fémeit, pl. a Daniell-elemeknél az összes zink és az összes rézlemezeket egymással egybekapcsoljuk. Ez uton azok megnagyobbított zink, illetőleg rézlapoknak felelnek meg. Az elemek ilyen összekapcsolását *egymásmellettinek*, ha pedig rendre az elemek különböző fémeit kötjük össze egymással, a nyert összekötést *egymásutáninak* nevezzük. Az előbbit még *mennyiségre*, az utóbbit *feszültségre* való összekötésnek is mondjuk.

Lássuk most már, hogy adott viszonyok mellett, milyen összekötési mód a legelőnyösebb, azaz, milyen összekötés vezet a legerősebb áramra. Ha n elemet feszültségre kötünk össze, akkor: $i_n = \frac{ne}{nb + k}$. Ha most a külső ellenállás oly nagy, hogy mellette a belsőt elhanyagolhatjuk, akkor: $i_n = n \cdot \frac{e}{k} = ni$. Ha ellenben a külső ellenállás elenyésző csekély a belső mellett, úgy: $i_n = \frac{ne}{nb} = i$. — Ha az elemeket mennyiségre kötjük össze, akkor a belső ellenállás n -szer kisebb lesz, mert a keresztmetszet n -szeres nagyságú s így: $i_n = \frac{e}{\frac{b}{n} + k}$, mert ilymódon n elemnél éppen akkora az elektromótoros erő, mint egynél. Ha most a belső ellenállás elenyésző kicsiny a külsőhöz képest, akkor: $i_n = i$, ellenkező esetben pedig: $i_n = \frac{e}{\frac{b}{n}} = \frac{ne}{b} = ni$.

Tehát nagy belső ellenállás esetében az elemeknek egymásmelletti, nagy külső ellenállásnál pedig egymásutáni összekötése ajánlatos. Az előbbit különösen hő- és mágneses hatások, az utóbbit physiologiai és chemiai hatások létesítésére lehet előnyösen alkalmazni. Legerősebb áramot oly összekötésnél nyerünk, melynél a belső ellenállás a külsővel egyenlő. A használtabb elemek belső ellenállása egy negyed és egy egész *Siemens*-egység közt változik.

18. §. Áramelágazás. Kirchhoff törvényei.

Az áramkör elektromosságát módunkban áll egy dróton át, vagy tetszőleges számú részre osztva, több dróton át tovavezetni. Utóbbi esetben áramelágazás jön létre, melynél az egyes vezetőket *ágaknak*, azt a pontot, ahol az ágak szétválnak, *elágazási pontnak* hívjuk. Az egyes ágakban keringő áramok intenzitására nézve *Kirchhoff* (1845) törvényei adnak útbaigazítást. Ezek:

a) Ha az elágazási pont felé folyó áramok intenzitásait pozitívoknak, az attól távozókéit negatívnak tekintjük, akkor az elágazási pontban az intenzitások algebrai összege zérus, azaz: $\sum i = 0$.

b) Zárt idomot alkotó vezetőkben az egyes oldalakra nézve az intenzitásból és ellenállásból alkotott szorzatok algebrai összege annyi, mint az áramkörben jelenlevő elektromótoros erők algebrai összege: $\sum ir = e$.

Kirchhoff törvényeiből kitűnik, hogy áramelágazásnál az áramkör vezető-képessége az egyes ágak vezetőképeségeinek összegével egyenlő; továbbá, hogy áramelágazásnál az intenzitások fordított arányban állanak az ellenállásokkal. Az utóbbi eredményt a gyakorlatban is felhasználják, amikor a galvanométeren igen erős áramot akarnak mérni, úgy hogy a galvanométer tűjének felette nagy lenne a kitérése. Ilyenkor áramelágazással elérhető, hogy az egyik ágon az áramnak csupán 10-ed, 100-ad, stb. része vezettessék át, feltéve, hogy az egyes ágak ellenállásait az $r_1 : r_2 = 1 : 10$, vagy $r_1 : r_2 = 1 : 100$ aránylat értelmében választjuk meg. Akkor a galvanométerrel csakis az áram tized (század) részének erősségét mérjük.

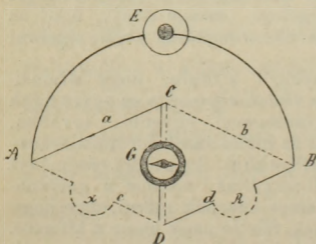
19. §. A vezető ellenállásának meghatározása.

Gyakorlati szempontból igen fontos a vezetők ellenállásának ismerete. Az ellenállásokat többféle módon határozhatjuk meg, így:

a) *A helyettesítés módszerével.* Az áramot a megméréndő ellenállással zárjuk s megfigyeljük a galvanométer-tű kitérését. Ezután az ismeretlen ellenállású drót helyett *Siemens* dugós rheostatjából annyi ellenállást igtatunk be, a mennyi mellett a tű ismét ugyanakkora kitérést mutat. Minthogy az áram intenzitása és elektromótoros ereje mindkét esetben azonos volt, azért a két ellenállásnak is azonosnak kell lennie.

b) *A differential galvanométerrel.* Ha valamely mágnesűre két egyenlő nagy és egyenlő távolban elhelyezett dróttekeres egyenlő intenzitású, ám különböző irányú árama hat, úgy a tű nyugalomban marad. Az ilyen készüléket *differential galvanométernek* hívjuk. Ha most valamely elemből áramot vezetünk, úgy hogy az az egyik ágban a megméréndő ellenálláson, a másik ágban *Siemens* rheostatján menjen át; akkor a rheostatból különböző ellenállásokat igtatván be elérhetjük, hogy a mágnesű egyik irányban se mutasson kitérést. Ez a kétféle ellenállás egyenlősége mellett következik be.

c) *Weathstone hidjával.* Ezt a módszert használják leginkább, mert a legpontosabb eredményekre vezet. Ennél a módszernél is arra törekszünk, hogy az áram hatását megsemmisítsük. Valamely *E galvanélem* áramát *A* és *B* pontoknál (8. ábra) kétfelé ágaztatjuk, *CD* hidon *G* galvanométert bekapcsoljuk, *AC* és *BC* ágak *a*, illetőleg *b* ellenállásait ismerjük, *AD* ágat azonban az ismeretlen ellenállás, *BD* ágat *Siemens* rheostatja alkotja. A galvanométer tűje akkor nem tér ki, ha $a:b = X:R$, ahol *R* a rheostatból bekapcsolt ellenállási egységeket jelenti s így az aránylatból *X* ismeretlen meghatározható.



8. ábra.

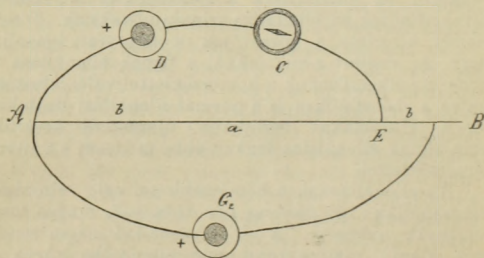
A megismert módszerek csakis elsőrendű vezetők ellenállásának a meghatározására szolgálnak, tehát olyanokéra, melyek áramátmenetnél chemiai bomlást nem szenvednek. Az ellenállásokat nagyon megváltoztatja idegen anyagok jelenléte, azonkívül módosítólag hat az a körülmény is, hogy vajjon a fémek olvasztva, öntve, vagy kovácsolva vannak-e? *Wiedemann* és *Franz* azt találták, hogy fémeknél a hő- és elektromosvezetőképesség arányos. Nagy befolyást gyakorol az ellenállásra a hőmérséklet is; ennek növekedésével az ellenállás szintén növekszik. *Wroblewskiego* kísérlete a rézzel azt a feltevést igazolja, hogy az absolut zérus foknál a fémek ellenállása is zérus. Az ellenállásnak a hőmérséklettel való változása fontos a rheostatokra és a normal-ellenállási drótokra nézve. Utóbbiakat leginkább újezüstből készítik, mert annak ellenállása legkevésbé módosul a változó hőmérséklettel.

Az ellenállásnak a hőmérséklettel való változását felhasználják: a) *Siemens pyrométerénél*, magas temperaturák mérésére. A *Weathstone-híd* megméréndő ágát alkotó platinadrótot porcelláncsöbe zárva a kályhába teszik. A drótnak a kályhában mutatott ellenállásából annak, vagy ami ugyanazt jelenti, a kályhának hőmérsékletét meg lehet határozni; b) *Langley bolométerénél*, felette csekély temperatura-változások kimutatására. *Weathstone* hídjába igen érzékeny galvanométer van beigtatva. A megméréndő ág itt is finom platinadrót, korommal bevonva, hogy nagyobb legyen a hőelnyelő képessége. *Langley* e készülékkel a sugárzóhő-okoza 0.00001 °C-nyi hőmérséklet-változást is képes volt kimutatni.

20. §. A elektromótoros erő mérése.

Az *Ohm* törvényében összefüggésbe hozott mennyiségek közül az intensitást és az ellenállást már megtudjuk határozni. Most még az elektromótoros erő miként való meghatározásáról kell megemlékeznünk. A többféle módszer közül csakis a *Poggendorf*-féle compensálási módszert említjük fel. A compensator milliméter-scalával ellátott *AB* platinadrót (9. ábra), melynek *b* jelöli az ellenállását. A huzalbál mozgatható vezetővel tetszés-szerinti $AE = a$ ellenállású darabot beigtatunk valamely áramkörbe. A

felső áramkörbe G galvanométer és D pl. az e elektromótoros erővel bíró *Daniell*-elem van beigtatva, az alsó R ellenállású körbe az erősebb E elektromótoros erővel bíró pl. *Grove*-elemet kapcsoljuk. Mindkét elem pozitív sarka A ponttal van összekötve. A szembe találkozó áramok akkor nem hoznak létre kitérést a galvanométerben, ha : $e : E = a : (R + b)$. A *Daniel*-elem helyére pl. *Leclanché*-félélet igtatva be, annak más (e_1) az elektromótoros ereje s így a



9. ábra.

compensálásnál a -nak más (a_1) értéke lesz, tehát : $e_1 : E = a_1 : (R + b)$. E két aránylatból : $e : e_1 = a : a_1$. A compensált elemek elektromótoros erői úgy aránylanak egymáshoz, mint a beigtatott dróthosszúságok. E módszer alapján a *Daniell*-elem elektromótoros erejét egységül választva, az egyes elemekre a következő értékeket találták : *Bunsen* 1·7, *Grove* 1·7, *Grenet* 1·8, *Leclanché* 1·2, *Smee* 1·2, *Clarke* 1·07.

21. §. A galvánáram hatásai az áramkörben.

Az áram zárt vezetőkben különböző hatásokat hoz létre, aszerint, amint első-, vagy másodrendű vezetőkön megy át. Ha egyelőre csakis az elsőrendű vezetőket vesszük figyelembe, akkor első sorban a vezetők melegeledését, tehát az áram hőhatását kell említenünk, melyet *Joule* és *Lenz* tanulmányoztak tüzetesen s mindketten arra az eredményre jutottak, hogy az idő egysége alatt fejlesztett hőmennyiség Q arányos a vezető r ellenállásával és i intenzitásának négyze-

Hőhatás,
Joule-
törvénye.

tével: $Q = C \cdot i^2 \cdot r$. E törvényt vezetőknek calori-méterbe helyezésével még oly másodrendű vezetőkre is igazolhatjuk, melyek áramátmenetnél állandó chemiai változásokat nem szenvednek. *Joule* törvénye lényegében azt fejezi ki, hogy az áramkörben elveszett munka, mint meleg lép fel. Hogy mily magasra emeli fel az áram a vezetődrót temperaturáját, az a drót anyagi minőségétől, hosszától, keresztmetszetétől, fajmelegétől, kisugárzó- s a környezet hővezető-képességétől függ. *Joule* képletében mindezt a *C* tényező foglalja magában.

Az áram hőhatása többféle gyakorlati alkalmazásra talál. Így technikai munkálatoknál a robbanó-anyagnak több helyen egyidejűleg történő meggyújtására; e célból a lövegek gyújtóanyagain igen finom drótok húzódnak át, melyek az áramkörbe vannak bekapcsolva. Az átvezetett erős áram a drótokat izzásba hozza s ezek a lövegeket egyszerre gyújtják fel. — Ujabb időben forrasztásra, összeolvasztásra stb. szintén igen szép sikerrel használják fel az áram hőhatását. — Az áram hőhatása következtében izzó platina-drótot a sebészeten hús- és bőrkinövések eltávolítására bonczkés helyett alkalmazták.

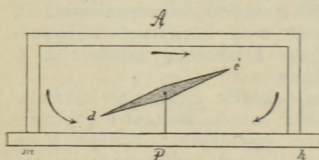
Csupán fémekből alkotott zárt körben addig, amíg a fémek temperaturája egyenlő,

Hőelek-
tromosság.

elektromos áram nem jön létre. *Seebeck* (1821) azonban kimutatta, hogy azonnal elektromos áram kering a körben, amint az egyik érintkezési helyet melegítjük, vagy hűtjük, és oly sorba állította össze a fémeket, melyben az áramlás az érintkezési hely hevítése alkalmával az előbb álló fémtől az utána következő felé történik. E sor, melyre *Volta* feszültségi törvénye szintén érvényes, a következő: antimon, vas, zink, ezüst, arany, ón, ólom, higany, réz, platina, bismuth. Az ilyen áramot *hő (thermo) áramnak*, a fémek egymásutánját *Seebeck-féle thermoelektromos sornak* nevezzük.

Ha bismuth és antimonból négyszöget forrasztunk össze (10. ábra) *thermoelektromos-elemet* nyerünk, melynél a négyszög belsejében lévő mágnestű az egyik forraszhely hevítésénél kitér s a kitérés nemcsak az áram jelenlétét, hanem annak irányát is megmutatja. A hőáram erőssége a fémek anyagi minőségén kívül a forraszhelyek temperatura-különb-

ségétől is függ s azzal közel arányos. Egynemű fémek, vagy megegyező temperaturák áramra nem vezetnek. A hőáramok, amint *Becquerel* meghatározta, igen gyöngék (pl. $Bi - An = 0.05 D$), erősebb áramok nyérésére *thermo-oszlopok* szolgálnak, ilyeneket régebben *Marcus*, *Melloni*, *Noé* és *Clamond* állítottak össze. Az újabb *Gülcher*-féle thermooszlopok labora-



10. ábra.

tóriumi munkálatokra igen alkalmasak. *Lechatelier* platinából és platinrhodium drótból álló thermo-elemét pyrométerül lehet használni nagyon magas és nagyon alacsony temperaturák mérésére.

A thermo-elektromosság megfejtésére kétféle, egyaránt elfogadható hypothesis van forgalomban. Az első szerint a két fém érintkezése alkalmával keletkező potential-különbség a temperaturától is függ, ilyformán a különböző temperaturájú forraszhelyeken különböző potential-különbségeknek s ennek következtében áramnak kell létrejönni. A második *Kohlrausch*-tól eredő elmélet szerint pedig a hőárammal elektromos áram is kering együtt és viszont. A hővezetőképesség tényleg arányos az elektromossal, tehát a hőmennyiségek is arányosak az elektromos mennyiségekkel, miből a tűnemény megfejtése önként következik.

Peltier
kísérlete.

Peltier azt tapasztalta, hogy egymással érintkező két különböző fémen elektromos áramot vezetve át, az érintkezési hely temperaturája megváltozik; lehűl, ha az áram iránya a hevítési áram irányával megegyező. Azt a meleget, mely áram-átmenetnél a heterogen testek érintkező felületén létrejön, vagy eltűnik, *Peltier-féle melegnek* s ezzel ellentétben a homogén vezetőben mutatkozót *Joule-félének* nevezzük.

Alkalmazás.

A thermoelemek és lánczok áram előállítására csak ritkán, ámde nagy érzékenységük miatt, hőmérőknek igen előnyösen alkalmaztatnak. Ily célra használta azokat fel *Nobili*, *Melloni* és *Knoblauch* (sugárzó hő). Mint pyrométerek még 1700 °C-nyi hőmérséklet mérésére is használhatók. *Edison* pyromágneses motorával megkísérlette a

melegnek direkt elektromosságá való átváltoztatását. Mások is megkísérelték a thermo-elemekkel az elektro-technika e nagy problémájának megoldását, kielégítő eredményhez azonban napjainkig még nem jutottak.

Magasabb intenzitású áramoknál a hőhatások kapcsán nyomban fellépnek a fényhatások is, melyek különösen a világítás terén nyert alkalmaztatásuk révén jelentékeny fontossággal bírnak. Az áram fényhatásán alapszanak az *izzólámpák*. Ilyeneket *Göbel* (1855) készített legelőször, izzó platinadrótokból. Ezzel a drótok elolvadásának veszélye nélkül szép fehér fényt nem lehetett nyerni. *Edison* (1879) a platinadrótokat légüres üveggömbökbe zárt szénfonalakkal helyettesítette. A szénfonalak régebben bambusz-, manilla-, vagy papirrostopok szenesítése utján nyertek; ujabban cellulóséból állítják azokat elő oly módon, hogy a cellulósét feloldják, az oldatból lapokat öntenek s azokból szelik ki a fonalakat, melyeket légüres térben való izzítással szenesítenek s még vékony szénréteggel vonnak be.

Az áram fényhatása.

Ha fémvezetót, melyen erős áram megy át, egy helyen megszakítunk, az utolsó pillanatban az érintkezés csupán egy pontra terjed, ahol könnyen érthetőleg nagy ellenállás és meleg lép föl. Ilyenkor ott az utoljára érintkező pontok izzásából és elgőzöl-géséből keletkező szikra mutatkozik. Minthogy azonban a létesülő gőzök a levegőnél jobb vezetők, azért elég erős áram átmegy azokon, folyton gőzzé változtatva a végső pontokat. Ez uton jön létre két szénpálcza között a ragyogó fény, mit *elektromos ívfénynek*, vagy feltalálójáról *Davy-féle ívfénynek* neveznek s világítási czélokra használnak fel. A positiv szénvégnél *Violle* mérései szerint az eddig elérhető legmagasabb hőmérséklet, 3500 °C mutatkozik, ez a vég tehát hamarabb elég, mint a negativ; a positiv sarkon krátterszerű mélyedés támad, ellenben a negativ sark kihegyesedik s csakis kétannyi idő alatt ég el. Ez okból a széndarabokat e lámpákhoz úgy választják meg, hogy az elégés egyszerre következzék be; a kráterképződés meggátlására pedig a positiv szénvég belseje kevésbé kemény, jóvezető szénből áll. Az ívlámpák a végeket állandóan 2—8 mm. távolságban tartó regulatorokkal vannak ellátva. Amíg egyes lámpákat már az 50-es években is készítették, addig a fényelosztásnak, azaz egy áramkörben

több lámpa elhelyezésének problémáját először *Jablochkoff* (1876) oldotta meg, a róla elnevezett *gyertyákkal*. Ezek két-két párhuzamosan egymás mellé állított, egyenlő szénpálczából állottak, melyeket gipsz, vagy kaolinréteg választott el. *Jablochkoff* gyertyáit nem alkalmazzák általánosan. A most használatos *differential-lámpákat* *Hefner v. Alteneck* fedezte fel. Az ívfény magas temperaturáját technikai munkálatoknál forrasztásra, fémlapok összeolvasztására s az elektromos kályhákban a szénnek graphittá változtatására és a technikailag fontos fém-carbidok előállítására használják fel. Ily uton nyerte *Moisson* a *calcium-carbidot*, mely vízzel leöntve az acetylént szolgáltatja. Így nyeretett a kősörülésre alkalmas *carborundum* (SiC) is.

Az áram
chemiai
hatása.

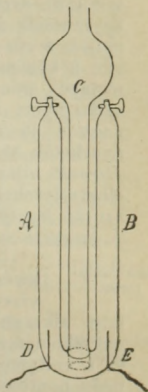
Másodrendű vezetők csak akkor vezetik az elektromosságot, ha azokat az áram chemiailag felbontja. A chemiai bontás folyamatát *Faraday* után *elektrolysisnek*, a másodrendű vezetőköt *elektrolyteknak*, a fémeket *elektrodoknak*, mégpedig a positiv sarkot *anodnak*, a negativot *kathodnak*, a chemiai termékeket *ionoknak*, mégpedig a positiv sarkon kiválót *anionnak*, a másikat *kationnak* nevezzük. Az elektrolysist legegyszerűbben *Grotthuss* (1805) hypothesis alapján fejthetjük meg. Szerinte a vegyületek molekuláit alkotó atomok egyenlő, ámde ellentétes elektromossággal bírnak, amelyek egymást közömbösítik. Az elektrodoknak a folyadékba merülésénél azonban az elektropositiv atomok a negativ, az elektro-negativok pedig a positiv elektrod felé fordulnak. Áramátmenetnél az elektrodok szomszédságában lévő atomok úgy válnak szét, hogy az elektropositiv atom a negativ, a másik a positiv elektrodon kiválik, az így szabadokká lett atomok pedig a mellettük fekvő molekulák ellentétes elektromosságú atomjaival egyesülnek. *Clausius* felteszi, hogy a vegyületek atomjai állandó mozgásban vannak, hogy tehát pl. a kénsavnál nem mindig ugyanazon H_2 van ugyanazon SO_4 -el egybekötve, hanem váltakozva, majd egyik, majd másikkal, úgy hogy az áramnak nincs része a felbontásban, hanem az csakis az atomok irányítását végzi. Rossz vezetőköt csak igen erős áramok bontanak fel. A víz könnyebben bontható, ha kevés kénsavval megsavanyítjuk.

Faraday
törvényei.

Ha a hydrogént fémnek tekintjük, úgy kimondhatjuk, hogy a sók és savak felbon-

tásánál, a fém a kathodon, a többi alkotórész az anodon válik ki. Az elektrolysisnél kiválasztott ionok mennyiségére nézve *Faraday* törvényei nyújtanak felvilágosítást. Ezek: 1) Ha egy és ugyanazon áram egyidejűleg több különböző elektrolytet tartalmazó felbontó készüléken megy át, akkor a különböző ionok oly súlyarányokban válnak ki, melyekben egymást a vegyületekben helyettesíthetik. Vagy röviden: az időegységben kiválasztott ion-mennyiségek *chemiailag aequivalensek*. Ezt a törvényt a fémek mennyiségi meghatározásainál használják fel. (*Classen* készülékei.) 2) Az elektrodon az időegységben kiválasztott ion mennyisége arányos az áram erejével. Ezen alapszanak az áram intenzitását mérő *voltaméterek*, melyek közül a vízvoltamétert már megismertük. Ezen csak erős áramoknál alkalmazható készüléknél előnyösebbek azok, melyeknél rézgálic (Cu SO_4), vagy pokolkő (AgNO_3) oldatot bont az áram. Az 1 mg. hydrogen kiválasztására szükségelt áram 31.7 mg. rezet, illetőleg 108 mg. ezüstöt képes kiválasztani; ennél fogva 1 cm.³ durranógáznak 1.9 mg. réz és 6.4 mg. ezüst felel meg s ezeket a súlyokat már igen pontosan mérhetjük. A rézvoltaméternél rézlapok az elektrodok s egyik lemeznek áram-átmenet után mutatkozó súlyszaporulatából kiszámítjuk az áram erejét. *Poggendorf* ezüstvoltaméterénél platina-tégelybe pokolkő oldat jön. Az ebbe merülő ezüst-spirális súlyszaporulatából kiszámítható az átfolyt áram ereje. A 11. ábrában vízbontó készüléket látunk *E* és *D* platinából készült elektrodokkal.

Az elektrolysis módot nyújt arra, hogy fémvegyületekből magát a tiszta fémet elő-
 Alkalmazás.
 állíthassuk. (Elektrometallurgia.) A szerint, amint a tiszta fém előállítására használt vegyület oldott, vagy olvasztott állapotban alkalmaztatik, *nedves*, illetőleg *száraz* eljárási módról beszélünk. Elektrolytekül fém-sókat használnak, melyekből a tiszta fém a kathodon válik ki s azt finom fémréteggel vonja be. Ily uton történik az értéktelen fémtárgyak aranyozása, ezüstözése, níkelezése, érmek, szobrok stb. hű utánzatának



11. ábra.

előállítására. Utóbbiaknál a minták jóvezető graphit-réteggel bevont gipsz-alakok. Ezt az eljárást *galvanoplasztikának* nevezzük. Felfedezői *Spencer* és *Jakobi* (1838) voltak, azonban bizonyos jelek, különösen a fémmel bevont üveg- és kőedények, továbbá szobrok, melyeket *Thebe* és *Memphis* temetkezési helyein találtak, arra utalnak, hogy az eljárást már a régi egyptomiak is ismerték. — Az elektrolysis felhasználják a réz finomítására is. E célból rézsulfatoldatban a közönséges fekete rezet, mint anodot, a tiszta rézlapot, mint kathodot alkalmazzák. Az elektrolysis utján nyert réz igen finom, rendkívül nyújtható s nagyon jó elektromosságvezető. Ugyanilyen uton nyerhetők az *aluminium* és az *aluminium-bronzok* is. *Hérault* eljárása szerint az aluminiumot tartalmazó elektrolyteket előbb erős árammal megolvastják, azután bontják; az aluminium a kathodon válik ki. A *magnesium* szintén a száraz elektrolysis eredménye.

Akkumulátorok.

A polarisálási áram (14. §.) a következő kísérlettel mutatható ki. Ha galván-elemből, vizvoltaméterből és galvanométerből áramkört alkotunk; akkor az áram hatására kitér a galvanométer tűje és oxygen, illetőleg hydrogen válik ki a voltaméter platina-elektrodjain. Ha most valamely pontban megszakítjuk az áramkört, akkor a galvanométer tűje egy az előbbivel ellenkező irányú áramot fog jelezni. Ez az áram igen gyorsan csökken s a tű csakhamar elfoglalja dél-északi irányát. Nem más ez, mint a gáz-termékektől indított polarisálási áram. Ennek ereje az eredeti áraméval nő, de nem arányosan, hanem bizonyos maximumot ér el. Így ha a főáram erősségét 0.03, 0.6, 1.03, 2.54, 4.03, 10 jelentik, akkor a polarisálási áram ereje 0.03, 0.6, 1.03, 2.11, 2.03, 2.03. Mivel a *Daniell*-elem elektromótoros ereje egy, azért egyetlen ily elemmel vízbontást nem végezhetünk, mert — amint látjuk — a polarisálási áram teljesen megsemmisíti a főáram hatását. — Az a körülmény, hogy polarisált lemezek addig tartó áramokat létesítenek, amíg a chemiai bontásnál nyert termékeket teljesen felhasználják, a *másodrendű-elemek*, vagy *akkumulátorok* szerkesztésére vezetett. Az első lépést e téren *Ritter* (1803) tette meg, jól használható akkumulátort azonban csak *Planté Gaston* készített 1860-ban. Ő összehajtogatott s egymástól elszigetelt ólomlapokat hígított kénsavba

merített s azokon valamely galván-láncz áramát vezette át. Áramátmenetnél az egyik lapon ólom-superoxyd keletkezik. Ha most az akkumulatort önmagában zárjuk, oly ellenkező irányú polarisálási-áramot nyerünk, melynek ereje 2·1—2·5. Ez színti az ólom-superoxydot, a másik lap pedig oxydáltatik. Az ilyen akkumulatort többször kell megtölteni és kisütni, hogy a lemezeken az ólom-superoxyd kellő vastagságot nyerjen. Ezen hiányon *Faure* (1881) segített, az ólomlapokat minium-réteggel vonván be. Az akkumulátorok fontossága abban rejlik, hogy segítségével nagy mennyiségű elektromos-energiát halmozhatunk fel, mit alkalmilag igen állandó áram alakjában, felhasználhatunk. A mai akkumulátorok vastag falú hígított kénsavat tartalmazó üveg-, vagy ólomedények, melyekben sarkok gyanánt ólomlapok vannak elhelyezve. Legújabbban utczai kocsihajtására réz-zink akkumulátorokkal tettek kísérletet, melyek súlya felényi, mint az előbbieké. Nagyobb akkumulátor-lánczok ma már minden elektromos-telepen találhatók.

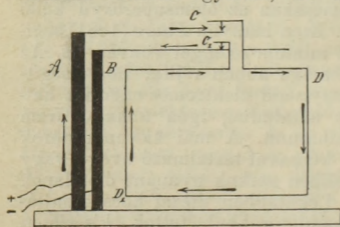
Ha az áramot nyitjuk, vagy zárjuk, úgy az áram testünkön átvezetve megrázkódtat. Physiologiai hatás.
A záródrót végeit füleinkbe helyezve zúgást hallunk, nyelven a positiv sark savanyú, a negativ lugos ízt idéz elő. A szemre is van hatása az áramnak. Az áramot a gyógyászatban is felhasználják csúszók és bénulások gyógyítására. *Dubois Reymond* szerint az állati test izmaiban és idegeiben áramok keringnek.

22. §. Az áramok kölcsönös hatása. (Elektrodynamika.)

Az áramnak az áramkörön kívül is van hatása. Ezek egyikét, a mágnesűre gyakorolt hatást, *Oersted* felfedezése kapcsán már megemlítettük (15. §.). *Ampère* 1821-ben azt vette észre, hogy galván-áramok egymás közelébe hozva, egymásra mozgatólag hatnak, és úgy kísérleti, mint elméleti uton megállapította a kölcsönös hatás törvényeit. E tünemény tanulmányozására *Ampère állványa* szolgál. (12. ábra.) Ennél *A* és *B* állványokon *C* és *C*₁ higanynyal telt csészécskébe merülnek a *D* meggörbített drót végei. Az *A*-nál bevezetett áram Ampère törvényei.

a nyíl irányában befutja a drótot s B -be jut. Az áramkörhöz közelített második áramkör mozgatólag hat arra, még pedig *Ampère* következő törvényei szerint:

1) Párhuzamos egyenlő irányú áramok vonzzák, párhuzamos különböző irányú áramok taszítják egymást. 2) Nem párhuzamos, tehát egymást keresztező áramok vonzzák egymást, ha egy pont felé, vagy

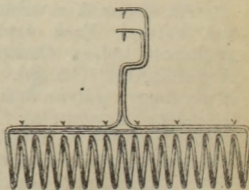


12. ábra.

attól elhaladnak; taszítják egymást, ha az egyik áram a kereszteződési pont felé, a másik az ellenkező irányban halad. Az ilyen áramok kölcsönös hatása tehát az, hogy az áramokat egyenlő irányuakká tegyék. 3) Egy ugyanazon áramrészei taszítják egymást 4) Az erő, melylyel két rövid egyenes vezető egymásra hat, az áramintensitások szorzatával és a vezetődrótok hosszával egyenes, a távolság négyzetével fordított arányban áll. 5) Könnyen mozgó áramkör a mágneses meridiánra merőlegesen, tehát kelet-nyugati irányban helyezkedik el és pedig úgy, hogy az egész vezetőben délről tekintve, az áram az óramutató járása irányában kering.

A solenoid.

Az utolsó törvény arra utal, hogy kell valamely áramnak léteznie, mely az áramkört így irányítja s ez nem lehet más, mint a földet kelet-nyugati irányban befutó áram. Ennek irányító hatása jobban érvényesül, ha egyetlen vezető-drót helyet párhuzamos, egyirányú, a vízszintes tengelyre merőlegesen álló köráramokra hat a földi áram. Ha az elmondott elv szerint hengerfelületre drótspirálist csavarunk fel, *Ampère solenoidját* (13. ábra) nyerjük. Egy ilyen függélyes tengely körül forgatható solenoid a következő tulajdonságokat mutatja. A földi áram



13. ábra.

hatására minden egyes kör síkja kelet-nyugati irányban helyezkedik el; a solenoid tengelye tehát a meridian irányát foglalja el. Az észak felé mutató tengely-véget *északi-*, a másikat *déli-sarknak* nevezzük. Valamely a solenoid tengelyével párhuzamosan haladó áram, úgy mozdítja ki a solenoidot, hogy annak tengelye lehetőleg merőlegesen helyezkedjék el az áram irányára. Két solenoid mozgatólag hat egymásra. Az egynemű sarkok taszítják, a különneműek vonzzák egymást, A vonzó- és taszítóhatás csakis a végeken mutatkozik, ha tehát képesek lennének a solenoidot az áram megszakítása nélkül részekre bontani, a hatás az ujjonnan nyert végeken is mutatkoznék, azaz annyi új solenoidot nyernénk, ahányra az eredetit felosztottuk. A földi áram minden szélességi fokon hat a solenoidra, ez okon magát a földet is nagy solenoidnak kell tekintenünk. A solenoidok egymásra gyakorolt hatása fordított arányban áll a távolság négyzetével.

Mágnesség.

23. §. Alaptünetmények.

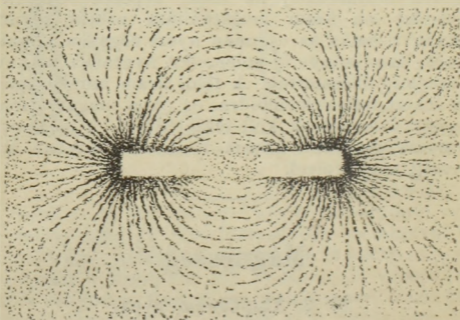
Már a régi görögök tudták, hogy az akkor *Magnesia* környékén talált magnetit nevű vasércz (Fe_3O_4) azon tulajdonsággal bír, hogy vasdarabokat magához vonz és bizonyos erővel magánál tart. Ha az ilyen vasérczeket — *mágneseket* — vasreszelékbe mártjuk, a poralakú vasrészecskék bizonyos helyekhez, a *sarkokhoz*, nagy mennyiségben tapadnak. Az ilyen helyre tapadt vasdarab szintén mágnessé lesz s képességet nyer arra, hogy más vasdarabokat, vagy vasreszeléket magához vonzzon és magánál tartson. A polusokra helyezett vasdarabok — *fegyverzetek* — a mágnesről leszakítva elvesztik mágneses állapotukat. Az aczél, fegyverzetül használva, a mágneses sajátságot kisebb mértékben mutatja, mint a vas, ámde azt egyszerű érintés helyett többször dörzsölve a mágneshez, azt találjuk, hogy nemcsak fölveszi, hanem állandóan meg is tartja a mágneses állapotot. Az így nyert mágneseket, az előbbi *természetes mágnesekkel* szemben *mester-*

Természetes
és mestersé-
ges mágnes.

séges mágneseknek nevezzük. Ezek pácza- és patkóalakúak lehetnek.

Mágneses
mező.

A mágneseken két helyet találunk, melyeken erősebb mágneses tulajdonságokat mutatnak, mint egyebütt. Mágnes-pálczánál e helyek közel fekszenek a végekhez és *polusoknak*, vagy *sarkoknak* neveztetnek. A két polust összekötő egyenes a *mágnes tengelye*. Azt a tért, melyre a mágnes hatása terjed *mágneses mezőnek* nevezzük. A



14. ábra.

mágnesnek a mezőben kifejtett erőnyilvánulásait papír-, vagy üveglapra helyezett vasreszeléssel láthatóvá tehetjük (14. ábra). Legtöbb vasreszelék a sarkoknál, legkevesebb a középső *közömbös helyen* mutatkozik. Általában bizonyos görbevonalat képezve helyezkednek el a vasreszecskek a mágneses mezőben. Ezeket a görbevonalat *Faraday* után *mágneses erővonalaknak* hívjuk. A mágneses mező *intenzitását* vagy *erejét* a mező valamely helyén az erővonalakra merőlegesen álló 1 cm^2 -re eső erővonalak száma, vagy sűrűsége méri.

Északi és
déli sark.

Súlypontjában sodratlan szálon felfüggesztett mágnespácza észak-déli irányban foglalja el egyensúly-állását. Kimozdítva néhány lengés után megint ugyanazon sarkra fog észak, illetőleg dél felé mutatni. Azért az elsőt *északi-*, a

másikat *déli-sarknak* nevezzük. Ha a felfüggesztett mágnes-pálcza sarkaihoz más mágnessel közeledünk, azt tapasztaljuk, hogy az egynemű sarkok taszítják, a különeműek pedig vonzzák egymást. Solenoid ugyanazt a hatást gyakorolja a felfüggesztett mágnes pálczára. A mágnes tengelyével párhuzamosan vezetett elektromos-áram úgy téríti ki egyensúly-állásából a mágnest, hogy annak északi sarka az áramban úszva képzelt alak balkeze felé hajlik el. A mágneses mező meghatározásánál úgy tűnik fel a dolog, mintha a mágnespálcza csakis a végeken, a középén pedig nem bírna mágnességgel. Ez csak látszat, mert több darabra osztva a mágnest, minden egyes darab, mint északi és déli sarkkal bíró mágnes tűnik elénk. E tűnemény magyarázata egyszerű, mert összetéve a darabokat, ellentétes sarkok kerülnek egymás elé, melyek egymásnak a külső testre gyakorolt hatását megsemmisítik. A hatások tehát csakis a sarkokon nyilvánulhatnak szabadon, mert csak ott nem áll szemben a hatást megsemmisítő ellentétes sark.

24. §. A mágnesség mibenléte.

A mágnesező természetes mágnes ereje a mágnesezés után nem lesz kisebb; a mesterséges mágnes súlya közömbös és mágnesező állapotban azonos. E tények alapján felvették tehát, hogy a testek közömbös állapotban két különemű mágneses fluidumot tartalmaznak, melyek egymásnak kifelé gyakorolt hatását megsemmisítik. A mágnesezésnél e szerint csakis a két fluidum szétválasztását végezzük és pedig minden molekulában, mert hiszen mágnesezés után az aczélpálcza minden részecskéje mágnessé lesz.

Jobb megfejtést ad ennél *Coulomb*. Szerinte a vas-, vagy aczélpálcza molekulái szabálytalanul elosztott elemi mágnesek, melyeknél minden északi sark mellett ott van az annak kifelé nyilvánulását megsemmisítő déli sark is. Mágnesezésnél az egyenlő sarkok egyenlő irányuakká tétetnek s így kifelé hatást gyakorolhatnak. Az irányítás lágy vasnál könnyebben elérhető, mint az aczélnál, de viszont az irányító hatás megszűntével a vas molekulái visszatérnek eredeti állapotukba s a pálcza ismét semlegesé lesz. Azt az erőt, melyet valamely test a mágnesezés ellenében kifejt, *koercitiv-erőnek*, azt a mágnességet

pedig, melylyel a mágnes kifelé hat, *szabadnak* nevezzük.

A solenoidok és mágnesek közt nyilvánuló feltűnő hasonlatosság arra bírta *Ampèret*, hogy a mágneses erő forrását a mágnes molekuláiban keringő egyenlő irányú elektromos áramokban keresse. Ilyformán egymás szomszédságába hozott két mágnes-sark kölcsönös hatása az azokban keringő áramok megegyező, vagy ellenkező irányától függ. Megegyező irányú áramok vonzzák, különböző irányúak taszítják egymást. — A mágnesség tünetényeinek megfejtésére napjainkban még mindig ez a felfogás van leginkább elterjedve.

25. §. A mágneses megosztás.

Influentia. Ha vas-, vagy aczélpálczát mágnes-sark közelébe hozunk, az is mágnessé lesz. Ezt a tünetényt *mágneses megosztásnak* (*influentia, inductio*) nevezzük. Ha a megosztásbeli-mágnest megvizsgáljuk, úgy találjuk, hogy a megosztó sark felé fordított végén ellentétes sark keletkezett.

Elektromágnes.

Ampère és *Arago* ennél sokkal nevezetesebb megosztásbeli tünetényt fedeztek fel, mikor vasrúd körül drótspirálist s azon elektromos-áramot vezetve át, azt tapasztalták, hogy a vas áramátmenetnél azonnal mágnessé lesz. Az így nyert mágneseket *elektromágneseknek* nevezzük. A tünetény magyarázata az, hogy a vasban, vagy aczélban foglalt szabálytalanul irányított kis elemi mágneseket az áram úgy rendezi, hogy tengelyeik egyenlő irányuakká lesznek. Lágy vasból erősebb elektromágneseket nyerünk, mint aczélból, de az utóbbi még az áram megszüntével is megtartja bizonyos mértékben mágneses állapotát. Ily uton nagyon erős *állandó* mágnesek állíthatók elő. Minél nagyobb a spirálisban keringő áram erőssége és minél több tekervényből áll a vezető, annál nagyobb az elektromágneses hatás, ámde nem korlátlanul, mert amint a vas, vagy aczél valamennyi molekulája irányítva van, az elektromágnes mágneses hatását tovább már nem fokozhatjuk. A *mágneses telítés* arányos a pálcza keresztmetszetével. Igen becses az elektromágnesek ama képessége, hogy az áram irányának megfordi-

tásával megcserélik sarkaikat s így segítségükkel gyors váltakozásban vonzást és taszítást hozhatunk létre.

Erős elektromágnes a sarkai közé helyezett bármely testre vonzó, vagy taszító hatást gyakorol. A vonzott testeket *Faraday* után *paramágneses*, a taszítottakat *diamágneses* testeknek hívjuk. Paramágneses testek az erős patkóalakú elektromágnes sarkai közt a sarkokat összekötő tengelymenti (axiális) irányban, diamágneses testek erre merőlegesen helyezkednek el.

Diamágnes-
ség.

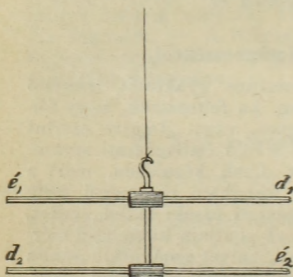
26. §. A földmágnességről.

Földünknek a mágnesűre gyakorolt irányító hatását úgy érthetjük meg, ha felteszszük, hogy földünk maga is nagy mágnes, vagy *Ampère* szerint solenoid, melynek sarkai a föld csillagászati sarkainak közelében fekszenek. Csak közelében, mert a függélyes tengely körül forogható mágnesű nem mutatja pontosan a csillagászati északi és déli sarkot, hanem attól a föld különböző pontjain különböző mértékben elhajlik. Azt a szöget, melyet a mágnesű iránya (mágneses meridián) a csillagászati délkörrel alkot, *mágneses elhajlásnak* (deklinatio) nevezzük. Ez Budapesten napjainkban nyugat felé mintegy 7° . Súlypontjában vízszintes tengely körül forgathatólag felfüggesztett mágnesű nem helyezkedik el a vízszintes síkban, hanem egyik — nálunk északi — sarkával lefelé hajlik. A tű és a vízszintes vonal képezte szöget *mágneses lehajlásnak* (inklinatio) hívjuk. Ez Budapesten napjainkban mintegy 62° . A lehajlás oka az, hogy a tűre a földnek mindkét sarka vonzó, illetőleg taszító hatást gyakorol. A vonzó és taszító erők resultansai erőpárt alkotnak, melynek irányában a tű eltér. Könnyű belátnunk, hogy a föld északi sarka és a tű észak felé mutató sarka tulajdonképen ellentétesek, mert hiszen vonzás csakis ellentétes sarkok közt lehetséges. A deklinatio meghatározására a deklinatorium, vagy *Gauss* magnetométere, az inklinatio meghatározására az inklinatorium szolgál. A föld egyenlő elhajlású pontjainak összekötése az *isogon*-, egyenlő lehajlású pontjainak összekötése az *isoklin-vonalakra* vezet. A zérus elhajlású pontok összekötése az *agon-vonalat* adja, ez a földet oly két részre osztja, melyek egyikén keleti, másikon nyugati az elhajlás.

A zérus lehajlású helyeket összekötő *aklin-vonalat* még *mágneses-egyenlítőnek* is nevezzük.

A föld mágnessége szabályos és szabálytalan változásoknak van alávetve. Előbbiek az *ingadozások*, melyek napi, évi vagy százados változások; utóbbiak a *mágneses viharok*, melyek északi fény, földrengés, vagy vulkáni kitöréseknél jelentkeznek.

Az *astatikus (Havy-féle) tűrendszer* (15. ábra) közös függélyes tengely körül forgatható, ellentétes



15. ábra.

sarkaikkal egymás felé fordított két mágnesből áll; ez főképen az elektrométereknél nyer alkalmazást. Ily tűrendszerre a föld mágnességének nincs irányító hatása.

A földmágnességészaki sarka az amerikai kontinens közelében *Boothia Félix* szigetén, a déli sarka pedig valószínűleg a déli sark-vidék *South Viktoria Land* nevű földjén az *Albert* hegységtől nyugatra fekszik.

A föld-mágnesség meghatározására annak elhajlását, lehajlását és intenzitását kell ismernünk. Az elhajlás meghatározására szolgáló deklinorium érzékeny elhajlási tű, fa-, vagy rézfoglalványban úgy elhelyezve, hogy sarkai körosztás előtt mozognak. A foglalványhoz messzelátó van erősítve, melynek optikai tengelye párhuzamos a 0 és 180 fokon átfektetett egyenessel. Kísérlet alkalmával a messzelátót a geographiai meridiánba irányítjuk s a mágnesű és meridiántól bezárt szög adja az illető hely elhajlását. A lehajlás meghatározására szolgáló inklinorium állványhoz erősített érzékeny lehajlási tű, mely vízszintes tengely körül merőleges körosztály előtt foroghat. Kísérlet alkalmával a felső állványt addig forgatjuk, míg a tű függőlegesen lefelé hajló helyzetbe jön. Ez akkor áll be, mikor a tű lengési síkja merőleges a mágneses meridiánra. Most derékszög alatt történt elforgatás után a kör s vele együtt a tű is a mágneses meridiánba kerül. A tűnek a vízszintestől ekkor mutatott eltérése adja az illető hely

lehajlását. Elhajlás és lehajlás együttvéve a földmágnesség erejének *irányát* határozzák meg.

Hogy a földmágnesség erejét nyerhessük, a lehajlási tüt a mágneses délkörben lengésbe hozzuk; e lengések az ingalengések törvényeit követik s így a gyorsulások, tehát az erők is egyenes arányban állanak a lengési számok négyzetével. Ha I és I' két helyre nézve az intenzitások, n és n' az egyenlő időkből végzett lengés-számok, akkor: $I : I' = n^2 : n'^2$. Ha a föld valamely pontjának intenzitását pl. I' -et egységül választjuk, akkor: $I = n^2 : n'^2$. Az intenzitás meghatározására *Weber, magnetométere* szolgál.

27. §. A mágneses vonzás és taszítás törvénye.

Két mágnes-sark egymásra gyakorolt hatását *Coulomb* (1785) a sodrómérleggel tanulmányozta, miután abban a rézgömböket (1. §.) mágnes-pálczákkal cserélte ki. A kísérletekből az derült ki, hogy a *vonzás, vagy taszítás a sarkok szabad mágneses tömegeinek szorzatával egyenes, a távolság négyzetével pedig fordított arányban áll*. Ha M az egyik, m a másik sarkon ható mágneses tömeg, és r a sarkok távolsága, akkor a vonzás, vagy taszítás: $E = \pm Mm : r^2$. Ebből következik, hogy valamely helynek mágneses potentialján azt a munkát kell értenünk, mely a pozitív mágneses tömeg egységét végtelen távolból az illető helyre hozza, értéke: $P = m : r$.

Coulomb
törvénye.

Ha a földmágnesség valamely hozzánk közelebb fekvő sarkának mágneses tömege M , valamely mágnes északi sarkáé m_s , déli sarkáé $-m_d$ akkor $\Sigma m = 0$ és ha r jelenti a föld mágneses sarkának távolságát, úgy a sarknak a mágnesre gyakorolt hatása $E = \Sigma Mm : r^2$, vagy minthogy M és r állandó értékek: $E = M : r^2 \cdot \Sigma m$, de mert $\Sigma m = 0$, azért: $E = 0$. A föld mágnessége a mágnesre vonzó, vagy taszító hatást nem gyakorol, ami könnyen megérthető, ha meggondoljuk, hogy a mágnesű méretei a földéihez képest elenyészők, tehát a földnek a mágnesre gyakorolt összes vonzó- és taszító-hatása zérus; az északi sark vonzása éppen akkora lévén, mint a déli sark taszítása. De ha egyenes vonalú mozgást nem is hoz létre a föld mágnessége valamely más mágnesen, létesít forgást s a forgató nyomaték kiszámítható.

A föld-
mágnesség
hatása.

Mágneses
momentum.

Ha λ jelenti a mágnes-pálcza hosszúságát, μ az egyik sark szabad mágnességét, akkor a $2\lambda\mu$ szorzat adja a pálcza *mágneses momentumát*. Ha M jelenti a mágneses momentumot, T a forgás tengelyre vonatkoztatott tehetetlenségi nyomatékot és E a földmágnesség irányító erejét, akkor a mágnes-pálcza lengés-ideje t az ingatörvények alap-

$$\text{ján: } t = \sqrt{\frac{T}{E \cdot M}}$$

Két mágnes
kölsönös
hatása.

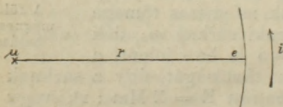
Két mágnes kölcsönös hatása *Gauss* szerint távolságuk harmadik hatványával fordított arányban áll.

28. §. A tangens- és sinusbussola.

Biot és
Savart
törvénye.

Valamely áramelem elektromágneses hatását *Biot-Savart* törvénye fejezi ki. Köralakban meghajtott l hosszúságú áramvezető (16. ábra) a kör középpontjában, tehát r sugárnyi távolságban fekvő μ mágnessarkra E erővel hat. Ez az erő arányos az áram i intenzitásával a vezető l hosszával, a sark μ mágneses tömegével és fordított arányban áll az r távolság négyzetével. Tehát ezen *Biot-Savart* féle törvény szerint: $E = \frac{i \cdot l \cdot \mu}{r^2}$. E

képlet alapján az áram i intenzitásának egysége nem más, mint a mely 1 cm. hosszúságban átfolyva, az 1 cm. távolságban lévő egységnyi mágneses tömegű polusra az erő egységével (1 dyna) hat. Az így meghatározott áramot *elektromágneses áramegységnek* nevezzük. Ugy amint a



16. ábra

Biot-Savart féle törvény fogalmazva van, az két lehetetlenséget feltételez, t. i. egy egyedül álló mágnessarkot és egy vezető magában álló l darabját s így ez a törvény számbeli meghatározásra közvetlenül nem alkalmas. Ily meghatározásokra a *tangens-bussola* szolgálhat. Ha az elhajlási tüvel párhuzamosan áramot vezetünk, az néhány lengés után nyugalomba tér, mégpedig oly módon, hogy nyugalmi állása egyen-

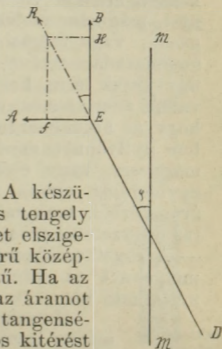
Tangens
bussola.

súly állásával φ szöget zár be. A tű mindegyik sarkára két erő hat, mégpedig az $E'D$ mágneses-meridián irányában a földmágnesség H horizontális componense és $AE \perp MM'$ irányban az F áramerő.

(17. ábra). Hogy ez a két erő egyensúlyt tarthasson fenn, kell, hogy R eredőjük hatását valamely ellenállás meg-

semmisítse. Ez itt akkor történik, mikor R a tű irányába esik s akkor: $F = H \cdot \operatorname{tg} \varphi$. Az áramerő arányos a kitérés szög trigonometriai tangensével. Ezen összefüggés alapján lehet a tangensbussolával az áram-erőt a kitérés szögéből meghatározni. A készülék lényeges részei: függélyes tengely körül forgatható gyűrű, melyet elszigetelt rézdrót fut körül és a gyűrű középpontjában elhelyezett elhajlási tű. Ha az áram-erő részére egységül azt az áramot választjuk, mely a kitérés-szög tangensének egységét hozza létre (45° -os kitérést okoz), akkor az áramot közvetlenül a kitérés szög tangensével mérhetjük. A tangens-törvény csakis akkor érvényes, ha a tű igen rövid a gyűrű átmérőjéhez képest. *Gaugain* szerint az áram intenzitása leginkább akkor arányos a kitérés szög tangensével, mikor a tű középpontja $\frac{1}{4}$ gyűrű átmérő magasságban áll a gyűrű középpontja fölött.

A *sinus-bussolánál* a sokszorozó tekercs fokokra felosztott vízszintes kör fölött függélyes tengely körül forgatható. Kísérletnél a tekercset addig forgatjuk a kitért tű után, míg a tű és az áramkör ugyanazon függélyes síkban lesz. Akkor: $F = H \cdot \sin \alpha$. Ezen készüléknél a tű hossza és a tekercs átmérője közt fenálló viszony semmi befolyást sem gyakorol a törvény érvényességére, azért itt hosszabb tűt használhatunk s így pontosabb megfigyeléseket tehetünk.



17. ábra.

Sinus
bussola.

Inductio.

29. §. Az elektromos és a mágneses inductio.

Az elektromos áram eddig megismert hatásai közben munkát végzett, amennyiben valamely mágnes, mágneses molekulát, vagy más áramkört mozgásba, vagy forgásba hozott. E hatások az energia megmaradása elvével teljesen összeegyeztethetők, mert úgy jöttek létre, hogy a mutatkozó munkával aequivalens energia-mennyiség eltűnt az áramkörből. Mint-hogy az áram-energia a vezetődrótok megmelegítésében nyilvánul; ennél fogva, mikor az áram elektromágneses, vagy elektrodynamikai munkát végzett, egyidejűleg eltűnt a megfelelő melegmennyiség az áramkörből, azaz, minthogy a meleg az áramintenzitás négyzetével arányos, csökkent az áram intenzitása. — A következőkben az áram oly hatásairól beszélünk, melyeknél az intenzitás ilyszerű csökkenése nem mutatható ki.

Ha valamely zárt áramvezetőbe galvanométert igtatunk be s azt oly zárt vezetőhöz közelítjük, melyben áram kering, kitér a galvanométer tűje, jeléül annak, hogy az első vezetőben is áram jött létre. Ha az első vezetőt a másodiktól távolítjuk, a galvanométer tűje ellenkező irányú áram létrejöttét jelzi. Ha a két vezető távolságát megtartjuk, ámde közben az áramot nyitjuk és zárjuk; akkor is jönnek létre áramok a másik vezetőben, mégpedig a nyitási áram a közelítésnél, a zárási a távolításnál keletkezővel egyenlő irányú. Ezek az áramok igen rövid tartamúak, amennyiben létük csakis arra a pillanatra szorítkozik, a meddig a vezető mozgása, illetőleg zárása és nyitása tartott. Ezt a tüneményt *Faraday* (1831) fedezte fel s a nyert áramokat *inductio-*, vagy *indukált-áramoknak*, azt a vezetőt, melyben az áram kering *elsődleges-*, melyben az inductio-áram keletkezik *másodlagos-vezetőnek* nevezük. Az inductio-áramok kimutatása egyszerű vezetőkben csakis felette érzékeny galvanométerrel sikerül; éppen azért egyszerű vezetők helyett rendszerint mind a két áram számára több tekervényből álló tekercseket szoktak alkalmazni. *Lenz* azt tapasztalta, hogy az indukált áramok iránya a főáramokéval ellenkező; a két áram elektrodynamikai hatása tehát

Elektromos
inductio.

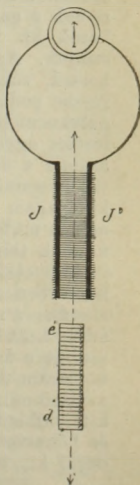
abban nyilvánul, hogy egymás hatását gyöngíteni törekszenek.

Mint hogy az áramokat valamely mágnes-sark is helyettesítheti; ennél fogva a másodlagos vezetőben, vagy tekercsben akkor is keletkeznek indukált áramok, ha ahhoz mágnessarkot közelítünk, vagy közeléből eltávolítunk, vagy ha közelében lévő lágyvasban áram segélyével mágnességet gerjesztünk, vagy szüntetünk meg. Ilyenkor a déli sark hatása olyan, mint az óramutató járása irányában keringő áramé, az északi sark hatása pedig, mint az ellenkező irányú áramé. Röviden azt mondhatjuk tehát, hogy valahányszor a mágneses, vagy elektromos mező létrejön (erősödik), vagy eltűnik (gyengül); mindannyiszor rövid tartamu inductio-áramok keletkeznek a zárt drót-tekercsben.

Az indukált áramok elektromotoros ereje arányos a mozgás sebességével, az indukáló áram erejével és a tekervények számával. E törvény elemzése arra utal bennünket, hogy a másodlagos vezetőt lehetőleg sok tekervényből állónak vegyük, az elsődleges vezetőt ellenben lehetőleg kevés tekervényt alkotó vastag drótból állítsuk elő.

Az inductio tünetmények lényegükben energiaátalakulások, amennyiben az azokat létrehozó mágneses-, vagy elektromos-mező erővonalai a térnek bizonyos ellenállást kölcsönöznek, amely az erővonalaknak az inductio-tekercs tekervényeibe való benyomulásánál észrevehetővé válik s az indukált áramok elektromos energiájává alakul át. A 18. ábra üres fahengerre felcsavart másodlagos tekercset tüntet fel, (II'), melyben az *ed* mágnespálcza betolásánál és kihúzásánál inductio-áramok keletkeznek.

Mágneses
inductio.



18. ábra.

30. §. Extra-, vagy különáramok.

Valamely elektromos áram nem csupán a szomszédságában lévő zárt vezetőben indukál áramot, hanem saját vezetőkörében is. Eze-

Extra-
áramok.

ket az áramokat szintén *Faraday* fedezte fel s utána *extra-* vagy *külön-áramoknak* nevezzük. Különösen akkor áll elő ilyen áram, mikor áramvezető gyanánt dróttekeres szolgál, mert akkor az egyes tekervények elektromos mezői a szomszédos tekervényekben inductio-hatásokat hoznak létre. Ezek a többi inductio-áramokhoz hasonlóan zárásnál a főárammal ellentétes, nyitásnál pedig megegyező irányúak s galvanométerrel a következő módon mutathatók ki. Valamely galván-elem áramát két részre osztjuk. Az egyik ágba galvanométert, a másikba hosszú, vékony drótból készült tekercset, az osztatlan részbe pedig higanynyal telt csészét igtatunk be s a galvanométer tűjének a főáram irányában való kitérését egyelőre gombostűvel meggátoljuk. Amint az áramot a drótnak a higanycsészéből való kiemeléssel megszakítjuk, kitér a tű, jelezve, hogy a nyitási különáram a főárammal egyenlő irányú. Hasonló módon mutatható ki a zárási különáram is. A különáramok természetéből következik, hogy zárásnál a főáram csak fokozatosan érheti el teljes erejét, mert kezdetben a különáram gyengítőleg hat vissza reá; ellenben a nyitási, a főárammal egyenlő irányú különáram késlelteti a megszakítási folyamatot. *Edlund* szerint a kétféle különáram egyenlő erejű s arányos a főáram erejével; a zárási azonban veszedelmesebb a másikkal, mert zárt vezetőre találván, teljesebben kifejlődhetik. A különáramok physiologiai, chemiai és hőhatásai kísérletekkel kimutathatók s azokból az derül ki, hogy éppen a nyitásiak a hatékonyabbak.

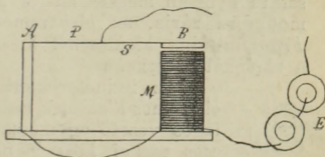
Inductio-áramok nemcsak linearis vezetőkben, hanem testekben is létrejönnek. *Gambey* azt tapasztalta, hogy szabadon lengő mágnesű későbbben jön nyugalomba, mint a hengerré alakított rézszalag belsejében lengő. Utóbbinál a szalagban keltett inductio-áramok okozzák a tű korábbi megnyugvását. A testekben keltett inductio-áramokat *Arago*, *Babbage*, *Herschel*, *Faraday*, *Nobili* és *Foucault* tanulmányozták.

31. §. Inductorok.

Inductio-áramok előállítására az inductoriumok, vagy *Rhumkorff* (1851)-féle készülékek szolgálnak. Ezeknél a belső elsődleges

Rhumkorff
szikra-
inductora.

tekercestet vastag, kevés tekervényű drót, a külső másodlagos tekercestet, vékony nagyszámú tekervényű (a legnagyobb ily készülékeknél 1000000 m. hosszú) drót alkotja. A belső tekercestben lágy vasból drótköteg van, mely áramátmenetnél mágnessé lesz s erősíti a főáram hatását. Az áram folytonos nyitását és zárását a *Wagner-féle kalapács* (19. ábra) vagy nagyobb készülékeknél *Foucault* higanymegszakítója végzi. Az áram folytonos nyitása- és zárásánál a másodlagos tekercestben egymás után ellentétes irányú nagy feszültségű inductio-áramok u. n. *váltakozó áramok* jönnek létre.



19. ábra.

A szikra inductorokkal oly nagy feszültségű inductio-áramok nyerhetők a másodlagos tekercestben, hogy azok több cm., sőt nagyobb készülékeknél 1 m. hosszú szikrákat adnak. A váltakozó áramok a mágnestűre nem bírnak hatással, mert két-két egymást követő áram ellenkező irányba iparkodik a tűt kitéríteni s így ha a váltakozások gyorsan követik egymást a tűre tehetetlensége folytán hatást nem gyakorolhatnak. *Weber elektrodinamóméterével* a váltakozó-áramok mérhetők.

Az elektromosság forrásai közül láttuk az elektromos gépet, melynek elektromossága magas potential mellett csekély mennyiséggel bír. Ezzel hatalmas szikrákat állíthatunk elő, de számbavehető, ion-mennyiséget nyernünk lehetetlen. Ezzel ellentétben a galvánelemek nagy mennyiségű, ámde csekély potentialú elektromosságot szolgáltatnak. Az első nagy nyomás alatt álló csekély vízmennyiségnek, az utóbbi alacsony nyomás alatt álló nagy víztömegnek felel meg. Az inductoroktól létesített váltakozó áramok a kettő között közép helyen állanak. Nem szolgáltatnak oly nagy mennyiségű elektromosságot, mint az elemek, a nyert elektromosság potentialja nem oly nagy, mint az elektromosgépnél, de megközelíti az elemektől szolgáltatott elektromosság mennyiségét s a potential is elég jelentékeny.

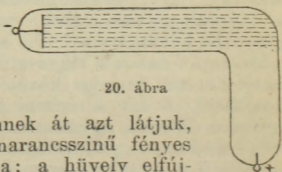
Az inductorok révén nyert áramok természete.

A legtöbb inductio-készülék *condensatorral*, vagyis

oly készülékkel van ellátva, melylyel az elektromosság mennyisége potentialja rovására szaporítható. Viaszos-vászonnal elszigetelt staniol-lemezek ezek, melyek közül a páratlan számúak a másodlagos tekercs egyik, a párosak a másik végével vannak összekötve. Tehát igen nagy felületű *Franklin*-táblát, vagy leydeni palaczkot alkotnak. A nyitási inductio-áram felhalmozódik a condensatorban, minek folytán a szikra gyorsan megszakad és ha a kalapács az áramot újra zárja, az elektromos-mennyiség, mint a *Franklin*-tábla kisülésénél kiömlik s az áram erejét a zárásnál fokozza.

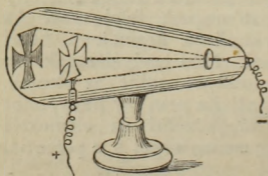
Kísérletek a szikra-inductorral. Az inductorokkal dielektrikumokon át elektromos kisülések hozhatók létre. A másodlagos vezető egymással szembeállított, csúcsos sarkai közt a nyitási inductio-áramnak megfelelő folytonos szikra-áramot nyerünk. A zárási inductio-áramok az ellenállás legyőzésére igen gyöngék. A váltakozó áramoktól gerjesztett szikrák az eléjük állított szilárd szigetelőket (papírt, üveget) átfurják. Ha a szikrák normális

sűrűségű levegőn mennek át azt látjuk, hogy a szikrapályát narancsszinű fényes hüvely (aureola) borítja; a hüvely elfújható, vagy mágnessel kitérítethető, a szikra ellenben nem. *Geissler*, vagy *Hittorf*-féle csövekben, a hol a ritkítás $\frac{1}{300}$ atmosphaerányi, az elektromos-



20. ábra

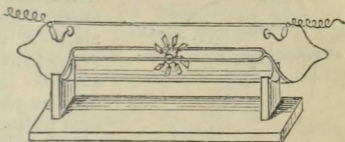
szikra a benfoglalt gázra jellemző szint mutat. A még tetemesebb ritkítással bíró *Crookes*-féle csövekben az anodfény eltűnik, a katódfény ellenben az egész tért betöltve egyenes vonalban halad előre. A szikra itt nem



21. ábra.

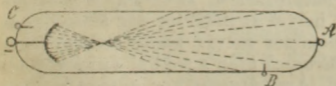
köti össze a sarkokat, hanem csakis a katódtól kiindulva egyenes vonalban halad előre — katódsugarak — s azért a meghajtott üvegcső (20. ábra) alsó fele sötét marad. A katódfény erősen fluoreszkáló hatású, azért az üvegcső zöldes-sárga fény-

ben ragyog (Puluj lámpák). A kathodsugarak az egyenes-vonalú terjedés folytán elektromos árnyékot hoznak létre (21. ábra.) könnyű testeket mozgásra inditnak (22. ábra); erős hőhatást idéznek elő; ahol a kathodsugarak az üveget érik, meglágyítják, sőt elolvasztják, gömbtűkör gyújtópontjában (23. ábra), ahol a kathodsugarak összejönnek, a platina és iridium is megolvad. A kathodsugarak erősen megtámadják a katódanyagát, arról apró darabokat leszakítanak s a cső ellenkező oldalára ragadnak.



22. ábra.

Röntgen (1895) azt a felfedezést tette, hogy a katódfény a sugarak egy sajátos láthatatlan nemét az x -, vagy *Röntgen*-féle sugarakat foglalja magában; e sugarak a fényre átlátszatlan testeken, úgymint fán, celluloidon, alumíniumon, vékony bádogokon, húson stb. áthatolni képesek, erősen fluoreskáló természetűek, photographiailag hatékonyak. Ezeket a *Röntgenlámpákban* (24. ábra) oly szikrainductorral állítják elő, melyben a főáramot az áramszakitó szabályszerű egymásutánban 25—50-szer szakítja meg mp.-ként. A *Röntgen*-sugarakat orvosi, sebészeti-célokra használják fel, oly módon, hogy az emberi testet azokkal átvilágítják, vagy photographiai képet állítanak elő az emberi test egyes részeiről.

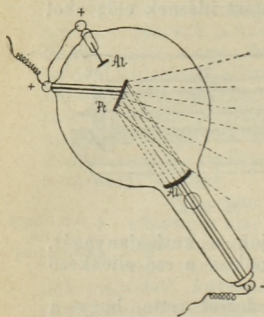


23. ábra.

Crookes felfogása szerint a katódot alkotó homorú alumíniumbádogtól a kathodsugarak, mint az elektrod-

anyag finom elektromossággal telt részei egyenes-vonalban a platináig jutnak (24. ábra) s arról mint elektromos töltésüktől megfosztott *Röntgen*-sugarak visszaveretnek. Ezt a hypothesiszt megerősíti az a tény is, hogy a mágnes csakis a katódsugarakat bírja elteríteni, az x -sugarakra ily hatást nem gyakorol.

Hertz a 7. §-ban leírt kísérleteket szintén a szikrainductorral végezte. *Nicola Tesla* a szikrainductort alkalmas módon leydeni-palaczkokkal összekötötte s ily uton



24. ábra.

másodpercenként 300000 váltakozással bíró váltakozó áramokat létesített; ezek behatása alatt a vacuum-cső minden vezeték nélkül világít s az ily áramok magas feszültségük daczára physiologiai hatásokat nem hoznak létre. *E. Thomson* váltakozó áramú, belsejében lágypálczát tartalmazó dróttekerésre nézve azt tapasztalta, hogy az a tengelyéhez közelített drótgűrűre sajátos vonzó és taszító hatást gyakorol, a gűrűbe zárt izzólámpa pedig kisebb-nagyobb mértékben világít.

Folyadékok
vezetési
ellenállása.

Közönséges galvánárammal a főáramot gyengítő polarisálási áramok miatt lehetetlen az áramátmenetnél chemiai bomlást szenvedő másodrendű vezetők ellenállását meghatározni. Másképen áll a dolog a váltakozó-áramokkal. Itt egyrészt nagyon gyöngék a polarisálási áramok, de másrészt a nyomban következő ellenkező irányú hatástól ellensúlyoztatnak s különben is a váltakozások szaporításával módunkban áll a sarkítási-áramot tetszésszerű mértékben gyöngíteni. Ezért a váltakozó áramokat használják fel a másodrendű vezetők ellenállásának meghatározására. E célra *Weathstone* hidjában a batteria helyét az inductorium másodlagos tekerése, a galvanométer helyét pedig elektrodynamométer, vagy *Kohlrausch* után a sokkal érzékenyebb telephon foglalja el. Áramátmenetkor a telephonban hangot hallunk, melynek rezgési száma a másodperczben történő árammegszakítások számával egyenlő. Hogyha azonban a hidon át áram nem kering, hang sem jön létre. A folyadékot, melynek ellenállását mérjük, hasábalakú üvegbe öntjük, melybe két platina-elektrod merül. Ha az elektrodok felülete q , egymástól mért távolságuk 1, akkor a folyadék-réteg ellenállása: $r = K \cdot \frac{1}{q}$, ahol K a fajlagos ellen-

állást jelenti. A folyadékok ellenállása felette nagy, növekedő temperaturával az elsőrendű vezetőkével ellentétben csökken, minek okát abban leljük, hogy az ionok temperatura emelkedésnél igen mozgékonyak lesznek. Savak és sóoldatok a telítés szerint azonban valamely törvényszerűséget fel nem tüntető módon változtatják ellenállásukat. Némely folyadéknál bizonyos telítésnél minimumát éri el az ellenállás, oly módon, hogy a telítés fokozásánál az ellenállás újra növekedik.

Bár tárgyilag nem tartozik ide, itt az újabb kutatási eredmények közt említjük fel azt is, melyet a physikusok *Zeemann-féle jelenség* név alatt ismernek. Már a 11. §-ban utaltunk arra, hogy *Faraday* óta számos oly tüneményt ismeretek meg, melyek az elektromos, mágneses és fénytünemények rokonságára engednek következtetést vonni. Ezek közé tartozik a *Zeemann-féle jelenség* is, mely abban áll, hogy erős mágneses mező behatása alatt a natrium spectromaiban a két *D*-vonal kiszélesedik. Ugyanez mutatkozik a littium, thallium, kadmium stb. vonalainál is. Maga a jelenség azért fontos, mert nagyban támogatja *Lorentz* leydeni physikus elektromágneses fényelméletét, mely szerint az elektromos és mágneses tüneményeket nem határozzák meg kizárólag az aetherrezgések, hanem azok az elektromos töltéssel bíró anyagi atomoknak, a *jonoknak* különös elhelyezését és mezgását is feltételezik s a fény éppen ezen jonok vibratioi gyanánt fogható fel. *Lorentz* elmélete segítségével képes volt előre jelezni bizonyos a *Zeemann-félével* összefüggő jelenségeket. Így pl. azt, hogy a mágneses mezőben kiszélesedett színkép-vonalak szélei a mágneses erővonalak irányában vizsgálva körösen polározottak és hogy e vonalak elég erős mágneses mezőben a szerint, amint a mágneses erővonalak irányában, vagy arra merőlegesen vizsgáljuk, kettős illetőleg hármas vonalakra hasadnak. *Zeemann* e dolgokat később kísérletileg is igazolta, mégpedig kiválóan szembeötlő módon a kék kadmium vonal három vonalra hasadását.

32. §. Gyakorlati elektromos mérték-egységek.

Az elektromosság kiterjedt gyakorlati alkalmaztatása révén kereskedelmi czikké lett, s ez a körül-

mény szükségessé tette, hogy az áramerő, ellenállás és elektromótoros-erő számára törvényes egységeket állapítsanak meg. Az 1881-ben Párisban tartott congressuson az absolut-egységekre alapított következő nemzetközi mérték egységeket fogadták el:

Az áramerő egysége az *1 Ampère*; ezzel olyan áram bír, mely a rézsulfat-oldatból egy perc alatt 19·686 mg. rezet választ ki. Az *1 Ampère* = 0·0048 *Jacobi*-féle egységgel. (15. §.)

Az elektromos-mennyiség gyakorlati egysége az *1 Coulomb*; ezen oly elektromos-mennyiség értendő, melyet az *1 Ampère* intenzitású áram 1 mp. alatt továbbít.

Az ellenállás gyakorlati egysége az *1 Ohm*; ez a 106·3 cm. hosszú 0^o-ú, 1 mm.² keresztmetszetű higanyoszlop ellenállásával egyenlő. Ily módon *1 Ohm* = 1·063 *Siemens* egységgel és *1 SE* = 0·94339 *O*.

Az elektromótoros-erő gyakorlati egysége az *1 Volt*; ezzel oly áramforrás bír, mely az *1 Ohm* ellenállású áramkörben *1 Ampère* intenzitású áramot létesít. *1 V.* = 0·89 *Daniell*; tehát *1 D.* = 1·12 *V.*

A kapacitás egysége a *Farad*; ezzel azon vezetők bír, melynél *1 Coulomb* átvezetésénél a potential-különbség *1 Volt*. Gyakorlati czélokra ez az egység felette nagy, azért annak milliomod-részét veszik számba s azt *mikrofaradnak* nevezik.

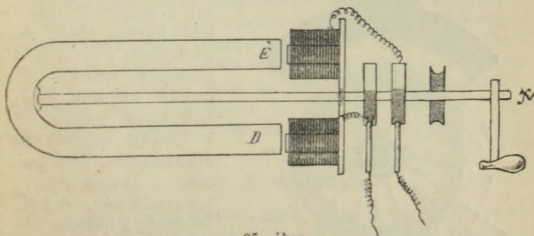
Végül megemlítjük még a *munkának* és az *effectusnak* (a munka-intenzitásának, vagyis az 1 mp. alatt végzett 1 lóerőnyi, tehát 75 mkg.-nyi munkának) a gyakorlati egységét is. Előbbi nz *1 Joule*, ez a 10 millio *ergon* munkája, ha a leírt út 1 cm. Tehát: *1 Joule* = 10⁷ erg. Ha a *Joulét* 1 mp.-re vonatkoztatjuk az *effectus egységét*, az *1 Wattot* nyerjük; azaz: *1 Watt* = 10⁷ erg. pro sec. = 0·00136 lóerő = 0·24 gr. caloria.

Az elektromosság gyakorlati alkalmazásai

33. §. Magneto- és dynamo-elektromos gépek.

Az elektromos inductio fontos gyakorlati alkalmazást nyert oly gépeknél, melyeknél az áram munkát végez, vagy a munka áramot szolgáltat. A

legrégebb ilyfajta gépeket *Pixii* (1833) állította elő. (25. ábra). Az *ax* tengely körül forgatható elszigetelt tekercsek $E'D$ állandó aczélmagnes sarkai előtt forognak, miáltal azokban *váltakozó inductio-áramok* jönnek létre; ámde a tengelyre alkalmazott *commutator* segítségével elérhető, hogy a külső vezetőkben már csakis *egyenlő irányú* áramok továbbitassanak; folytonos áramra ez így sem vezet, hanem az áramok lökészerűen követik egymást. Ezen az elven *Stöhrer*,

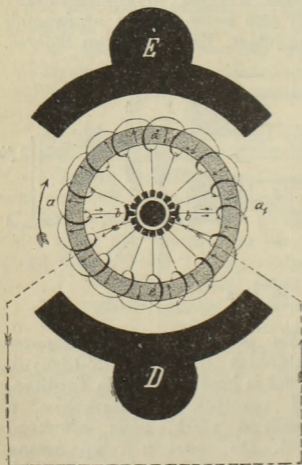


25. ábra.

Saxton, Charke és *Nollet* is szerkesztettek *magneto-elektromos gépeket*, az utóbbiét (1864) világító-tornyok elektromos világítására fel is használták. Ha fordítva, valamely telep áramát vezetjük a tekercsekbe, a gép *elektromágneses motorrá* válik, azaz ellenkező irányú forgásnak indul. De mert a telep árama jelentékeny költségbe kerül, azért még a legjobb motor is igen költséges munkás lenne.

Fontos haladást jelent *Siemens* (1867) azon eszméje, hogy az elektromos-gépeknél az erejükben folyton gyöngülő állandó mágnesek helyett elektromágnesek alkalmaztassanak. Az elektromágnes sarkai közt forgó tekercsben még a leglágyabb vasmagokban is feltalálható remanens mágnesség már a legelső forgatásnál is gyöngé áramot indukál; ha ezt az áramot az elektromágnessel körülvevő tekercsbe vezetjük, fokozza az elektromágnes szabad mágnességét s azt erősebb áramok indukálására teszi képessé. Az ily elven alapuló *dynamo-elektromos gépeknél* (*Siemens, Gramme, Edison* gépeinél) tehát a forgó tekercset és az elektromágnes tekercsét ugyanazon áramkör zárja magában. Ilyen úton munka árán igen erős s aránylag elég olcsó áramhoz jutunk. A *Pacinotti*

(1864)-féle gyűrű segítségével, melyet legelőbb *Gramme* (1870) alkalmazott az ő magneto-elektromos-gépénél, folytonos áram nyerhető. Az elektromágnes E' és D sarkai (26. ábra) között forgó gyűrűben az e' és d sarkok jönnek létre, melyek ugyanazon helyen maradnak, noha mindig más gyűrűrészekre esnek is.



26. ábra.

Erre merőlegesen áll a gyűrű aa' közömbös zónája, mely nem áll a mágnes indukáló hatása alatt. A gyűrűben e' is d -nél ellenkező irányú indukált áramok jönnek létre, melyeket a forgási tengelyen alkalmazott elszigetelt áramgyűjtők tovavezetnek. A két közömbös helyen tehát állandó potenciálkülönbség mutatkozik s így az ezekhez csatolt külsővezetékben állandó irányú áram kering.

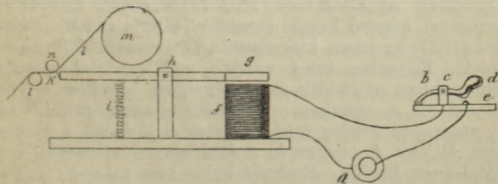
Az elektromágneses mótórok problémáját csakis a dynamogépek felfede-

zése után oldhatták meg, azaz csakis ezek segítségével lehetett a gyakorlatban elektromos energiát előnyösen mechanikai munkává átalakítani. Ha valamely dynamogépbe kívülről áramot vezetünk, a gép forgásba jön, mégpedig ellenkező irányban, mint a melyben áramfejlesztésnél forogna. Az ilyen gép tehát munkát végezhet. A gépet olyan áram is hajthatja, melyet nagy távolságban lévő másik gép termel, ha a termelt áramot dróttal átvezetjük. Ez az *elektromos munkaátvitel*. Ez úton lehet a természet erőit, pl. a vízesések energiáját munka végzésére alkalmazni. *Schweiczbán* ezt gyárak hajtására, *Észak-Amerikában* egész városok elektromos világítására használják fel. Az elektromótórok hajtják az elektromos vasútnak s végzik sok esetben az ipari munkálatokat is.

A *transzformátorok* nagy feszültségű és csekély intenzitású áramoknak kis feszültségű, nagy intenzitású áramokká való átalakítására szolgálnak. Kis keresztmetszetű rézvezetéken ugyanis képesek vagyunk nagy mennyiségű elektromos-energiát tetemesebb veszteség nélkül, magas feszültségű váltakozó-áramok alakjában, nagy távolságra átvezetni, ahol aztán azt a transzformátor újra normális kis feszültségű munkáárammá alakítja át. A transzformátorok tulajdonképpen inductio-készülékek, megfordított alkalmazásban. Segítségükkel 96% haszonmunka érhető el. A transzformátoroknál a sok tekervényből álló elsődleges tekeréset körülveszi a kevés tekervényből álló másodlagos tekerés. Az előbbi még az inductio-hatás erősítésére szolgáló lágy vas-magot is foglal magában. Megemlítjük a *Zipernovszky-féle transzformátort*.

34. §. A telegraph.

A gyakorlati életben igen sokszor felmerül annak szüksége, hogy gondolatainkat a lehető leggyorsabban közöljük távolabb élő embertársainkkal. Ez a szükség már régtől fogva a távirás legmegfelelőbb módjának felfedezésére sarkalta az embereket. Az optikai távirás sok tökéletlensége érthetőleg az elektromos-



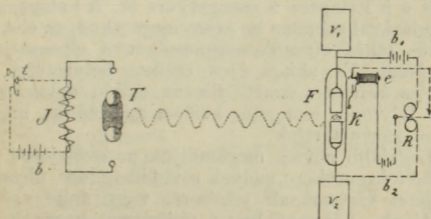
27. ábra.

ságra utalta a probléma megfejtésén fáradó tudósokat azon időtől kezdve, mióta az elektromosság terén bővültek az ismeretek. A genfi *Lesage* (1798), *Sömmering* (1808), majd *Gauss* és *Weber* (1833), *Weathstone* és *Cooke* több-kevesebb sikert felmutató kísérletei után végre *Morse* (1835) távirója általános elterjedést nyert. Ez az elektromágnességen alapszik. A elem (27. ábra) árama a jeladó állomáson *B kopogtatóval* zárható oly módon, hogy az *i* forgatható emelöt *d*

fogóval lenyomjuk, miáltal e fémfej érintkezésbe jön az emelővel; ennek forgási tengelyéről pedig az áram a jelfogó állomásra vezetetik. hol f elektromágnes mágnessé válik és magához rántja a h emelőn lévő g vaslemezt, miáltal az áram összeköttetése ismét megszakad. A h emelő másik vége csúcscsal, vagy festékbe mártott k kerékkel bír, mely a vaslemeznek a mágneshez való tapadásánál az m tekeresből lecsavarodó l papirszalaghoz nyomul s arra az áram hosszabb, vagy rövidebb zárása szerint vonalat, vagy pontot ír le. Az abc ily vonalakból és pontokból van összeállítva. A papirszalag tovamozgatását óramű eszközzi. A táviró berendezésére vonatkozólag még a következőket kell tudnunk. Nagy távolságba a nagy ellenállás miatt oly gyengén érkezik meg az áram, hogy képtelen az írókészüléket működésbe hozni. E bajon úgy segítenek, hogy az áramot előbb a már gyenge árammal is működésbe hozható jelfogóba (relais) vezetik. A *relais* elég erős helyi árammal van összekötve, mely emeltyűjének lenyomásánál mindannyiszor záratik. Ily módon az írókészülék oly jeleket mutat, mint a milyenek a *relais*-n átmentek. Két állomás közt a vezetéket póznákra erősített s a jobb elszigetelés miatt porcellánharangokra fektetett vas-, vagy rézdrót alkotja. Régebben az állomások közt a levegőben folytonos áramkört képező kettős vezetéket alkalmaztak, *Steinheil* (1837) azonban kimutatta a két vezeték fölösleges voltát. Egyetlen felső vezető, mely a földben erős rézlapokban végződik már elégséges, mert az egyik állomásról a másikra jutó elektromosság a földben nyomtalanul elvész s így a szembe jövőnek útjában nem állhat. A tenger és a föld alatt lévő vezetőket *kábeleeknek* hívják. Ezeknél belül van az egy, vagy több rézdrótból álló vezető, melyet előbb kátrány, majd kender, végül vasburok övez és véd a romlás ellen. A *Morse*-féle távirón kívül nagyobb állomások közt még *Hughes* nyomtató táviróját is alkalmazzák. Előnye, hogy meglehetősen complicált szerkezetű írókészülékével a táviratokat azonnal betűkkel nyomtatva szolgáltatja.

Ha a *Hertz*-féle elektromos hullámok útjukban fémreszeléket érnek, azoknak vezetői ellenállását jelentékenyen csökkentik. A finom fémpor ellenállása rendes körülmények között oly nagy, hogy a galvano-

méter tüje, melybe az áramot fémreszeléken át vezetjük, nem mutat észrevehető kitérést. Ellenben ha a fémreszeléket tartalmazó csövet, melyet *Lodge* után *coherernek* nevezünk, elektromos hullámok érik, akkor a tű azonnal erősen kitér s a coherer ellenállása mindaddig csekély marad azután is, amíg meg nem rázzuk. Az ilyen coherert polározottnak hívjuk. Ezen sarkallik *Marconi* vezető drótok nélkül való távirója. Jeladója a *T* oscillátor (28. ábra) jelfogója egy azzal



28. ábra.

rezonáló *F* coherer; mely az *R* relais áramkörébe van zárva. Az olajba zárt *T* gömbök közt jönnek létre az elektromos hullámok, ezek polározzák az *F* coherert s működésbe hozzák az *R* relaist. Ámde az *e* elektromágnes *K* kopogtatója jeladás után megüti a coherert, a fémreszelék visszatér eredeti állapotába s így alkalmatlanná lesz az áram vezetésére. Bár a távirás ezen rendszere nem fogja kiszorítani a most használt táviróhálózatot, mindazonáltal jó szolgálatot tehet olyan helyeken, ahol a vezetékek felállítása nehézségekbe ütközik, így pl. hajók között, hajók és világító tornyok közt, hadviselés alkalmával stb., nemkülönben alkalmasnak ígérkezik a rövidebb kabelek helyettesítésére is.

35. §. Elektromos órák és jelzőkészülékek.

Az *elektromos órák*, úgy amint azokat mai napság alkalmazzák, nem egyebek elektromágneses mutató műveknél, melyeket pontosan járó ingaóra hoz mozgásba. Az inga minden lengésnél elektromos-áramot zár, mely az áramkörében lévő elektromágnessé mágnessé változtatja, úgy hogy ez az előtte álló emeltyűt magához rántja s a mutatót előbbre tolja. Az áram

zárásai perczenként követhetik egymást. Így lehet elérni azt, hogy több óra egészen egyenlően járjon. Szerkesztettek még olyan órákat is, melyeknél az áram bizonyos időközökben a mutatókat a pontos időre állítja be; sőt olyanokat is, ahol maga az áram mozgatja az óraművet.

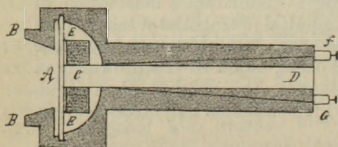
Az *elektromos-csengetyűknél* az áram vaspatkó tekercein megy át s a vasat mágnessé változtatja, miáltal az az előtte álló kalapács nyelét magához rántja s a kalapács a csengetyűre üt. A kalapács ki-mozdulásával azonban az áram megszakad, az elektro-mágnes tehát elveszti mágnességét s elbocsátja a kalapácsot. Ez akkor újra eredeti helyzetébe jut, zárja az áramot s ismétlődik az előbbi dolog, még pedig folytonos csengetés közben mindaddig, míg az áramot zárva tartjuk.

Legalább névleg megemlítjük az *elektromos idő-mérőket* (chronoskop), melyek rövid ideig tartó physikai kísérletek tartamának jelzésére, vagy feljegyzésére szolgálnak. Lényegükben a táviróknál használt író-szerkezetek elvére vannak ezek is alapítva.

36. §. A telephon és mikrophon.

Telephon.

A *telephon* lényegében magneto-elektromos inductio-készülék. Ha *A* vékony vaslemez előtt (29. ábra) *B* hangtölcsérbe beszélünk, a lemez a keltett levegőhullámokkal együtt rezeg, a szorosan mögötte álló *CD* mágnes *C* sarkában pedig



29. ábra.

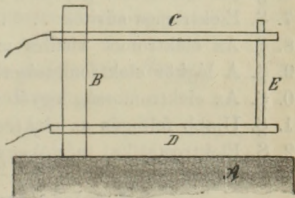
a lemez közeledése, vagy távolodása szerint erősebb, vagy gyengébb mágnesség indukáltatik. *C* fölött igen vékony drótból készített inductio-tekerecs van, melyben a sark jelzett

változásai erősebb, vagy gyengébb inductio-áramokat létesítenek. Az így keltett áramok intenzitásai a hang erősségétől függenek. Az áram *F* és *G* csavaroktól második teljesen hasonló készülékbe vezetetik, ahol a vezetődrót körül fogja a mágnes-sarkot s az áram intenzitásának változásai szerint megváltoztatja a mágnessark erősségét és azzal a

második lemezre gyakorolt vonzó és taszító hatását is. Ez a lemez ilyformán éppen olyan rezgésbe jön, amelyet az első végez s a levegőt megfelelő mozgásba hozván, azt eredményezi, hogy a második készülék visszaadja az elsőbe bement hangokat. A jeladás telephonozásra elektromos csengetyűvel történik. Feltalálója *Graham Bell* (1876) volt. A távolba-beszélésre való előnyös alkalmazhatósága folytán mindinkább kiterjedő telephon-hálózat köti össze a nagyobb városokat.

A telephont rendszeresen a *Hughes-féle mikrophonnal* (30. ábra) használják. Ez *A* Mikrophon. rezonáló faszekrényből áll, melyen a *B* és *C* párhuzamos szénpálcák állnak, *B* karon megerősítve.

A szénpálcák közül *C* át van lyukasztva s a lyukon át *D*-n nyugvó helyzetben van a harmadik *E* szénpálcza betéve. A lazán összefüggő lemezek az áram *C*-től *D*-felé veszi útját. A legkisebb zörejre megváltozik a szénpálcák viszonylagos helyzete és vezetőképessége, am



30. ábra.

erre megfelelő változás áll be az átfolyó áram intenzitásában is. A mikrophon alkalmazása a telephonok feladó állomásán azt az előnyt biztosítja, hogy itt a telephon tetszőleges erősségű áram állván rendelkezésünkre, a beszédet nagyobb távolságra is elvezethetjük, holott a telephon inductio-áramai hosszabb vezető alkalmazásakor nagyon elgyengülnek.

A telephon rendkívüli érzékenysége miatt a galvanométer helyettesítésére is felhasználható.

TARTALOM.



Elektrostatika.

1. §.	Alaptünetmények	3
2. §.	Az elektromos potenciál	7
3. §.	Az elektromos megosztás, vagy influenza	9
4. §.	Az elektromosság elhelyezkedése	11
5. §.	Elektrostatikai mérőeszközök	13
6. §.	Az elektromos gépekről	14
7. §.	Elektromos sűrítők	17
8. §.	Az elektromos kisülés módjai és hatásai	19
9. §.	A légkör elektromossága	22
10. §.	Az elektromosság egyéb forrásai	25
11. §.	Ujabb felfogás az elektromosságról	26
12. §.	Elektrostatikai mértékegységek	28

A galván áram.

13. §.	Galvani és Volta. Elektromótoros erő. A galván áram	29
14. §.	Állandó galván elemek	33
15. §.	Ohm törvénye	34
16. §.	A rheostat	36
17. §.	Ohm törvényének alkalmazása	88
18. §.	Áramelágazás. Kirchhoff törvényei	39
19. §.	A vezetők ellenállásának meghatározása	40
20. §.	Az elektromótoros erő mérése	41
21. §.	A galván-áram hatásai az áramkörben	42
22. §.	Az áramok kölcsönös hatása. (Elektrodinamika)	49

Mágnesség.

23. §.	Alaptünetmények	51
24. §.	A mágnesség mibenléte	53

25. §.	A mágneses megosztás	54
26. §.	A földmágnességről	55
27. §.	A mágneses vonzás és taszítás törvénye	57
28. §.	A tangens- és sinusbussola	58

Inductio.

29. §.	Az elektromos- és mágneses inductio . .	60
30. §.	Extra-, vagy különáramok	61
31. §.	Inductorok	62
32. §.	Gyakorlati elektromos mértékegységek .	67

Az elektromosság gyakorlati alkalmazásai.

33. §.	Magneto- és dynamoelektromos gépek .	68
34. §.	A telegraph	71
35. §.	Elektromos órák és jelzőkészülékek . .	73
36. §.	A telephon és mikrophon	74

Stampfel Károly kiadásában Pozsonyban

megjelent és tőle, valamint minden hazai könyvárustól megszerezhető:

Tudományos zseb-könyvtár.

Minden egyes füzet 30 kr. = 60 fillér.

A „Tudományos zseb-könyvtár“ időhöz nem kötötten, 60 filléres kis füzetekben jelenik meg s a tudományok minden ágára kiterjeszkedik.

Eddigelé a következő füzetek jelentek meg:

1. *Földrajzi és statisztikai tabellák.* Összeállította Hickmann A. és Péter J.
2. *Arith. és algebrai példatár.* Irta Dr. Lévay Ede.
3. *Kis latin nyelvtan.* Irta Dr. Schmidt Márton.
4. *Magyar irodalomtörténet.* Irta Gaal Mózes.
5. *Görög nyelvtan.* Irta Dr. Schmidt Márton.
6. *Francia nyelvtan.* Irta Dr. Pröhle Vilmos.
7. *Angol nyelvtan.* Irta Dr. Pröhle Vilmos.
8. *Római jog. I. Institutiók.* Irta Dr. Bozóky Alajos.
9. *Római jog. II. Pandekták.* Irta Dr. Bozóky A.
10. *Egyházjog. (Kathol.)* Irta Dr. Bozóky Alajos.
11. *Magyar nyelvtan.* Irta Gaal Mózes.
12. *Magyar stílusztika.* Irta Gaal Mózes.
13. *Magyar retorika.* Irta Gaal Mózes.
14. *A sík trigonometriája.* Irta Dr. Lévay Ede.
15. *Római régiségek.* Irta Dr. Schmidt Márton.
16. *Magyarok oknyomozó története.* Irta Cseh Laj.
17. *Kereskedelem története.* Irta Dr. Stirling Sándor.
- 18—20. *Egyetemes irodalomtörténet.* Irta Hamvas J.
21. *Nemzetközi jog.* Irta Dr. Gratz Gusztáv.
22. *Magyar poétika.* Irta Gaal Mózes.
23. *Planimétria példatárral.* Irta Dr. Lévay Ede.
24. *A római nemz. irod. tört.* Irta Márton Jenő.
25. *Német nyelvtan.* Irta Albrecht János.
26. *Oszmán-török nyelvtan.* Irta Dr. Pröhle Vilmos.
- 27—30. *Áruismeri-lexikon.* Irta Dr. Koós Gábor.
- 31—34. *Magyar magánjog.* Irta Dr. Katona Mór.
35. *Számítan.* Irta Dr. Lévay Ede.
36. *Logarithmustáblák.* Összeállította Polikeit Károly.
- 37—38. *Magyarország őskora.* Irta Darnay Kálmán.
- 39—40. *Magyar büntetőjog.* Irta Dr. Atzél Béla.
- 41—42. *Bűnvádi perrendtartás.* Irta Dr. Atzél Béla.
43. *Kis növénygyűjtő.* Összeállította Dr. Cserey Adolf.
44. *Algebra.* Irta Dr. Lévay Ede.
45. *A magyar helyesírás törvényei.* Irta Gaal M.
46. *Ábrázolástan. I. füzet* Irta Dr. Kolbái Arnold.
47. *Ábrázolástan. II. füz.* Rajzok az ábrázolástanhoz.

- 48—49. *Növényhatározó.* Irta Dr. Cserey Adolf.
 50. *Stereometria.* Irta Dr. Lévy Ede.
 51. *Világtörténet.* I. rész. Irta Cseh Lajos.
 52—53. *Stilisme.* Irta Boros Rudolf.
 54. *Levelező gyorsírás.* Irta Bódogh János.
 55. *Magyar közigazgatási jog.* Irta Dr. Falcsik D.
 56. *Alkotmányi politika.* Irta Dr. Gratz Gusztáv.
 57. 57a *Magyar pénzügyi jog vázlat.* Irta Dr. Bartha
 58. *Általános földrajz.* Irta Hegedüs István. [Béla.
 59. *Ethika.* Irta Dr. Somló Bódogh.
 60. *Ásványhatározó.* Irta Dr. Cserey Adolf.
 61. *Zeneműszótár.* Összeállította Goll János.
 62. *A görög. irod. tört.* Irta Márton Jenő.
 63—64. *A zománcz.* Irta Mihalik József.
 65. *Vita-gyorsírás.* Irta Bódogh János.
 66. *A magyar váltójog.* Irta Dr. Berényi Pál.
 67. *Világtörténelem.* II. rész. Irta Cseh Lajos.
 68—69. *A rajzolás vezérfonala.* Irta és rajz. Boros R.
 70—72. *Mythologia.* Irta Dr. Losonczy Lajos.
 73. *Általános zenetan.* Irta Goll János.
 74. *Államszámviteltan.* Irta Dr. Berényi Pál.
 75. *Jogbölcselet.* Irta Dr. Somló Bódogh.
 76. *Rovargyűjtő.* Irta Dr. Cserey Adolf.
 77. *Szervetlen kémia.* Irta Schwicker Alfréd.
 78. *Mechanika.* Irta Dr. Lévy Ede.
 79. *Szociológia.* Irta Dr. Somló Bódogh.
 80. *Logika.* Irta Dr. Schmidt Márton.
 81. *Akustika. Optika. Hőtan.* Irta Dr. Lévy Ede.
 82. *Áruüzleti szokások.* Irta Matavovszky Béla.
 83. *A németirodalom röv. vázl.* Irta Albrecht János.
 84. *Kereskedelmi jog.* Irta Dr. Berényi Pál.
 85. *Elektromosság és mágnesség.* Irta Dr. Lévy Ede.

A „Tudományos zseb-könyvtárban“ legközelebb, de időhöz nem kötötten, a következő kötetek megjelenése van tervbe véve:

Aesthetika	Görög régiségek	Pénzügytan
Anthropologia	Jogtörténet	Polg. perrendtartás
Áruisme és vegytan	Kereskedelem-isme	Statisztika
Astronomia	Közjog	Szótárak:
Chémia (szerves)	Lélektan	Latin-Magyar.
Dramaturgia	Művelődéstörténet	Német-Magyar.
Egyházjog (Prot.)	Német helyesírás	Francia-Magyar.
Egyháztörténet	Nemzetgazdaság-	Angol-Magyar.
Észjog	Népisme	Olasz-Magyar.
Fejlődéstan	Oktat. módszertan	Természetrájz:
Fogalmazványok	Olasz nyelvtan	Állattan
Földrajz (politikai)	Orosz nyelvtan	Bogárgyűjtő
Földtan — Geológia	Ötvösség	Lepkegyűjtő
Geometria (analytica)	Paedagógia	Növénytan
		Gombaisme
		Ásványtan
		Tornatanítás

Minden egyes füzet 60 fillér.

Stampfel Károly kiadásában Pozsonyban
megjelent és tőle, valamint minden hazai könyvárustól
megszerezhető :

II. Rákóczi Ferencz

fejedelmi ifjusága 1676—1701.

Történeti tanulmány.

Eredeti levelek s más egykoru kutfők nyomán írta
Thaly Kálmán.

Második javított és bővített kiadás, 3 arcképpel.

Füzve 3 kor., kötve 4 kor. 80 fill.

Az ezredévi országos hét emlékoszlop története.

A hét szobor
fényképével, történeti és politikai jelentőségével.

Írta Thaly Kálmán.

Ára 1 korona 60 fillér.

Földrajzi és statisztikai zseb-atlasz.

Ezen zseb-atlaszt mindenki élvezettel fogja tanulmányozni,
mert közérdekű dolgok oly sokaságát közli világos előadásban,
mint a mennyi ily alakban eddigelé egyáltalában még
nem került nyilvánosságra.

Ára díszes vászonkötésben 5 korona.

Egyetemes, minden nyelvre való

gyorsírás „PANSTENOGRAPHIA.”

Arends Lipót gyorsírási rendszere nyomán.

Szerzette Dohnányi Frigyes, gymn. tanár.

Harmadik, a vitagyorsírással bővített kiadás.

Ára 1 kor. 20 fill.

