

Encycl. 0.

52.

1/3.

STAMPFEL-FÉLE  
TÁNYOS ZSEB-KÖNYVTÁR.

142-143.

MAGY. AKADEMIA  
KÖNYVTÁRA

Dr. Bozóky Endre

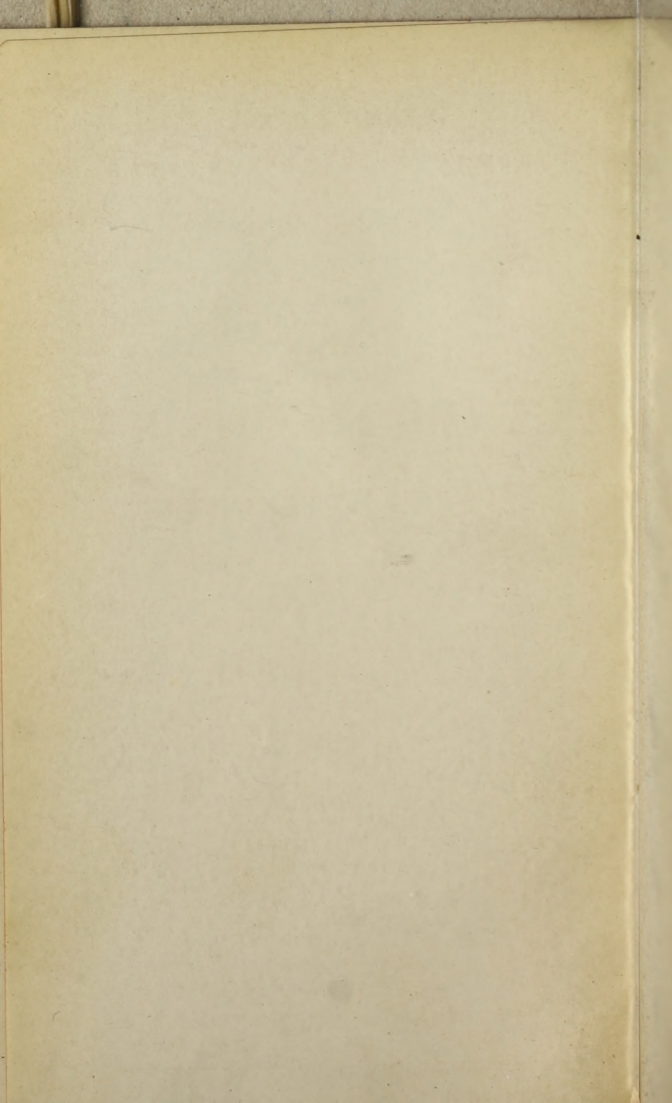
AZ  
ELEKTROTECHNIKA

VÁZLATOS ÁTTEKINTÉSE



Ára 1 kor. 20 fill. • 60 kr.



POZSONY-BUDAPEST  
KIADJA  
STAMPFEL K.



STAMPFEL-FÉLE  
TUDOMÁNYOS ZSEB-KÖNYVTÁR.

—  142—143.  —

AZ  
**ELEKTROTECHNIKA**  
VÁZLATOS ÁTTEKINTÉSE.

IRTA

**D<sup>R</sup>. BOZÓKY ENDRE**

ÁLL. FŐGYMN. TANÁR

110. ÁBRÁVAL.



POZSONY. — BUDAPEST.

STAMPFEL KÁROLY KIADÁSA.

MAGY. TUD. AKADEMIA  
KÖNYVTÁRA

A »Tudományos Zseb-Könyvtár«-nak ezen füzetében az elektrotechnika vázlatos áttekintését szándékozom a művelt közönségnek nyújtani; ezzel a tudományok közt talán a legfiatalabbat, de a gyakorlati élet kérdéseire legközelebb állót, s a jövőben a legnagyobb reményésekre jogosítót téve a művelt közönség számára megközelíthetővé. A vázlat megszerkesztésénél kettős célzt tűztem magam elé, amennyiben nemcsak, lehetőleg minden e körbe eső tudományos vívmány megismertetésére vállalkoztam, hanem folytonosan szemmel kísértem azokat a nagy jelentőségű elméleti vívmányokat is, melyek ezek kapcsán a physikai nézetek gyökeres átalakulására vezettek. A vázlatnak nem lehet célja, hogy valaki annak fonalán magát az elektrotechnika munkásává képezze ki, hanem csupán az, hogy a nem szakemberre nézve ismeretlen és érthetetlen folyamatok ismeretesebbé és érthetőbbé váljanak. A vázlat megértése föltételezi azokat az ismereteket, melyeket a physikára vonatkozólag a középfoku oktatás nyújt, s a melyek ennek a gyűjteménynek 78. 81. és 85. füzetéből is könnyen megszerezhetők.

Hasonlóképen áll a dolog a mennyiségtani előismeretek tekintetében is.

A felhasznált forrásmunkák közül fölemlitem a következőket:

Roiti Antonio: A fizika elemei.

Weyde J. Ferencz: Az elektromótorok.

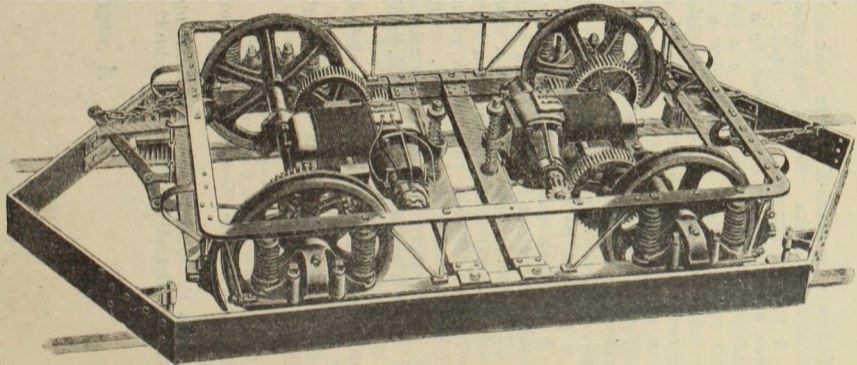
dr. L. Graetz: Die Elektrizität und ihre Anwendungen.

Rühlmann R.: Grundzüge d. Gleichstromtechnik.

W. Brusch: Grundzüge d. Elektrotechnik.

*A szerző.*

---



A villamos kocsí motorszerkezete.

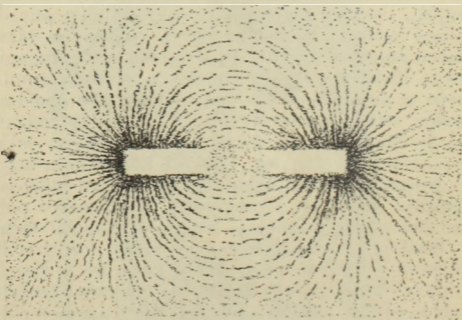
## I.

**1. Mágneses mező.** A rúd-mágneset környező tér annyiban különbözik a térnek távolabb fekvő többi részeitől, hogy benne más mágneses tömegeket csakis úgy mozgathatunk, ha a mágneses vonzást-taszítást követjük; illetőleg legyőzzük, vagy, amint a physika mondani szokta, ha a mágneses vonzás-taszítással szemben munkát végzünk. Ez a munka lehet: mozgató munka, illetőleg ellenálló munka, a szerint, amint a mozgás az erőhatás irányában, illetőleg az erőhatással szemben létesül. Tudvalevőleg Földünk is mágnes, tehát a Földünket környező tér is mágneses tekintetben módosult. Tényleg, Földünk közelében a függőleges tengely körül foroghatólag elhelyezett mágnesestű egyensúlyi helyzete olyan, hogy a mágneses polosokat összekötő mágneses tengely körülbelül észak-déli irányú; a vízszintes tengely körül foroghatólag elhelyezett mágnesestű pedig akkor zárja be a vízszintes iránynyal a legkisebb szöget, ha mágneses tengelye a mágneses meridiánban fekszik. Két mágneses polus kölcsönös hatását a *Coulomb*-féle törvény szabja meg. E szerint a vonzó vagy taszító erő arányos a polosokban elhelyezett mágneses tömegekkel, és fordítva arányos a ható tömegek távolságának négyzetével.

$$F = \pm C \cdot \frac{\mu_1 \mu_2}{r^2}.$$

Ha egy erős rúd-mágnes közelébe kis mágnesestűt állítunk, akkor a Föld és a rúd-mágnes együttes hatása folytán a mágnesestű bizonyos állásba helyezkedik el, mely a tűtől elfoglalt helyen a két mágneses mező együttes hatása folytán létesülő mágneses mezőnek *irányát* jelöli ki. Ily módon a mágnesrúd közelében minden pontban megállapíthatjuk a mágneses mező irányát. Ha a tűt a rúd közelében lassan mozgatjuk, a tű iránya is lassankint megváltozik. A tű pályája mentén föllépő összes irányok egy görbe vonalat burkolnak be, melyet *erővonalnak* hívunk. Az erővonalakat a mágneses kép (1. ábra) tünteti föl. Ezt

előállíthatjuk, ha az asztalon fekvő rúdra papírt borítunk, s ezt gyöngén veregetve, vasreszeléssel hintjük be. A kép azt mutatja, hogy az erővonalok az északi polusból kiindulnak, s a déli polus felé tartanak. Ezért az északi polus a mágneses mezőnek *forráspontja*, a déli polus pedig *torkolati pontja*. Ha lehetne egy különálló északi polust előállítani, akkor ez a mágneses mezőben az erővonalok mentén mindig az északi polustól a déli polus felé haladna.



1. ábra. Mágneses kép.

A Coulomb-féle törvény segítségével a mező minden pontjában megállapíthatjuk a mező intenzitását, vagyis annak az erőnek nagyságát, amelylyel a mező a kérdéses pontban elhelyezett északi mágneses tömeg egységre hat. A mágneses mezőnek mindazon pontjai, melyekben az intenzitás egyenlő, egy *szintfelületen* fekszenek. Az erővonalak rendszere a szintfelületek rendszerét mindenütt merőlegesen metszi.

Ha a különálló északi mágneses polust egy szintfelület mentén csúsztatjuk el, akkor a polusra ható erő iránya állandóan merőleges levén az elmozdulás irányára, az ezzel az erővel szemben végzett munka zerus értékű. Ilyen formán a mező erőhatásával szemben csakis akkor végzünk munkát, ha a mozgatott mágneses tömeggel az egyik szintfelületből egy másik szintfelületbe térünk át.



**2. A potenciál.** A mágneses mezőt létesítő mágneses tömegnek a mező egy bizonyos pontjára vonatkozó *potenciálja* az a munka, melyet el kell végeznünk, ami közben a pozitív mágneses tömegegységet végtelen nagy távolságból a mező kérdéses pontjába hozzuk. Ennélfogva, ha a mezőt pozitív mágneses tömeg létesíti, akkor a mező potenciálja minden pontban pozitív, mert a taszítással szemben kell munkát végezni; ha a mezőt negatív mágneses tömeg létesíti, akkor a mező potenciálja minden pontban negatív, mert a munka a vonzás hatása alatt végeztetik.

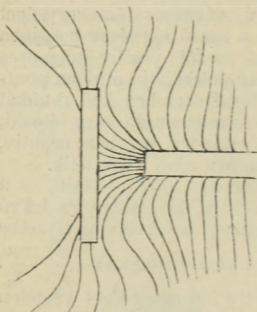
Ha a mezőt a  $\mu$  mágneses tömeg létesíti, s a pozitív tömegegységet a  $\mu$ -tól  $r_1$  távolságnyra fekvő kezdeti helyzetből az  $r$  távolságnyra fekvő véghelyzetbe visszük át, akkor az e közben végzett munka  $= \frac{\mu}{r} - \frac{\mu}{r_1}$ .

Föltéve, hogy a pozitív tömegegységet végtelen nagy távolságból ( $r_1 = \infty$ ) hozzuk a ható tömeg közelébe, akkor az e közben végzett munka, vagyis a véghelyzetre vonatkozó potenciál  $= \frac{\mu}{r}$ . Ha a ható  $\mu$  tömeg negatív, akkor a potenciál előjele is negatív lesz. A potenciál értékét  $V$ -vel jelölvén, azt a munkát, melyet egy  $m$  mágneses tömegnek a mező  $r$  távolságnyra fekvő pontjába való elhelyezése közben végzünk  $Vm$  szorzat fejezi ki. Ez a szorzat az  $m$  tömeg *potenciális energiáját* adja meg, s így az energia megmaradásának tétele mágneses tömegek esetében is érvényes.

Ha a mezőt egyszerre több mágneses tömeg létesíti, akkor a mező minden pontjában a potenciál értékét az egyes ható tömegek létesítette potenciálok algebrai összege adja meg.

**3. A mező jellemzése az erővonalok segítségével.** A mező minden pontján egy-egy erővonal megy keresztül. E szerint az erővonalok száma határtalan. A mező minden pontja egy-egy szintfelületen fekszik, melyen az intenzitásnak egy bizonyos meghatározott értéke van. Ha ezen a szintfelületen a kérdéses pont körül  $1 \text{ cm}^2$ -nyi területet tekintünk, s ezen át annyi erővonalat fektetünk, ahány egységet foglal magában az a szám, mely az intenzitást megadja, akkor ily módon a mezőt az erővonalok segítségével is jellemezhetjük. Így pl. a Föld mágneses mezejének inten-

sitása 0·5 levén, 2—2 cm<sup>2</sup>-re jut 1—1 erővonal. Ha a mező intenzitása 20000, akkor minden cm<sup>2</sup>-nyi felületen 20000 erővonal fektetendő keresztül.

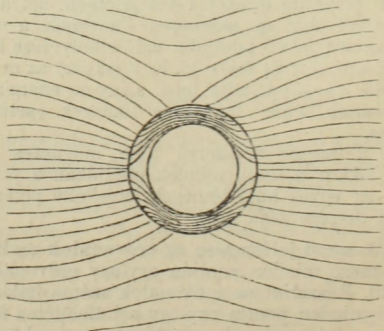


2. ábra. Mágneses inductió

#### 4. Mágneses inductió.

Ha a mágnesrúd egyik polusa közelébe puha vasdarabot helyezünk, akkor a vasdarabban mágnesesség indukálódik, annak a polus felé forduló részén a ható polussal ellentétes polus keletkezik. A két test közt a mágneses mező intenzitása erősen fokozódik, s mint azt a 2. ábra mutatja, a vasdarab a mező erővonalait magába gyűjti. A tulsó oldalon egynemű polus

keletkezik, s az erővonalok száma csökkenik. Ezen alapszik a puha vasnak védő hatása, melyet a



3. ábra. A puha vas védő hatása.

3. ábra tüntet föl, hol egy a mezőbe helyezett vasgyűrű belsejében a mező intenzitása a legkisebb.

5. **Elektromos mező.** Mindaz, amit a megelőzőkben a mágneses mezőről elmondottunk, érvényes

marad az *elektromos mező* esetében is. Az elektromos töltéssel bíró vezető körül elektromos mező keletkezik, melyet az erővonalak és szintfelületek rendszere jellemez. Míg a mágneses mező mindenkor legalább *bipoláris* (mert egyetlenegy különálló mágneses polus nincsen), addig az elektromos mező lehet *unipoláris*. Az ilyen mezőnél az erővonalak a ható pontból kiinduló egyenesek, a szintfelületek pedig a ható pont körül fektetett koncentrikus gömbfelületek.

A *Coulomb*-féle törvény az elektromosságokra nézve is érvényes levén,

$$F = \pm C \cdot \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2}{r^2}.$$

a mező intenzitása alatt azt az erőt értjük, melylyel a mező a kérdéses pontban elhelyezett pozitív elektromos tömegegységre hat. A potenciál értelmezése teljesen azonos a megelőzőleg adottal, csak a mágnesesre vonatkozó elnevezéseket kell az elektromosságra vonatkozókkal fölcserélni.

**6. Coulomb, volt, farad.** Az elektromos tömegek mérésére szolgáló elektromos tömegegységet a *Coulomb*-féle törvény alapján oly módon értelmezzük, hogy ez az a tömeg, mely a tőle 1 cm-nyire fekvő, vele egyenlő elektromos tömegre 1 dyn erővel hat. A gyakorlatban az elektrostatikus egység 3000 millió-szorosa, a *coulomb* szokott használni. (Jelzése: cb.)

Ha a vezetőben az elektromosság egyensúlyban van, akkor, mint azt kísérletileg először *Faraday* igazolta, az elektromosság mindenkor a vezető felszínén tartózkodik. A vezető felszíne maga is szintfelület, s így rajta a potenciálnak bizonyos értéke uralkodik, mely függ az elektromos töltés nagyságától, a vezető alakjától és méreteitől. A vezető felszínén elhelyezkedő elektromos töltésnek (E) a potenciál értékéhez (V) való aránya csupán a vezető méreteitől és alakjától függvén, minden vezetőre nézve állandó értékű, s a vezető *capacitásának* (K) nevezetik. Ennélfogva  $K = \frac{E}{V}$ . Innét  $V = \frac{E}{K}$  és  $E = K \cdot V$  származ-

nak, melyek a baloldali mennyiség értékét állapítják meg, ha a jobboldali két mennyiség értékeit ismerjük.

Két különálló vezetőn a potenciál értékei általában különbözők. Ha azonban a két vezetőt pl. fémsod-

ronnyal összekötjük, akkor egyetlenegy vezetővé egyesülnek, s a potenciálok értékei kiegyenlítődnek, a vezetők közt fenállott *potenciál-különbség* megszűnik. Ezen kiegyenlítődés közben az elektromos erők munkát végeznek, melynek értéke a potenciál-különbséggel egyenértékű.

Két, elektromos töltéssel ellátott vezető potenciál-különbsége egyenlő azzal a munkával, mely elvégeztetik, miközben az első vezetőről 1 cb-nyi elektromos tömeg átmegy a második vezetőre.

Ezen értelmezés alapján megállapíthatjuk a potenciálkülönbség egységét, más szóval a *feszültség* egységét. Ugyanis a két vezető közt fennálló potenciálkülönbség akkor egységnyi, ha a cb átvitele közben végzett munka egyenlő a munkaegységgel. A physikai munkaegység az *erg*, vagyis az a munka, melyet az erőegység (dyn) végez, ha támadáspontja az erő irányában hosszegységnyi (cm) utat fut be. A gyakorlati munkaegység a kilogramm-méter = 98,100.000 erg-gel. A feszültségegység megállapításánál ennek a munkának  $\frac{1}{9.81}$ -része, vagyis 10 millió erg.

(1 joule) szerepelve, mondhatjuk, hogy a potenciálkülönbség akkor egységnyi, ha a cb átvitele közben végzett munka 10 millió erg-nyi. Ezt az egységet *volt*-nak (jele: vt) hívják, s így

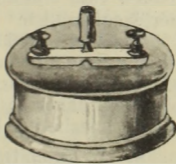
$$1 \text{ vt} \times 1 \text{ cb} = \frac{1}{9.81} \text{ kgm} = 10,000.000 \text{ erg} = 1 \text{ joule.}$$

Földünk óriási méreteinél fogva oly vezetőnek tekinthető, melynek felszínén a potenciál zerus értékű. Egy a Földdel összekötött vezetőn tehát a potenciál értéke szintén zerussá válik. Így a töltéssel ellátott vezető és a Föld között fennálló potenciálkülönbség egyenlő a vezetőn uralkodó potenciál értékével. Ennélfogva a *volt* nem csupán a potenciálkülönbségnek, hanem magának a potenciálnak is egysége.

Ezen megállapodások után visszatérhetünk a kapacitást értelmező  $K = \frac{E}{V}$  egyenlethez, s megállapíthatjuk a kapacitás egységét. Annak a vezetőnek van egységnyi kapacitása, melyen 1 cb-nyi töltés 1 vt-nyi feszültséget létesít. A kapacitásnak így értelmezett egysége a *farad*. (Jele: fd.) Gyakorlati

alkalmazásokban ez az egység túlságosan nagy lévén, helyette a milliomodrésze, a *mikrofarad* (jele:  $\mu\text{fd}$ ) szokott használatni.

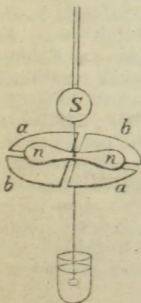
Paraffinnal beitatott papiros két oldalát staniollemezzel vonván be, oly vezetőket készítenek, melyeknek kapacitása 1 mikrofarad, vagy a mikrofaradnak valamely tört része. (4. ábra.)



4. ábra Mikrofarad.

**7. Elektrométer.** Az elektromos tömegek mérésére szolgáló eszközöket elektrométereknek hívják. Ilyen a lord *Kelvin* (Sir William Thomson) féle *quadrans elektrométer*. A műszer lényeges részeit az 5. ábra tünteti föl.

A piskótaalakú vékony alumíniumlemez (n), a »tű«  
finom platinaszálon lógg, s lengéseit egy négy darabból (a, b, a, b) álló fémdobozban végzi. Ezek a dobozdarabok, a *quadransok* üveglábakon állanak, s a szemközt álló a, a és b, b quadransok sodronnyal vannak összekötve. Az a és c quadransok szorító csavarokkal vannak ellátva, melyek segítségével a műszer a megvizsgálandó vezetővel, illetőleg a Földdel kapcsolható össze. Ezek az *elektrodok*. A tű fonala egy kis tükröt (S) is hordoz, mely a vele szemközt felállított lámpa fényét egy távolabb álló skálára veti.



5. ábra. Quadrans elektrométer.

A műszer alkalmazásánál így járunk el. A tűt igen magas pozitív potenciálra hozzuk, amit pl. úgy tehetünk meg, hogy összekötjük egy folytonosan töltve tartott leydeni palaczk megfelelő fegyverzetével. Az egyik elektrodot levezetjük a Földbe, s így a neki megfelelő quadranspár potenciálja zerus értékűvé lesz. A másik elektrodot összekötjük a megvizsgálandó vezetővel, s így a neki megfelelő quadranspár annak potenciáljára fog emelkedni. Ha a töltés pozitív, akkor az a, a quadransok a pozitív töltésű tűt taszítani, ha negatív, akkor vonzani fogják, s a tű az első esetben az óramutató járásának értelmében, a másodikban ezzel ellenkező értelemben fog az egyen-

súlyi helyzetből kitérni. A kitérés iránya az elektromosság fajának felismerésére, a képnek a skála mentén való elmozdulása pedig a töltés nagyságának mértékeül szolgál.

Ezzel a rendkívül érzékeny műszerrel tulajdonképpen a vezető potenciálját mérjük, s ha megállapítjuk azt, hogy egy ismeretes potenciálnak hány skálarész felel meg, akkor segítségével a vezető potenciálját voltok-ban fejezhetjük ki.

**8. A kapacitás mérése.** Az elektromos sűrítő collector-lemezét az elektromos géppel összekötvén, condensator lemezét a Földbe levezetvén, a sűrítőt megtöltjük. E mellett a collector-lemez bizonyos elektromos töltést kap, melyre nézve  $E = K \cdot V$  áll. A sűrítő feszültségét ( $V$ ) megállapítandó, collector-lemezét az elektrométerrel kötjük össze, s megfigyeljük a létesített kitérést. A sűrítőnek az elektrométerrel való összekötését megszakítván, a sűrítő collector-lemezét a rendelkezésre álló, ismert kapacitású sűrítő (mikrofarad) collector-lemezével kapcsoljuk össze. Az utóbbinak condensator-lemeze állandóan a Földdel van összekötve. Az első sűrítő collector-lemezének töltése most részben átmegy a második sűrítő collector-lemezére, s míg az első sűrítő potenciálja csökkenik, a másodiké emelkedik. Ezt az utóbbi potenciált az elektrométerrel újra megmérvén, a potenciált most annyival kisebbnek találjuk, mint a mennyivel nagyobb a két sűrítő kapacitásainak összege az első sűrítő kapacitásánál. Ezzel megállapítottuk az első sűrítő kapacitásának a második sűrítőéhez való arányát, vagyis a vizsgált sűrítő kapacitását mikrofaradokban kifejeztük.

A számítás a következő:

Ha az etalonul szolgáló sűrítő kapacitása  $k$ , akkor az összekötött sűrítőkre nézve  $E = (K + k) V'$ . Ennélfogva  $KV = (K + k) V'$ , honnét  $\frac{K}{k} = \frac{V'}{V - V'}$ . Ezzel módot szolgáltatunk az  $E$ ,  $K$  és  $V$  mennyiségek mérésének elvégzésére.

**9. Dielektrikum.** *Faraday* azt vette észre, hogy a sűrítő kapacitása lényegesen függ a két vezető lemez közt fekvő szigetelőnek a *dielektrikum*nak természetétől. Ha egy sűrítőnél  $K$  a kapacitás levegő

esetében és  $K'$  egy más szigetelő anyag esetében, akkor ez utóbbi anyag *dielektikus állandója*  $d = K' : K$ .

*Maxwell* szerint  $d$ -nek értékei: levegőnél 1·00; terpen-  
tinolajnál 2·21; paraffinnál 2·32; ebonitnál 2·21–2·76; kénél  
3·84; üvegnél 2·82–6·34.

Ha tehát az *Aepinus*-féle sűrítőnek üveglábakon álló két fegyverzete közt egy bizonyos vastagságú réteg foglal helyet, s a sűrítő kapacitása ez esetben  $K = 0\cdot1 \mu\text{fd}$ ; majd ezt a levegőréteget pl. egy ugyanolyan vastagságú paraffinréteg helyettesíti, akkor ez utóbbi esetben a sűrítő kapacitása  $K' = d \cdot K = 2\cdot32 \cdot 0\cdot1 \mu\text{fd}$ , vagyis  $0\cdot232 \mu\text{fd}$ .

A szétszedhető leydeni palaczk kísérlete azt mutatja, hogy nem a vezetők, hanem a dielektikumok az elektromosságok hordozói. Ennek alapján *Faraday* az elektromos tűneményeknek következő magyarázatát adja:

A dielektrikum minden molekulája bizonyos pozitív és negatív töltéssel bír, s a kétféle elektromosság rajta egymástól elkülvitve foglal helyet. Ez hasonló a mágnességnek *Poisson*-tól származó elméletében szereplő molekuláris mágnesek fölveteléséhez. A dielektrikum molekulái tehát poláris állapotúak. Ellen-  
tétes töltései az anyag minőségétől függő erők hatásai folytán egymástól elszigetelve tartatván, a töltések távolságát alkalmas módon növelni és csökkenteni lehet. A molekula két polusának összekötő vonala a molekula dielektrikus tengelye. Ha a vezető természetes állapotban van, akkor a környező dielektrikum molekuláinak tengelyei össze-vissza állanak; de ha a vezető egy bizonyos fajta töltést mutat, akkor a környező dielektrikum molekuláinak tengelyei az illetőleges polussal többé-kevésbé a vezető felé fordulnak. Minthogy így az ellentétes polusok a vezetőtől elfordulnak, egy a vezetővel szemközt álló második vezetőnek az elsővel szomszédos részein ellentétes töltésnek kell mutatkoznia. Ezzel az elektromos influenza tűneményei kellő magyarázatot nyernek, anélkül, hogy az erőknek közvetítés nélküli távolbathatását, egy elképzelhetetlen valamit kellene segítségül vennünk.

Egyes tűneményekből kitűnik, hogy a dielektrikum molekuláinak rendezkedése az egész dielektrikum mentén igen nagy, a fényével egyenlő sebességgel ter-

jed. Ennélfogva föl kell tételeznünk, hogy bár a dielektrikum molekulái az elektromosságok hordozói, de az elektromos hatások közvetítője a molekulákat környező *ether*, vagyis ugyanaz a közeg, amely a fénytünemények magyarázatánál szerepel. A világűrben az *ether* homogén; de a testekben különböző sűrűségű, sőt heterogén eloszlású is lehet. Az optika szerint az anyag törésmutatója arányos az illető anyagban helyfoglaló *ether* sűrűségének négyzetgyökével. *Maxwell* szerint minden dielektrikumban az *ether* sűrűsége egyenlő az illető dielektrikumnak dielektrikus állandójával. Ebből a két állításból az következik, hogy *egy bizonyos anyag dielektrikus állandója egyenlő az illető anyag törésmutatójának négyzetével.* (*Maxwell* törvénye.) Ezt az állítást az alábbi táblázat igazolja.

Anyag	d	n <sup>2</sup>
Kén . . . . .	3·84	3·89
Paraffin . . . . .	2·32	2·01
Flintüveg . . . . .	3·16	3·05
Petroleum . . . . .	2·07	2·07
Terpentinolaj . . . . .	2·21	2·13

Ezzel meg van vetve annak a felfogásnak az alapja, hogy a fénytünemények tulajdonképen szintén elektromos tünemények. Ezt a felfogást *Maxwell* elméletileg teljesen kifejtette s oly tüneményeket jelzett, melyeket utólag *Hertz* kísérletiileg is igazolt.

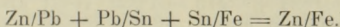
**10. A galvánáram.** *Galvani* (1789) és *Volta* kísérletei bebizonyították, hogy ha két különemű fémlemez érintkezik, akkor rajtuk állandó potenciálkülönbség mutatkozik, melynek nagysága csupán az egymással érintkező anyagok nemétől függ, tehát független azok méreteitől, alakjuktól, az érintkező felületek nagyságától, valamint az egyes fémeken fellépő potenciál abszolút értékétől is.

*Volta* az egyes fém párokra nézve megállapítván a potenciálkülönbséget azt találta, hogy:

Zn/Pb . . . . . 5	Cu/Ag . . . . . 1
Pb/Sn . . . . . 1	Zn/Ag . . . . . 12
Sn/Fe . . . . . 3	Sn/Cu . . . . . 5
Fe/Cu . . . . . 2	Zn/Fe . . . . . 9



Ha az első öt elempár potenciálkülönbségeit összeadjuk, akkor a hatodik elempár potenciálkülönbségét nyertük. Ez minden más esetben is áll. Pl.



Ennélfogva: a két szilárd test közt fenálló potenciálkülönbség egyenlő a *feszültségi sorban* közöttük fekvő testek potenciálkülönbségeinek összegével.

Az alábbi, teljesebb feszültségi sor azt is feltűn-teti, hogy két test érintkezésénél melyik válik pozitívá, melyik negatívá.

+ Zinkamalgan . . . . .	0	Antimon . . . . .	106
Zink . . . . .	40	Higany . . . . .	110
Ólom . . . . .	45	Vaskéneg . . . . .	112
Ón . . . . .	55	Koksz . . . . .	122
Vas . . . . .	75	Platina . . . . .	123
Aluminium . . . . .	89	Szén . . . . .	200
Bismut . . . . .	97	Grafit . . . . .	205
Réz . . . . .	100	— Barnakő . . . . .	210

Ha két különemű fém oly folyadékba merül, mely irántuk chemiailag nem közömbös, akkor a fémeknek a folyadékból kiálló részét összekötő fém-sodronyon keresztül a potenciálkülönbségnek folytonos kiegyenlítődése, tehát az elektromosságnak áramlása fog mutatkozni. Így létesül az *áram*.

A fémek és folyadékok érintkezésénél fellépő potenciálkülönbségek értékeiről az alábbi adatok adnak felvilágosítást:

Magnesium / Mg.-sulfát	−1.239 vt
Aluminium / Al.-sulfát	−1.040 "
Zink / Zn.-sulfát	−0.524 "
Cadmium / Cd.-sulfát	−0.162 "
Ferrum / Fe.-sulfát	+0.093 "
Cuprum / Cu.-sulfát	+0.515 "
Hydrargyrum / Hg.-sulfát	+0.980 "
Argentum / Ag.-sulfát	+0.974 "

E szerint ha zink merül hígított kénsavba, akkor a zinkben 0.524 vt-tal alacsonyabb a potenciál értéke, mint a folyadéknak a zinkkel érintkező határfelületén; ha réz merül hígított kénsavba, akkor a rézen 0.515 vt-tal magasabb a potenciál értéke, mint a

folyadékknak a rézzel érintkező határfelületén. Így tehát a *Volta-féle elemnél*, hol zink és réz merülnek hígított kénsavba, a zinknek a kénsavval érintkező felületén  $0.524 + 0.515 = 1.039$  vt-tal alacsonyabb lesz a potenciál értéke, mint a réznek a kénsavval érintkező felületén. Ennélfogva az elem belsejében pozitív elektromosság ömlik át a zinkről a folyadékba, innét a rézre, s ha az elemen kívül a két fémet vezetőleg összekötjük, akkor a pozitív elektromosság a réztől a zink felé áramlik. Ez az áramlás mindaddig állandó marad, míg az elemben a potenciálkülönbség változatlan. Az elemben a pozitív áramlás a zinktől a folyadékra át a réz felé, az elemen kívül a réztől a záródróton keresztül a zink felé tartván, körfolyamat létesül. Az elemben a zink a pozitív, a réz a negatív *sark*, az elemen kívül, megfordítva a réz a pozitív, a zink a negatív *sark*. Az elemben mutatkozó potenciálkülönbséget az elem *elektromótoros erejének* hívják.

**11. Grothius magyarázata** szerint az elemekben a kémiai energia átalakul elektromos energiává. Ha pl. hígított kénsavba ( $H_2SO_4$ ) platinát és zinket merítünk (Smee-féle elem), akkor a zink és a folyadék közt fenálló vegyvonzalom következtében a zinkkel érintkező kénsavmolekulák oly módon helyezkednek el, hogy az  $SO_4$  gyök mindegyikben a zink felé fordul, a  $H_2$  atomcsoport pedig az ellenkező oldalra kerül. Ez a rendezkedés a folyadékknak a két fém közt fekvő rétegében mindenütt végbemegy, mintha az  $SO_4$  gyök negatív, a  $H_2$  atomcsoport pedig pozitív töltésű lenne. Az  $SO_4$  gyöknek a zinkkel való egyesülésekor negatív elektromosság keletkezik. A platina a folyadékkal szemben indifferens levén, potenciálja a folyadékéval egyenlő. Így a két fém közt potenciálkülönbség mutatkozik, mely mindaddig fenmarad, míg a hígított kénsav egészen át nem alakult zink-sulfáttá.

**12. Polarisatió.** Az előbb említett példában a potenciálkülönbség fokozatos csökkenését, végül teljes elenyészését fogjuk észlelni. Ennek oka abban áll, hogy a zink-sulfát keletkezésénél felszabaduló hidrogén a platina felületére rakódván, azt módosítja. A hidrogénnel borított platina a folyadékkal szemben potenciálkülönbséget mutat, mely az áramot létesítővel ellentétes levén, annak hatását gyöngíti, sőt egészen föl-

emésztí. Ez a tünemény a *polarisatió*. Azok az elemek, melyekben polarisatió létesül, nem adnak állandó áramot.

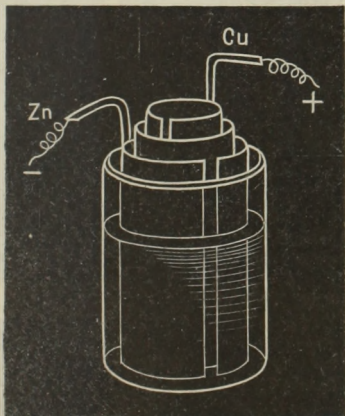
**13. Állandó elemek.** A polarisatiót gyöngíthetjük, sőt megszüntethetjük, ha azt a sarkot, melyre hydrogen rakódik le, érdes felületűvé teszszük, a folyadékot mozgatjuk, mindkét fémet más folyadékba merítjük, melyek egymástól vagy likacsos *diafragmával*, vagy fajsúly különbségüknél fogva vannak elkülönítve és végül oxydáló folyadékok, *depolarisatorok* alkalmazásával, melyek a felszabaduló hydrogennek oxygént adván át, azt vizé alakítják.

Hathatós depolarisatorok: a chromsav ( $H_2CrO_4$ ), a salétromsav ( $HNO_3$ ), a barnakő ( $MnO_2$ ), a chlorsav ( $HClO_3$ ) és a kaliumbichromát ( $K_2Cr_2O_7$ ).

A legfontosabb elemek:

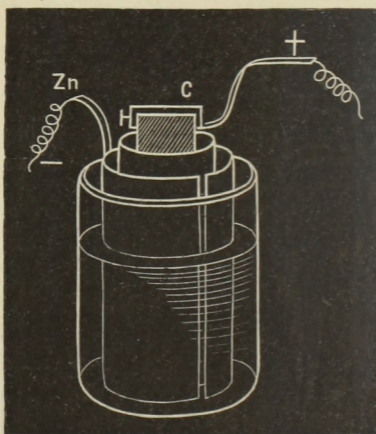
a) *Daniell-féle elem*. (6. ábra.) A réz a porcellán-diafragmában álló tömény rézgáliczoldatba, a zink a külső edényben álló hígított kénsavba merül. Meglehetősen állandó áramot ad.

b) *Meidinger-féle elem*. A megelőzőnek módosítása, amennyiben a két folyadékot nem diafragma, hanem a fajsúlykülönbség választja el. A belső edényben ólomlemez áll, mely szigetelt sodronnyal van ellátva. Ezen edény fölé boríttatik a rézgáliczkristályokkal megtöltött ballon, melynek czélja a belső edényben álló oldatot kellő sűrűségben tartani. A külső edény párkányzatán áll a zinklemez hígított keserűsósóoldatban. Az elem munkába állítása után az



6. Daniell-féle elem.

ólomlemez csakhamar rézkéreggel vonódik be. Igen kényelmes és állandó áramu elem.



7. ábra. Bunsen-féle elem.

c) *Bunsen* salétromsavas eleme. (7. ábra.) Csak annyiban különbözik a *Daniell*-félé-től, hogy a re-zet retortaszén pótolja, mely tömény salétromsav-ba merül. Zárt helyiségben mérgező kigő-zölgései (al-salétromsav) miatt nem alkalmazható.

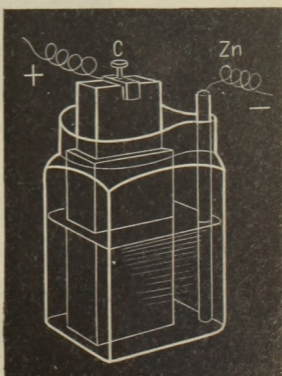
d) *Grove* eleme az előb-binek módosítá-

tása. A szén S alakú keresztmetszetű platinalemez helyettesíti. Ezen fém alkalmazása miatt az elem igen drága.

e) *Leclanché*-elem. (8. ábra.) Szintén a *Bunsen*-félének módosítá-sa. A retortaszén a szénpor és barnakő ke-verékével megtöltött dia-fragmaedényben áll, a zink pedig szalmiak-oldatba merül. A szalmiak kivirágzása miatt gyakran tisztítandó.

f) *Grenet*-féle elem. A zink és szén közös folyadékba merülnek.

Ezt a folyadékot így készítjük el: 12 súlyrész kettős chromsavas kaliumot 100 súlyrész vízben feloldván,



8. ábra *Leclanché*-féle elem.

lassankint 25 súlyrész tömény kénsavat keverünk hozzá. A folyadékban kaliumsulfát keletkezik, s chromsav válik szabaddá. Eleinte erős áramot ad, mely akkor erőtlenedik el, amikor a chromsav átalakul zöld chromoxyddá.

Mindezen elemekben a zink felülete higanyval van amalgámozva.

Készítenek még ú. n. száraz elemeket is, melyek ezt az elnevezést csak annyiban érdemlik meg, hogy a bennük is szereplő nedvességet valami alkalmas anyag, pl. fűrészpor, tartja felszívva, s ez az elem külső részein azért nem mutatkozhatik, mert szurokkal és más vízmentes anyagokkal van elzárva. Ilyenek pl. a Hellesen-elem, a Watt-galvanophor, a Columbus elem stb.

A legszokásosabb elemek jellemző adatai az alábbi táblázatban foglalhatók. Ennek megértésére egyelőre csak annyit jegyzünk meg, hogy az elemekben fellépő ellenállás ohm-egységekben ( $\Omega$ ) az áramintenzitás ampèrekben (amp) van megadva. Minthogy  $1 \text{ vt} \times 1 \text{ amp.} = 1 \text{ watt}$ , így az utolsó rovat az áram munkaképességét adja watt-okban kifejezve.

Elnevezés	Feszültség vt	Belső ellen- állás $\Omega$	Áram- erősség rövid záratnál amp.	Munka- képesség watt
Daniell . . . .	1.1	0.4	2.8	3.08
Meidinger . . .	1.0	7.0	0.14	0.14
Bunsen . . . .	1.9	0.15	12.6	23.94
Grénet . . . .	1.9	0.3	6.0	11.4
Leclanché . . .	1.5	0.4	3.7	5.6
Hellesen . . . .	1.5	0.5	15	22.5
Watt-galvanophor	1.2	1.5	0.8	0.96
Columbus (B. 0)	1.5	0.2	8.0	13
(B. 1)		0.1	15.0	24
(B. 2)		0.09	18.0	27
(B. 3)		0.075	20	32

**14. Normálemeknél** az elektromotoros erő állandósága a fődolog. Ilyenek:

α) A Daniell-féle elem. A hígított kénsav 25%-os. Helyette czélszerűbb zinksulfát-oldatot használni, 1 súlyrész sót véve 2·5—3 súlyrész vízre. Elektromotoros ereje 1·097 vt.

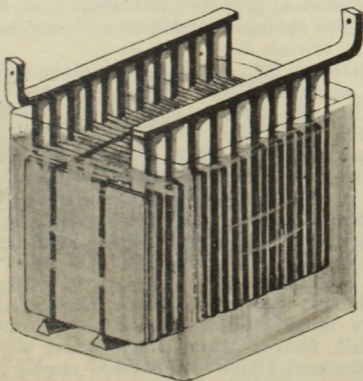
β) A *Warren de la Rue*-féle normálem hengeres üvegedényből áll, melyet fölül paraffindugó zár el. Ezen megy keresztül a rúd alakú zinkelektrod és a pozitív elektrodából kivezető drót is. A negatív elektrod chlorezüstből áll, mely a belőle kivezető ezüst-sodronyt veszi körül. Folyadékul 23%-os szalmiak-oldat szolgál. Elektromotoros ereje 1·068 vt.

γ) A *Clark*-féle elem hengeres edényének fenekén tiszta higany áll, melyből az edény falán keresztül platinadrót vezet ki. A higanyon fekszik egy tésztanemű anyag, mely higany-sulfát és zink-sulfát keveréke. Ezen nyugszik a lepény alakú zinkelektrod, melyből egy rézrúd vezet ki az edényt takaró ebonitlemezen át. Elektromotoros ereje 1·457 vt.

**15. Akkumulátorok.** A Daniell-elem használat közben annyiban módosul, hogy a zink átalakul zink-sulfáttá, a tömény rézgáliczoldatból pedig a rézlemezre réz rakódik le. Ha ezen átalakulások lefolyta után ellenkező irányú áramot vezetünk az elemen keresztül, akkor a rézlemezről rézsulfát válik le, s a zink-sulfáttól a zinklemezre zink rakódik le. Így az elemet ismét munkaképesé tehetnök. Ebből a szempontból a leírt galvánelemek mindannyian *akkumulátorok*, vagyis olyan készülékek, melyek a szolgáltatandó árammal ellenkező irányú áramnak bevezetése folytán munkaképesekké válnak. A töltő (primär) áram az elemet polarizálja, s ennek a polarizációnak következménye az az áram, melyet az elem szolgáltat (a secundär áram).

*Gaston Planté* két ólomlemez állított hígított kénsavba, s a szerkezeten áramot vezetett keresztül. A kénsav felbomlik  $H_2$ -re és  $SO_4$ -re. Az utóbbiból az ólom azonnal elvesz egy oxigénatomot, és két oxigénatom ólommal egyesülve ólom-superoxydot ( $PbO_2$ ) szolgáltat. A fennmaradó kénsavanhydrid ( $SO_3$ ) a vízből  $H_2$ -öt véve föl, innét kénsavvá alakul át. Ennélfogva a primär áram negatív polusával összekötött ólomlemezen hidrogén válik le, a pozitív polussal kapcsolatos ólomlemez pedig ólom-superoxyddal

vonódik be. Ha a negatív elektrodot ólomoxyd borította, akkor azt a hidrogén színóloommá redukálja. Ha a polarisatio teljesen befejeződött, akkor sekundär elem alakult, melyben az elektrodok: ólom és ólom-superoxyd, a közös folyadék pedig higitott kénsav. Eleinte a negatív elektrodon még szabad hidrogén is helyet foglal, s ennél fogva kezdetben az elem elektromótoros ereje 2·2 vt; később, amikor a hidrogén már elfogyott, az elektromótoros erő leszáll 2 vt-ra, s megmarad, míg a depolarisatio bevégeződött. A sekundär áram megindultával a higitott kénsav ismét



9. ábra. Akkumulátor.

felbomlik; a fejlődő hidrogén az ólom-superoxydot ólomoxyddá ( $PbO$ ) redukálja, a tiszta ólomfelület pedig az  $SO_4$  által oxydáltatván, szintén ólomoxyddal vonódik be. Az ólomoxydöt a kénsav átalakítja ólom-sulfáttá. Ily módon a polarisatio s vele együtt az áram is megszűnik.

Minden akkumulátort eleinte *formálni* kell. Ez a hosszadalmas művelet abban áll, hogy az akkumulátort megtöltjük, majd pedig kisütjük, s ezt mindaddig folytatjuk, míg végre elegendő mennyiségű ólom-superoxyd keletkezik.

*Faure* az ólomlemezeket miniumból készült tészta-  
tával vonta be. A minium ólomoxyd és ólomsuper-

oxyd keveréke. A primär áram negativ elektródján a leváló hydrogén a miniumot színóloommá redukálja, a positiv elektródon pedig az oxydálás a miniumot teljesen ólomsuperoxyddá alakítja.

Az összes újabb szerkezetű akkumulátoroknál a főtörekvés oda irányul, hogy a könnyen porladozó miniumbevonat az ólomlemezzel lehetőleg bensőleg összeköttessék. E célból az *Electrical Power Storage Company* akkumulátorainak ólomlemezei rácsos szerkezetűek (9. ábra); a *Tudor* akkumulátorok positiv lemezei mélyen rovátkoltak; a *Pollak* akkumulátorok positiv lemezei préselt mintázatuak; a *Scheneck-Farbaky*-féle akkumulátorok lemezei hasonlóan kiálló bordákkal vannak ellátva.

A lemezek 10%-os hígított kénsavban állanak.

Az akkumulátorok igen kényelmesen használhatók, de nagy gondozást igényelnek. Főleg gondoskodni kell arról, hogy mindig kellőleg töltve legyenek, s a kénsav összetétele állandó maradjon. Ha az akkumulátorokat pihentetni akarjuk, akkor tiszta vízbe állítjuk a lemezeket, s így addig mossuk ki azokat, míg a kénsav utolsó nyomai is eltűntek.

**16. Thermo-áramok.** Ha kétféle fém (bismut-antimon) rúddá forrasztunk össze, s ezen a rúdon át áramot vezetünk, akkor az áram a forrasztási helyen vagy lehülést, vagy fölmelegedést létesít. Így pl. ha a positiv áram a bismutból lép a vele összeforrasztott másik fémbe, akkor a forrasztási hely mindig lehül, ellenkező áramirány esetében mindig fölmelegszik. Ennek alapján felállítható a *thermoelektromos feszültségi sor*, melynek legfontosabb tagjai: bismut, higany, platina, arany, réz, ón, ólom, zink, ezüst, vas, antimon.

Az energia megmaradásának törvénye értelmében a kétféle fémből összeforrasztott rúd forrasztási helyének fölmelegítésekor, illetőleg lehütésekor áramnak kell keletkeznie, melynek a fölmelegedést illetőleg lehülést létesítő árammal ellenkező irányúnak kell lennie. Ezek a thermoáramok. (Seebeck 1823.)

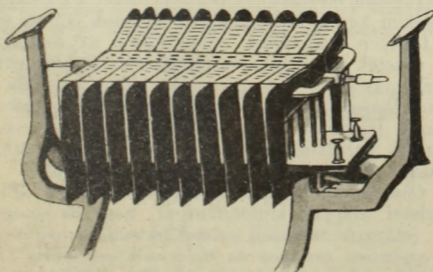
A föntebb közölt feszültségi sornak ezekre az áramokra nézve az a jelentősége, hogy a fölmelegített forrasztási helyen a positiv áram az elülálló fémből a mögötte álló felé irányul. Bismut és antimon lévén a sor szélső tagjai, ezek adják a legerősebb áramot.



A feszültség aránylag igen gsekély. Így 0 és 100° hőmérsékleti különbség esetében, ha az egyik fém higany, akkor millivoltokban kifejezve

bismut	−6.70	vörösréz	+0.72
nikkel	−1.66	ezüst	+0.70
kobalt	−1.53	arany	+0.71
ujezüst	−1.08	zink	+0.69 ... 0.73
aluminium	+0.36	szén	+0.66 ... 1.45
ón	+0.39	vas	+1.60 ... 1.73
ólom	+0.40	antimon	+3.38

Itt a + jel azt jelenti, hogy a melegített forrasztási helyen a pozitív áram a higanytól az illető fém felé tart; a minus jel ellenkező áramirányt jelent.



10. ábra. Gülcher-telep.

A feszültségi sor törvényei itt is érvényesülnek. Például:

$$\begin{aligned}
 \text{Ujezüst / vas} &= \text{higany / vas} - \text{higany / ujezüst} \\
 &= \quad 1.60 \quad + \quad 1.68 \\
 &= + 2.68 \text{ milli-volt.}
 \end{aligned}$$

Bár ezek az áramok igen gyöngék, de érzékeny áramjelzők (galvanométer) segítségével igen alkalmasak hőmérsékleti különbségek megállapítására. (Melloni-féle thermomultiplicator.)

Ujabbban hatásos batteriákat is készítenek, melyek közül a legelterjedtebb és legkényelmesebb a *Gülcher*-féle (10. ábra). Benne 66 egymásután kapcsolt thermo-elem (nikkel és egy antimontartalmu ötvény) forrasztási helyei hevítettnek ugyancsak 66 gázlángocskától. A gáz a nikkelből készült csövecskéken megy kereszt-

tül, melyekhez felül az antimonelektrodok vannak forrasztva. Ez utóbbiak széles rézlemezekkel állnak kapcsolatban, melyek az egyes elempárokat kellő módon összekötik, s a lehűlést is elősegítik. A felül látható lyukakba csillámhengereken álló asbest kémények helyezhetők el. A készülék árama igen állandó, s elektromótoros ereje 4 vt. Belső ellenállása igen csekély, (0.65  $\Omega$ ) s a gázfogyasztás óránként 170 liter. A thermoáramok létezése elvileg fontos példája annak, miként lehet a hőenergiát közvetítés nélkül elektromos energiává átalakítani.

**17. Ohm törvénye.** A korábbiakban azt láttuk, hogy az elektromos áram körfolyamat, amennyiben a pozitív elektromosság az elem belsejében a zinktől a folyadékon keresztül a réz felé, innét a külső áramvezetéken keresztül a zink felé áramlik. Ez az áramlás teljesen szabályos, amennyiben az önmagában zárt vezeték minden keresztmetszetén át bármekkora, de egymás közt egyenlő időközökben egyenlő elektromos tömegek haladnak keresztül. Azt az elektromos tömeget (coulomb-okban kifejezve), mely a vezeték valamely keresztmetszetén másodpercenként áthalad, az áram *intenzitásának* (áramerősség) hívjuk.

*Ohm Simon* elméleti okoskodásai és *Pouillet* kísérletei alapján kimondhatjuk, hogy az egyszerűen zárt (elágazás nélküli) áramkörben az áramintenzitás ( $I$ ) egyenesen arányos az elektromótoros csővel ( $E$ ) és fordítva arányos az áramkör totális ellenállásával ( $W$ ).

Képlet alakjában:

$$I = \frac{E}{W}.$$

**18. Az áramerősség egysége** alatt annak az áramnak erősségét értjük, amelynél az áramvezeték minden keresztmetszetén át másodpercenként 1 coulombnyi elektromos tömeg halad át. Ennek az egységnek *1 ampère* (jele: amp.) a neve, ezredrésze *1 milliampère* (jele:  $\mu$ amp.). Azokat az eszközöket, melyek az áramerősség mérésére szolgálnak, *ampère-méterek*-nek hívjuk. Velök, és az áramerősség mérésének módszereivel később foglalkozunk.

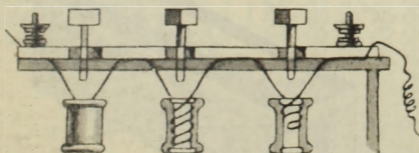
**19. Ellenállás.** A különféle anyagok közt megkülönböztetünk vezetőket és szigetelőket, aszerint, amint azok az elektromosságok kiegyenlítésével szemben csekély, illetőleg tetemes ellenállást fejtenek ki.

Föltéve, hogy rendelkezésünkre áll egy ampère-méter-mely az áramerősség adatát milliampèrekig pontosan megadja, akkor sodronyokra nézve megállapít, hatjuk azt, hogy *egyazon anyagból készült sodronyok ellenállása arányos a sodrony hosszúságával és fordítva arányos a sodrony keresztmetszetével.*

Képlet alakjában, ha C alatt az arányossági tényezőt értjük:  $W = C \cdot \frac{l}{q}$ .

E célból egyebet sem kell tennünk, mint egy Daniell-elem áramkörébe az ampère-métert és első ízben különböző hosszúságú, de egyenlő keresztmetszetű sodronyokat becsatolni.

E mellett kitűnik, hogy a sodrony ellenállása lényegesen függ az anyag minőségétől. Az 1 m hosszúságú 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű drótnak más az ellen-



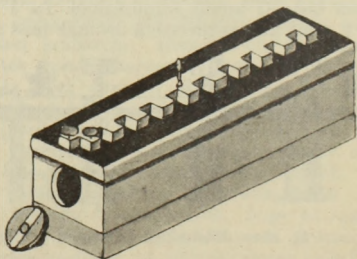
11. ábra. Ellenállási tekercsek.

állása, ha rézből, más ha alumíniumból készült. Ha egy bizonyos anyagból, pl. rézből készítünk egy 1 m hosszúságú és 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű sodronyt, s ennek ellenállását választjuk ellenállási egységül, akkor a méretek megtartása mellett minden más anyagnak *specifikus ellenállását* erre a minta anyagra vonatkozólag kifejezhetjük. Példánk esetében a vas specifikus ellenállása 6·10, az ujezüsté 18·8 lenne. Ez azt jelenti, hogy egyenlő méretek esetében a vas-sodrony ellenállása 6·10-szer, az ujezüstsodronyé 18·8-szer-akkora, mint a rézsodronyé.

Az ellenállás egységét *Ohm* törvénye alapján állapítjuk meg. Eszerint, ha az egyszerű áramkörben az áramintenzitás 1 amp., az elektromótoros erő pedig 1 vt, akkor az áramkör totális ellenállását az ellenállás egységül választva 1 *ohm*ak hívjuk. (Jele:  $\Omega$ .) Így tehát

$$1 \text{ amp.} = \frac{1 \text{ vt}}{1 \Omega}.$$

Készítenek dobozba zárt sodronyokat, melyek ellenállása épen  $1 \Omega$ -nyi. A gyakorlatban u. n. *ellenállási szekrényket* alkalmazunk, melyekből tetszészerinti nagyságu ellenállásokat csatolhatunk az áramkörbe. Belső szerkezetük a 11. ábrából világos, alakjukat pedig a 12. ábra tünteti föl. Ha a fémdugót eltávolítjuk, akkor az áram nem megy át a csekély ellenállású, vastag pántokon, melyek sárgarézből készültek, hanem a két szomszédos pánthoz csatlakozó tekercs sodronyán megy keresztül, s így az áramvezetékbe ismeretes nagyságu ellenállás van bekapcsolva. Ily módon  $\frac{1}{10}$  ohm-tól több 100000 ohmig lehet becsatolni.



12. ábra. Ellenállási szekrény.

Igen erős áramoknál u. n. *ballastellenállások* használatnak. (13. ábra.) Ezeknél egy fatáblára konstantanból készült fémspirálisok vannak erősítve, melyeknek végei az alul látható 10 fémgombhoz vannak csatolva. Az áram a 0-sal jelölt gombhoz és a kontaktushoz kapcsolódik. A szerint, amint ennek végét az 1, 2, . . . 10-zel jelölt gombokra helyezük, az áramkörbe 1, 2, . . . 10 sodronytekercs ellenállását csatoltuk be.

**20. Batteriák.** Ohm törvénye szerint az áramerősség fordítva arányos a vezeték totális ellenállásával. Ez utóbbi két részből áll: az áramvezeték ellenállásából, vagyis a *külső ellenállásból* és az elemben fellépő ellenállásból, vagyis a *belső ellenállásból*. Több egynemű elemet alkalmas módon úgy kötvén

össze, hogy hatásosabb áramot szolgáltatassanak, *batteriát* alkotunk. A batteriák összeállításánál a körülményekhez képest arra törekszünk, hogy a totális ellenállás lehetőleg kicsiny legyen. Az elemek főbb kapcsolási módjai: az *egymásután* és *egymásmellé* kapcsolás.

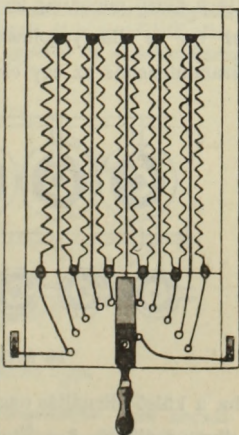
A 14. ábrában alul 6 elemnek egymásutáni kapcsolása van feltüntetve. Ebben az esetben a batteria elektromótoros ereje egy elemének 6 - szorosával, belső ellenállása pedig ugyancsak az egy elem belső ellenállásának 6-szorosával egyenlő. Ha tehát  $w$  a külső ellenállás,  $W$  egy elem belső ellenállása, és 6 helyett általában  $n$  számú elem kapcsolásáról volna szó, akkor *Ohm* törvénye szerint:

$$I = \frac{nE}{w + nW}$$

Föltéve, hogy a külső ellenállás az  $nW$ -hez képest elhanyagolható csekélységű, akkor ennél a kapcsolásnál az áramerősséget egy elem elektromótoros erejének az egy elem belső ellenállásához való aránya

adja meg.  $I = \frac{E}{W}$ . Ebben az esetben tehát nincs nyereség. De ha a külső ellenállás oly nagy, hogy mellette a belső ellenállás  $n$ -szerese sem igen jöhet tekintetbe, akkor ennek elhanyagolásával  $I = \frac{nE}{w}$  s így a telep áramának intenzitása az elem intenzitásának  $n$ -szerese lesz.

*Szabály: ha a külső ellenállás a telep belső ellenállásához képest igen nagy, akkor célszerű az elemeket egymásután kapcsolni.*

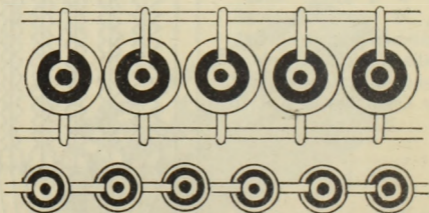


13. ábra. Ballast-ellenállás.

A 14. ábrában felül 6 elemnek egymásmelletti kapcsolása van feltüntetve. Ebben az esetben a telepet egyetlenegy elemnek tekinthetjük, csakhogy most a belső ellenállás az egy elem belső ellenállásának  $n$ -ed része leszen. *Ohm* törvénye szerint:

$$I = \frac{E}{w + \frac{W}{n}} = \frac{nE}{nw + W}$$

Ha a külső ellenállás igen csekély, akkor  $W$  mellett az  $nw$  is elhanyagolható levén  $I = \frac{nE}{W}$ , s így az áramintenzitás az egy elemének  $n$ -szerese. Ellenben,



14. ábra. Batteriák.

ha a külső ellenállás nagy, akkor  $nw$  mellett  $W$  levén elhanyagolható,  $I = \frac{E}{w}$ , tehát ez esetben nincsen nyereség.

*Szabály: ha a külső ellenállás a telep belső ellenállásához képest igen csekély, akkor célszerű az elemeket egymás mellé kapcsolni.*

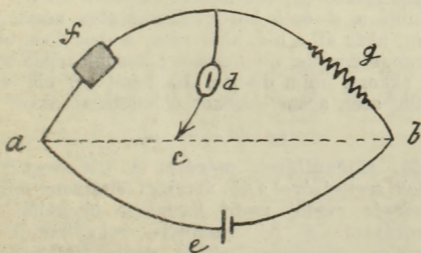
Töltéskor az akkumulátor-batteriat egymásmelletti kapcsolatban, ha működésbe hozzuk, egymásutáni kapcsolatban alkalmazzuk. Az olyan mechanizmust, melylyel az egyik kapcsolásmódról könnyen áttérhetünk a másikra, *pachytrop*-nak hívják.

**21. Kirchoff törvényei.** Eddig csupán elágazásmentes, vagyis egyszerű áramvezetékek viszonyaival foglalkoztunk. Az elágazós áramvezetésekre nézve *Kirchoff* állított föl törvényeket.

I. Törvény. Az összetett vezeték minden elágazási pontjában az áramintensitások algebrai összege zérus.  $\Sigma I = 0$ .

Az elágazási pontban az elektromosság torlódna, vagy lepadna, ha a feléje haladó áramok nem hoznának bele ugyanannyi elektromosságot, mint amennyit a tőle elirányuló áramok belőle elszállítanak. Ha tehát az első intenzitásait pozitív jellel, az utóbbiakéit negatív jellel összegezzük, akkor az összeg zérus értékű lesz.

II. Törvény. Az összetett vezeték minden önmagában zárt részében az áramintensitások és a megfelelő ellenállások szorzatainak összege egyenlő az elektromótoros erő összegevel.  $\Sigma IW = \Sigma E$ .



15 ábra. Wheatstone hídja

Ennek a törvénynek levezetésébe nem bocsátkozunk; de helyességéről könnyen meggyőződhetünk, ha kimutatjuk, hogy *Ohm* törvényét mint speciális esetet magában foglalja. Ugyanis, ha a törvényt egy egyszerű áramkörre alkalmazzuk, akkor  $IW = E$  származik, s ez *Ohm* törvényét fejezi ki.

22. **Wheatstone hídja** az a legfontosabb összetett vezeték, melyre a *Kirchhoff*-féle törvényeket alkalmazni szokták. Rajzát a 15. ábra tünteti föl, melyben az *acb* és *agb* ágakat a *d* híd kapcsolja össze. Ha az *agb* részen a híd kiinduláspontját megválasztottuk, akkor az *acb* részen a *c* pontot úgy állapíthatjuk meg, hogy a hídban áram ne mutakozzék, tehát egy a hídhoz kapcsolt galvanóméter ne jelezzen áramot, akár be van a híd a vezetékbe kapcsolva, akár nincsen.

Ennek az elrendezésnek lehetőségét a víz áramlásának analogiája mutatja. Ha a vízvezetékben a-nál víz áramlik a 15. ábrában rajzolthoz hasonló cső-elágazásba, akkor a-nál a vízszög két részre oszlik, b-nél ismét egyesül. A hídra nézve azt állapíthatjuk meg, hogy az áramlás vagy  $c$  felé, vagy ellenkező irányban mutatkozik. De a csőszakaszokon alkalmazott csapokkal az áramlás bőségét úgy szabályozhatjuk, hogy a hídban áramlás ne létesüljön.

Esetünkben a csapok szerepét az áramvezetékek ellenállásának alkalmas megszabása helyettesíti.

Ha a hídban nincs áramlás, akkor a végpontok közt nincs potenciálkülönbség. Ebben az esetben egyrészt  $a$  és  $c$  közt, másrészt  $a$  és  $d$  közt a potenciál esése egyenlő lesz. Ugyanez áll  $c$  és  $b$ , valamint  $d$  és  $b$  közötti szakaszokra nézve is. E szerint, akár áll a híd, akár nem,  $ac$ -ben éppen akkora az áramintenzitás, mint  $cb$ -ben; hasonlóképpen  $ad$ -ben éppen akkora, mint  $db$ -ben. Ha tehát  $ac$ ,  $cb$ ,  $ad$ ,  $db$  egyúttal ezen áramvezetékek ellenállásai, akkor

$$ac : ad = cb : db.$$

**23. Ellenállások mérése.** A híd megállapított föltétele segítségével a 15. ábrában feltüntetett kísérleti berendezés módot nyújt bármiféle ellenállás meghatározására. A  $bd$  vezetékbe bekapcsoljuk a  $g$  ismeretlen ellenállást,  $ad$ -be pedig az ellenállási szekrényt. Az  $acb$  ellenállás egy újezűst sodrony, mely milliméteres skála mentén van kifeszítve. Egyes részeinek ellenállásai hosszúságaikkal arányosoknak tekinthetők. A hídbe be van kapcsolva a  $d$  galvanométer. A hídnak  $c$  végpontja csúsztatható contactus, melyet a drót azon pontjára kell helyezni, melyre nézve álljon a megelőzőleg levezetett föltétel.

Ha ezt a pontot megtaláltuk, és  $ac = k$ ,  $ch = m$  akkor

$$g : W = k : m$$

honnét

$$g = \frac{k}{m} \cdot W.$$

Például:  $k = 325$  mm,  $m = 675$  mm és az ellenállási szekrényből  $16.8 \Omega$  kapcsoltatott be, akkor

$$g = \frac{325}{675} \cdot 16.8 \Omega, \text{ vagyis } = 8.1 \Omega.$$



**24. Eredmények.** Megelőzőleg már értelmeztük a *specifikus ellenállás* fogalmát. A következőkben mintaanyagul a higanyt fogjuk választani. A specifikus ellenállás számadatának fordított értéke az illető anyag *specifikus vezetőképessége*. Ha pl. az aluminiumnak higanyra vonatkozó specifikus ellenállása 0.03094, akkor specifikus vezetőképessége  $1 : 0.03094 = 32.35$ , vagyis az aluminium 32.35-ször jobban vezeti az áramot, mint a higany.

Az alábbi táblázat mindkét adatot megadja a legnevezetesebb szilárd vezetők esetében.

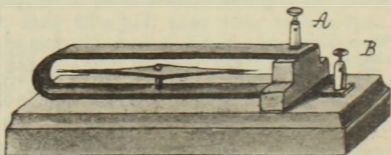
A n y a g	Specifikus ellenállás	Specifikus vezető-képesség
Higany . . . . .	1	1
Aluminium . . . . .	0.03094	32.35
Ólom . . . . .	0.2083	4.80
Vas . . . . .	0.1034	9.67
Arany . . . . .	0.02183	45.8
Réz . . . . .	0.01754	57
Nikkel . . . . .	0.1319	7.58
Platina . . . . .	0.06944	14.4
Ezüst (puha) . . . . .	0.01597	62.6
Ezüst (kemény) . . . . .	0.01730	57.8
Bismut . . . . .	1.389	0.72
Zink . . . . .	0.0599	16.7
Ón . . . . .	0.1400	7.14
Grafit . . . . .	12.08	0.0828
Gázszen . . . . .	67.56	0.0148
Konstantan . . . . .	0.53	1.90
Kruppin . . . . .	0.90	1.12
Ujezüst . . . . .	0.3184	3.14
Nikkelin . . . . .	0.455—0.355	2.2—1.8
Rheotan . . . . .	0.50	2.0
Patentnikkel . . . . .	0.364	2.75
Platinaezüst . . . . .	0.261	3.83
Manganréz (12%) . . . . .	0.460	2.194
Manganréz (30%) . . . . .	1.135	0.881
Manganin . . . . .	0.498	2.007

Az *ohm* ellenállási egység egyenlő az 1.063 m hosszúságú, 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű higanyfonál ellenállásával. Könnyen kiszámítható, hogy az 1 m hosszú-

ságu s 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű higanyfonálnak 0.94073 ohm ellenállása van (= Siemens-egységgel). Minden más anyagra nézve az 1 m hosszúságu és 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű sodrony ellenállását úgy találjuk, ha ezt a számot sokszorozzuk az anyagnak higanyra vonatkoztatott specifikus ellenállásával.

E szerint ohm-okban kifejezve, a következő adatokat kapjuk: alumínium  $\frac{1}{35}$ ; ólom  $\frac{1}{5}$ ; vas  $\frac{1}{12}$ ; arany  $\frac{1}{49}$ ; réz  $\frac{1}{61}$ ; nikkel  $\frac{1}{9}$ ; platina  $\frac{1}{16}$ ; puha ezüst  $\frac{1}{66}$ ; kemény ezüst  $\frac{1}{62}$ ; bismut  $1\frac{1}{5}$ ; zink  $\frac{1}{18}$ ; ón  $\frac{1}{8}$ ; ujezüst  $\frac{1}{4}$ ; nikelin  $\frac{1}{3}$  és mangánin  $\frac{1}{3}$ .

**25. Galvanoskop.** Oerstedt vette észre először azt, hogy az áram a mágnesűt kitéríti a mágneses meridiánból. A 16. ábrában feltüntetett készülék A és B szorítócsavarjaiba egy telep áramát bevezetvén,



16. ábra. Galvanoskop.

könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a kitérés irányát *Ampère*-nek következő szabálya adja meg: *a mágnesűt északi vége a positiv áram irányában (pl. a réztől a zink felé) uszó és arczzal a polusra tekintő emberi alak bal keze felé térítettük ki.*

Ezt a hatást azzal növelhetjük, hogy az áramot lehetőleg közel és sokszor vezetjük a tű körül, tehát a tűt egy lapos sodronytekercs (multiplier-tekercs) közepébe helyezzük. Az ilyen készülékeket, melyek az áram jelenlétét jelzik, *galvanoskop*-oknak hívják.

**26. Galvanométer.** Egészítsük ki a 16. ábrában feltüntetett készüléket azzal, hogy tűje körbeosztás fölött végezze mozgásait, s így a mágneses meridiántól való eltérés fokokban legyen megadható. Állítsuk fel a készüléket úgy, hogy az áram a mágneses meridiánban keringjen, és kapcsoljunk az áramkörbe rheostatot. Azt fogjuk tapasztalni, hogy az ellenállás növekedtével a tű kitérése csökkenik. Ha ismerjük a telep elektromotoros erejét és a külső vezetéknek, valamint az

elemnek is az ellenállását, akkor *Ohm* törvénye segítségével a körbeosztás minden fokára nézve megállapíthatjuk az áramintenzitás értékét, vagyis a galvanoskopot *kalibrálhatjuk*. Ily módon aztán a galvanoskop mint áramerősségmérő, *galvanométer* használható.

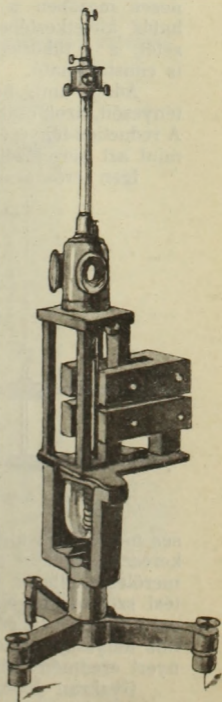
Igen sokféle szerkezetű galvanométer ismeretes és van használatban, úgy, hogy csak a tipikus szerkezetek fölemlítésére szorítkozhatunk. Ilyenek az *astatikus* galvanométerek, melyek legérzékenyebbje a *lord Kelvin*-féle differenciális galvanométer. A coconszálon felfüggesztett astatikus szerkezet a kicsiny mágneseknek két ellentétes fekvésű rendszeréből áll, s így a rendszerre a Föld mágneses ereje csak igen csekély mértékben hat irányítólag.

A mágnesrendszerek multiplicátortekercsek közt állanak, melyeken át az áramot vezethetjük. Ha a tekercspárok egyirányulag hatnak, akkor a készülék igen gyöngé áramok jelzésére alkalmas; ha ellenkező irányulag hatnak, akkor erősebb áramok megfigyelésére használható. A mágnesrendszerek közt alkalmazott tükör az előtte álló fényforrás képét egy megszűbb fekvő skálára veti, s így az egyensúlyi helyzetből való igen csekély kitérések is észlelhetőkké válnak.

Mint hogy a szerkezet külső mágneses behatásokkal szemben igen érzékeny, azért oly helyeken, hol az ilyen hatások elkerülhetetlenek, nem alkalmazható. Szerencsére *Deprez* tekercses galvanométere (17., 18. ábra)



17. ábra.  
A Deprez  
galvano-  
méter  
tekercse.



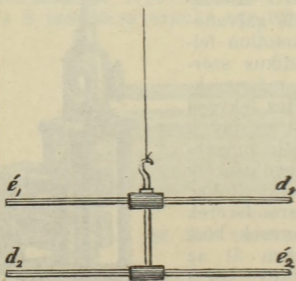
18. ábra. Deprez-féle  
galvanométer.

épen olyan érzékeny, és a külső befolyásokkal szemben majdnem teljesen közömbös. Ennél az áramot egy igen erős mágnespatkó polusai közt felfüggesztett sodronytekercsbe vezetjük. A sodronytekercs a mágneses mezőben a rajta keresztülhaladó áramra való hatás következtében megváltoztatja egyensúlyi helyzetét, s a tükörleolvasással a legcsekélyebb eltérés is constatálható.

Addig, amíg nem ismerjük a műszerek reductióstényezőit, azok csak mint galvanoskopok használhatók. A reductióstényező meghatározása oly módon történik, mint azt megelőzőleg jeleztük.

Igen erős áramok esetében a készüléket mellékzárathoz kapcsoljuk, melyen át az eredeti áramnál sokkal gyöngébb ( $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$ -rész erősségű) áram halad.

Tudományos szempontból nevezetes a *tangens galvanométer*. Ennél a mágnesű, mely igen rövid legyen, egy körvezeték közepében van elhelyezve. Ha a körvezeték



19. ábra. Astatikus tű.

ses meridiánba állítjuk be, és áramot vezetünk rajta keresztül, akkor az a mágnesűt a meridián síkjára merőleges állásba törekszik hozni. Minthogy a kitérés szög tangense arányos az áramintensitással, azért ezt a műszert tangens-galvanométernek hívják. Reductióstényezője elméletileg is megállapítható, s az így nyert eredmény kísérletileg ellenőrizhető.

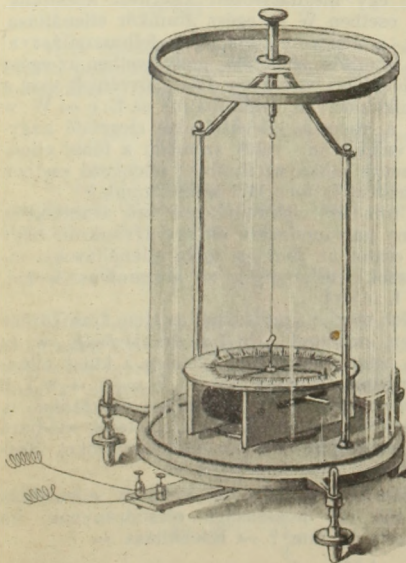
Gyakran használják a *Nobili-féle* astatikus galvanométert is, melynek tűjét a 19. ábra, magát a készüléket pedig a 20. ábra tünteti föl.

**27. Galvánelem belső ellenállását,** ha az elem árama állandó intenzitású, legegyszerűbben galvanométer segítségével mérhetjük. Az elem áramkörébe ismeretes ellenállású galvanométert kapcsolunk s megállapítjuk a tű kitérését. Azután a vezetékbe addig csatolunk be ismert ellenállást ( $R$ -et) míg az első

esetben talált  $I$  intenzitás értéke  $i$ -re ( $I$ -nek körülbelül felére) száll alá. Ha az áramkör ellenállása az első esetben  $W$  volt, akkor

$$W = \frac{Ri}{I - i}$$

adja ennek az ellenállásnak értékét, melyből a galvano-



20. ábra. Nobili-féle galvanométer.

méter ellenállását levonván, az elem belső ellenállását nyerjük.

Az elemek belső ellenállása lényegesen függ az elemet alkotó folyadékok ellenállásaitól és az elektrodok keresztmetszeteitől, valamint azoknak egymástól való távolságaitól.

**28. Az elektromótoros erő mérése** vagy csupán viszonylagos, vagy abszolút lehet, aszerint, amint két

elem elektromótoros erőit összehasonlíthatjuk, vagy egy elemnek elektromótoros erejét vt-okban kívánjuk kifejezni.

Viszonylagos méréseknél a következő alap gondolatokat használhatjuk fel.

Az E elektromótoros erő áramkörébe egy galvanométert és egy rheostátot kapcsolván be, az utóbbi segítségével egy meghatározott kitérítést létesítünk. Legyen ez esetben W az egész áramkör ellenállása. Azután az e elektromótoros erő felhasználásával ugyanazt a kitérítést létesítjük, mely esetben az egész áramkör ellenállása w legyen. Ohm törvényét erre a két esetre alkalmazván, felállíthatjuk az  $E : e = W : w$  aránylatot. A rheostát ellenállásokat elegendő nagyságuaknak választván, velük szemben a többi ellenállásokat esetleg elhanyagolhatjuk; ellenkező esetben előzetesen azokat is meg kell állapítanunk.

Vagy: mindkét elektromótoros erő áramkörébe egy érzékeny galvanométert és egy-ugyanazon nagy ellenállást csatolván (hogy a többi ellenállásokat elhanyagolhassuk), megmérjük az áramintensitásokat. Ez esetben  $E : e = I : i$ .

Közvetlen meghatározásoknál az elem áramkörébe ampèremétert csatolunk. Ha I az áramerősség,  $w_0$  és  $w_1$  az elem belső ellenállása, illetőleg a külső ellenállás, akkor Ohm törvénye szerint  $E = (w_0 + w_1) \cdot I$ .

Készítenek igen nagy ellenállású eszközöket, u. n. *voltmétereket*, melyek a galvanométerek módjára közvetlenül megadják az elektromótoros erőket. Skálájuk tapasztalati úton készítették el.

**29. Számítási példák.** a) Mekkora ellenállása van egy 465 cm hosszúságu rézsodronynak, ha keresztmetszete  $\frac{1}{2}$  mm<sup>2</sup>? — Ellenállása =

$$\frac{4 \cdot 65}{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{61} = 0 \cdot 155 \text{ ohm.}$$

b) Egy vezetékben 38·5 m hosszúságu, 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű rézsodronyt vassodronnyal akarunk helyettesíteni, mekkora legyen ennek keresztmetszete, hogy az ellenállás változatlan maradjon? A rézsodrony ellenállása =

$$38 \cdot 5 \cdot \frac{1}{61} = 0 \cdot 631 \text{ ohm.}$$

Az 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű vassodrony ellenállása =

$$38.5 \cdot \frac{1}{12} = 3.208 \text{ ohm.}$$

Ennélfogva a vassodrony keresett keresztmetszete =

$$\frac{3.208}{0.631} = 5.08 \text{ mm}^2.$$

c) A vezeték ellenállása 8 ohm, s a két végpontja közötti potenciálkülönbség 12 volt. Mekkora az áram intenzitása? *Ohm* törvénye szerint

$$I = \frac{E}{W} = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ ampère.}$$

d) Egy 16 gyertyafény erejű izzólámpán 65 volt feszültségű 0.8 amp. erősségű áram megy keresztül. Mekkora a lámpa ellenállása?

$$W = \frac{E}{I} = \frac{65}{0.8} = 81.25 \text{ ohm.}$$

e) Két egymás mellett fekvő pontból egy 8 amp.-es áramot igénylő lámpához 400 m hosszúságú rézsodronyok vezetnek. Mekkora legyen keresztmetszetük, hogy a vezetékben a feszültség 1 volt-os legyen? — A vezeték ellenállása

$$W = \frac{E}{I} = \frac{1}{8} = 0.125 \text{ ohm.}$$

Másrészt a rézsodronyra nézve

$$W = k \cdot \frac{l}{q},$$

s innét

$$q = \frac{k \cdot l}{W} = \frac{0.017 \cdot 800}{0.125} = 108.8 \text{ mm}^2.$$

Ebből kiszámítható a sodrony vastagsága. Ugyanis

$$q = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (\pi = 3.14)$$

s így

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 108.8}{3.14}} = 11.7 \text{ mm.}$$

f) 100 m-nyi távolságra, melyben 8 amp. áramerősség kívántatik, 3 mm vastagságú rézsodronyból vezetékét fektettünk. Mekkora ebben a potenciál esése? — Első sorban kiszámítjuk a sodrony keresztmetszetét:

$$q = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3 \cdot 14 \cdot 9}{4} = 7 \cdot 06 \text{ mm}^2.$$

Az ide-oda vezetéshez 200 m sodrony szükségeltetvén, ennek ellenállása

$$W = K \cdot \frac{l}{q} = 0 \cdot 017 \cdot \frac{200}{7 \cdot 06} = 0 \cdot 48 \text{ ohm.}$$

A potenciálkülönbség  $E = I \cdot W$  vagyis =  
 $8 \cdot 0 \cdot 48 = 3 \cdot 84$  volt.

g) Egy sodronynak ellenállása 3 ohm. Rendelkezésünkre áll 6 db. Leclanché elem, egyenkint 1·3 volt elektromótoros erővel és 5 ohm belső ellenállással. Mily módon kapcsoljuk elemeinket batteriává, hogy a sodronyban lehetőleg erős áramot kapjunk? — Ha az elemeket egymás mögé kapcsoljuk, akkor a belső ellenállás  $6 \cdot 5 = 30$  ohm, tehát nagyobb a külső ellenállásnál, s így ez a kapcsolásmód nem ajánlatos. E mellett  $E = 6 \cdot 1 \cdot 3 = 7 \cdot 8$  volt, s így

$$I = \frac{E}{W + w} = \frac{7 \cdot 8}{3 + 30} = 0 \cdot 24 \text{ ampère.}$$

Ha az elemeket egymás mellé kapcsoljuk, akkor a belső ellenállás  $\frac{5}{6}$  ohm, tehát kisebb, mint a külső ellenállás. Ez esetben  $E = 1 \cdot 3$  volt, s így

$$I = \frac{1 \cdot 3}{3 + \frac{5}{6}} = 0 \cdot 34 \text{ ampère.}$$

De lehet a batteriát másképen is kombinálni. Ugyanis ha 3—3 elemet egymás után kapcsolunk, s az így nyert két batteriát egymásmellé kapcsoljuk, akkor a belső ellenállás =

$$\frac{3 \cdot 5}{2} = 7 \frac{1}{2} \text{ ohm, } E = 3 \cdot 1 \cdot 3 = 3 \cdot 9 \text{ volt,}$$

s így

$$I = \frac{3 \cdot 9}{3 + 7 \frac{1}{2}} = 0 \cdot 37 \text{ amp.}$$



Vagy 2—2 elemet egymás után, s az így nyert 3 batteriát egymás mellé kapcsoljuk. Ekkor a belső ellenállás  $= \frac{2 \cdot 5}{3} = 3\frac{1}{3}$  ohm,  $E = 2 \cdot 1 \cdot 3 = 2 \cdot 6$  volt, s így

$$I = \frac{2 \cdot 6}{3 + 3\frac{1}{3}} = 0 \cdot 41 \text{ amp.}$$

Valamennyi mód közül tehát ez az utolsó a legelőnyösebb.

**30. Hány elem szükséges adott hatás előidézéséhez?** Az utolsó példában egy combinált batteriáról volt szó, melyben  $N$  az elemek összes száma; ezek közül az elemeket  $m$ -enkint egymás mellé kapcsolva, szám szerint  $n$  batteriát állítottunk össze, s ezeket végül egymás után kapcsolva egy batteriává egyesítettük.  $E$  szerint  $N = m \cdot n$ . — Ha  $w$  egy-egy elem belső ellenállása,  $E$  az elektromotoros ereje,

akkor az  $n$  számú csoportok belső ellenállása  $\frac{w}{m}$  lesz. Ezeknek a csoportoknak egymás utáni kapcsolásával oly batteriát nyerünk, melyben az elektromotoros erő is, a belső ellenállás is  $n$ -szeres. Ha tehát  $W$  a külső ellenállás, akkor

$$I = \frac{nE}{W + \frac{n}{m}w}$$

Ha itt  $m = \frac{N}{n}$  tétetik, akkor

$$I = \frac{nE}{W + \frac{n^2 w}{N}}$$

származik, honnét

$$N = \frac{n^2 w}{\frac{nE}{I} - W}$$

Látnivaló, hogy a nevező akkor positiv, ha  $n$  nagyobb mint  $\frac{WI}{E}$ . A képlet akkor adja  $N$ -nek legkisebb értékét, ha nevezője lehető legnagyobb, mely eset

$$n = \frac{2W \cdot I}{E}$$

mellett következnek be. Ha ez a képlet törtszámra vezetne, akkor a legközelebbi egész szám szolgáltatja  $n$ -nek értékét.

Például: Bunsen-féle elemekből, melyeknél  $E = 1.8$  vt és  $w = \frac{1}{4}$  ohm, oly batteriát kell összeállítanunk, mely 45 vt feszültség mellett 10 amp. erősségű legyen. Hány elemre van szükségünk, s hogyan kapcsoljuk azokat?

Az áramkör ellenállása

$$W = \frac{45}{10} = 4.5 \text{ ohm.}$$

Ennélfogva

$$n = \frac{2 \cdot 4.5 \cdot 10}{1.8} = 50.$$

Ennek megfelelőleg

$$N = \frac{2500 \cdot \frac{1}{4}}{\frac{50 \cdot 1.8}{10} - 4.5} = 138.9.$$

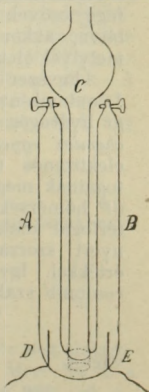
Minthogy 50 nem foglaltatik 138.9-ben, tehát 150 elemet veszünk, ezeket 3-ankint egymásmellé, s az így nyert 50 batteriát egymásután kapcsolják.

**31. Az áram chemiai hatásai.** Ha elegendő erősségű áramot valamely folyadékban (elektrolyt) vezetünk keresztül, akkor azt látjuk, hogy az áram chemiaileg felbontja az elektrolytet. *Faraday* azt a polust, amelyen át a pozitív áram a folyadékba lép, *anod*-nak, azt pedig, a melyen át az áram a folyadékból távozik, *kathod*-nak hívja. Az áram polusain kiválasztott alkatrészek az *ion*-ok, s e szerint megkülönböztetjük az *aniont* és *kathiont*.

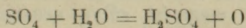
Ezt a hatást a *Clausius-Arrhenius*-féle elmélet magyarázza meg, mely eddig a tapasztalati tényekkel még nem jutott ellenkezésbe. E szerint minden molekula, pl.  $\text{NaCl}$  (konyhasó) két ellentétes részből áll, amennyiben benne az elektropositív fém, és a molekulának elektronegatív maradéka szerepel. Így tehát kifelé való hatásaiban a molekula közömbösnek mutatkozik. Oldatokban a molekulák disszociálódnak, amennyiben heves mozgásaikból éppen ilyen heves összeütközések származnak, melyek a molekulákat atomjaikra bontják. De ezek erős elektromos töltésűek

levén, ha ellentétes atom közelébe érnek, azzal ismét egyesülnek, hogy utóbb újból szétváljanak. Ha már most az ilyen kavargásban levő oldatba az elektrodokon át áramot vezetünk, akkor az *ionok* vándorolni kezdenek, és pedig a kation-ok a kathod felé, az anion-ok az anod felé. Magában a folyadékban semmi változás sem mutatkozik, mert mindig egyenlő számú ionok haladnak egymással szemben. De az elektrodokon másként állanak a viszonyok. A pozitív töltésű fém-ionok átadván töltésüket a kathodnak, közömbösekké válnak, s a kathodra lerakódnak; ugyanez áll a negatív töltésű molekula-maradékokra nézve is, melyek az anodon elvesztvén töltésüket, arra lerakódnak, illetőleg, ha gázneműek, arról felszállanak, s az anod fölé helyezett edényben felfoghatók. E szerint tehát a molekulákat nem az áram bontja szét, hanem a már szétbomlásban levő molekulák atomjait az áram meghatározott irányokba tereli.

Igen fontos eset a hígított kénsavnak megbontása. Az e célra szolgáló készüléket a 21. ábra tünteti föl. A kathodon kétszer annyi hydrogen válik le, mint amennyi oxygént találunk az anodon. A kénsav molekulája  $H_2SO_4$  két részből áll, ezek: a fémes természetű  $H_2$  és a savmaradék  $SO_4$ . Az előbbi a kathod, az utóbbi az anod felé vándorol. A víz jelenlétében azonban a savmaradék egy molekula vizet felbontván, ismét kénsavvá alakul



21. ábra. Vizbontó készülék.



és egy atom oxygen szabadul fel.

Ezeket a chemiai hatásokat alkalmazza a galvanoplastika és galvanostegia, melyekről e gyűjteménynek egy más füzeté tárgyalván, róluk ehelyütt csupán említést teszünk. Elektrotechnikai szempontból nevezetes

**32. Faraday elektrolytikus I. törvénye. Voltaméter.** Kapcsoljunk egy áramkörbe galvanométert és rheostátot, hogy mérhessük az áram erősségét, és változtathassuk az ellenállást. Vezessük át az áramot a vízvoltaméteren, gyűjtsük össze az egy bizonyos idő

alatt fejlődő gázokat, mérjük meg térfogatukat, nyomásukat és hőmérsékletüket, s állapítsuk meg tömegeiket. Az áram intenzitása a hosszan tartó kísérlet ideje alatt nem marad állandó, de ezt folytonosan megfigyelve, az ellenállás alkalmas változtatásával elérhetjük, hogy az egész bontási processus alatt az intenzitás közel állandó maradjon. Így azután meggyőződhetünk arról, hogy érvényesül *Faradaynak* következő törvénye: *a szétbontott vízmennyiség arányos a rajta átmenő elektromosság mennyiségével.* Ha a felfogó csövek köbcentiméteres beosztással vannak ellátva, akkor u. n. *voltaméter* áll rendelkezésünkre, melylyel elektromosság-mennyiségeket mérhetünk.

Egyszer s mindenkorra megállapítván azt, hogy 1 coulomb-nyi elektromosság átmenetelkor 0.0001038 gr hidrogén fejlődik, a hidrogénnek így nyert *elektrochemiai egyenértéke* alapján megállapíthatjuk azt az elektromos tömeget, mely egy adott hidrogén-térfogatnak megfelel. E végből a normális viszonyokra (0° hőmérséklet és 760 mm-es nyomás) visszavezetett térfogat adatát megszorozzuk a gáz sűrűségével, s a nyert szorzatot elosztjuk az elektrochemiai egyenértékkel. Így meggyőződhetünk arról, hogy minden coulomb szabaddá tesz:

	0.116 cm <sup>3</sup> hidrogént
	0.058 » oxygént
vagyis	0.174 » durranógázt,

s így 336 mg víznek 1 percz alatt való felbontása mintegy 60 amp. erősségű áramot igényel.

Minthogy a víz a hidrogént és oxygént elnyeli, még pedig különböző mértékben, azért a vízvoltaméter helyett inkább az *ezüstvoltamétert* használják, melynél két előzetesen megmért súlyu ezüstlemezt 15%-os ezüstnitrátoldatba állítván, rajtuk áramot vezetünk keresztül. Az anod lemeze feloldódik, a kathod lemezre ezüst rakódik le. Megmosás és megszáritás után újra megmérlegelvén a lemezeket, azt tapasztaljuk, hogy az egyik súlyvesztése egyenlő a másik súlyszaporulatával.

1 coulomb 1.118 mgr ezüstöt választván le, az ezüst elektrochemiai egyenértéke 0.001118 gr.

**33. Faraday II. elektrolytikus törvénye.** Vezetjük át a telep áramát egyidejűleg különböző elektrolyteken, akkor igazoltnak fogjuk találni Faraday II.

elektrolitikus törvényét, mely szerint: az egyazon elektromosság-mennyiség átmenetelekor szétbomló vagy vegyülő anyagok mennyisége arányos kémiai egyenértékeikkel. A kémiai egyenértéket kapjuk, ha az atom-súlyt az értékességgel osztjuk. Így pl. az ólom atom-súlya 206·4, értéküése 2, tehát kémiai egyenértéke  $206·4 : 2 = 103·2$ .

Igy, ha a voltaméterekbe illetőlegesen sósavat (HCl), vizet és ammoniakot ( $H_3N$ ) teszünk, az első és harmadiknál elektrodokul szénrudacsákat használunk, akkor azt vesszük észre, hogy a kathodon mindegyikében egyenlő térfogatu hidrogén válik le, az anodokon éppen akkora térfogata van a chlornak, félakkora az oxgyénnek és harmadrészakkora a nitrogénnek. A molekulasúlyok a H, Cl, O és N esetében rendre: 2, 71, 32, 28 levén, a fejlődött gázmennyiségek úgy aránylanak, mint

$$2 : 71 : \frac{32}{2} : \frac{28}{3}$$

A kémiai egyenértékek pedig úgy aránylanak egymáshoz, mint

$$1 : 35·5 : \frac{16}{2} : \frac{14}{3}$$

ami a törvény érvényességét igazolja.

Ennek a törvénynek alapján bármely test elektro-kémiai egyenértékét kiszámíthatjuk. Mert ha C a test elektro-kémiai egyenértéke és

$$\gamma = 0·00001038 \text{ gr}$$

a hidrogén elektro-kémiai egyenértéke, akkor 1 coulombnyi elektromosság az illető anyagból  $C\gamma$  grammot fog kiválasztani.

Elemek	Atom-súly	Értéküség	Kémiai egyenérték	Elektro-kémiai egyenérték gr per clb	clb per gr
Hydrogén . . . . .	1	1	1	0·000010380	96340
Kalium . . . . .	39·03	1	39·03	405100	2496
Natrium . . . . .	23	1	23	238700	4189
Arany . . . . .	196·2	3	65·4	678900	1473
Ezüst . . . . .	107·9	1	107·9	1118000	895

Elemek	Atom- súly	Értékűség	Chemiai egyenérték	Elektro- chemiai egyenérték gr per clb	clb gr gr
Réz { cuprovegyület. cuprivegyület.	63·18	2	31·59	327900	3050
		1	63·18	655800	1525
Higany { mercuri. . . mercuro . . .	199·08	2	99·5	1037000	964
		1	199·8	2077000	482
Ón { stani . . . . . stano . . . . .	117·04	4	29·35	304600	3283
		2	58·7	609300	1641
Vas { ferri . . . . . ferro . . . . .	55·88	3	18·63	193400	5171
		2	27·94	290000	3448
Nikkel . . . . .	58·6	2	29·3	304200	3287
Zink . . . . .	64·88	2	32·44	336700	2970
Ólom . . . . .	206·4	2	103·2	1071000	934
Aluminium . . . . .	27·4	3	9·01	93500	10700
Oxigén . . . . .	15·96	2	7·98	82830	12070
Chlor . . . . .	35·37	1	35·37	367100	2724
Jod . . . . .	126·54	1	126·54	1313400	751
Brom . . . . .	79·76	1	79·76	827900	1208
Nitrogén . . . . .	14·01	3	4·6	48470	20619

**34. A törvény következményei.** Egy bizonyos ion aequivalens súlya ugyanazt az elektromos töltést hordozza magával, mint egy másik ion-nak aequivalens súlya. Más szóval, ha 1 gr hydrogén egy bizonyos számú coulomb-nyi töltéssel bír, akkor 28 gr nátrium, 39 gr kálium, 31·6 gr réz, 107·7 gr ezüst stb. ugyanakkora positiv töltéssel bír, és viszont 8 gr oxygen, 48 gr  $\text{SO}_4$ , 62 gr  $\text{NO}_3$  negativ töltései ugyanannyi coulomb-nyiak.

Ennek alapján kiszámíthatjuk, hogy az anyagok gramm-aequivalensei mekkora töltésűek. Tudjuk azt, ha az 1 amp.-nyi áram 1 másodpercig kering, akkor az áramkörön 1 coulomb-nyi elektromos tömeg haladt keresztül. Ámde 1 amp., 1 sec. alatt 0·0011180 gr ezüstöt és 0·0006440 gr  $\text{NO}_3$ -át választ ki az ezüst-nitrátból. A megelőzők szerint  $\frac{1}{3}$  clb positiv elektromos tömeg az ezüsttel a kathodra,  $\frac{1}{3}$  clb negativ elektromos tömeg az  $\text{NO}_3$ -mal az anodra vándorol. Így tehát 0·0011180 gr ezüst  $\frac{1}{3}$  clb-nyi töltéssel van összekötve, s minthogy az ezüst atomsúlya 107·9, tehát a gramm-aequivalens ezüst töltése

$$\frac{107·9}{2 \cdot 0·0011180} = 48255 \text{ clb.}$$

Minden más anyagnak 1 gr-aequivalense ugyanekkora töltésű. A gramm-aequivalens felbontásakor mindkét ion létesülvén, e mellett 96519 clb.-nyi elektromos tömeg megy az elektrolyten keresztül.

**35. Az elektromótoros erő kiszámítása.** Tekintsünk egy Daniell-féle elemet. Ha benne áram kering, akkor a zink feloldódik kénsavban és zink-sulfát keletkezik, a rézsulfátból pedig réz rakódik le. Egy gramm-equivalens zink helyébe tehát 1 gr-equ. rézet nyerünk, s az áramkörön át 96510 clb halad a pozitív elektrodától a negatív felé. Számítsuk ki azt a munkát, melyet az elektromos erők végeznek, ami közben ezt az elektromos tömeget a magasabb potenciálú helyről az alacsonyabbra szállítják. Ezt a munkát nyerjük, ha a volt-okban kifejezett elektromótoros erőt a coulomb-okban kifejezett elektromos tömeggel szorozzuk, az tehát esetünkben

$$96510 \cdot E \text{ volt-coulomb.}$$

Amde 1 gr-aequ. zink-nek hígított kénsavban való feloldódásakor 124250 gr caloria hő válik szabaddá; ha pedig a rézsulfátból 1 gr-aequ. réz válik le, akkor 99700 gr caloria hő használtatik fel. E szerint tehát ezen kettős átalakulásnál 24550 gr caloria hő szabadul fel. Ha ez a hőmennyiség teljes egészében elektromos energiává alakul át, akkor megállapíthatjuk az elem elektromótoros erejét.

Ugyanis  $1 \text{ volt-coulomb} = \frac{1}{9.81} \text{ kgm.}$  és  $1 \text{ gr caloria} = 0.424 \text{ kgm.}$  Ennélfogva egyrészt a fel-

$$= 24450 \cdot 0.424 \text{ kgm.}$$

munkával egyenértékű; másrészt az elektromos erők munkája

$$\frac{96510 \cdot E}{9.81} \text{ kgm.}$$

Abban az esetben, ha az összes hő átalakul elektromos energiává, kell, hogy

$$\frac{96510 E}{9.81} = 24450 \cdot 0.424$$

honnét

$$E = \frac{9.81 \cdot 24450 \cdot 0.424}{96510} = 1.074 \text{ vt}$$

ami eddigi eredményeinkkel teljesen egyezik.

**36. Az áram hőhatásai.** Az elektromosságnak a magasabb potenciálról az alacsonyabbra való átmenetelénél az elektromos erők munkát végeznek, mely többek közt hővé is átalakulhat. *Joule* két vastag áramvezetőhöz vékony sodronyt kapcsolt, mely egy érzékeny thermométerrel együtt alkoholba volt állítva. Ezen a módon azt találta, hogy a kaloriméterrel közölt C hőmennyiség arányos az áram keringésének időtartamával, az áramintenzitásnak négyzetével és a drót ellenállásával. E szerint:

$$C = A \cdot i^2 \cdot wt$$

hol az A arányossági tényező egyedül a használt egységektől függ.

Nagy ellenállású drótok fehérizzásig, sőt megolvadásig is fölhevülnek. Ezen alapszanak: a *galvano-kaustika* és az aknák felrobbantása áramok segítségével, és egyebek.

Ohm törvénye szerint  $i = \frac{E}{W}$ , s ezt tekintetbe véve, ha  $A = 0.24$  tétetik, akkor

$$C = 0.24 \cdot i \cdot E \cdot t$$

vagyis: az áramtól fejlesztett hőmennyiség arányos az áramintenzitással, az elektromótoros erővel és az áram keringésének időtartamával.

Alkalmazzuk e törvényt néhány példában.

a) Egy 6  $\Omega$  ellenállású sodronyon át 3 amp. erősségű áram halad; hány caloria hő-fejlesztetik perccenkint?

$$C = 0.24 \cdot 3^2 \cdot 6 \cdot 60 = 777.6 \text{ cal}$$

amely hőmennyiség 777.6 gr vizet képes volna 0°-ról 1°-ra hevíteni.

b) Egy 16 gyertyafény erősségű izzólámpa 65 vt feszültség mellett 0.8 amp.-es áramtól tápláltatik. Mekkora hőmennyiséget fejleszt a lámpa óránként?

$$C = 0.24 \cdot 0.8 \cdot 65 \cdot 60 \cdot 60 = 44928 \text{ cal.}$$

c) Az ívlámpa 10 amp. erősségű áram esetében 45 vt feszültség mellett ég legjobban. Mekkora a perccenkint fejlesztett hő?

$$C = 0.24 \cdot 45 \cdot 10 \cdot 60 = 6480 \text{ cal.}$$



**37. Elektromos munka.** Korábban az elektromos potenciált mint azt a munkát értelmeztük, melyet el kell végeznünk, ha az elektromos tömegegységet a végtelenből a mező kérdéses helyére akarjuk átvinni. Ha tehát a mező két pontjában a potenciál értékei  $V_1$  és  $V_2$ , akkor az elektromos tömegegységnek az első helyről a másodikra való átvitele  $V_1 - V_2$  munkát, s egy  $\varepsilon$  tömegnek átvitele  $\varepsilon \cdot (V_1 - V_2)$  munkát igényel.

Ha másodpercenként  $i$  elektromos tömeg megy át az első helyről a másodikra, akkor a végzett munka hasonlóképen  $i(V_1 - V_2)$ . Ez az  $i$  intenzitású áram munkája. Minthogy a vezeték  $V_1$  és  $V_2$  potenciálú pontjainak potenciálkülönbségét  $E$ -vel szoktuk jelölni, tehát

$$L = i \cdot E$$

Ohm törvénye szerint

$$i = \frac{E}{W} \text{ vagy } E = iW$$

s e szerint

$$L = i^2 \cdot W$$

s ez a Joule-féle törvénytől csupán egy constans tényezőben különbözik.

Ha  $L = i \cdot E$ -ben  $i = 1$  és  $E = 1$ , akkor egyúttal  $L = 1$ , s így az elektromos munka egysége a volt-ampère vagy rövidebben a watt (w). Ennek 100-szorosa a hektowatt (Hw), 1000-szerese a kilowatt (Kw).

Hasonlítsuk össze az itt megállapított gyakorlati egységeket az absolut (cm gr sec) egységekkel. Azt a munkát, melyet 1 dyne erő 1 cm-nyi út mentén végez, *erg*-nek hívják, s így

$$1 \text{ w} = 10,000,000 \text{ erg} = 10^7 \text{ erg.}$$

A gyakorlati munkaegység a méter-kilogramm. A kilogramm az az erő, mely 1000 gr-nak 1 sec alatt 981 cm-nyi gyorsulást kölcsönöz, s így a kilogramm = 981000 dyne. Minthogy 1 m = 100 cm, tehát

$$\begin{aligned} 1 \text{ mkg} &= 981000 \cdot 100 \text{ erg} \\ &= 981 \cdot 10^7 \text{ erg} \end{aligned}$$

és viszont

$$10^7 \text{ erg} = \frac{1}{9 \cdot 81} \text{ mkg.}$$

Ennélfogva

$$\begin{aligned} 1 \text{ w} &= \frac{1}{9 \cdot 81} \text{ mkg} \\ 1 \text{ mkg} &= 9 \cdot 81 \text{ w.} \end{aligned}$$

A gyakorlati életben másodpercenként 75 mkg-nyi munkát *lóerő*-nek hívják, s így a

$$\text{lóerő} = 75 \cdot 9.81 = 736 \text{ w.}$$

Az *elektromos lóerő* tehát másodpercenként 736 w-ot jelent.

$$1 \text{ w} = \frac{1}{736} \text{ lóerő}$$

$$0.736 \text{ kw} = 1 \text{ lóerő}$$

$$1 \text{ kw} = 1.36 \text{ lóerő.}$$

Ezek előrebocsátása után a *Joule*-féle törvényben szereplő  $A = 0.24$  tényező értelmét is megállapíthatjuk. Tudvalevőleg a munka átalakulhat hővé, s viszont a hő átalakulhat munkává. A kétféle energiafaj közötti egyenértéket *Joule* állapította meg, s szerinte 425 mkg munka egyenértékű 1 kg caloriával, vagyis azzal a hőmennyiséggel, mely 1 kg vizet  $0^\circ \text{C}$ -ra képes hevíteni. E szerint

$$425 \text{ mkg} = 1000 \text{ cal}$$

$$1 \text{ mkg} = \frac{1000}{425} \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 0.425 \text{ mkg.}$$

Ezek után mondhatjuk, hogy

$$1 \text{ w} = \frac{1}{9.81} \text{ mkg} = \frac{1000}{425} : 9.81 = 0.24 \text{ cal}$$

másrészt  $1 \text{ w} = 10^7 \text{ erg} = 0.24 \text{ cal.}$

$$1 \text{ cal} = 42 \cdot 10^6 \text{ erg.}$$

a) Számítsuk ki, hogy 1 el. lóerőre hány 16 fényerejű izzólámpa számítható 65 vt feszültség és 0.8 amp. áramerősség esetében?

Minden izzólámpa  $65 \cdot 0.8 = 52 \text{ w}$  munkát igényelvén, e szerint egy el. lóerőre

$$736 : 52 = 14 \text{ lámpa}$$

számítható.

b) Egy izzólámpa 100 vt feszültség és 5 amp. áramerősség esetében 200 gyertyafényerejű. Hány watt számítható minden gyertyafényerőre?

A lámpa  $5 \cdot 100 = 500 \text{ w}$  munkát igényelvén, minden gyertyafényerőre ennek  $\frac{1}{200}$ -része, tehát 2.5 w esik.

Az áramforrás a külső ellenállással egyetemben zárt áramkört alkot, s a másodpercenként létesített  $L$  munka részint az áramforrásban, részint a külső vezetékben fogyasztódik el, alakíttatik át hővé.

Láttuk, hogy  $L = i \cdot E$ . A külső vezetékben felhasznált munka:

$$L_k = i^2 \cdot W_k$$

s ha az áramforrásban felhasznált, vagyis a belső munka  $L_b$ , akkor

$$\begin{aligned} L_b &= L - L_k \\ &= iE - i^2 \cdot W_k. \end{aligned}$$

Ennélfogva

$$\frac{L_k}{L} = \frac{i^2 \cdot W_k}{i \cdot E}; \quad \frac{L_b}{L} = \frac{iE - i^2 W_k}{iE}$$

s  $i$ -vel való egyszerűsítés után

$$\frac{L_k}{L} = \frac{i \cdot W_k}{E}; \quad \frac{L_b}{L} = \frac{E - iW_k}{E}$$

Ohm törvénye szerint

$$i = \frac{E}{W_b + W_k}$$

s ennek helyettesítése után

$$\frac{L_k}{L} = \frac{W_k}{W_b + W_k}; \quad \frac{L_b}{L} = \frac{W_b}{W_b + W_k}.$$

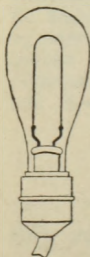
Az  $L_k : L = \gamma$  arányt *takarékossági tényező*-nek hívjuk, 100-szorosa ezt a tényezőt %-okban adja meg.

Például egy áramforrás, melynek belső ellenállása  $W_b = 4 \Omega$ , oly áramkörben dolgozik, melynek külső ellenállása  $W_k = 6 \Omega$ . Akkor a takarékosági tényező

$$\gamma = \frac{6}{10} = 60\%.$$

**38. Izzólámpa.** Vékony drótok izzását világítási czélokra *Edison* tette alkalmassá 1880-ban. Erre a czélra eleinte szénfonalakat készítettek, ujabban azonban eczetsavval kezelt collodiumfonalakat szén körül csavarva, az egészet légmentes térben kiizzítják. Az ilyen fonál légmentesen üvegkörtébe zárandó el. Az áramot az üvegkörtébe platinadróton át vezetjük be, amennyiben tudvalevőleg platinát lehet üvegbe forrasztani. Nagy nehézségeket okozott a szénfonalnak a platinával való tartós és vezetőleges összekötése.

Most ezt oly módon létesítik, hogy erős áram segítségével szénhidrátokból (benzin, pálmamagolaj, vase-lin) az összeköttetési helyre szent rakódtatnak le. Mielőtt a fonalak az üvegekörtébe beforrasztatnának, még *carbonizálándók*. E célból ismét szénhidrátokból szent kell rájuk lerakódtatni, minek kettős célja van: a) a fonál ellenállásképes szénbevonatot kap; b) a keresztmetszet egyenetlenségei kiegyenlítettnek, amennyiben az áram átmenetelénél a vékonyabb részek élénkebben izzanak, s így azokra a szén bőségesebben rakódik le. Az üvegekörték majdnem teljesen (0.2 mm higanyoszlop nyomásáig) kiszivattyúzóandók, amiközben a fonálnak izzónak kell lennie, hogy a körte falához tapadó gázok eltávolíttassanak.



22. ábra.  
Izzólámpa.

A beforrasztás után így elkészített lámpák sárga izzás, tehát körülbelül  $1570^{\circ}$  C mellett 7—800 óráig használhatók. (22. ábra.)

Használat közben a szénfonálról szénrészecskék szakadnak le, melyek a körte belső falára telepedvén, annak átlátszóságát csökkentik. Másrészt ily módon a fonál mindinkább vékonyodik, miáltal a fonál ellenállása növekszik, s ennek következtében a lámpa fényintenzitása csökkenik.

Régebben legföljebb 120 vt feszültségű áramok használtattak; ujabban azonban alkalmas berendezésekkel 250 vt-ig lehetett elmenni.

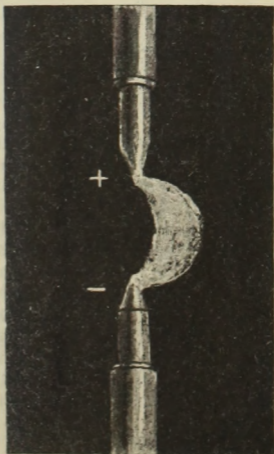
A lámpákat majdnem kizárólag egymás mellé kapcsolva szokták alkalmazni.

**39. Ivlámpa.** Humphry Davy 1808-ban 2000 Volta-elemből álló batteriával két szénpálcza közt fényivet létesített, melyet ő utána Davy-féle ívnek szoktak nevezni. 1843-ban *Foucault* retortaszénből készült pálczák használatát javasolta. *Casselmann* tanácsára a szénrudakat bórsavval itatják, s így az ivet nyugodtabbá teszik.

A csúcsokat először érintkeztetjük s azután szét-húzzuk; az ekkor létrejövő ív izzó szénrészecskékből álló hidnak tekinthető, mely igen nagy ellenállásu lévén, a szén-csúcsokat igen magas hőmérsékletre hozza. Tulajdonképen az izzásban levő csúcsok árasztják ki a legtöbb fényt, s itt is a positiv csúcsé az oroslánrész, mert a kialvás után ez még sokáig izzó marad. Az ív akkor alszik ki, ha a csúcsok közötti

távolság bizonyos, az elektromótoros erő nagyságától függő határt ért el. 40 vt-on alul az ív nem is létesülhet; mert a szénmolekulák disszociációja mintegy 39 vt-nyi ellenkező irányú elektromótoros erőt létesít, s így az ív fentartásához legalább is ekkora elektromótoros erőre van szükség. (23. ábra.)

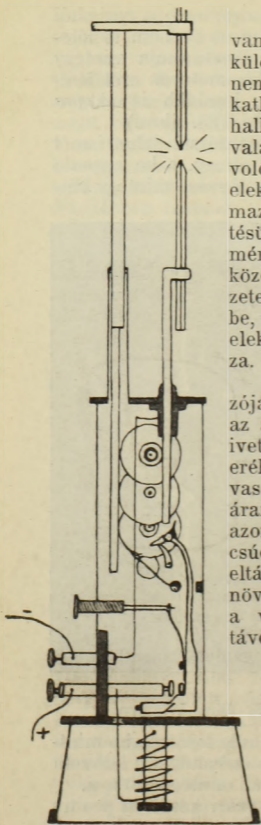
A kialudt ívet újbóli érintkezéssel lehet ismét gerjeszteni. Mindkét szénpálca elfogy, s ha egyenlő vastagok, akkor a pozitív pálca fogyása mintegy kétszerese a negatív pálca fogyásának. Erre való tekintettel már úgy szabják meg a pálcák méreteit, hogy fogyásuk egyenletes legyen. A fényintenzitás érdekében inkább vékony szeneket kellene használni, de akkor a fogyás igen gyors lenne. Azért rendszerint 4—25 amp-nyi áramok esetében 8—18 mm átmérőjű pozitív szén szokat használni. A fogyasztás mértékéről képet ad a következő adat: 8 amp-nyi erősségű, 42 vt feszültségű áram 5 mm-es hosszúságú ív esetében óránként 4-5 cm-nyit fogyaszt a szénből.



23. ábra. Ivlámpa.

A szétárasztott fény intenzitása az irány szerint változó, legnagyobb mintegy  $45^\circ$ -nyira a szének közös tengelyétől, s a kilövellt fényenergia az összes energiának mintegy 10%-a.

Az ívet violaszínű aureola veszi körül. A pozitív széncsúcs kraterszerű mélyedést kap, melynek fényintenzitása nem függ az áramerősségtől. Ez az intenzitás annak a hőmérsékletnek felel meg, amelynél a szén párolog, vagyis *Violle* szerint  $3500^\circ$ -nak. A negatív széncsúcson található dudorodások az áramtól tovább szállított anyagoktól származnak; különösen ásványos salakot találunk rajta.



24. ábra. Hefner-Alteneck-féle szabályozó.

Ha a két szén nagyon közel van egymáshoz, akkor potenciálkülönbségük csökkenik, a fény nem állandó, a negatív szén szokatlanul ragyog és sajátos bűgös hang hallható. Ennek a körülménynek, valamint a csúcsok túlságos eltávolodásának megakadályozására elektromos *fényszabályozókat* alkalmaznak, melyeknek az a rendeltetésük, hogy a szeneket fogyasztás mértékének megfelelőleg egymáshoz közelítsék. Az igen sokféle szerkezetek közül e helyütt azt mutatjuk be, amely az első szénecsúcs helyét elektromagnetikus úton szabályozza. (24. ábra.)

*Hefner-Alteneck* ezen szabályozójában az elektromágnes ugyanaz az áram futja körül, mely a fényvet létesíti; az elektromágnes annál erősebben vonzza az előtte álló vasdarabot, mennél nagyobb az áram intenzitása. Ez az intenzitás azonban az ellenállástól függ. Ha a csúcsok egymástól kelleténél jobban eltávolodnak, akkor az ellenállás növekszik, az intenzitás csökkenik, a vasdarab az elektromágnesről távolodik, s ily módon megindítatik az a fogaskerekekből álló szerkezet, mely a csúcsokat egymáshoz közelíti. Ha azonban e közben a csúcsok egymáshoz túlságosan közeledtek, akkor az ellenállás csökkenik, az intenzitás növekszik, a vasdarab az elektromágneshez közeledik s arretálja a szeneket mozgó fogaskerekes szerkezetet.

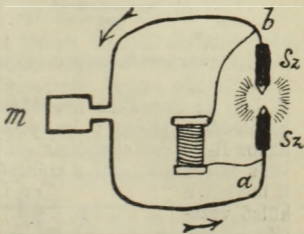
Ez a szerkezet igen tökéletesen működik, ha az áramkörben csak egy lámpa van becsatolva. Mert a szeneket közelítő szerkezet mindenkor megindul, ha az ellenállás növekedtével az áramintenzitás csökke-

nik, bárhonnét származzék is az áramintenzitásnak változása. Az áramintenzitás csökkenése azonban nem csupán a lámpában végbemenő változásoktól, hanem az áram csekély ingadozásaitól is eredhet. Így ha az áramkörbe két lámpa van bekapcsolva, akkor a szabályozás már lehetetlenné válik. Mert ha az első lámpa normálisan ég, a másodiknál azonban a szenek túlságosan távol állanak, akkor ennek a szabályozója megindul és a szeneket közelíti, minélfogva az áramintenzitás növekszik, s így az első lámpa csúcsai egymástól távolodni fognak, ami ennek a lámpának normális égését megszünteti. Ami az egyik lámpának előnyös, az a másikra nézve hátrányos, s így ha a főáramkörbe több lámpa van bekapcsolva, ezek a létért való örökös küzdelemnek ezuttal a szemet rontó esetét fogják feltüntetni.

Ezért ujabban a lámpát a főáramkörben hagyják, de a szabályozót a mellékzárathoz helyezik. (25. ábra.) A két ágban fellépő intenzitások fordítva arányosak az ágak ellenállásával, s így, mennél nagyobb a fényív ellenállása, annál erősebbé válik az áram a mellékzárathoz, s annál erélyesebben hozza működésbe az szabályozót. Ezeknél a mellékzárati lámpáknál a szabályozót tényleg csak azok a körülmények hozzák mozgásba, melyek magában a lámpában lépnek föl. Elektromágnesük igen vékony drótból készül és igen sok tekervényű, hogy a lámpa normális működése közben rajta a főáramnak csak igen csekély része haladjon keresztül.

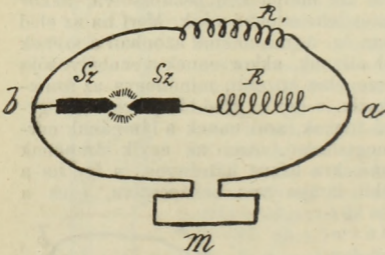
Még ezen kapcsolásmód mellett sem vagyunk teljesen függetlenek az áramkörben fellépő, s a lámpákon kívül eső intenzitásváltozásoktól. A kérdést *Hefner-Alteneck* oldotta meg véglegesen a *differentiális lámpa* segítségével. (26. ábra.)

Az  $m$  telep árama az  $a$ ,  $b$  pontoknál elágazik; a felső ágban van az  $R_1$  szabályozó, az alsóban



25. ábra. Lámpa és elektromágnes kapcsolása.

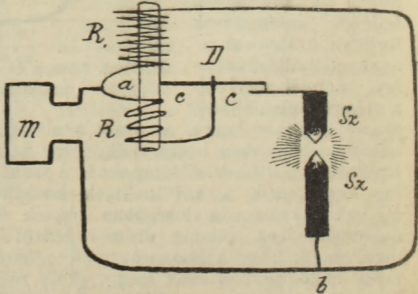
vannak a széncsúcsok és az R szabályozó. A két ágban az áramintensitások fordítva arányosak az ellenállásokkal. A szabályozók már most úgy vannak be rendezve, hogy ha az áram  $R_1$ -ben erősebbé válik,



26. ábra. Differentiális lámpa.

$R_1$ -ben az intenzitás nagyobbodik, ami a széncsúcsok közeledését létesíti; ha pedig a fényív megrövidül, akkor R-ben az ellenállás csökkenik, s így az intenzitás növekszik, ami a széncsúcsok távolítását létesíti.

E mellett a külső vezetékben történő intenzitás változások a lámpát nem befolyásolhatják, mert a szének mindig normális állásba helyezkednek; minden lámpa a



27. ábra. Hefner-Alteneck-féle lámpa.

maga bajaival a többitől teljesen függetlenné válik.

A gondolat gyakorlati kivitelét a 27. ábra mutatja. Az  $m$  gépből jövő áram  $a$ -nál két sodronytekercsbe  $R$  és  $R_1$ -be ágazik szét, melyeken közös puhavashenger van átdugva. Az  $R_1$  tekercs a széncsúcsok mellézáratában fekszik, s igen sok teker-

akkor a szének egymáshoz közelíttetnek, ellenben, ha az áram R-ben válik erősebbé, akkor a szének távolíttatnak. Ha tehát az iv meghosszszabbodik, akkor R-ben az ellenállás növekszik, s így



vényü vékony drótból áll, tehát tetemes az ellenállása. Az R tekercs a szénesúcsok záratában fekszik, s vastag drótból készült, csekély számú tekervényekkel. Az alsó szén áll, a felsőt egy a D pont körül forogható CC emeltyű tartja, melynek egyik vége a tekercsek közös vasmagjához van erősítve. Ha valamely tekercsben áram kering, akkor a tekercs a vasmagot belsejébe húzza, annál nagyobb erővel, mennél erősebb az áram. Föltéve, hogy a lámpa normálisan functionál, tehát egyensúly állott elő, s most a szén fogyása közben az ív meghosszabbodik, akkor  $R_1$ -ben az áram erősebbé válik, s a vasmag fölfelé mozdul el, a csúcsokat egymáshoz közelítvén, ha pedig a csúcsok egymáshoz túlságosan közel állanak, akkor az áramerősség R-ben fokozódik, mi a vasmag lefelé mozgását, s a csúcsok távolodását létesíti.

A főáramkörben a lámpa állandó áramintenzitás mellett, a mellékszáratban állandó feszültség mellett szabályozódik; a differentiális lámpa állandó ellenállás mellett szabályozódik.

A kivétel számtalan csinja-binja ennek a munkának terjedelmén kívül fekszik. Nehány adat a lámpák üzemét illetőleg: egyenáram esetében:

Intenzitás	3	6	9	12	15	20	30	40 amp.
Feszültség	41	43.5	44.8	46	47	48	50	52 volt
Ivhosszuság	1	1.9	2.8	3.5	3.9	4.7	5.4	6 mm

váltakozó áram esetében:

Intenzitás	6	10	16	20	30 amp.
Feszültség	27	28	29	30	32 volt
Ivhosszuság	1.5	1.7	2.3	2.3	2.5 mm

Ezekből az tűnik ki, hogy egyazon áramerősség mellett a váltakozó áramú lámpa gyöngébb fényű, mint az egyenáramú, mert a lámpával közölt energia az első esetben 30.I volt-amp., az utóbbiban pedig 45.I volt-amp., s így az első esetben a fényerősség, a második esetben létesülőknek körülbelül 66%-a.

A legújabb vívmány ezen a téren a Bremer-féle lámpa (1900). Ennél először is a szénbe 20—50% oly vegyületeket kevernek, melyek calciumot, siliciumot

és magnesiumot tartalmaznak. A lámpában a szenek egymáshoz körülbelül derékszög alatt hajlanak. Ennélfogva három árapálya létesül, melyek közül a fölülről lefelé és alulról fölfelé irányulók a vízszintes pályában létesülő fényívre taszítólag hatnak, s azt legyezőszerűleg kiterjesztik. Gyöngébb áramok esetében a fényív szétterjesztését két, oldalvást alkalmazott elektromágnes létesíti. A szabályozást a fényív mellézáratában alkalmazott elektromágnes végzi. A lámpa igen egyenletesen ég, a szemet sárga fénye nem sérti, a lámpát burkoló, homályosra csiszolt üveggolyó egész terjedelmében árasztja a fényt, s nem lépnek föl benne azok az éles árnyékok, melyek a megelőzőleg leírt lámpáknál zavarólag hatnak. *Wedding* mérései szerint egy szabadon égő egyenáramu lámpánál 12·3 amp. áramerősség és 44·4 vt feszültség, tehát 546 watt-nyi fogyasztás mellett, a fényerősségek a következők voltak:

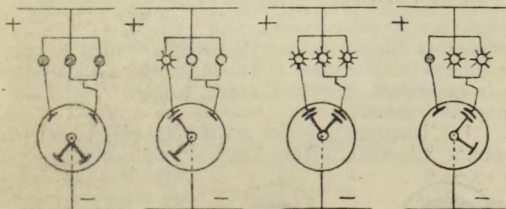
A vízszintes alatti szög	6·7°	16·8°	26°	32°	36·8°	42°	45·4	51·1	55°	59·2	65°	90°
Fényerősség Hefner egységekben	1470	3202	4060	5080	5220	6070	6520	6250	5410	7420	6070	6180

Egy másik, szintén nevezetes újítás a *Nernst-lámpa*. Alapgondolata az, hogy a félvezetők, mint pl. mész, magnesia és más rokon testek, ambiáns hőmérsékleten az áramot sehogysen vezetik; de igen magas hőmérsékleteknél legalább is oly jól vezetnek, mint a szén. A lámpában, magnesiából préselt, keményre égetett csövecskék szerepelnek, melyekbe az áramot fémkupakokon át vezetjük. Ha a csövecskét akár lánggal, akár elektromos árammal (mely kellő fölmelegítés után automatikusan kikapcsolódik) eléggé fölmelegítjük, akkor a lámpát tápláló áram a csövecskét izzásban tartja, s igen kellemes fényt nyerünk. Az izzás levegő jelenlétében is történhet, s a lámpa állítólag igen tartós. Ha sikerülne az előmelegítést kiküszöbölni, akkor a Nernst-lámpa az izzólámpákat teljesen kiszorítaná a használatból.

A különféle fényforrások takarékoságát illetőleg a következő összeállítást közöljük.

Fényforrás	Órán- kinti fogyasz- tás	Totális hőmennyi- ség Caloria	Felhasznált hő- mennyiség gyertya- fényenkint	Ár óránként fill.	Fényerősség	1 gyertyafény ára óránként fill.
Világító gáz (lepkeláng) .	399 lit.	1995	66.5	8.0	16	0.50
"    " (Argand) .	200 "	1000	50.0	4.0	20	0.10
"    " (Regenerator)	408 "	2042	18.4	8.2	111	0.08
"    " (Auer) . . .	100 "	500	10.0	2.0	50	0.04
Borszesz (Auer) . . . . .	0 057 "	318	10.6	2.4	30	0.08
Petroleum (Auer) . . . . .	0 050 "	550	13.8	1.2	40	0.03
Acetylen . . . . .	36 "	534	8.9	6.5	60	0.10
Izzólámpa . . . . .	48 watt	41.4	2.6	3.6	16	0.22
Ivlámpa (10 amp.) . . . . .	258 "	222	0.37	17.2	600	0.03

Az izzólámpáknál az izzást a falra erősített, átfordítható kulcsokkal lehet megindítani, illetőleg elállítani. Igen kényelmesek a körte-alakú contactusok

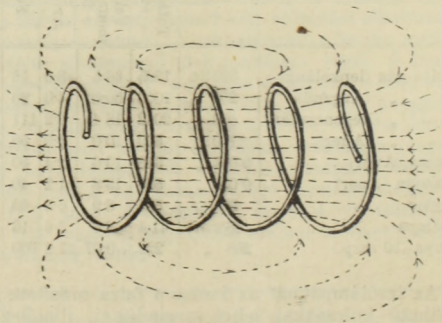


28. ábra. Izzólámpák működésbe hozása és eloltása.

is, melyek úgy vannak berendezve, hogy az első megnyomásra az izzás meginduljon, a másodikra pedig megszűnjék. Csillároknál a contactust oly módon rendezzük be, mint azt a 28. ábra tünteti fel, a 3 lámpa közül egyet sem, egyet, mindhármát vagy csak kettőt működtetvén.

**40. Az elektromágnes.** Ha egy drótspirálison át áramot bocsátunk, akkor belsejében és körülötte mágneses mező keletkezik, melynek erővonalait a 29. ábra tünteti föl. Egy a spirálisba tolt puha vas-

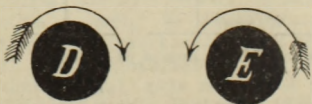
henger az erővonalakat magába fölveszi, s ennél fogva addig, míg a spirálisban áram kering, mágnessé válik. A puha vasban csekély levén a *coercitív erő*, molekuláinak mágneses rendezettsége az áram megszüntével ugyancsak megszűnik. Így tehát az *elektro-*



29. ábra. Drótspirális mágneses mezejének erővonalai.

*mágnes* az állandó mágneztől abban különbözik, hogy mágneses tulajdonságai tőlünk függenek, a mennyiben a mágnességet gerjesztő áram teljesen a mi hatalmunkban van.

Ha ismerjük Ampère szabályát, akkor könnyen számot adhatunk arról, hogy a vasmagnak melyik vége lesz az áram egy bizonyos iránya mellett a déli vég. Ugyanis, ha a *vasmagra* tekintve, az áram azt az óramutató járásával ellenkező irányban kerülüli meg, akkor a *vasmag felénk forduló vége déli mágneses vég* lesz.



30. ábra. Az elektromágnes polusainak szabálya.

(30. ábra.)

A tekercs belsejében létesülő mágneses mező intenzitása annál nagyobb, mennél több az 1 cm-nyi hosszúságra jutó tekervény és mennél erősebb az áram. Ha az áramerősséget ampèrekben fejezzük ki,

akkor a tekercset az *ampère-tekervények* számával jellemezhetjük, értvén ez alatt az áramerősségnek az 1 cm-nyi hosszúságra jutó tekervények számával való szorzatát.

Elméletileg megállapítható, hogy a tekercs belsejében létesülő mágneses mező körülbelül mindenütt egyenlő intenzitású, és intenzitása az ampère-tekervények számának  $\frac{5}{4}$ -szerese. Ennek alapján megállapíthatjuk a tekercs belsejében levő erővonalak számát. Ugyanis a  $\text{cm}^2$ -en áthaladó erővonalak száma egyenlő az illető helyen mutatkozó intenzitással. Ha tehát a tekercs minden  $\text{cm}$ -ére pl. 10 tekervény esik, és az áram 4 amp.-nyi, akkor az ampère-tekervények száma 40, és a  $\text{cm}^2$ -enkinti erővonalak száma ennek  $\frac{5}{4}$ -szerese, vagyis 50. Ha a tekercs belső keresztmetszete pl.  $60 \text{ cm}^2$ , akkor a tekercsen  $6 \cdot 50 = 300$  erővonal halad keresztül. Összehasonlításképpen fölemlítjük, hogy a Föld mágneses mezejében minden  $\text{cm}^2$ -en 0.5 erővonal megy keresztül, s így ennek a szerény méretű tekercsnek mágneses mezeje 600-szorta erősebb a Föld mágneses mezejénél.

A tekercs belsejébe hozott puha vasmag mágnessé válván, a tekercs belsején átmenő erővonalok számát szaporítja. Ez a szaporodás a vas fajtája szerint különböző, mint azt az alábbi szám adatok mutatják:

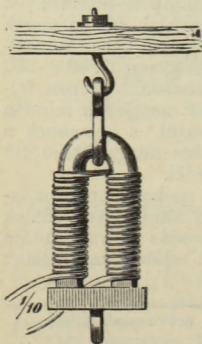
Ampère-tekervények száma	Az 1 $\text{cm}^2$ -re jutó erővonalok száma		
	Kovácsvas	Aczélöntvény	Öntött vas
5	9000	11000	—
10	12000	13500	2300
15	13300	14500	3900
20	14400	15000	5000
25	14900	15500	5600
30	15300	15800	6200

A mágnek a tekercsbe helyezése után fellépő erővonalok számának az üres tekercs erővonalainak számához való arányát az illető vasfajta *mágneses vezetőképességének* vagy *mágneses permeabilitásának* hívjuk. A megelőző adatokból táblázatot készíthetünk a mágneses permeabilitásra nézve.

Az amp. tekerv. száma	Az erő- vonalok száma	P e r m e a b i l i t á s		
		Kovácsvas	Aczélöntvény	Öntött vas
5	6·25	1440	1760	—
10	12·50	960	1080	184
15	18·75	709	773	208
20	25·00	576	600	200
25	31·25	477	496	179
30	37·50	408	421	165

Az olyan anyagokra nézve, melyek az erővonalok számát nem szaporítják, a mágneses permeabilitás = 1.

Ha igen erős elektromágnesekről van szó, akkor rendszerint két, az egyik végükön vassal összekötött vasmagot használunk. (31. ábra.)



31. ábra. Elektromágnes.

**41. Az elektromágnes Ohm-féle törvénye.** Tekintsünk egy vasgyűrűt, mely végig tekervényekkel legyen körülvéve. A mágneses mezőt az ampér-tekervények létesítvén, ezek számának  $\frac{5}{4}$ -szeresét a gyűrű *magnetomotoros erejének* nevezhetjük. A gyűrűhosszúságát a középvonala mentén mérjük. Azt a mennyiséget, mely a vasmag permeabilitásától, a gyűrű keresztmetszetétől és hosszúságától függ,

a gyűrű *mágneses ellenállásának* hívjuk. A gyűrű belsőjén átvonuló erővonalok száma egyenesen arányos a gyűrű magnetomotoros erejével ( $M$ ) és fordítva arányos a gyűrű mágneses ellenállásával ( $W$ ). Tehát  $= \frac{M}{W}$ .

Ez az Ohm-féle törvénynek analogonja.

A mágneses ellenállás épen úgy, mint a sodronyok elektromos ellenállása, egyenesen arányos a gyűrű hosszúságával ( $l$ ), fordítva arányos a gyűrű keresztmetszetével ( $q$ ) és a permeabilitással ( $p$ ).

$$\text{Tehát } W = \frac{l}{pq}.$$

Ha a gyűrű valahol meg van szakítva, akkor ott az erővonalok levegőn haladnak keresztül, nagyrészt egyenesen, csak a külső széleken hajlanak kissé kifelé. (32. ábra.) Ez esetben a mágneses ellenállás a

vasdarab és a levegőréteg ellenállásainak összegével egyenlő.

Legyen pl. a keresztmetszet  $q = 2\text{cm}^2$ , az egész gyűrű hosszúsága 40 cm, a levegőréteg vastagsága 1 cm.

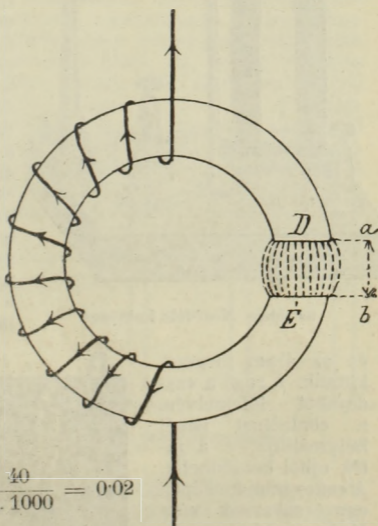
A mágneses permeabilitása  $p = 1000$ . Ha a gyűrű nem volna megszakítva, akkor mágneses ellenállása

$$W = \frac{l}{pq} = \frac{40}{2 \cdot 1000} = 0.02$$

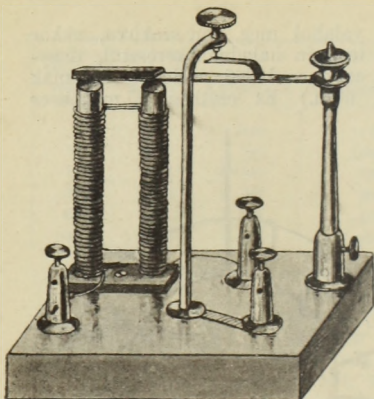
volna. De minthogy meg van szakítva, azért

$$W = \frac{39}{2 \cdot 1000} + \frac{1}{2} = 0.0195 + 0.5 = 0.52.$$

**42. Neef-féle kalapács.** Az elektromágnes alkalmazásai közül főlemlítjük a legrégebb árammegszakítók egyikét, a *Neef-féle kalapácsot*. (33. ábra.) Az ábrát megtekintve, azt látjuk, hogy az áram két szorítón át vezetetik a megszakítóba, és az utóbbiból az elektromágnes tekervényeibe, az előbbiből pedig a tűhöz halad. Az elektromágnes végei fölött az oszlophoz erősített rugón levő vasdarab áll. A rugóra felül még egy toldalék van forrasztva, melyhez



32. ábra. Gyűrűalakú elektromágnes erővonalai.

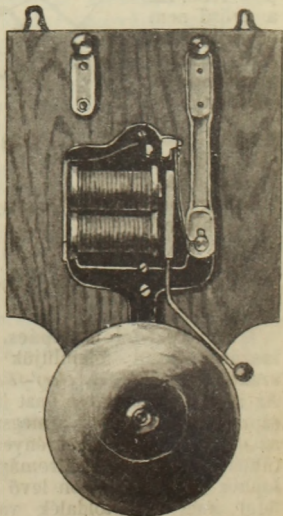


33. ábra. Neef-féle kalapács.

a csúcs támaszkodik. Az áramot a készülékből más két szorítón át lehet ki vezetni. Úgy a hogy a rajz a viszonyokat feltünteti, most az áramkör zárva van, mert a csúcs a toldalékhoz támaszkodik. De ekkor az elektromágnes gerjesztvén, a vasdarabot magához ragadja, miáltal a csúcsnál a contactus megszűnik

és az áram megszakítatik. A rugó a vasdarabot fölemelvén, a contactust ismét helyreállítja, s a játék újból kezdődhetik. A csúcs tulajdonképen egy csavarnak vége lévén, a csavar segítségével beállítható, s így az eszköz érzékenysége az áramerősséghez képest szabályozható. Ott, ahol a csúcs a toldalékra támaszkodik, erre egy platinalemezke van forrasztva, hogy a megszakításbeli szikra a contactust idővel el ne rontsa.

A rugónak elegendően erősnek kell lennie, hogy a horgonyt



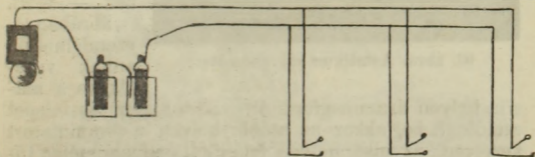
34. ábra. Jelző csengettyű.



a patkótól a remanens mágnesség hatása daczára elszakítsa. Ha ezt nem képes megtenni, akkor a kalapálás nem indulhat meg. Az eszköz másodpercenként legföljebb 20-szor szakítja meg az áramot.

**43. Jelző csengettyű.** Ha a Neef-kalapács horgonyára harangverőt a kalmazunk, s ennek közelébe harangot állítunk, akkor ezt az árammegszakítót átalakítottuk *jelző csengettyűvé*. Az eszköz szokásos alakját a 34. ábra tünteti föl. Ezek segítségével rendezhetünk be házi jeladó szerkezeteket. Az a kapcsolásmód, melynek segítségével egy jelző csengettyű több helyről megszólaltatható az 35. ábrában látható.

Az ilyen berendezésekben igen gyakran zavarok állanak elő, melyek házilag is elháríthatók, ha a következő utmutatásokat vesszük figyelembe.



35. ábra. Jelzőcsengettyű több contactussal.

a) Mindenekelőtt megvizsgálandó a telep, mely rendszerint Leclanché-féle elemekből állítatik össze. Ha az elemeken a szalmiak kivirágzott, akkor a telep szétszedendő, megtisztítandó. Ha az elemekben kevés a víz, akkor a vizet pótoljuk, s egyuttal minden elembe kellő mennyiségű szalmiakot teszünk. Az elemeket összekötő drótok végei letisztítandók, valamint a szorító csavarok is, hogy e kettő közt fémes contactus legyen.

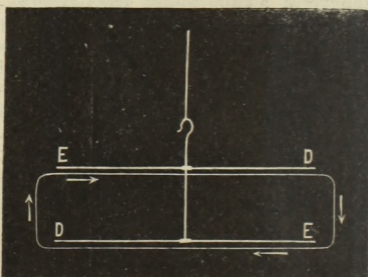
b) A vezetékben megszakítás leginkább ott szokott előfordulni, ahol a drót nedves helyen fekszik, többek közt a telep közelében. Ha a drót nem a vakolat alatt fekszik, hanem szabadon van vezetve, akkor a megszakítást könnyen orvosolhatjuk.

c) Megvizsgálandók a contactusok, mert néha a gomb lenyomása nem elegendő a zárat létesítésére, vagy a rugók egyike eltörhetett.

d) Megvizsgálandó a jelző csengettyű, mert leg-

többször a vasmag állandó mágnessé válván, a horgonyt fogva tartja, s így a cseppet nem indulhat meg.

**44. Telegraph.** Az áram irányát megváltoztatván, egy az áram közelébe helyezett mágnessű kitérésének iránya is megváltozik. Ha két, egymástól



36. ábra. Astatikus galvanométer.

távol fekvő hely egyikén érzékeny astatikus galvanométert állítunk föl (schematikus rajza az 36. ábrában, lát képe — a Nobili - félenek — a 20. ábrában szemlélhető) s annak vezetékebe a má-

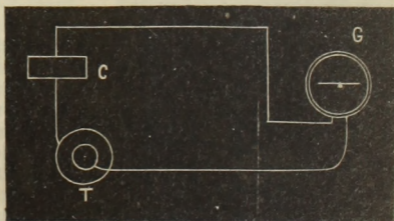
sik helyen árammegfordítót (commutator) és telepet csatolunk be, akkor az utóbbi helyen a commutatort kezelvén, az első helyen felállított galvanométer tűjének különböző irányú kitérésével jeleket adhatunk. Ilyen módon 1833-ban Gauss és Weber göttingai tanárok a

mágneses megfigyelő állomást a csillagvizsgáló intézettel kötötték össze. (37. ábra.) A módszert

Steinheil tökéletesbítette, s a

tengerentúli telegrafálás még most is ezen az alapon áll.

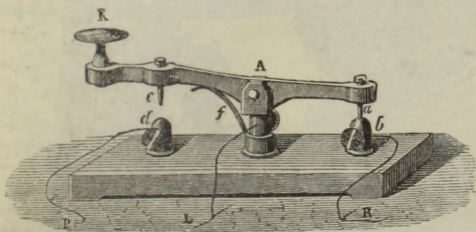
Az elektromágnes azon tulajdonságát, hogy mágneses, míg a tekercsben áram kering, de mágnességét azonnal elveszti, amint az áramot megszakítjuk, igen jól föl lehet használni arra, hogy az árammal a távolba jeleket adjunk, telegrapháljunk. Samuel Fin-



37. ábra. Gauss-Weber telegraphja.

ley Breese Morse amerikai festőművész volt az első, ki ezt a gondolatot értékesítette, s 1844. május 27-én Washington és Baltimore közt az első Morse-féle telegraphvonalat a közhasználat számára megnyitotta.

A Morse-féle rendszer eszközei: a) az elektromos telepek, b) a jeladó, c) a vezeték, d) a relais és e) a jelvevő. A jeladó tulajdonképpen árammegszakító (38. ábra). Ha K markolatot lenyomjuk, akkor a *c* és *d* csúcsok érintkezvén, a P telep egyik sarka az L külső vezetékkel összeköttetvén, az áramot zárjuk. Ha a markolatot eleresztjük, akkor az *f* rugó a jeladó karját nyugalmi helyzetbe szorítja vissza, miközben az *a* és *b* csúcsok érintkezvén, saját állomásunk jelverőjét kötjük össze a külső vezetékkel.



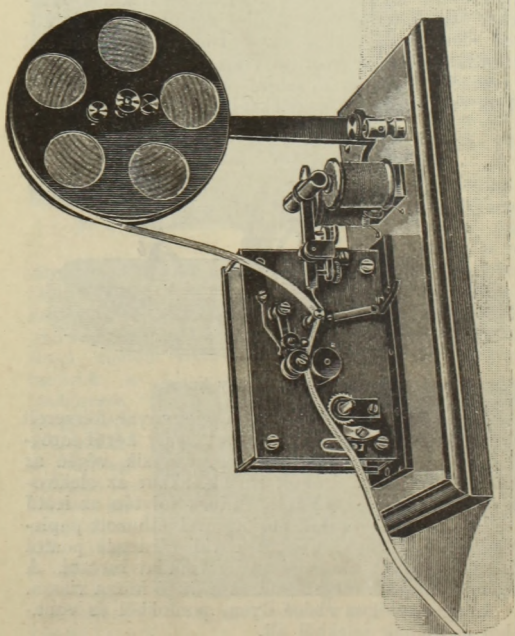
38. ábra. Jeladó vagy kulcs.

A jelvevő (39. ábra) a horgonnyal felszerelt elektromágnesből áll. A horgony tengely körül foroghatólag karra van erősítve, mely másik végén az íróút tartja. Ha az áramot zárjuk, akkor az elektromágnes a horgonyt lehúzza, minek folytán az íróút a hengerek közt óramű segítségével áthúzott papírszalaghoz szoríttatik, s erre rövid zárásnál pontot szúr, huzamosabb zárásnál pedig vonalat karczol. A horgonyt az áram megszakításakor rugó húzza vissza.

A telegraphikus ábécé ilyen, pontokból és vonalokból combinált jelekből áll.

A . . . . .	I . . . . .	R . . . . .	3 . . . . .
B . . . . .	K . . . . .	S . . . . .	4 . . . . .
C . . . . .	L . . . . .	T . . . . .	5 . . . . .
D . . . . .	M . . . . .	U . . . . .	6 . . . . .
E . . . . .	N . . . . .	V . . . . .	7 . . . . .
F . . . . .	O . . . . .	Z . . . . .	8 . . . . .
G . . . . .	P . . . . .	1 . . . . .	9 . . . . .
H . . . . .	Q . . . . .	2 . . . . .	0 . . . . .

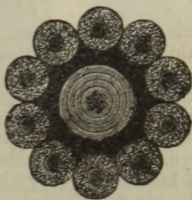
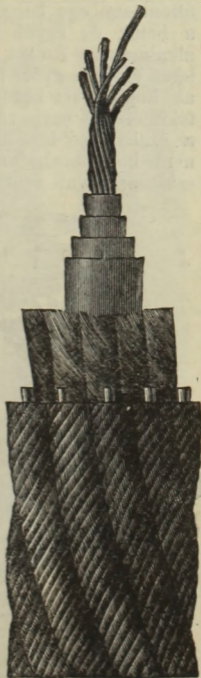
A vezeték zinkezett vassodronyból áll, mely a szabadban fapóznákra szerelt porcellánszigetelőkre van erősítve, s melyben az áram mp.-enkint körülbelül 25000 km-nyi sebességgel halad. A tengeralatti telegraphnál guttaperchéval szigetelt vörösréz-sodronyt



39. ábra. Jelző- vagy írókészülék.

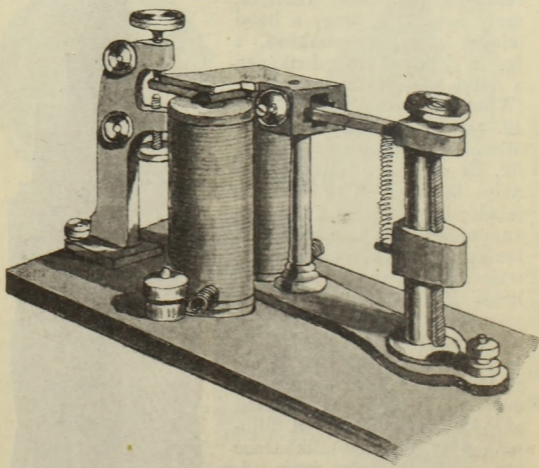
használnak, mely a sérülésektől ólomfogalattal van megvédve. (Kábel 40. ábra.) Eredetileg az áramkört visszatérőleg is sodronnyal zárták. Steinheil azonban 1838-ban észrevette, hogy az áramkör a talajon keresztül zárható, s így ezóta csak félsodronnyra van szükség, mint amennyit annakelőtte alkalmaztak.

A messziről jövő áram intenzitása a nagy ellenállás miatt annyira gyöngül, hogy az esetleg nem képes a jellevő elektromágnesét eléggé erélyesen gerjeszteni. Ezért a külső vezeték áramát a föllevő állomásnak egy igen érzékeny elektromágnesébe, a *relais*-ba (41. ábra) vezetjük, mely arra való, hogy a helyi telepet zárja, megszakítsa, s így a jellevőt tulajdonképen a helyi telep hozza mozgásba. (Wheatstone találmánya.) Az 42. rajz két összekötött táviróállomás felszerelését tünteti föl. És pedig A a jellevő, O a helyi telep, R a *relais*, S a jeladó, L vonaltelep, M a galvanométer, P a talajba vezető lemez. Az eszközök összekötetései a rajzban jól megfigyelhetők. Ha az I. állomáson a jeladót lenyomjuk, s az áram az R *relais* megkerülésével az 1, 2, M, 3, 4, M, 5, 6, R', 7, 8, P' uton a talajba megy, s azon át P, 9, S, 10, L uton záródik. Így tehát a II. állomáson az R' *relais* működésbe jön, s az O' helyi áram záródik; az pedig mozgásba hozza a II. állomásnak A' jellevőjét. Úgyes távirászzal ezzel a készülékkel percenkint körülbelül 100 betűt képes továbbítani. Minthogy azonban az írásjelek természeténél fogva a telegramm elferdítései nem tartoznak a ritkaságok közé, azért a drágább, de tökéletesebb *Hughes*-féle rendszerre kezdenek áttérni, melynek alapelve a következő: mindkét



40. ábra.  
Kabel.

állomáson egy korong van fölállítva, melynek szélein a betűk és egyéb írásjelek vannak domborművüleg alkalmazva. Ezeket a korongokat két óramű egyenletes és igen gyors forgásba hozza. Fontos körülmény az, hogy a két korong mozgása *synchron*, vagyis idő tekintetében egybevágó legyen. Ezt a synchronismust a szabályozó biztosítja, melynek leírásába e helyütt nem bocsátkozhatunk. A telegraphálásnál most már csak arra van szükség, hogy akkor, amikor a meg-

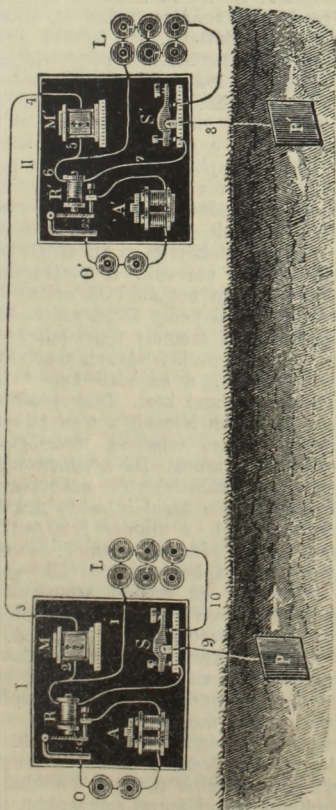


41. ábra. Relais.

telegraphálendő betű a korong forgása közben legfelülre kerül, a fölvevő állomás műszerén a papírszalag a koronghoz szorítottatik. Ezt a fölvevő állomáson egy elektromágnes eszközli, melyet a feladó állomástól megindított áram gerjeszt. E célra a feladó állomáson billentyűsorozat van, melynek billentyűi a korongon levő írásjeleknek felelnek meg. Ha a billentyűt lenyomjuk, akkor a telepet zárjuk ugyan, de az áramkör csakis akkor záródik, ha a korong a nyomtatandó betűnek megfelelő állásba kerül. A bonyolódott szerkezet közelebbi leírásába nem bocsát-

kozhatunk, csupán azt jegyezzük még meg, hogy az minden bonyodalmassága daczára nagy praecisióval dolgozik.

A telegraphia eszményét megközelíti a Caselli-féle *pan-telegraph*, amelyben ennél a feladó egyén kezeirása továbbítatik, s a telegraph útján módunkban áll a feladó személyazonosságát is constatálhatni. Alap gondolata a következő. Mindkét állomáson fel van állítva egy-egy fémlemez. A feladó állomáson a telegraphmot egy az áramot nem vezető, gyantás folyadékkal ráírjuk a fémlmezre. A felvevő állomáson egy sárga vérlugsóoldattal impregnált papiros van a fémlmezre föl erősítve. Mindkét állomáson synchron óraművek két fémpálczát hoznak a lemezek fölött mozgásba, úgy, hogy azok a lemezekre egymásközt párhuzamos vonalakat húzzanak. Addig, amíg a feladó állomás fémpálczája fémes contactussal bír, az áramkör záródik, s a felvevő állomás fém-



42. Tábra. Két telegraph-állomás kapcsolása.

pálcáján átmenő áram a vérlugsót megbontván, abból berlini kék válik ki, s a papiroson kék vonal keletkezik. De amint a feladó állomás fémpálcája a szigetelő tintavonáson halad át, áthaladása közben az áram megszakíttatik, s a felvevő állomás papirlapján ennek a megszakításnak megfelelőleg fehér folt keletkezik. Ily módon a felvevő állomáson a telegrammot kék alapon fehér írással állítjuk elő. A synchronismus biztosításának nehézségei miatt ez a rendszer még nem ment át a gyakorlatba.

A telegraphia napjainkban a gondolatközlés hatalmas eszközévé vált Hazánkban 1898. végén 3026 állomás működött, s a telegraph-vonalok hosszúsága 22,017 km volt. Némely állomásokat egymással több vezeték is összekötvén, a kifeszített sodronyok hosszúsága 107,370 km volt. A telegrammok száma az átmenő forgalom beszámítása nélkül 7·07 millió, annak beszámításával pedig 13·58 millió darab volt. A szolgálatot 17,871 személy teljesítette.

A tengerentúli telegraphia gondolata *Wheatstone*-tól származik, s az első kábelt 1852-ben fektették Anglia és Ireland közt. Több sikertelen kísérlet után végre 1866-ban létesült a transatlanti kábel, s azóta már az összes tengerek méhében száguldoznak az elektromos áramok. De a tengerentúli telegraphiánál nemcsak a kábelfektetés nehézségeivel kellett megküzdeni, hanem azzal is, hogy a kábel mint condensator szerepel, s minden jeladásnál először megtöltendő, s a jeladás után ismét kisütendő. Ez a körülmény a telegraphálást rendkívüli módon meglassította. A kisütésnél az eredeti árammal ellenkező irányú áram, a *visszatérő áram* megy a műszereken keresztül, ami nagy zavarokra adhat alkalmat. Polarisált relais- és írőkészülékek segítségével sikerült a visszatérő áramot paralyzálni, amennyiben ezek a készülékek úgy vannak szerkesztve, hogy csak adott irányú áram bírja azokat mozgásba hozni. A másik nehézség az áramnak túlságos gyöngesége volt, melynél fogva a telegraphálás csakis igen érzékeny galvanométerek segítségével, tehát a tűnek kétoldali kitérítéseire volt alapítható. Ennélfogva percenkint legföljebb 12 betűt lehet telegraphálni. Egy másik kellemetlen körülmény az, hogy a telegrammnak hiteles másolata, melyet maga a gépezet készít el, nem marad fenn, s így a hibás leadás folytán okozott károk nem orvosolhatók.



Ezen segített *William Thomson* (lord Kelvin) *syphon-recorder*-e, melynek rövid leírása a következő. A készülék áll az *elektromótorból* és a *recorderből*. Az elsőnél egy igen könnyű, téglalap-alakú sodronytekercs szerepel, mely igen vékony és sokszoros tekervényű drótból készül, s cocon-szálon egy igen erős permanens mágnes polusai közt végezheti forgásait. A polusok fölött egy rézlemez áll, melyre alkalmas méretű vasdarab van felerősítve, hogy a polusok közt fellépő erővonalakat megrövidítse, s azokat abba a két hosszukás hézagba koncentrálja, melyek a tekercset a mágnes száraitól elválasztják. A tekercs elfordulásainak nagyságát is igen szellemes módon korlátozta a feltaláló, amennyiben a tekercsről alul cocon-szálakon két apró nehezék lógg le, s a tekercs alatt egy a függőlegeshez gyöngén hajló fémlap van felállítva úgy, hogy elfordulás közben végre az egyik nehezék erre a lapra kerül, s a további elfordulás megszűnik.

Ezen két coconszál közt, irányukra merőlegesen egy vékony aluminiumlemezke van a tekercs alá erősítve, hogy a tekercs elfordulásai segítségével észrevehetőkké válhassanak.

A recorder célja ennek az aluminium-mutatónak mozgásait automatikusan följegyezni. E célból a mutatóhoz pécsviaszszal hozzá van ragasztva egy üvegből készült capilláris szívócső (syphon, innét a műszer neve), mely tehát részt vesz a mutató mozgásaiban. Felső vége egy kis vályuba merül, melyben igen folyós tinta áll, másik vége pedig gyöngéden egy papírszalagra támaszkodik, melyet előtte óramű húz el. Ily módon nem csupán azt éri el a feltaláló, hogy a tekercs kimozdulásai nagyíttatnak, hanem azt is, hogy a papírszalagra ezek a kimozdulások sinusoidális vonal alakjában följegyeztetnek. Gondoskodott még arról is, hogy a syphon végének rezgései, melyek zavart okozhatnának, ellensúlyoztassanak, továbbá arról is, hogy a tekercs járását a Földben haladó áramok ne befolyásolják. Ily módon a tengerentúli telegraphálás kérdése megoldottnak tekinthető.

**45. A telegraphálás meggyorsítása.** Eleinte a fővonalakon több sodrony fektetésével tették lehetővé azt, hogy egyszerre több telegrammot is lehessen továbbítani. A törekvés oda irányult, hogy alkalmas módon egy-ugyanazon sodronyon is lehessen egyidejűleg több telegrammot továbbítani. Mielőtt

erre áttérnénk, a gyorsítás két más nemét tárgyaljuk. Erre a célra *Wheatstone* a következő módszert gondolta ki. A *perforator* segítségével a telegrammokat egy szalagra rakja föl, melynek közepén aequidistans lyuksor lévén, ezt a szalagot egy óramű fogaskereke felgombolyíthatja. A középső lyuksortól két oldalt a perforator üt a szalagon lyukakat, a Morse-féle jeleknek megfelelőleg. Ugyanis, ha két lyuk épen szemközt áll, akkor az egy Morse-féle vonalnak felel meg, ha egy lyuk magányosan áll, az egy Morse-féle pontnak felel meg. Amilyen gyorsasággal képes az óramű a perforált szalagot felgombolyítani, oly gyorsasággal történhet a telegraphálás.

Ugyanezt a gondolatot valósítja meg a *Baudot*-féle rendszer, amennyiben a *distributor* segítségével a sodronyt periodikusan 6 telegramm számára teszi szabaddá, s így lehetségessé teszi azt, hogy a sodrony folytonos használatban álljon, anélkül, hogy a személyzet túlságosan igénybe vétetnék.

A sodrony egyidejű használatának megvalósítását látjuk a *duplex*, *diplex* és *quadruplex* rendszerekben. A *duplex*-rendszer lehetségessé teszi azt, hogy egyazon sodronyon ellenkező irányokban egyidejűleg két telegramm továbbíttassék, a *diplex*-rendszernél egyazon sodronyon egyező irányban egyidejűleg két telegramm továbbítható, a *quadruplex*-rendszer e kettőnek kombinációja, s így 2 pár telegrammnak továbbítását teszi lehetségessé.

A duplex-rendszer alapgondolata abban áll, hogy a feladó-állomás árama megkerülje ennek az állomásnak irókészülékét, és csupán a felvevő állomás irókészülékére hasson. Így a feladó állomás irókészüléke szabadon marad, és képesek leszünk egyazon állomáson egyidejűleg egy telegrammot továbbítani, s egy máshonnan továbbítottat fölvenni.

Ezt a gondolatot *Wheatstone* a következő módon valósítja meg. Mindkét állomáson a vonaltelep egyik sarka le van vezetve a talajba, másik sarka pedig a jeladóhoz van csatolva, s innét tovább vezetve, ketté ágazik. Az ágakat mindkét állomáson a hid köti össze, melybe a galvanométer van bekapcsolva. A felső ágak a vonalra vezetnek ki, az alsók pedig a talajba vannak levezetve. (Az olvasó az ábrát könnyen felrajzolhatja.) A vonal felé tartó ágakba alkalmas nagyságú ellenállást kapcsolván be, el-

érhetjük azt, hogy a galvanométer nyugalomban maradjon, akár lenyomjuk a jeladó gombját, akár nem. Ha most a galvanométert a jelvevővel helyettesítjük, akkor a duplex-kapcsolást létesítettük.

Egyéb részletekbe ennek a munkának keretében nem bocsátkozhatunk, s így a telegraph ismertetését még egy táblázattal egészítjük ki, melyben fel van tüntetve, hogy 4—500 km-nyi távolságon belül hány, átlag 20 szóból álló telegrammot lehet óránként továbbítani?

R e n d s z e r	Egyszerű	Duplex
	k a p c s o l á s s a l	
Morse . . . . .	25	45
Wheatstone . . .	90	160
Hughes . . . . .	60	110
Baudot . . . . .	240	—
Tükörtelegraph .	30	50
Syphon-recorder .	30	50

A telegraphiára még egy alkalommal visszatérünk.

**46. A Biot-Savart-féle törvény.** Az Ampère-féle szabály megadja a mágnesű kitérítésének irányát. Az áram a tűt a saját irányára merőleges elhelyezésbe törekszik hozni. Így tehát a mágnesűre két ellenkező erőpár hat: a földmágnesség erőpárja, és az áram létesítette erőpár. Ha a tű bizonyos helyzetben megáll, akkor ez a két erőpár egymást egyensúlyozza. Annak az erőnek a nagyságát, amely erővel egy köralakú áramvezeték egy mágneses polusra hat, a *Biot-Savart-féle* törvény állapítja meg. E szerint ugyanis: az a mágneses erő, melyet egy köralakú áramvezeték kifejít, egyenlő annak az igen rövid mágnesrúdnak hatásával, mely a köráram közép-pontjában, síkjára merőlegesen van elhelyezve, s melynek mágneses momentuma egyenlő a körvezetékben haladó áram intenzitásának a körvezeték felszínével való szorzatával.

Emlékeztetésül megjegyezzük, hogy a mágnesrúd vagy tű mágneses momentuma alatt az egyik polusban elhelyezett mágneses tömegnek a polusok távolságával való szorzatát értjük, s hogy ez az adat az illető mágnesre nézve minden erőhatásait illetőleg jellemző.

Azt, hogy a köráramot helyettesítő mágnes polusai merre felé fekszenek, az Ampère-féle szabály állapítja meg.

Minthogy a mágnesű ugyanabba az irányba törekszik beállani, mint amelyben a rá ható mágnesrúd fekszik, ennél fogva törvényünk értelmében a mágnesűnek a körvezeték síkjára merőleges állás felé kell törekednie.

**47. Az áramintenzitás elektromagnetikus egysége.** Ha megállapodunk a mágneses-momentum egységét illetőleg, akkor ezzel az áramintenzitás egységé is megállapítottuk. A mágneses momentum főntebb adott értelmezése szerint akkor egységnyi, ha a polusok távolsága a hosszúságegységgel, a polusban foglalt mágneses tömeg pedig a mágneses tömeg-egységgel egyenlő. Így még ez utóbbit kell értelmeznünk. Ha a hosszúság, idő és tömeg alapegységeül a centimétert, másodpercet és a gramm-tömeget (1 cm<sup>3</sup>-nyi 4° C hőmérsékletű tiszta víznek tömege) fogadjuk el (abszolút mértékrendszer), akkor a mágneses tömegegység alatt azt a mágnesség-mennyiséget értjük, mely egy pontba összegyűjtve, ugyanakkora mennyiségre 1 cm távolságból 1 din erővel, azaz akkora erővel hat, mely 1 mp.-ig állandó intenzitással működven, a grammtömeggel mp.-enkint 1 cm-nyi sebességet közöl.

A mágneses momentum egysége a *gauss*.

Ezek alapján már most az áramintenzitás abszolút elektromagnetikus egysége alatt annak az áramnak az intenzitását értjük, mely egységnyi területű (1 cm<sup>2</sup>) körben keringve, hatását illetőleg egyenértékű azzal a mágnessel, amelynek mágneses momentuma 1 gauss.

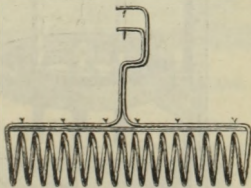
Az ampère ennek az egységnek  $\frac{1}{10}$ -része.

**48. A Biot-Savart-féle törvény alkalmazása.** A törvény segítségével a köráramok elektromagnetikus hatásai egyszerűen megmagyarázhatók. Minden köráram alkalmas módon mágnessel helyettesíthető. Egy sodronytekercset annyi párhuzamos köráramból állónak tekinthetünk, ahány tekervényből áll. A tekervényeket helyettesítő mágnesek egyirányuak levén, az egész tekercset elektromagnetikus hatásait illetőleg egy mágnes helyettesítheti, melynek momentuma az áramerősségből és a tekercs méreteiből kiszámítható, polusainak fekvése pedig Ampère szabályával megállapítható. Így ha a tekercs közelében mozgékonyan

mágnezt állítunk fel, akkor a körülményekhez képest a tekercs a mágnezt vagy befelé húzza, vagy kifelé tolja.

Ha permanens mágnes helyett puhavas rudat használunk, akkor azt a tekercs mágnesezi, s mint-hogy a vasmag polusainak fekvése megegyezik a tekercs polusainak fekvésével, s így tekercs és vasmag ellentétes polusokkal kerülnek egymással szembe, azért a tekercs a vasmagot mindenkor befelé húzza. Ezen a gondolon alapulnak a *solenoidális* mérőkészülékek, mint a milyenek a *Hartmann* és *Braun*-féle ampèreméter és voltméter.

A foroghatólag felfüggesztett tekercset *solenoid*-nak hívják. (43. ábra.) Az ilyen tekercs, ha rajta áramot vezetünk keresztül, a Föld mágneses erejének irányító hatása következtében tengelyével beáll a mágneses meridiánba, tekervényeinek síkja tehát erre az irányra merőleges elhelyezést vesz föl. Ennélfogva a mágnesrúd is solenoidnak tekinthető, s így a mágneses tűnemények nem alkotnak külön tűnemény csoportot, hanem tulajdonképen az elektromosság körébe tartoznak. Uyen alapon áll a mágnes-ségnek Ampère-féle elmé-



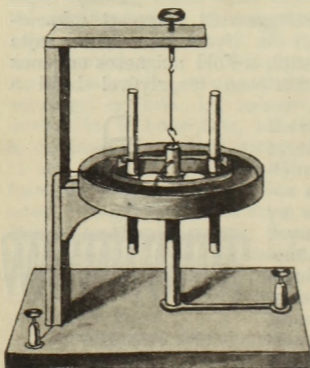
43. ábra. Solenoid.

lete. A solenoid mágneses polusai azonban a tengely végpontjaiban fekszenek, míg a mágnesrúd polusai beljebb foglalnak helyet, s a polusok távolsága általában a rúd hosszúságának  $\frac{5}{6}$ -része. A számítások szerint azonban a mágnesrudat nem egyetlen solenoidnak tekintjük, hanem a párhuzamos tengelyű solenoidok egy kévéjével helyettesítjük, s ekkor ez az eltérés is megszűnik, mert a solenoidkéve polusai oly módon fekszenek, mint a mágnesrúd polusai.

**49. Áram és mágnes kölcsönhatásain alapuló mozgások.** Ha egy szilárdan felállított solenoid közelébe foroghatólag mágneztűt helyezünk el, s a solenoidon át áramot bocsátunk, akkor a solenoid a mágneztűt a saját tengelyével párhuzamos helyzetbe törekszik beállítani. Ennélfogva a mágneztű forgásnak indul. Abban a pillanatban, amikor a mágnes az egyensúlyi helyzetbe kerül, *commutator* segítségével

a solenoidban az áram irányát megfordítván, a solenoid ellenkező hatásúvá lesz, s a mágnessűt megfelelőleg tovább forgatja. A commutator megfelelő módon kezelvén, a mágnessűt állandó forgásba hozhatjuk. Viszont, ha a mágnessűt van szilárdan felállítva, akkor segítségével egy solenoidot lehet állandó forgásba hozni, ha abban az áram irányát alkalmas időközökben commutáljuk.

*Faraday* mindkét esetet commutator alkalmazása nélkül, pusztán a kísérlet körülményeinek czélszerű berendezésével valóította meg.



44. ábra. Mágnessűt hatása forogható áramvezetékre.

Az első esetet a 44. ábra tünteti föl. Az áramot a jobboldali szorítónál vezetjük be a készülékbe, az oszlop tetején látható vascsésze higanyval van tele, s benne áll a párhuzamos megerősítésű mágnessűt tartója, mely másrészt selyem szátra van felfüggesztve. Ezen a tartón és a ráerősített sodronyon át az áram a kör alakú higanyvályuba kerül, honnét egy sodronyon át a baloldali

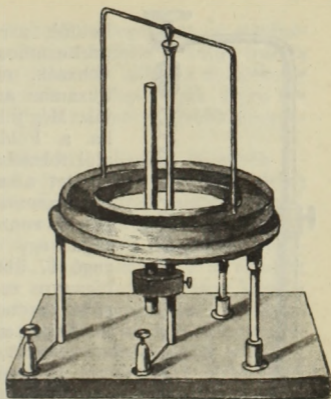
szorítóhoz vezettedik, melyen át a készüléket elhagyja. Itt a higanyvályuba vezető sodronydarab alkotja a mozgó áramdarabot, mely a mágnessűt tengelyére merőleges levén, emiatt nem állhat be a mágnessűt párhuzamos helyzetbe. Így tehát addig, míg az áramot meg nem szakítjuk, egyirányú forgásnak kell előállnia. A forgás iránya függ az áram irányától, s az Ampère szabály alapján előre megállapítható.

A második esetet a 45. ábra tünteti föl, melynél az oszlopon álló kengyel forog a függőleges helyzetű mágnessűt körül. A kép oly világosan tünteti föl a viszonyokat, hogy minden további magyarázat fölöslegessé válik.

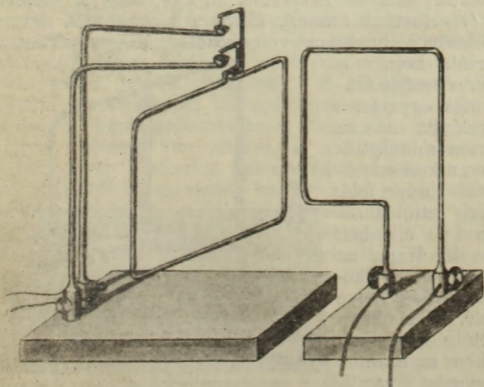
### 50. Áramnak áramra való hatása.

A solenoidnak a mágneses mezőben tanúsított viselkedése *Ampère*-ben azt a gondolatot ébresztette, hogy az áramok egymásra is hatással vannak.

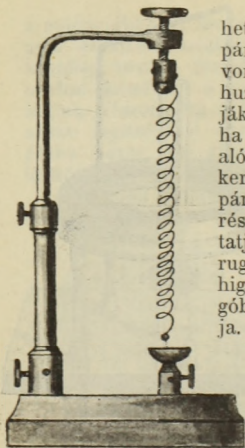
Hogy erről tényleg meggyőződhessék, mozgékony áramvezetőket kellett felállítania. Így szerkesztette meg aztán a róla elnevezett állványt, mely a 46. ábrában látható. Ha a keretbe áramot vezetünk, s a felfüggesztési helyeken a mozgás akadályai igen csekélyek, akkor ez a keret a mágneses meridiánra merőlegesen helyezkedik el. Ha függőleges oldalaival párhuzamosan, azok közelében áramot vezetünk, akkor meggyőződ-



45. ábra. Mágnes forgató hatása.



46. ábra. Ampère-féle állvány.

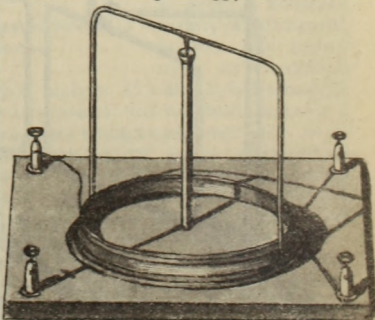


47. ábra. Tánczó spirális.

gőleges tengely körül könnyen forogható második sodronytekercset helyezünk el, úgy, hogy az utóbbiba is vezethetünk áramot, akkor a kereszteződő áramok kölcsönös hatására vonatkozólag meggyőződhetünk arról, hogy: a kereszteződő áramok egymást vonzzák, ha az áram mindkettőben a kereszteződési hely felé, vagy attól elirányul; ellenben ha az áram, az egyikben a kereszteződés helye felé, a másikban attól elirányul, akkor az áramok egymást taszítják.

hetünk arról, hogy: egyirányú párhuzamos áramok egymást vonzzák, ellenkező irányú párhuzamos áramok egymást taszítják. Még jobban sikerül a kísérlet, ha a Föld mágneses behatása alól fölszabadított, u. n. astatikus keretet alkalmazunk. Különben a párhuzamos és egyirányú áramrészek vonzó hatását szépen mutatja egy felfüggesztett spirális rugó (47. ábra), melynek alsó vége higanyos csészécskébe ér, s a rúgóba vezetett áramot ezáltal zárja. Ekkor azonban a tekervények vonzó hatása következtében a rúgó összeszorul, s végét a higanyból kiemeli. Mint-hogy az áram így megszakítatik, a vonzó hatás megszűnik, s a játék újra kezdődhetik.

Ha egy sodronytekercs keretének belsejébe egy függőleges tengely körül könnyen forogható második sodronytekercset helyezünk el, úgy, hogy az utóbbiba is vezethetünk áramot, akkor a kereszteződő áramok kölcsönös hatására vonatkozólag meggyőződhetünk



48. ábra. Kereszteződő áramok hatása.



Ha az egyik áramvezeték mozgékony, s gondoskodunk arról, hogy fordulása közben a hatás iránya a kellő pillanatban megváltozzék, akkor a mozgékony áramrész folytonos forgását is létesíthetjük. Ilyen berendezést tüntet fel a 48. ábra, mely bővebb magyarázatokra nem szorul.

**51. Ampère-féle törvény.** Ezekre és egyéb kísérleti tényekre támaszkodva Ampère számítás útján megállapította az *elektrodinamikának* alaptörvényét, vagyis megállapította annak az erőnek a nagyságát, amelyet két igen rövid áramdarab (áramelem) egymásra kölcsönösen kifejt. Legyenek  $i$  és  $i'$  az áramok intenzitásai,  $\lambda$  és  $\lambda'$  az áramelemeknek igen kicsiny hosszúságai. Az áramelemek középpontjai egymástól  $r$  távolságnyira fekszenek. Az áramelemek  $r$ -rel illetőlegesen  $\vartheta$  és  $\vartheta'$  szögeket, egymással pedig  $w$  szöveget zárjanak be. Ezen adatok az áramelemek térbeli fekvését állapítván meg, a kölcsönös erőhatás *Ampère* szerint

$$f = \frac{ii'\lambda\lambda'}{r^2} \left( \cos w - \frac{3}{2} \cos \vartheta \cos \vartheta' \right).$$

Véges hosszúságu áramvezetéseket áramelemekre bontván szét, mindegyik elemre alkalmazhatjuk a törvényt, s így annak alapján az egész áramvezeték hatását kiszámíthatjuk.

**52. Elektrodinamométer** alatt oly eszközt értünk, melynek segítségével az egymásra ható áramok elektrodinamikusan hatásából az egyik áram ismeretlen intenzitására következtethetünk. A *Kohlrausch-féle* elektrodinamométernél két sodronytekercs van alkalmazva. A belső sodronytekercs fémfonálra van függesztve, tükörrel van ellátva, s alul platinalemezt hordoz, mely kénsavval telt edénybe merül, s nemcsak az áram bevezetésére, hanem a lengések csillapítására is szolgál. A megvizsgálandó áramot akár a külső, akár a belső tekercsbe vezethetjük, sőt mindkettőbe ugyanazt az áramot is bevezethetjük. Míg a két tekercs tekervényei a nyugalmi helyzetben egymásra merőlegesen állanak, addig, ha mindkettőben áram kering, párhuzamos állásba törekszenek helyezkedni; de emellett a felfüggesztési fonál megcsavarodik. A csavarási ellenállás arányos a csavarási szöggel, a tekercsek elektrodinamikusan hatása pedig arányos a tekercsekben keringő áramok intenzitásainak szor-

zatával. E szerint, ha mindkét tekercsben ugyanaz az áram kering, akkor

$$i^2 = K \cdot \alpha.$$

Mint hogy a ható erőpár nyomatéka az áram-intensitások négyzetektől függ, ennél fogva független az áramok irányától, s így a műszer váltakozó áramok eseteiben is alkalmazható, tehát ott, ahol az intensitás mérésének eddig ismertetett eszközei a szolgálatot felmondják.

## II.

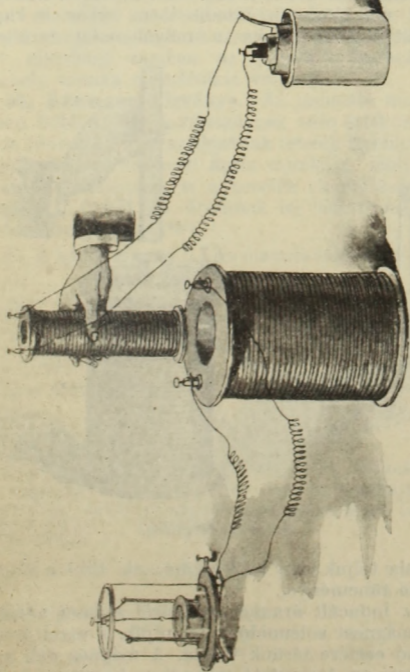
**53. Inductió.** A dörzsölési elektromosság esetében fellépő inductió *Faraday*-t arra a gondolatra vezette, hogy az áramok esetében is kell hasonló tűneményeknek fellépniök. Ennek kapcsán ugyanő az áraminductió tűneménycsoportját teljesen kifejtette.

Foglalkozzunk első sorban a *volta-inductió* tűneményeivel.

A 49. ábrában két sodronytekercset látunk, melyek közül az álló (nagyobb) tekercs igen hosszú, vékony sodronyból készül, tehát sok tekervényű, s egy (Nobili-féle) galvanométerrel van összekötve, mely a benne keletkező, esetleg igen gyenge áramok jelenlétét is elárulja. Ez a *secundär-tekercs*. A fölemelt második tekercs kisebb keresztmetszetű levén, az első tekercsben helyet foglalhat. Rövid és vastag sodronyból készült, tehát aránylag csekély számú tekervényből áll, s a teleppel áll kapcsolatban. Ez a *primär-tekercs*. Ha a pr. tekercset a secd. tekercsbe helyezük, s az áramot zárjuk-megszakítjuk, akkor a secd. tekercsben pillanatnyi áramok keletkeznek. Ezek az *inducált* áramok. A zárásbeli inducált áram az inducáló árammal ellentétes irányú, a megszakításbeli pedig vele egyirányú. Ha ezt a zárást-megszakítást gyorsan és rhythmikus egymásutánban végezzük, akkor a secd. tekercsben u. n. *váltakozó áramot* nyerünk. Az ilyen fajta áramok az utóbbi időben nagy nevezetességre tettek szert. Róluk utóbb fogunk tárgyalni.

Inducált áramok keletkeznek akkor is, ha a pr. tekercs áramát egy ellenállás hirtelen bekapcsolásával, illetőleg kikapcsolásával gyöngítjük. A gyöngítés olyan áramot ad, mint a megszakítás, az erősítés olyant, mint a zárás.

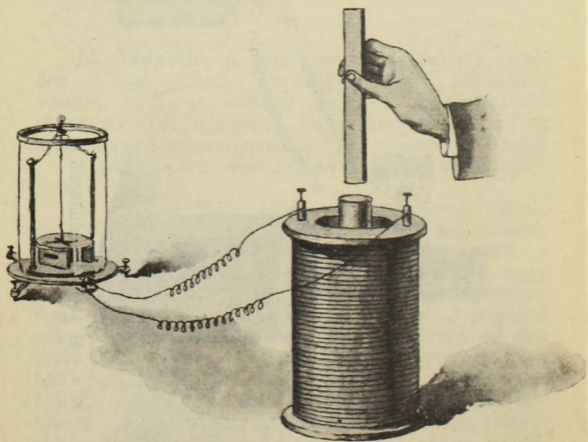
Végre indukált áramok keletkeznek akkor is, ha a pr. tekercset a scd. tekercsben kifelé és befelé mozgatjuk. A közelítésbeli áram a zárásbeli árammal, a távolításbeli áram a megszakításbeli árammal egyenlő irányú.



49. ábra. Voltainductió.

Ezek a tünetek akkor is előállnak, ha a scd. tekercsben áram kering; az indukált áramok a scd. tekercsben keringő áram hatását egyirányúság esetében növelik, ellenkező irányúság esetében gyöngítik.

A pr. tekercs helyettesíthető állandó mágnessel is. (50. ábra.) Ez esetben kétféle kísérletet végezhetünk. Ha a sed. tekercsbe puha vasból készült hengert helyezünk, s ehhez a mágnesrúddal hirtelen, közeledünk, illetőleg ezzel tőle hirtelen eltávolozunk, ellenkező irányú indukált áramokat kapunk, mert közelítésnél a vasmag mágnessé lesz, távolításnál pedig mágnességét elveszti. A tekercsben álló puha vesrúd nélkülözhető, amennyiben akkor is kapunk indukált áramokat, ha a mágnesrudat hirtelen a



50. ábra. Mágneses.

tekercsbe toljuk vagy belőle kihúzzuk. Ezek a *magneto-inductió* tünetényei.

Az indukált áramok irányáról számot adhatunk, ha a mágneset solenoidnak tekintjük, s ezzel a volta-inductió esetére térünk vissza. A mágnes déli sarkát az áram az óramutató irányában kerüli meg, tehát a déli sark közelítésekor az indukált áram az óramutatóval ellenkező irányú, távolításkor vele egyirányú. Az északi sark közelítésekor az indukált áram az óramutatóval egyező irányú, távolításkor vele ellenkező irányú.

**54. Lentz törvénye** mindezeket az eseteket egybefoglalja, amennyiben az Ampère-féle szabályhoz hasonlatosan módot nyújt az indukált áram irányának meghatározására. A törvény szerint; *az indukált áram mindenkor oly irányú, hogy az a vele kapcsolatos elektrodinamikuss hatás következtében az indukáló szerkezetet (áramot, mágnesset) ellenkező irányban mozdíttaná el.* Szóval: az indukált áram az indukáló hatással szemben mint ellenállás mutatkozik. Ez az energia megmaradásának törvényéből is következik; mert ellenkező esetben az indukált áramok nem valamely munka ellenértékei volnának.

**55. Neumann törvénye.** Az indukáló mozgások közben fellépő energiaváltozásnak zero értékűnek kell lennie (energia megmaradásának tétele). Ilyen energiaváltozás: a) az indukált áram munkája, mely, ha  $i$  az áram intenzitása,  $w$  a vezeték ellenállása és  $t$  a mozgásnak (tehát az áramnak is) időtartama, Joule törvénye szerint  $= i^2wt$ .

b) A külső munka  $L$ . Az energiaváltozásra nézve:

$$i^2wt - L = 0$$

honnét

$$iw = \frac{L}{t}$$

De Ohm törvénye szerint  $iw = E$ , s így

$$E = \frac{L}{t}$$

Hogy a mozgás útján  $i$  intenzitású indukált áramot kapjunk, ahhoz a külső erők  $L$  munkája szükséges; hogy tehát egységnyi intenzitású áram indukálhassék, akkor

$$\lambda = \frac{L}{i}$$

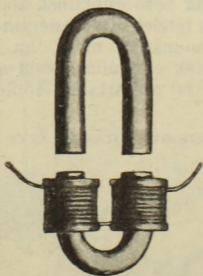
munka végzése szükséges, tehát

$$E = \frac{\lambda}{t}$$

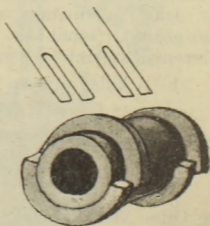
Ez fejezi ki *Neumann* törvényét, mely szerint: az indukált áramok elektromótoros ereje arányos az indukáló mozgásnak az intenzitás egységére vonatkoztatott munkájával, és fordítva arányos az indukáló mozgás tartamával.

Ha  $1:t$  alatt a munkavégzés sebességét értjük, azt az intenzitás egységére vonatkoztatva, akkor a törvényt egyszerűbben így fejezhetjük ki; az inducált áram elektromótoros ereje arányos a munkavégzés sebességével.

**56. Magneto-elektromos gép.** A 51. ábrában egy vasmag van feltüntetve, mely a patkómágnessel áll szemben, a melynek végeire a sodronytekercsek vannak tolva. Ha ezt a vasmagot az idom hossz-tengelye körül forgatjuk, akkor a tekercsekben áramok inducáltnak; még pedig ha az egyik tekercs az északi polustól távozik, egyidejűleg a másik tekercs távozik a déli polustól; a merőleges helyzetén túlhaladva, most az első tekercs S-hez, a másik tekercs N-hez



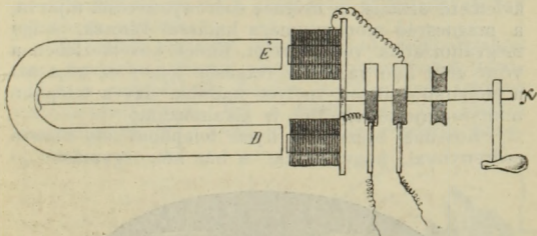
51. ábra. A magneto-elektromos gép alapeszméje.



52. ábra. Commutátor.

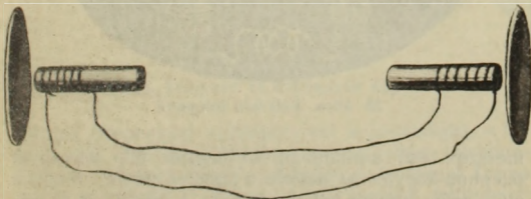
közeledik. Eddig a két tekercsben az áramok ellenkező irányúak voltak, de irányukat megtartották. A  $180^\circ$ -kal való elfordításon túlmenve, a tekercsekben az áramok irányai ellenkezőekké válnak. Hogy a félfordulat közben fellépő áramok egymással szembe ne kerüljenek, azért a tekercs tekervényei ellenkező értelműek. A tekercsekben létesülő áramokat az eszközből egyirányulag kell kivezetni; erre szolgál az 52. ábrában rajzolt *commutator*. Az elektromágnes tengelyére egy fémhenger van feltolva, melyen egymástól elszigetelten 4 félkör alakú fémív van elhelyezve. Az 1. és 3., valamint a 2. és 4. fémívek egymásnak elhelyezésre nézve megfelelnek; az 1. a 4-gyel, illetőleg a 2. a 3-mal vezetőleg van összekötve, de a párok egymástól el vannak szigetelve. Ezekre a fém-

ívekre támaszkodnak a kétágu aczélrugók, melyek a külső áramkörrel állanak kapcsolatban. A tekercsek sodronyvégei az 1. és 2. fémívekhez csatlakoznak. Ily módon sikerül a 53. ábrában rajzolt magneto-elektromos gépből az áramot egyirányulag kivezetni.



53. ábra. Magneto-elektromos gép.

**57. Telephon.** A hangérzetet rezgések keltik. A rezgések mozgások lévén, ha ezen mozgásokat áramok gerjesztésére tudjuk felhasználni, akkor az így nyert áramokat messzire elvezetvén, távol fekvő helyeken segítségükkel ismét rezgéseket, s így hangot tu-



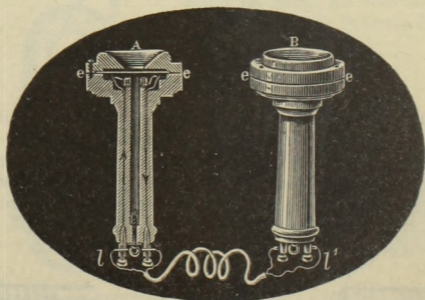
54. ábra. Telephon.

dunk kelteni. Ebben áll a gondolatközlés egy új eszközének, a telephonnak alapgondolata.

Az első használható telephont *Graham Bell* szerkesztette 1877-ben. Vázlatos rajza az 54. ábrában látható. A mágneses aczélpálcza egyik végére vékony, szigetelt rézsodronyból való tekercs van tolva, s a két tekercs sodronyvégei egymással össze vannak kötve. A mágnes vége előtt vékony vaslemez van kellő módon megerősítve. (55. ábra.)

Ha egy ilyen telephon-kagylót a mágnes elektromos géppel összekötjük, a gépet forgásba hozzuk, s a kagylót a fülünkhöz tartjuk, akkor annál szaporább és erősebb dübörgést hallunk, mennél gyorsabban forgatjuk a gépet. Ugyanis a gép forgatása közben keletkező áramok a mágnes sodronytekercsét átjárva, a mágnesrúd momentumára hatással vannak, s így megváltoztatják vonzó erejét. Ennek következtében a vége előtt álló vaslemez rezgésbe jön, s ez adja azt a dübörgő hangot, melyet hallunk. Így a telephon mint áramjelző készülék is alkalmazható.

Kössünk össze két ilyen telephont oly hosszú sodronynyal, hogy azokat a ház két, egymástól jó



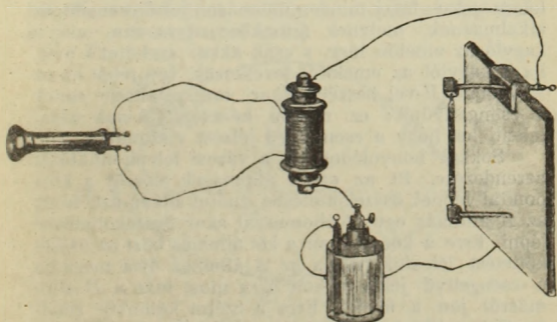
55 ábra. Bell-fele telephon.

messzire eső szobájában állíthassuk föl. Az egyik telephon-kagylót az észlelő a füléhez tartja, a másik előtt pedig hangot keletkeztetünk. A beszéd, ének stb. hangja ennek vaslemezét rezgésbe hozza; a lemez a hang rhytmusa szerint közeledik a mágnesrúdhhoz, illetőleg távozik tőle. E mellett a mágnesrúd mágneses momentuma ugyanazon rhytmus szerint változik, minek következtében a hangot felvevő kagyló tekercsében áramok gerjesztetnek. Ezek a sodronyvezetéken át eljutnak a hallgatásra szolgáló kagyló tekercsébe, s ott a mágnesrúd momentumát rhytmikusán változtatván, a vaslemeznek teljesen egybevágó (de gyöngébb) rezgéseit létesítik, melyeket a fül mint hangot meghallhat.



**58. Mikrofon.** A telephonnál az áramnak a nagy ellenállás folytán való gyöngülése oly tetemessé válhatik, hogy a készülék nagy távolságokra használhatatlan. *Hughes*-nek sikerült a *mikrofon*-nal a telephon-áramokat tetemesen erősbbíteni. A szénnek nagy az ellenállása, de ez a nyomással együtt ugyancsak tetemesen változik.

Ha tehát egymást lazán érintő szénpálczába (laza contactus) áramot vezetünk, akkor ennek intenzitása a szénpálczák rezgése esetében igen tetemes változásokat mutat. Ezt a körülményt oly módon használhatjuk föl, hogy a Bell-féle rendszer hang-



56. ábra. Telephon és mikrofon kapcsolása.

felfogó telephonját mikrofonnal helyettesítjük, s így a hangot adó telephont most nem a gyöngye telephon-áramok táplálják, hanem a mikrofon telepének árama hozza mozgásba. Ujabban az 56. ábrában feltüntetett kapcsolás módot szokták alkalmazni, amennyiben a telep áramát nem közvetlenül a telephonon vezetik át, hanem a mikrofonnal együtt egy volta-inductor primár tekercsére kapcsolják be. A telephont az inductor secundár tekercsében gerjesztett áramok táplálják.

Minden állomáson mikrofonnak és telephonnak kell rendelkezésre állania. A mikrofon számára egy Leclanché-elem használtatik, mely, ha nincs állandóan zárva, eléggé erős, kitartó és olcsó. Hogy az elem csak akkor legyen zárva, amikor a készüléket

használjuk, arra egy különleges kapcsolásmód szolgál. A telephon-kagyló egy horgon lógg, mely tulajdonképen egy emelőnek végződése. Addig, míg a telephon-kagyló az emelőn lógg, a telep ki van kapcsolva; de ha a kagylót az emelőről leveszszük s a fülünkhöz tartjuk, előáll a contactus, s a készülék szolgálatra készen áll. Az áramkör záródása itt is úgy mint a telegraphnál a Föld közvetítésével történik, s ezért a secundär tekercs egyik polusa a talajba van levezetve.

A telephonszolgálat igen terhes volna, ha nem gondoskodnánk arról, hogy az állomások érintkezésbe lépését jeladás előzze meg. Ezt oly módon teszszük lehetségessé, hogy minden állomáson jelző csengettyűt alkalmazunk, melynek áramköre zárva van, míg a kagyló az emelőn lógg, s csak akkor szakíttatik meg, ha a kagylót az emelőről leveszszük. Így tehát ha az A állomás B-vel beszélni akar, megszólaltatja ennek a csengettyűjét; ez viszont készségét A-nak azzal jelenti be, hogy a csengettyű jelzést viszonzozza.

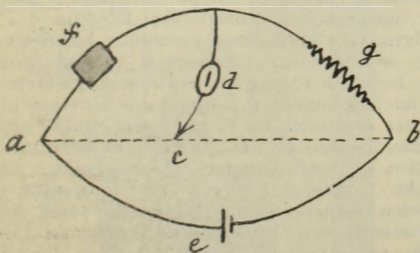
Sokkal bonyolódottabb a városi telephonhálózat berendezése. Itt az egyes állomások először a központtal lépnek összeköttetésbe, tudtul adván azt, hogy az A állomás egy B állomással akar összeköttetésbe lépni. Erre a központban a két állomás közt az összeköttetést létesítik, s ha az A állomás újra megadja a csengettyű jelet, akkor arra most már a B állomásról jön a felelet. Erre a célra különféle rendszerű berendezések állanak rendelkezésre, melyeknek ismertetése azonban messze túl megy a mi feladatunknak keretén.

Hasonló kapcsolási berendezéssel elérhető az, hogy a központi állomáson felolvasott híreket, esetleg operai és zenekari előadásokat a *Telephon-Hirmondó* összes előfizetői meghallgathassák.

**59. Arago kísérletei.** A fonálra függesztett mágnesű egyensúlyi helyzetéből kimozdítatván, sokáig leng. De ha vörösrézlapot helyezünk alája, akkor lengései hamarosan csillapodnak. Megfordítva: ha egy nyugodtan lóggó mágnesű alatt egy vörösrézkorongot gyors forgásba hozunk (gondoskodván arról, hogy a keltett légáramlat a tűt ne érje), a tű egyező irányban forgásnak indul. Függeszszünk egy rézkorongot fonálra, oly módon, hogy a korong vízszintesen álljon s a fonál, mint tengely körül foroghasson. Ha alatta egy mágneses patkót gyors forgásba

hozunk, akkor (a légvonattól megvédett) korong ugyanabban az irányban szintén forgásnak indul. Ezek voltak *Arago* kísérletei.

A mágnesek és áramok nemcsak sodronyokban, hanem kiterjedtebb fémtömegekben is inducálnak áramokat. Ezek irányát ugyancsak a *Lentz*-féle törvény szabja meg. Például: a mágnesű alatt forgatott korong azon részeiben, melyek a tű északi polusától távolnak, oly irányú áramok keletkeznek, melyek elektromagnetikus hatásuknál fogva a korongot ellenkező irányban törekednének forgatni, s így ez a hatás e korongnak a polustól távolodó pontjait a polushoz közelíteni törekednék, miáltal az a hatás létesül, hogy a polus a korong után indul.



57. ábra. Extraáramok kísérleti bemutatása.

A nagy fémtömegekben ily módon keletkező áramok (forgatagok) elektrodinamikusan hatásainak legyőzése munkát igényel, mely a mozgás akadályainak legyőzésére fordítva, az ember céljai szempontjából *elvesztett munkának* tekintendő. E szerint gépek szerkesztésénél kerülnünk kell egybefüggő, kiterjedt fémtömegek alkalmazását, hanem ezeket különálló hasonló részek nyalábjaiból állítjuk elő.

**60. Öninductió.** *Faraday* észrevette, hogy az áram nemcsak egy a közelében álló zárt áramvezetékben képes áramot inducálni, hanem a saját vezetékében is. Ez az *öninductió* tüneménye. Tekintsünk egy drótspirálisan. Az áram zárásakor a spirális párhuzamos tekervényei egymásra inducálólag hatnak, s a zárás pillanatában a spirálison át a főáramon kívül még egy, ezzel ellenkező irányú *extraáram* halad,

mely a főáram hatását gyöngíti. Fordítva áll a dolog a megszakítás pillanatában, mikor a keletkező extraáram a főárammal egyirányú. Igaz, hogy a megszakításbeli extraáram már nem talál zárt vezetékre, de hatása azért mégis érvényesülhet, amennyiben a megszakítás folyamatát lassítani törekszik. Az extraáramok létezéséről a 57. ábrában feltüntetett kísérleti berendezéssel győződhetünk meg. A Wheatstone-féle híd egyik ágába egy sok tekervényből álló  $f$  orsót, másik ágába  $g$  ellenállást kapcsolunk, s a csúszó contactust a híd árammentességére állítjuk be. A híd árammentessége csupán a  $4$  ellenállástól függ, de nem függ a telep elektromótoros erejétől. De ha az eab főáramkört megszakítjuk, akkor a megszakítás pillanatában az  $f$ -ben föllépő extraáram a galvanométer tűjét egyensúlyi helyzetéből kilódítja.

Ugyanaz a berendezés quantitativ kísérletek végzésére is alkalmas. Segítségével meggyőződhetünk arról, hogy az extraáram elektromótoros ereje nem függ az  $f$  tekercs ellenállásától, de lényegesen függ a tekercs alakjától. Ha pl. a tekercs drótját egyenes vonalban feszítjük ki, akkor a kérdéses elektromótoros erő igen gyöngye, s annál erősebbé válik, mennél közelebb hozzuk a tekervényeket egymáshoz. Igen tetemesen fokozza az öninductió áramainak elektromótoros erejét egy a tekercs belsejébe helyezett vasmag.

Az extraáram elektromótoros ereje lényegesen függ attól a sebességtől, a melylyel a tekercs belsején keresztülhaladó erővonalak száma megváltozik. Az elektromótoros erőnek a sebességhez való arányát az *öninductió együtthatójának*, vagy *önpotentiálnak* hívják, s ez csupán a tekercset jellemző geometriai adatoktól függ, s az ellenállástól eltérőleg: független a drót anyagától. Vasdrótok kivételt tesznek, ami mágneses tulajdonságaikból magyarázható meg.

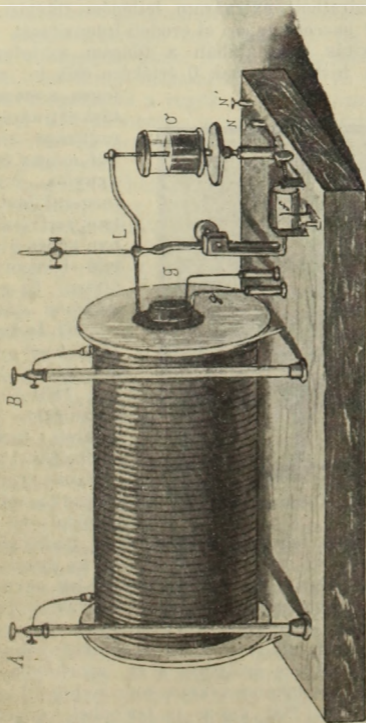
Ha  $e$  az extraáram elektromótoros ereje,  $p$  az önpotentiál és  $v$  az intenzitás-változás sebessége, akkor

$$e = pv.$$

Ha az intenzitás  $t$  mp. alatt  $i$  amp.-rel változik, akkor  $v = \frac{i}{t}$  és  $e = \frac{pi}{t}$  tehető. Innét

$$p = \frac{t \cdot e}{i}$$

amiből levezethetjük az önpotenciál egységét a *henry*-t. Ugyanis annak a tekercsnek önpotenciálja lesz 1 henry, amelyben az extraáram elektromótoros ereje 1 volt,



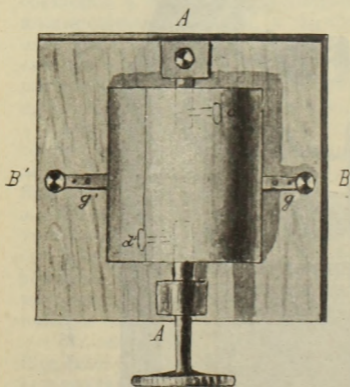
58. ábra. Ruhmkorff-inductor.

ha az áramintenzitás mp.-enkint 1 amp.-rel változik. Az egység igen nagy lévén, helyette  $\frac{1}{1000}$ -része, a *millihenry* szokott használtatni. Ha egy solenoid  $1 \text{ cm}^2$  keresztmetszet mellett 1 m hosszúságú és rajta egy

rétegben 1000 tekervény fekszik, akkor önpotentialja 0.12 millihenry.

Önpotential-nélküli tekercset oly módon készíthetünk, hogy a tekervényekbe szedendő drótot felében összehajtjuk, s így gombolyítjuk fel.

**61. Megszakítási szikra.** Míg az áramkör zárásakor a záratbeli extraáram fellépése folytán a főáram csak successive éri el eredeti intenzitását, addig a megszakítás pillanatában a főáram az intenzitás i értékéről hirtelen annak 0 értékére esik le, minél-



59. ábra. Commutátor.

fogva a megszakítási extraáram feszültsége rendkívül magas értékű, annyira, hogy a megszakítási helyen szikra alakjában képes a szigetelő levegőréteget áttörni. Ez a megszakítási szikra.

### 62. Inductor.

*Ruhmkorff* német műszerész Párisban 1851-ben oly készüléket szerkesztett, melynek segítségével a gerjesztett áramok hatásait megfigyelhetőkké és fel-

használhatókká tehetjük. Készülékének főalkatrészei: az áramgerjesztő, a commutátor és az áram megszakító. (58. ábra.) Az áramgerjesztő két egymásba tolt sodronytekercsből áll. A rövid és vastag drótból készült primár-tekercsbe kiizzított vassodronyokból készült sodronynyaláb van tolvá; a tekervények száma 50—300. A tekercs drótvégei a gg, szorítóba mennek. A secundár-tekercs vékony sodronyból áll, melynek hosszúsága 200 km-ig is terjedhet, szigetelése pedig minden gondolható módon tökéletesített. Sodronyvégei az A, B szorítóba vezetnek.

A commutátort a 59. ábra tünteti fel; segítségével az elsőrendű tekercset tápláló áramot nemcsak megszakíthatjuk, hanem annak irányát is meg-

változtathatjuk. A commutátor egy kaucsukhengerből áll, amely két végén bedugott aczéltengely körül forgatható. A kaucsukhengerre szemközt rézlemezek vannak erősítve, melyek mindegyike a tengelylyel áll vezető összeköttetésben. A  $gg'$  rézrúgók, melyek az áram  $BB'$  polusaival vezető összeköttetésben állanak, a rézlemezekre támaszkodván, az áramot zárják, s ez a primár-tekercesen fog áthaladni. Ha a hengert  $90^\circ$ -kal elforgatjuk, akkor a rugók kaucsukra támaszkodván, az áram megszakad. Ujabb és egyirányú  $90^\circ$ -os elforgatásnál a rugók az áramot ismét zárják, de most a rézlemezek, melyekre támaszkodtak fölcserélődvén, az áram ellenkező irányban halad át a primár-tekercesen.

A megszakító különféle szerkezetű lehet, pl. Neef-féle kalapács, vagy, mint ábránkban, *Foucault*-féle higanyos megszakító, mely az előbbinél jobb. A szabályozható lengésidejű, háromágú L rúd egyik végén puha vasfegyverzet van, melyet a pr. tekercs vasmagja magához ragad, ha az áram zárva van; de akkor a másik végére erősített platinatű a higanyból kiemelkedik s az áram megszakad. Alkalmos rugó a horgonyt a vasmagtól elszakítja; ekkor a platinatű ismét higanyba ér s az áram záródik. Így folyik ez a játék annál gyorsabb váltakozással, mennél lejjebb toljuk a szabályozó csavart.

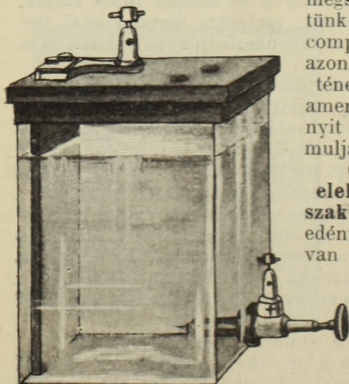
A megszakítások száma mp.-enkint 15—20.

Mennél erősebb a pr. tekercs árama, és mennél hirtelenebb a megszakítás, annál magasabb feszültségű inducált áramokat kapunk a sec. tekercsben. Az ilyen fajta készülékeket, melyekkel kicsiny feszültségű áramokat magas feszültségűekké alakíthatunk, *transformátoroknak* hívjuk.

A feszültséget *Fizean* a condensátor alkalmazásával növeli. Láttuk, hogy a scd. tekercsben a megszakításbeli áramok a leghatásosabbak; de a megszakításkor keletkező szikra a megszakítás sebességét csökkenti, s így a készülék hatását is befolyásolja. Ha ezt a szikrát eltüntethetnők, vagy kisebbíthetnők, akkor a készülék hatását fokoznók. E célból *Fizean* az inductort szekrényre állítja, melyben nagy felületű condensátor van elhelyezve, s azt a két vezetőt, melyek közt a megszakításkor a szikra létesül, annak két fegyverzetével köti össze. Így a megszakításkor létesülő ellentétes elektromosságok a nagy kapacitású

condensátor fegyverzetein oszolván szét, a megszakításbéli szikra kisebbé válik.

Ha a megszakítást mp.-enkint igen sokszor létesíthetnők, akkor ezzel a készülék hatását tetemesen fokozhatnók. Ezért arra törekedtek, hogy a megszakításoknak mp.-enkinti számát fokozzák. Az így szerkesztett különféle rendszerű megszakítók azonban annál drágábbak, mennél tökéletesebbek. A motor megszakítóval mp.-enkint 30, a *Deprez*-félével 45, a higanyos turbina-megszakítóval 1500-ig terjedő



60. ábra. Wehnelt-féle megszakító.

megszakításokat érhetünk el. Ezek a drága és complicált készülékek azonban már csak történeti érdekességűek; amennyiben valamenynyit kiszorítja és felülmulja a

**63. Wehnelt-féle elektrolytikus megszakító.** (60. ábra.) Az edény higított kénsavval van megtöltve, s mint negativ polus egy ólomlap merül bele, ezzel szemben mint positiv polus egy platinatű van alkalmas módon elhelyezve.

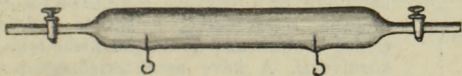
Ezt a készüléket kapcsoljuk a nagy feszültségű (30—100 vt) áramkörbe a pr. tekercs elé. A platinacsúcs fényleni kezd, és erős hang válik hallhatóvá, mely azt mutatja, hogy a készülékben periodikus folyamatok létesülnek.

A platinacsúcsra oxigén fejlődik, s minthogy itt a vezeték keresztmetszete igen kicsiny, a Joule-féle törvénynél fogva a hőmérséklet igen magasra emelkedik. A tűt környező folyadék párologni kezd, az oxigén izzóvá lesz, s így a tűt a folyadéktól mindinkább vastagodó szigetelő réteg választja el, s ha az áram ezt már nem képes áttörni, akkor beáll a megszakítás. Ezzel egyuttal megszűnnek a tűt a folyadéktól elválasztó okok, s a zárás ismét



létesül. Ily módon váltakozik a játék, s ezen az egyszerű uton mp.-enkint 260—2000 megszakítást is létesíthetünk. A megszakítások ily szaporasága mellett az inductor condensátor nélkül is használható.

**64. Elektromos kisülések.** Ha a scd. tekercs drótvégeit egy fémkorongba és egy szemközt felállított fémcúcsba vezetjük, akkor a nagy feszültségű scd. áram a szigetelő levegőréteget szikra alakjában áttöri. Az ütőtávolság szerint van 5, 10, . . . . cm-es inductor. Mennél nagyobb az ütőtávolság, annál gondosabban kell a scd. tekercsben a szigetelést előállítani. Az inductorium igen alkalmas eszköz arra, hogy az elektromos kisüléseket segítségével tanulmányozhassuk. A szikra ütőtávolsága első sorban függ



61. ábra. Kiszivattyúzható üvegcső.

a feszültségtől, azután pedig az elektródok alakjától, felületeik minőségétől és a közöttük levő szigetelő réteg természetétől. *Sir W. Thomson* (lord Kelvin) szerint, ha golyóalakú elektródokat használunk, akkor levegőben az ütőtávolságoknak megfelelő feszültségek a következők:

Ütőtávolság	Feszültség volt
0.5 mm	2910
1.0 "	4830
3.0 "	11460
6.0 "	20470
10.0 "	25410
15.0 "	29340
20.0 "	31350

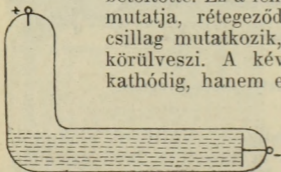
1854-ben *Gassiot* azt a kérdést vetette föl, vajjon a levegő minden körülmények közt oly rendkívüli ellenállást tanúsít-e a szikra átütésével szemben? 1858-ban *Plücker* a kérdést kísérletileg vizsgálta meg, és *Geissler*-rel (Bonn) oly üvegcsövet készítettett, melybe platina-elektrodok voltak beforrasztva, s mely-

ből a levegőt (vagy más gázt) ki lehetett szivattyúzni. (61. ábra.) Az elektródok nagy távolsága mellett eleinte nem létesült szikra. Mikor azonban a lég-



62. ábra. Geissler cső rétegzett fénykévével.

ritkítás 6—8 mm higanyoszlop nyomásig haladt előre, akkor az elektródok közt rózsaszínű fénykéve lépett föl, mely 3—1 mm-es nyomásig már az egész csövet betöltötte. Ez a fénykéve, mint azt a 62. ábra mutatja, rétegződött; a kathódon fényes csillag mutatkozik, az anodot pedig teljesen körülveszi. A kéve nem terjed egészen a kathódig, hanem ezt egy sötét réteg választja el tőle. További szivattyúzásnál a sötét tér gyorsan terjed, s ha a nyomás a csőben kisebb

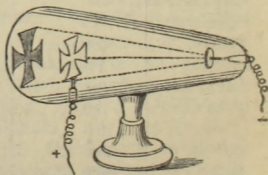


63. ábra. A Kathod-sugarak terjedése.

1 mm-nél, akkor a kéve már tetemesen visszahúzódott. Igen nagy ritkításoknál az anódfény egészen eltűnik, s mint azt 1869-ben *Hittorf* állapította meg először, a kathódról egyenes vonalú sugarak indulnak ki, melyek nem követik a cső esetleges kanyarulatait, hanem az útkövekben az üvegfalon zöldes fényű phosphorescentiát létesítenek. Ezek a

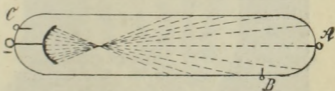
### 65. Kathodsugarak.

*Crookes* 1879-ben oly csövet készített, melyekben a nyomás nem volt nagyobb  $\frac{1}{1000}$  mm-nél s ezekben igen szép tüneményeket létesített. Constatálta, hogy a K.-sugarak a kathódra merőlegesen állanak, függetlenül attól, hol áll az anod. Fémeken nem hatolnak át, amit a 64. ábrában feltüntetett cső mutat legszebben. Ha kathódul vájt



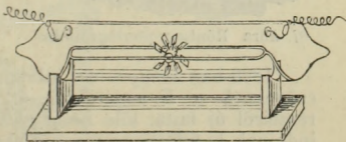
64. ábra. A K.-sugarak fémeken nem mennek át.

fémükröt használunk, akkor előállíthatjuk a K.-sugarak gyújtópontját is. (65. ábra.) Ahol a K.-sugarak az üveget érik, nemcsak phosphorescentiát létesítenek, hanem az üveget igen erősen föl is melegítik, sőt, ha az edény fala vékony, meg is olvasztják. A K.-sugarakat a mágnes az útjukból könnyen kitéríti, és (mint azt Crookes a szélmalomkerék-kísérlettel kimutatta) ponderomotórikus hatásuk is van. (66. ábra.) Ennek alapján bizonyos, hogy a K.-sugarak tulajdonképpen elektromos töltésű anyagrészecskékből, ion-okból állanak, melyeket az áram a kathódról leszakít és a kathódra merőleges irányban nagy sebességgel tovább terel. A mágnes elterítő hatásának



65. ábra. A K.-sugarak gyújtópontja.

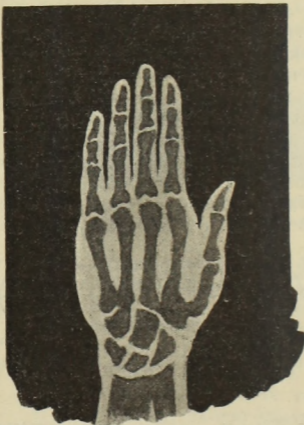
quantitativ vizsgálata alapján a K.-sugarakban haladó ionoknak nemcsak sebességére, hanem negatív töltésük nagyságára is lehet következtetni. A mérések eredménye az volt, hogy az ionok sebessége annál nagyobb, mennél kisebb a csőben a nyomás,



66. ábra. Crookes-féle szélmalom.

és a fény terjedési sebességének  $\frac{1}{3}$ -részéig növekedhetnek; továbbá 1 gr ilyen ion-nak töltése 100 milliő Coulomb-ra tehető. Minthogy az elektrolyziséknél 1 gr hidrogénnek csak 96000 coulomb-nyi töltése van ebből azt következtették, hogy a K.-sugarakban szereplő ionok a kémiai atómoknál sokkal kisebb részei az anyagnak, miért is azokat *corpusculák*-nak nevezték el.

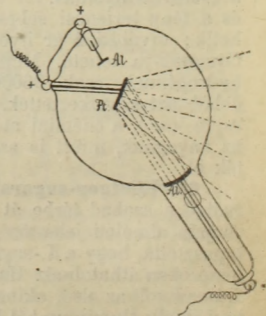
**66. Röntgen-sugarak.** Addig, míg a K.-sugarak a csőből a szabad térbe át nem léptek, a kísérleteknek csupán elméleti jelentőségük volt. Hertz azonban azt tapasztalta, hogy a K.-sugarak igen vékony aluminiumlemezeket áthatolnak. Hazánkfiá, a pozsonyi születésű Lénard volt az első, akinek sikerült oly csövet előállítani, mely aluminiumból készült ablaka daczára eléggé ellenálló volt arra, hogy benne K.-sugarakat lehetett



67. ábra. Röntgen-photographia.

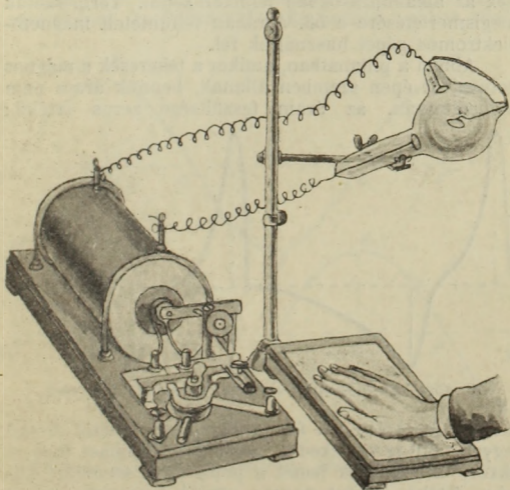
1896-ban *Röntgen* azt találta, hogy a Crookes-féle csöveknek a K.-sugaraktól ért és phosphorescáló részeiről új fajta, tőle *x-sugaraknak* nevezett sugarak indulnak ki a térbe, melyek a photographikus lemezre hatással vannak, phosphorescáló anyagokat (baryum platincyanürrel bevont papirernyőt) erősen phosphorescálásra ingerelnek, a fényre nézve átlátszatlan, nem fémtartalmú lemezeken (fa, hús stb.) akadálytalanul áthaladnak, s csak a nehéz fémek tartják azokat vissza, de szintén nem teljesen. A csontok phosphorsavas calcium tartalmuk miatt az x-sugarakat csak nehezen bocsátván át, segítségével a test csontrendszere photographálható (67. ábra) s így ezek a sugarak különösen sebészeti szempontból nagy fontosságra tettek szert. Alkalmazásuk

létesíteni, s így kimutatta, hogy a K.-sugarak sűrű levegőben is lehetségesek, bár csak igen nagy ritkítású légtérben létesülhetnek; hogy a mágnes ezeket a sugarakat nagy mértékben kitéríti irányukból; hogy a K.-sugarak nem egyenlő természetűek, amennyiben azokat a mágnes nem egyformán téríti ki irányukból és végre azt is, hogy segítségével lehet photographálni, s e mellett csak fémlapokon nem bírnak áthatolni.



68. ábra. Focus-cső.

módját a 68. és 69. ábra tünteti föl, amelyen a *focus-cső* felállítását, kapcsolását stb. igen jól szemléltethetjük. Nem szükséges minden esetben photogrammot előállítani; mert ha a csövet baryumplatincyanürös ernyő hátsó lapjára irányítjuk, akkor annak mellső lapja zöldes-fehér fényben phosphorescál, s az elébe tartott kéz csontváza szépen szemléltetővé válik. Ily módon testünk belső szervei (tüdő, gyomor, rekeszizom stb.) is láthatókká és megfigyelhetőkké tehetők.



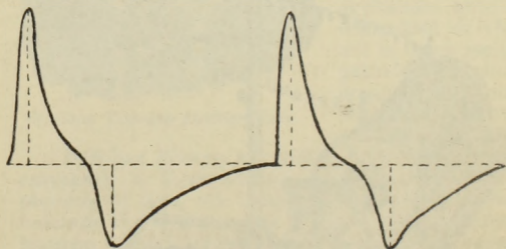
69. ábra. Röntgen-photographia készítése.

A Röntgen-sugarak a levegőt vezetővé teszik, rájuk sem a mágnes, sem az elektromosság irányítólag nem hat, s ebben a kathodsugaraktól lényegesen eltérnek. A fényugaraktól abban különböznek, hogy a törés tünetényét rajtuk nem lehet észlelni. *Haga és Wind* a diffractió tünetényét Röntgen-sugarakkal előállítván, a photographált rés széthózdásából a Röntgen-sugarakat alkotó aetherrezgések hullámhosszuságát  $0.13 \mu\mu$ -nek találták. Ezzel szemben a violafény határán álló K-vonal  $0.39 \mu\mu$ -nyi hullám-

hosszúsága még tetemesnek mondható; sőt az ultra-viola U-vonal  $0.29 \mu\mu$ -nyi hullámhosszúsága is két-akkorának mutatkozik.

**67. Váltakozó áramok.** Az inductor scd. tekercsében az áram iránya mindannyiszor megváltozik, valahányszor az interruptor a pr. tekercs áramát zárja. Az áram irányának ezt a váltakozását eleinte hasznavehetetlen, sőt hátrányos körülménynek tartották, míg ujabbán épen a *váltakozó áramok* kezdenek az alkalmazásokban felülkerekedni. Természetük megismertetésére a 53. ábrában feltüntetett magneto-elektromos gépet használjuk fel.

Abban a pillanatban, amikor a tekercsek a mágnes polusaival épen szemben állanak, bennük áram nem inducáltatván, az áram feszültsége zerus értékű;



70. ábra. Az inductor váltakozó áramának lefolyása.

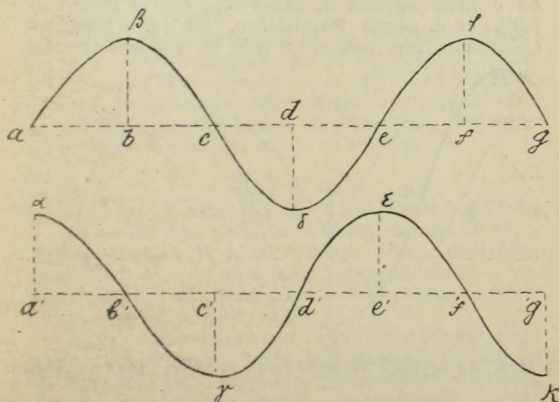
tovább forgatásnál a feszültség, mely positiv értékű legyen,  $90^\circ$ -ig emelkedik, innét  $180^\circ$ -ig ismét fogy, s ekkor, a tekercsek ismét a polusokkal szemközt állván, értéke megint zerus; tovább forgatásnál most az áram iránya ellenkezővé válik, a negativ előjelű feszültség  $270^\circ$ -ig növekszik, s itt eléri maximális értékét, majd  $360^\circ$ -ig ismét fogy, amikor a feszültség megint zerus értékűvé válik. Így figyelemmel kísértük a forgás egy *periodusát*, s láttuk, hogy a váltakozó áram feszültségének ugyanez a periodusa.

Az inductor scd. tekercsében létesülő váltakozó áram lefolyását a 70. ábra tünteti föl, melyen a megszakításbeli extraáram hatása a felszökő feszültségeken jól észlelhető.

**68. A váltakozó áram jellemző adatai.** A váltakozó áram intenzitása periodikusan változván,

áramintenzitás alatt ez esetben a periodus folyamán fellépő intenzitások közepes értékét fogjuk érteni. Ezt az adatot sem voltaméterrel, sem galvanométerrel nem mérhetjük, s így csupán a hőhatások és elektrodinamikus hatások használhatók fel. Legkényelmesebben alkalmazható az *elektrodynamométer* (lásd 52. pont). Igen erős áramok esetében a *Siemens-féle* készülék használható. Ampèrekre vonatkozó scáláját egyirányú áramok segítségével lehet megszerkeszteni.

Ha egy ilyen dynamométert a váltakozó áram vezetékének mellékzáratába kapcsoljuk, akkor segít-



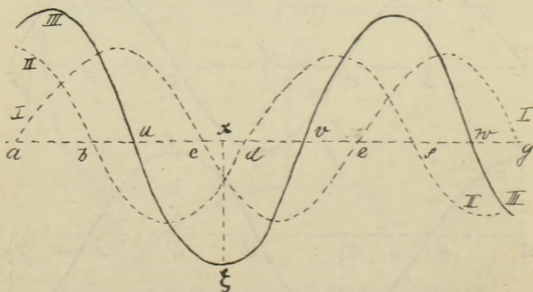
71. ábra. Két egyidejű váltakozó áram mint összetevő.

ségével a két pont közötti *közepes feszültségi különbséget* is megmérhetjük, amennyiben az eszközön leolvasott adat ezzel egyenes arányban áll.

**69. Látszólagos ellenállás. (Impedentia.)** Ha a váltakozó áram oly áramvezetéken megy át, melynek tetemes önpotenciálja van, akkor az áram irányának és erősségnek időszakos változásai ebben a vezetékben extraáramokat létesítenek, s így az elektromótoros erő az ilyen vezetékben kisebb áramintenzitást létesít, mint amekkora neki Ohm törvénye alapján megfelelne. Az ilyen áramvezetéknek a váltakozó áramokkal szemben nagyobb az ellenállása, mint az egyirányú

áramokkal szemben. A vezetéknek ezt a *látszólagos ellenállását* újabban *impedentiának* hívják. Bifiláris sodronytekeresnél az impedentia zerus értékű, különben pedig unifiláris tekercesknél annál nagyobb, mennél szaporább változása az áram, és mennél nagyobb a vezeték önpotentialja.

**70. Phasiskülönbség.** Ha ugyanazon a sodronyon keresztül egyidejűleg két váltakozó áramot vezetünk, akkor igen változatos tünetmények létesülnek. Ugyanis két ilyen áram egymástól eltérhet: a) közepes intenzitás tekintetében; b) periodusra nézve, és ha e kettő egyezik is, akkor még eltérés mutatkozhatik c) a *phasis* tekintetében. Ha pl. a magneto-elektromos gép tengelyére még két sodronytekereset



72. ábra. Az egyidejű váltakozó áramokból származó eredő-áram.

alkalmazunk, melyek az elsőkre merőlegesen állanak, s mindkét tekerespár egyenlő intenzitású és egyenlő periodusú áramait egyazon vezetékbe hozzuk, akkor a phasiskülönbség a periodusnak  $\frac{1}{4}$ -része lesz. Az egyes áramok rajza a 71. ábrában van feltüntetve, az áramok egymásra helyezkedéséből származó *resultans-áramot* pedig a 72. rajzon szemléltethetjük és láthatjuk, hogy ennek egészen más a phasisa mint az összetevő áramoké.

**71. A váltakozó áramok effectusa** alatt az áram *watt-jainak* számát értjük (lásd 37. pont). Minthogy most az áramintenzitás és a feszültség periodikusan változik, tehát az áram effectusa a periodus mentén fellépő effectusok közepes értéke leszen. Ha áramerősség és feszültség közt nincs phasiskülönbség, s



ha a külső vezetéknek nincsen önpotentialja, akkor az áram effectusát a közepes áramerősségnek a közepes feszültséggel való szorzata adja meg, épen úgy, mint egyirányú áramok esetében. De ha van phasiskülönbség, akkor az effectus mindig kisebb, mint az így nyert érték. Legnagyobb az eltérés akkor, ha a phasiskülönbség egyenlő egy negyedfordulattal. Ebben az esetben a közepes érték kiszámításánál a részletes értékek páronként egyenlő számértékűek, de ellenkező előjelűek lévén, az az összeg, melyből a közepes értéket megállapítani kellene, zerussal egyenlő, s így az eredő áramnak nincs effectusa. Az ilyen áramot *wattmentesnek* hívják.

Ha a phasiskülönbség 0 és 90° közt fekszik, akkor az effectust kapjuk, ha az ampèrekben kifejezett közepes áramerősségnek a voltokban kifejezett közepes feszültséggel való szorzatát egy valódi törtszámmal, a *phasistényezővel* megszorozzuk. Ha ezt a tényezőt  $p$ -vel jelöljük, akkor az effectus

$$e = p \cdot i \cdot v$$

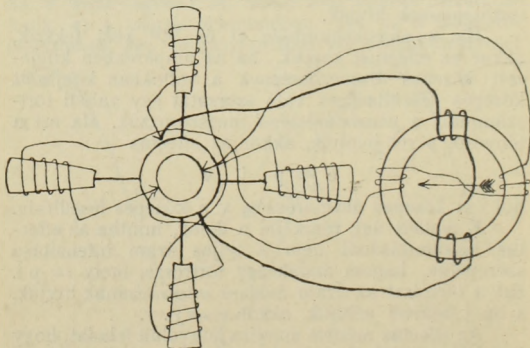
hol  $i$  a közepes áramerősség,  $v$  a közepes feszültség.

E mellett úgy tűnik fel a dolog, mintha az effectus kiszámításánál nem a teljes áram intenzitása szerepelne, hanem annak egy törtrésze, mely  $= p \cdot i$ . Ezt a törtrészt az áram *hatásos intenzitásának* hívjuk, s ha  $j$  betűvel jelöljük, akkor  $e = j \cdot v$ .

Az effectus mérése annyira bonyolult feladat, hogy annak ismertetésébe nem bocsátkozhatunk, csupán azt említjük föl, hogy az elektrodynamométer mintájára u. n. *munkadynamométereket* szerkesztenek, melyek olyan szerkezetűek, mint a Siemens-féle elektrodynamométer; külső tekercsükbe vezetjük a főáramot, hosszú és vékony sodronyból készült belső tekercsükbe pedig a főáram polusaiból kiágazó mellékzáratot kapcsolunk. A belső tekercs eltérítése akkor, ha kellő ellenállás becsatolásával gondoskodunk arról, hogy a mellékzárát és a főáram phasiskülönbsége közel zerus értékű legyen, arányos a mellékzárátban uralkodó intenzitás és feszültség szorzatával.

**72. Fergató áram.** A két tekercspárral fölszerelt magneto-elektromos gép segítségével (73. rajz) létesítsünk két olyan váltakozó áramot, melyeknek phasiskülönbsége 90°, és vezessük ezeket az áramokat egy puha vassodronyból készült vasgyűrűre

tolt négy sodronytekercsbe, oly módon, mint azt a 73. rajz feltünteti. Forgatás közben a vasgyűrű diametrálisan szemköztes helyein mágnessé válik, s ez a mágneses diaméter is megfelelőleg forog, mint ezt a 74. rajzban ábrázolt 6 főhelyzet szépen feltünteti. Ennek következtében egy a vasgyűrű belsejében felállított mágnesű, puhavaskorong, zárt sodronytekercs forgásnak indulnak; mert a gyűrű belsejében *forgó mágneses mező* keletkezik. Így tehát a váltakozó áramok segítségével forgásokat létesíthetünk, melyek segítségével munkát végezhetünk.



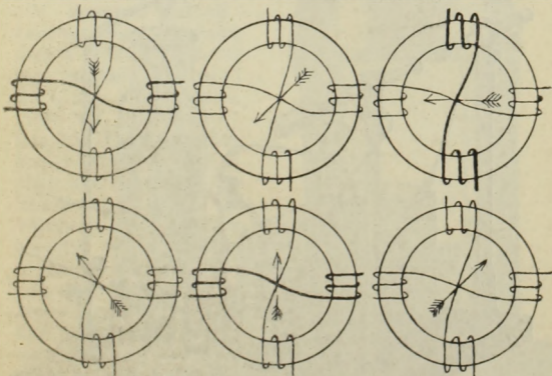
73. ábra. Két tekercspárral felszerelt magneto-elektromos gép.

A váltakozó áramok ilyen combinatióiból keletkező áramokat *többphasisu* áramoknak hívjuk. A leírt esetben a phasiskülönbség  $90^\circ$  levén, *kétfphasisu* árammal van dolgunk. Ha 3 tekercspárt alkalmaztunk volna, akkor 3 váltakozó áramunk lett volna, melyeknek phasiskülönbsége egyenkint  $60^\circ$ -os; ez a leginkább használt *háromphasisu* áram, melyet speciell *forgatóáram*nak is hívnak. Ha 4 tekercspárt alkalmaztunk volna, akkor a létesülő 4 váltakozó áram phasis különbsége egyenkint  $45^\circ$  és *négyphasisu* áramot nyertünk volna stb.

A váltakozó áramu tekercseket egymásközt különböző módokon kapcsolhatjuk, s ezzel a tüneményeket még bonyolódottabbakká tehetjük. Így pl. a forgató

áram 3 tekercsét úgy kapcsolhatjuk, hogy azok egy háromszögnek legyenek oldalai, s az áramokat ennek a háromszögnek csúcsaiból vezetjük tovább egy háromszögalakú vezeték csúcsaiba. Ez a *háromszögű kapcsolás*. Vagy a tekercseket *csillagalakú kapcsolásba* helyezhetjük, melynél a tekercsek egy pontból indulnak ki, s szabad végeiktől vezetjük az áramot tovább.

**73. Tesla kísérletei.** Az inductort Wehnelt-féle megszakítóval alkalmazván, s scd. tekercsben az áram iránya mp.-enkint 2000-szer is megfordulhat. Bár ez a szaporaság tetemesnek látszik, mégis igen mérsé-



74. ábra. Két-phasisú áram létesítése.

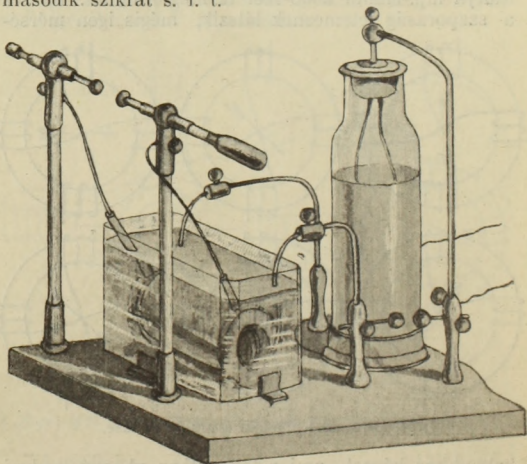
kelt ahhoz képest, ami e tekintetben pl. egy leydeni palaczk kisütése segítségével létesíthető.

*Feddersen* volt az első, aki a leydeni palaczk kisütésekor létesülő szikrát forgó tükörben szemlélve kimutatta, hogy *oscilláló kisüléssel* állunk szemben, melynél a fegyverzetek közt létesülő áramnak változása rendkívüli szaporasággal történik. A tükör forgási sebességéből (mp.-enkint 500 fordulat) és a szikra képén mutatkozó sávok számából *Feddersen* azt találta, hogy a szikra  $\frac{1}{70000}$  mp.-nyi tartama alatt 13 sáv mutatkozván, egy oscillationnak időtartama körülbelül egy milliomodrés mp.

*Kirchhoff* elméleti megfontolások alapján arra az eredményre jutott, hogy az oscillációk periodusa függ

a sűrítő kapacitásától és a kisülésekor alkalmazott vezeték önpotenciáljától. És pedig a periodus négyzete annál nagyobb, mennél nagyobb a kapacitás és az önpotenciál.

A tűnemény magyarázata a kisütéskor létesülő extraáramok tekintetbevételére alapítható, amennyiben ez az áram az első kisülésnél az eredeti árammal ellenkező irányú lévén, a két fegyverzetet ellenkező értelmű töltésekkel látja el, melyek kisülése adja a második szikrát s. i. t.



75. ábra. Tesla-féle kísérlet.

Hazánkfia a horvátországi születésű *Nicola Tesla* arra a gondolatra jött, hogy az inductor scd. tekerésének polusait két sűrítő belső fegyverzeteivel kötven össze, ezek külső fegyverzeteit kapcsolja egy második inductor primär tekeréséhez, s a vezetékben *szikraközt* létesít. Ily módon a *Tesla-transformator* primär tekerésében az áram iránya mp.-enkint akár 1 milliószor változik, aminek megfelelőleg a scd. tekercsben rengeteg magas feszültségű és igen nagy szaporaságú váltakozó áramot kapunk. Az ilyen áramok igen különböző tűneményeket mutatnak.

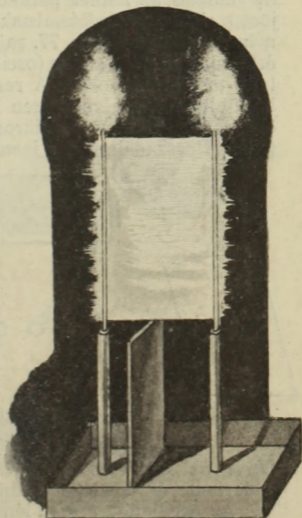
A kísérleti berendezést a 75. rajz tünteti föl, melyen a Tesla-transformátor is látható. Mennél magasabb a scd. áram feszültsége, annál gondosabbnak kell lennie a scd. tekercs szigetelésének. Ezt Tesla úgy éri el, hogy mindkét tekercset jól kifőzött, tehát levegőmentes olajba helyezi.

A legfeltűnőbb tűnemények közé tartoznak az

*aureolák*, melyeknek violaszínű fénypamatai már a scd. tekercs polusai közt is mutatkoznak, de szemben állított egyenes vagy kör alakú drótok közt lépnek föl legerősebben. (76. rajz.)

Ha a scd. tekercs polusait két fémlappal kapcsoljuk össze, akkor kisebb távolság mellett éleik közt aureolák keletkeznek, nagyobb távolság mellett pedig a köztük helyezett elektrod nélküli légtüres csövek egész kiterjedésükben világítanak, ha azokat a lemezekre merőleges állásba hozzuk, tehát az erővonalak irányában helyezük el. Az impedencia tűneménye úgy mutatható be, ha a scd. tekercs polusait egy vastag, U-alakulag megbajlított sárgaréz-drót végeivel kötjük össze. Ha egy, a drót ellenállásához képest óriási ellenállású izzólámpát a drót mellézkáratába helyezünk, akkor a kisülés nem a dróton keresztül, hanem az izzólámpán keresztül történik, mert a drótnak ehhez képest nagyobb az impedanciája.

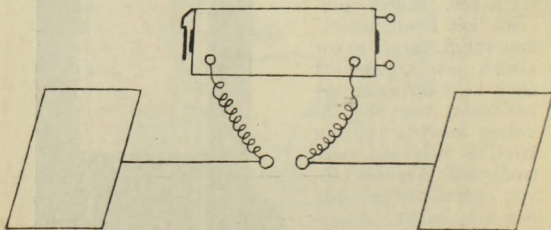
A Tesla-transformátor scd. tekercsének polusaiból  $\frac{1}{2}$  m-es szikrákat húzhatunk, s azokat testünkön ültethetjük át, anélkül, hogy valamelyes physiologiai hatásukat észlelnők. Ellenben hőhatásuk igen tetemes.



76. ábra. Tesla-féle aureola.

Ennek az a magyarázata, hogy az ilyen rendkívül szapora irányváltásoknál az elektromosság nem hatol a vezetőbe, hanem csupán annak felületén halad tovább.

**74. Elektromos rezgések.** A leydeni palaczk kisülésekor a szigetelő levegőréteg periodikus áttörését tapasztaltuk. Így közel fekszik az a gondolat, hogy ily módon az aether periodikus mozgásba, rezgésbe jön, s *elektromos hullámoknak* kell keletkezniök. Ezeket a hullámokat *Hertz* a 77. rajzban feltüntetett könnyen érthető módon létesítette (oscillator), és a *resonátor*-ával tette megfigyelhetőkké. A resonátor egy körben meghajlított drót, melynek igen közel fekvő végei közt az elektromos hullámok mikroszkopikus szikrákat létesítenek. Hosszadalmas és igen fáradságos kísérletekkel



77. ábra. Hertz-féle oscillator.

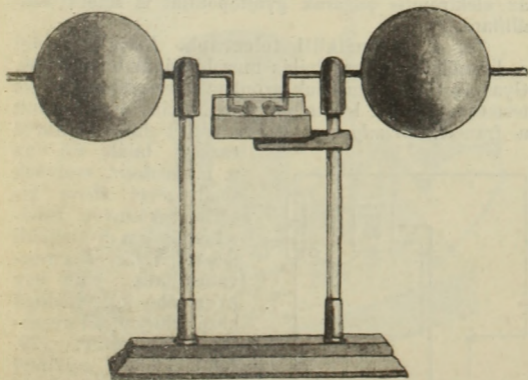
*Hertz* az elektromos rezgések természetét teljesen földerítette és meglepő eredményekre jutott.

Az oscillatiók száma lényegesen függ az oscillator (radiátor) kapacitásától. Egy alkalmas alakú radiátort a 78. rajz tüntet föl, melynél a szikrázás petroleum alatt történik, a kapacitást fémgolyók növelik, s az ezeknek méreteiből kiszámítható. A szerint, amint nagy, illetőleg kicsiny rezgési időtartamot akarunk létesíteni, nagy, illetőleg kicsiny kapacitású radiátort használunk. A nagy rezgéstartamú rezgések a térben könnyen minden irányban szétszóródnak, ellenben a kicsiny rezgéstartamúaknál ez a körülmény nem következik be.

A hullámhosszúságot oly módon mérjük, mint a hanghullámok hosszúságait, *Kundt*-féle interferencia-csővel. Föltéve, hogy ily módon a hullámhosszúság

$\lambda = 6$  cm-nek találtatott, minthogy a terjedési sebesség  $= \lambda/t$ , hol  $t$  a rezgési időtartam, a radiátor rezgési időtartama pedig számítás útján  $2 \cdot 10^{-10}$  mp.-nyinek találtatott, akkor a terjedési sebesség mp.-enkint 300000 km, ami a fény és elektromosság terjedési sebességeivel egyezik.

Ennek alapján azt állíthatjuk, hogy a fényrezgések és az elektromos rezgések közt lényeges különbség nincsen; csakhogy az aetherrezgések a szemre akkor hatnak, ha hullámhosszúságuk a milliméter tizezredrészeiben kifejezve  $= 4 - 7\frac{1}{2}$ -el; hosszabb hullámok,



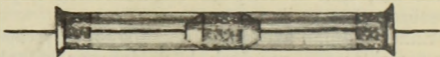
78. ábra. Radiátor.

melyek 15—20 egységnyiek, hőhatásaik útján vehetők észre. Ezekkel szemben a néhány cm-nyi, sőt méternyi hullámhosszúságú aetherrezgések mint elektromos rezgések vehetők észre.

A rezgési időre vonatkozólag mondhatjuk, hogy az igen kicsiny rezgési idejű aetherhullámok fényhatásuk vagy hőhatásuknál fogva, a nagy rezgési idejűek pedig inductiós hatásaiknál fogva válnak észrevehetőkké. Itt a fénytünemények és elektromos tünemények közt ismét lényeges kapcsolatosság állapított meg.

Hertz kimutatta, hogy a radiátortól kiinduló elektromos sugarak fémlapokon nem haladnak keresztül,

de üveg, paraffin, kén, fa stb. azoknak útjokat nem állják; a hullámok fémlapokról úgy verődnek vissza, mint a fénysugarak a tükrökről. Paraffinból készült prismával kimutatta azt, hogy a hullámok követik a



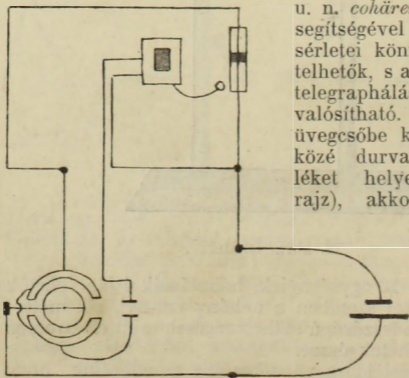
79. ábra. Branly-féle cohärer.

törés törvényeit. Szigetelőkből készült gyűjtőlencsével az elektromos sugarak gyújtópontját is sikerül előállítani.

**75. A drótnélküli telegraph.** Hertz kísérletei a drótnélküli telegraphálás megoldásának tekinthetők. Gyakorlati alkalmazásuk azonban a rezonátor kényes természete miatt lehetetlen volt. Nehány évvel ezelőtt a francia *Branly* egy, a rezonátort helyettesíthető

eszközt talált föl, az u. n. *cohäert*, melynek segítségével Hertz kísérletei könnyen ismételtethetők, s a drótnélküli telegraphálás is megvalósítható. Ha egy üvegcsőbe két fémdugó közé durva fémreszeléket helyezünk (79. rajz), akkor cohäert

készítünk. Ezt egy áramvezetékbe kapcsolva, bár alkatrészei mind jó



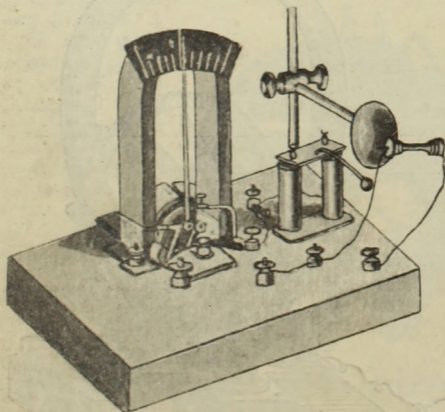
80. ábra. A drótnélküli telegraph schematikus rajza.

de azok laza contactusa miatt óriási ellenállást (néhány 100000  $\Omega$ ) csatoltunk a vezetékbe. De ha a cohäert elektromos hullám éri, akkor a fémreszelékek minden érintkezési pontján úgy mint a rezonátornál apró szikrák ütnek át, melyek hőhatásai a reszelékeket egymáshoz ta-



pasztván, a cohärer ellenállása 5—10  $\Omega$ -nyira száll alá. A cohärer összerázás után előbbi állapotába ismét visszatér. Ezen tulajdonsága teszi becselessé és az elektromágneshez hasonlónak.

A drótnélküli telegrapháláshoz mint jeladó egy radiátor szükséges, mint jelvevő egy cohärer automatikus összerázó készülékkel. Az utóbbit egyszerűen úgy létesítjük, hogy a cohäert egy elektromos jelző készülékre erősítjük. A berendezést schematicus képen a 80. rajz tünteti föl. Az áram az E telepből

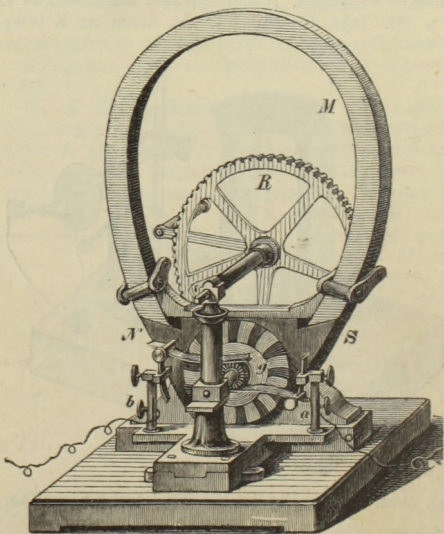


81. ábra. A drótnélküli telegraph jelvevő készüléke.

egyfelől a galvanoskopba, másfelől a cohärerbe halad; a jelzőcsengettyű a mellézáratba van kapcsolva, mely akkor záródik, ha a cohärer vezetővé válván, a galvanoscop nyelve a felső contactushoz ütődik. Ugyanezt a berendezést tünteti föl a 81. rajz.

Ily módon körülbelül 100 m-nyi távolságon belül lehet telegraphálni, amennyiben a cohäert mint relaist egy Morse-féle jelvevő elé csatolva, a papirszalagon rövid záratnál a pontok rövid sorát, hosszabb záratnál pedig azoknak hosszabb sorát kaphatjuk.

A nagyobb távolságokra való telegraphálást *Marconi* tette lehetővé, amennyiben a jeladó radiátor egyik polusával egy 25—50 m hosszúságú, függőlegesen kifeszített drótot kapcsolt össze, annak másik polusát pedig a Földbe vezette le. Ugyanigy szerelte föl a jelvevő állomás cohärerjét is. Ily módon a tengerpartról a tenger felé a drótvezeték hosszúságának 300-szorosáig, tehát 15 Km-ig terjedő távolság-



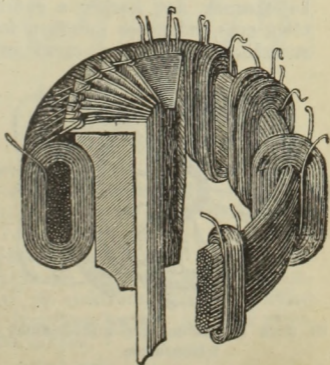
82. ábra. Gramme-féle egyenáramú dynamo.

nyira, a szárazföldön pedig a drótvezeték hosszúságának 70-szereséig, tehát  $3\frac{1}{2}$  km-ig terjedő távolságnyra tudott telegraphálni. Ujabban azon fáradozik, hogy rendszerét transatlanti közlekedésre tegye alkalmassá s az értesülések szerint ez neki máris sikerült.

A rendszer hátrányai közé tartozik az a zavar, melyet eső, por és légköri elektromosság idéznek elő, továbbá az is, hogy jelvevő felállításával a telegraphmokat bárki felfoghatja.

**76. Egyenáramú dynamo.** Hazánfia *Jedlik Ányos*, a budapesti egyetem egykori physika tanára szerkesztett először oly gépet, melynél sodronytekercs és mágnes viszonylagos elhelyezésének gyors változtatása folytán indukált áramok keletkeztek, s a gépből kivezethetők voltak. Találmánya azonban még hazájában sem vált ismeretessé, úgy, hogy a gép főalkatrészének, a forgó áramtekercses gyűrűnek megszerkesztését *Pacinotti* firenzei tanárnak tulajdonítják, ki azt 1864-ben egy értekezésében leírta és rajzban is bemutatta. Az első mágnes-elektromos gépet *Téophile Gramme* szerkesztette még 1871-ben. A gép (82. rajz) alapgondolata a következő: az M erős aczélmágnes végei közt az R fogaskerék segítségével egy Pacinotti-féle gyűrűt gyors forgásba hozunk; a mágnes a gyűrű sodronytekercseiben áramokat indukál, melyek a gépből alkalmas módon kivezethetők.

A Pacinotti- vagy Gramme-féle gyűrű szerkezete a következő: tömör vasgyűrű, vagy vastag sodronyból készült zárt tekercs (83. rajz) különálló sodronytekercseket (számuk mehet 100-ig is) hordoz, melyek egymás közt alkalmas módon kapcsolhatók össze. Ugyanis 2—2 tekercs között az egymástól elszigetelt *könyökvezetők* vannak elhelyezve, úgy, hogy a köztük alkalmazott szigetelő kaucsukrétegekkel azok hosszabb szárai egy a tengelyre erősíthető üres hengert alkotnak. Két szomszédos tekercsnek sodronyvégei egy-egy könyökvezetőhöz vannak forrasztva, s így a sodronytekercsek egész sora egymással vezető kapcsolatba van hozva. A könyökvezetők tengelymenti kiálló végein alul és felül sodronyból készült seprűk súrlódnak, melyek az áram kivezetésére valók, s a 82. rajzon jól láthatók.

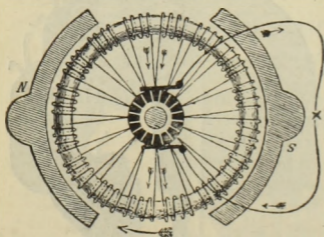


83. ábra. Gramme-féle gyűrű.

A gyűrű vasmagjában az *M* mágnes mágneses megosztást létesít, melynél fogva annak jobb és bal fele (84. rajz) két különálló, s egynemű végeiknél fogva érintkező mágnesnek tekinthető. Ez a körülmény a gyűrű forgása közben nem változik. Forgás közben a vasgyűrűt körülvevő induktiók tekercsekben áramok gerjesztetnek, melyek a gyűrűk sajátos kapcsolásmódjánál fogva a seprűkkel egyirányulag elvezethetők.

Az ilyen gép épen olyan áramot ad, mint a telepek.

**77. Siemens dynamo elve.** A Gramme-féle gép azokat az áramokat szolgáltatja, melyek aközben keletkeznek, ami közben a gyűrű (horgony) egy lehetőleg erős mágneses mezőben forog. Az aczélmágnes szolgáltatja mágneses mező intenzitása azonban a



84. ábra. A gramme gép működésének feltüntetése.

folytonos rázkódások folytán mindinkább gyengül, és eredetileg sem olyan nagy intenzitású, mint a milyent elektromágnes alkalmazásával lehet létesíteni. Eleinte az aczélmágnes különálló áramtól gerjesztett elektromágnessel helyettesítették, mig-

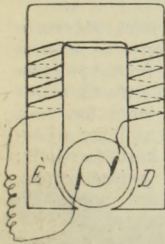
elve segítségével módot nyújtott a leghatalmasabb dynamo-gépek megalkotására.

Minden vastömegben a Föld mágneses mezejének hatása folytán is, van egy csekély mágnesség; ha ennek — bár gyenge — mágneses mezejében tekercset forgatunk, akkor ebben áramok indukáltnak. Ezeket a szintén igen gyenge áramokat a gépből való kivezetést megelőzőleg valami uton-módon az elektromágnes vastömegei körül vezetvén, ennek mágneses mezejét erősítjük; ily módon fokozódik a hatás a telítettségig, s ekkor a gépből már igen erős áramot lehet nyernünk.

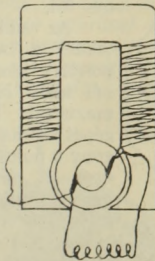
Azok a módok, melyekkel az áramot az elektromágnes körül vezetjük, a következők:

a) *Főáramú gerjesztés.* (85. rajz.) Ennél az elektromágnesek tekercsei a horgony után vannak kapcsolva úgy, hogy a géptől létesített egész áram átmegy rajtuk.

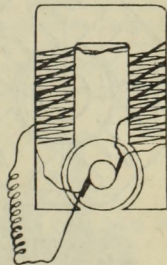
b) *Elágazó gerjesztés.* (86. rajz.) A horgony tekereseiben indukált áram kétfelé ágazik; az egyik a vezetékbe áramlik a külső használatra, a másik az elektromágnes tekercein átmenve erősíti a mágneses mezőt.



85. ábra.

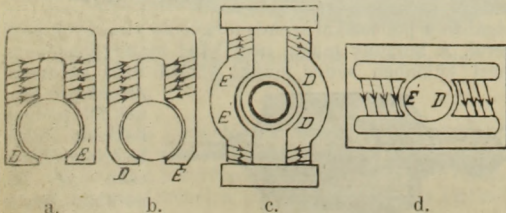


86. ábra.



87. ábra.

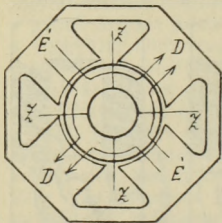
c) *Vegyes gerjesztés.* (87. rajz.) Az előbbi két módot egyesítve az elektromágneseket két egymásföli fekvő tekerccsel vonjuk be. A kicsiny ellenállású a külső vezetékbe van bekapcsolva, a nagy ellenállású pedig a főáram elágazását veszi föl. Ez a két tekercs oly arány szerint készíthető, hogy egy megadott forgási sebességtől kezdve az elektromotoros erő a külső vezeték ellenállásától független legyen. Az ilyen gépeket *compound-gépeknek* hívják.



88. ábra. A horgony elhelyezése a polusok között.

**78. A horgony és elhelyezése.** A hatásosság fokozása céljából a horgonnak a mágnes polusai közt lehetőleg szűken kell elhelyezkednie. Ezt az elhelyezést 4-féle esetben [a) Edison, b) Gisbert Kopp, c) Naglo, d) Lahmeyer] a 88. rajz tünteti föl.

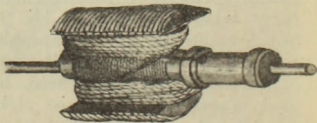
Nagyobb hatások elérése céljából szerkesztenek több polussal dolgozó gépeket is, melyeknél a polusok száma természetesen mindig páros. A 89. rajz egy 4-polusú gép schemáját tünteti föl.



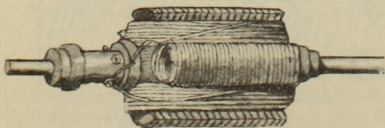
89. ábra. Négy polusú gép schemája.

nél a Gramme-gyűrű helyett a *Siemens-féle kettős T-horgony* alkalmazható, melyet a 90. rajz két tekercsessel, a 91. rajz 4 tekercsessel tüntet föl. A

*Hefner-Alteneck-féle dob*nál a tekercsek hengeralakú, rovátkolt felületű vasmagra bizonyos szabály szerint annak hossza mentén vannak felfogbolyítva, s így a tekercs egész hosszúságában a polusokkal szemben egyenlő viszonyok közé kerül. A horgony magja nem lehet masszív vastömeg, mert különben benne munka közben azok az *áramforratagok* lépnek föl, melyek hatásait *Arago* kísérletei kapcsán az 59. pontban tanulmányoztuk.



90. ábra. Siemens-féle kettős T-horgony két tekercsessel.

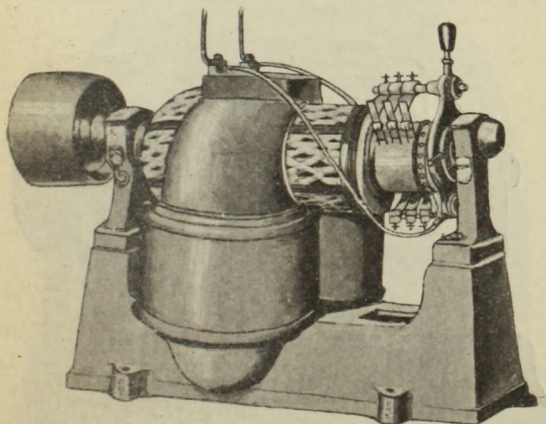


91. ábra. Siemens-féle kettős T-horgony 4 tekercsessel.

magját különálló sodronyokból szerkesztik, a Hefner-Alteneck-féle dob magját pedig a tengelyre felfűzött, papírral egymástól elszigetelt vashádoglemezekből állítják össze.

Ezért a Gramme-gyűrű vas-

Az áram kivezetésének lehetőleg szikrázás nélkül kell történnie, ezért a tengely fémsegmentumai egymástól jól el legyenek szigetelve (csillám, micanit, asbest közvetítésével), és az a felület, melyre a fémsprük támaszkodnak, lehetőleg sima legyen. A mágneses mezőben forgó gyűrűnél a mágneses polusok összekötő vonalára merőleges átmérő, az u. n. *neutrális öv*, mert azokban a tekercsekben, melyek épen ezen az övön mennek keresztül, áram nem indukálódik.



92. ábra. A Siemens és Halske-féle kétpolusú gép.  
(LH-modell.)

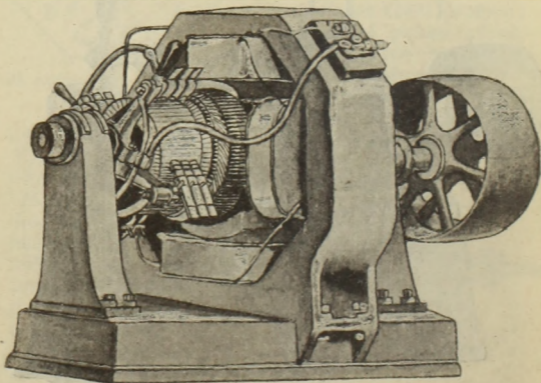
Hogy az áram kivezetése szikrázás nélkül történjék, a sprüknek a neutrális övre kell támaszkodniok.

Általában a takarékoság szempontjából a dynamogépek szerkesztésénél a következő 3 szabály tartandó szem előtt:

1. lehetőleg csekély mágneses ellenállás, tehát: sok vas!
2. lehetőleg kevés sodronytekercs a horgonyon, tehát: kevés réz!
3. lehetőleg szűk tér a horgony és a polusok között.

A 92. rajz egy *Siemens és Halske*-féle két polusú kis gépet (LH-modell), a 93. rajz egy *Schuckert & Co*-féle 4 polusú (AF-modell) és a 94. rajz egy ugyanilyen 10 polusú gépet ábrázol.

**79. Az egyenáramú dynamo munkaviszonyai.** Ha a gép tökéletes volna, s a vele közölt munkából semmi sem veszne kárba, akkor pl. 10 lóerőnyi effectus esetében a gép 7360 watt-ot szolgáltatna. Tényleg azonban csak 6450 watt-ot ad. Ebben az esetben a gép *hatásfoka*, vagyis a szolgáltatott effectusnak a



93. ábra. *Schuckert & Co.*-féle négypolusú gép. (AF-modell.)

géppel közölt effectushoz való aránya  $= \frac{6450}{7360} = 0.875$ .

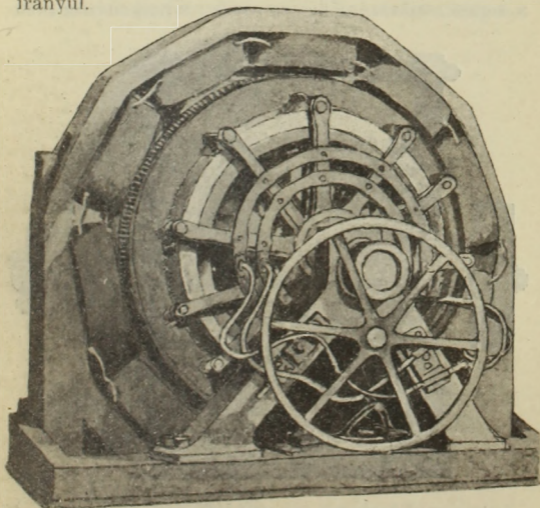
Ezt a számot 100-zal szorozván, a hatásfokot  $\%$ -ban kifejezve nyerjük, az tehát az adott példában  $87.5\%$ .

A hatásfok a gép nagyságával együtt növekszik. Így pl. ha ugyanilyen fajta, de nagyobb gépnél a közölt effectus 100 lóerő, akkor a gép 500 vt feszültség mellett 136 amp. erősségű áramot ad, szolgáltatása tehát 68 kilowatt. A közölt effectus 73.6 kilowatt, s így a hatásfok  $92.4\%$ . (Legföljebb  $97\%$ .)

Az elvesztett energia többféle okra vezethető vissza. Energiát fogyasztanak:



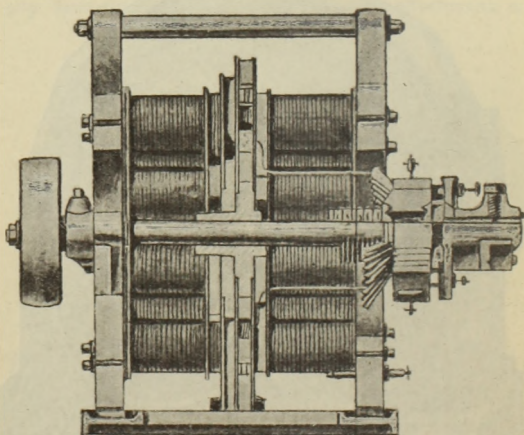
1. A surlódás, mely a tengelyágyakban, a seprüknél és a levegőben létesül.
  2. A horgony felmelegedése.
  3. A seprük végein előálló szikrázás.
  4. A remanens mágnesség és az áramforgatagok.
  5. A mágneses mező intenzitásváltozásai.
- A gépek tökéletesítése ezen okok gyöngítésére irányul.



94. ábra. Schuckert & Co.-féle tízpolusú gép.

**80. Váltakozó áramú dynamoknál** épen úgy, mint az egyenáramuaknál a mágneses mező és a horgony játszik a főszerepet; az utóbbiaktól főleg abban különböznek, hogy a belőlük nyert áram nem használható fel a mágneses mező létesítésére, s így velük kapcsolatban egy egyenáramú dynamo alkalmazandó, mely az elektromágnes gerjesztését végezze. Rendszerint a horgony forog, de lehetséges az is, hogy az elektromágnesek forognak az álló horgony körül. A horgony tekercsei vasmag nélkül és vas-maggal készíthetők. Az utóbbi esetben a horgony föl-

melegedése energiaveszteséggel jár, de a hatás mégis fokozottabb. Minthogy a váltakozó áramot nem kell a gépből egyirányulag kivezetni, azért nincs szükség kényes és romlékony commutátor-szerkezetekre, hanem a seprük két, egymástól szigetelt fémgyűrűre támaszkodhatnak. Ez a gép árára van lényeges befolyással, továbbá energia-megtakarítással is jár, amennyiben a seprük szikrázása ki van zárva; a horgonynak nem



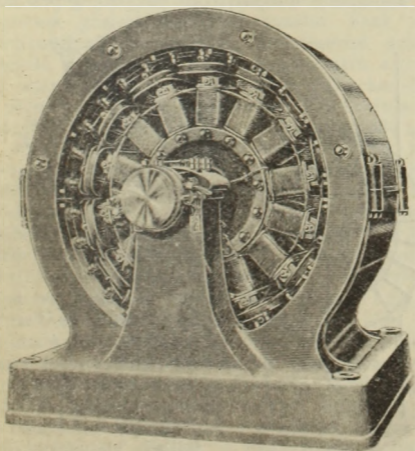
95. ábra. Váltakozó áramú dynamo.

lévén neutrális zonája, a seprük helyzete sem szabályozandó, s így a gép kezelése is egyszerűbb.

A horgony tekercsei könnyen izolálhatók egymástól, s így ezek a gépek igen magas feszültségre is a költség túlságos növekedése nélkül könnyen berendezhetők. Ilyen esetekben álló horgonyt és forgó elektromágneseket alkalmazván, oly berendezést létesíthetünk, mely magas feszültségű áramoknál a legcélszerűbb, s egyenáramú gépeknél egyáltalán nem lehetséges. Az erőátvitelnél végre tekintetbe jön az is, hogy a váltakozó áramot egyenlő feszültség mellett sokkal kisebb keresztmetszetű vezetéken lehet továb-

bitani, mint az egyirányú áramot, s e mellett az ellenállás az áram intenzitását nem gyöngíti. Ez pedig költségkimézés szempontjából igen lényeges.

A különféle szerkezetek két főcsoportját különböztethetjük meg, aszerint, amint a mágneses mező erővonalai állandó elhelyezésűek, s az elektromótoros erő úgy jön létre, hogy a horgony tekercsei ezeket az erővonalakat keresztezik; és aszerint, amint a mágne-



96. ábra. Ziperowski-Déri-féle gép dob-alakú horgonnyal.

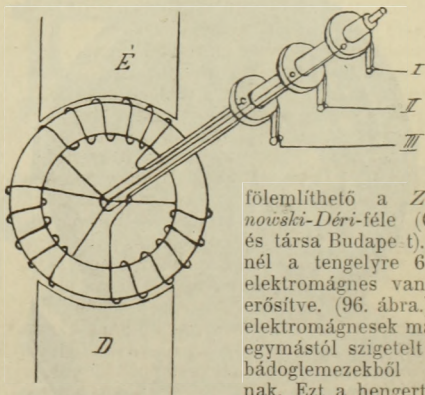
ses mező erővonalainak sűrűsége változó levén, az elektromótoros erőt ez a körülmény létesíti.

A mágneses mezőt az elektromágnesekből álló kettős koszorú létesíti, melyben két-két elektromágnes ellentétes polusaival áll egymással szemközt.

Ezen elektromágnesek közt a lapos sodrony-tekercsek egy koszorúja forog. Az elektromágnesek száma egyenlő a tekercsek számával. Elrendezésüket a 95. ábra oldalnézetben tünteti föl. A tekercsek az elektromágnesek polusainak alakja szerint lehetnek köralakúak vagy oválisak; fa- vagy sárgarézmag közül csavarodhatnak. A tekercsek koszorújának forgatá-

sánál a tekercsek a mágneses mezők során haladnak át, és pedig az egyik mágneses mezőből a szomszédosba való áttéréskor a tekercs egyik fele még az első mezőben áll, mikor másik fele már a következő mezőbe készül. Nagyobb gépeknél a tekercsek koszorúja két vékony ujezüstlemez közt végzi forgását. Ezek a lemezek a léghuzam kedvéért át vannak lyukgatva, s így a léghuzam a tekercset lehűtheti.

A dob-alakú horgonnyal dolgozó gépek közül



97. ábra Forgató áramú dynamo schemája.

főlemlíthető a *Zipernowski-Déri-féle* (Ganz és társa Budape-t). Ennél a tengelyre 6—40 elektromágnes van fölérősítve. (96. ábra.) Az elektromágnesek magjai egymástól szigetelt vasbádoglemezekből állanak. Ezt a hengert egy külső, hengeralakú állvány veszi körül, mely a T-alakú, vasbádogból készült magokra tolt tekercsetek tartja. Minden induktív tekercs különálló egészet alkotván, a gép könnyen szédszedhető és javítható. A gép 10000—380000 watt szolgáltatásra, 1000—5000 vt feszültségre rendezhető be és percenkint csak 5000-szeres poluscserével dolgozik, ami más szerkezetekkel szemben, melyeknél a poluscseré percenként 15000-re is emelkedik, sok előnyt nyújt; ugyanis a poluscserénél fellépő munkaveszteség csökkenik, s a csere mérsékelt száma az erőátvitelnél és kapcsolásoknál is előnyösnek bizonyul.

A poluscseré számát kapjuk, ha a polusok számát a percenkénti fordulatok számával sokszorozzuk.

A gépeknél általában az áram percenkint 100-szor változtat irányt, tehát 50 *periodusa* van. A polusok számának növelésével a percenkinti fordulatok számát lehet leszállítani.

Említettük, hogy a váltakozó áramú dynamok elektromágneseit egy különálló egyenáramú gép gerjeszti. Lehet azonban magán a dynamon is commutátort alkalmazni, s ennek segítségével néhány tekercs áramát a gépből egyirányulag kivezetni s az elektromágnesek gerjesztésére felhasználni. Ezek a gépek *öngerjesztők*nek neveztetnek. Rendszerint azonban a gerjesztő egyenáramú dynamo ugyanarra a tengelyre van szerelve. Különbözik egy ilyen Schuckert-féle gép 48 polussal dolgozik, percenkint 125 fordulatot tesz, tehát 6000 poluscseré áll elő; szolgáltatása 330 kilowatt.

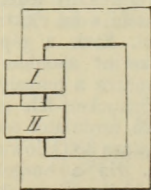
**81. Forgató áramú dynamo.** Ha a horgony tekercseit 3 csoportra osztjuk, s azokból az áramokat a 97. rajzban feltüntetett schema szerint vezetjük ki, akkor 3-phasisu váltakozó áramot nyerünk, melynek az 1-phasisu árammal szemben a következő előnyei vannak: a) a vezeték — ha még oly rövid időre is — sohasem árammentes; b) elvezetésére 3 vezeték elegendő, visszavezetésről nem kell gondoskodni. Ez utóbbi körülménynek az az oka, hogy a három áram algebrai összege minden pillanatban zérus levén, az áramok minden pillanatban a 3 vezeték egyikén vagy kettőjén át visszavezetődnek. Alkalmazásuk különösen erőátvitelknél előnyös.

**82. Áramátalakítók.** A rendkívül magas feszültségű váltakozó áramok a felhasználás helyein úgy, amint azokat a vezetékből kapjuk, rendszerint nem alkalmazhatók. Ennélfogva azzal a feladattal állunk szemben, hogy az igen magas feszültségű váltakozó áramot alacsonyabb feszültségűvé, esetleg megfordítva, az alacsony feszültségű váltakozó áramot magas feszültségűvé alakítsuk át. A lefelé-illetőleg fölfelé transformálás eszközei a *transformátorok*. Lehetséges az is, hogy a váltakozó áramot egyirányúvá, vagy viszont az egyirányú áramot váltakozóvá kell átalakítani, mi mellett az eredményezett áram feszültsége is előre meg van állapítva. Erre a célra szolgálnak a *converterek*.

A váltakozó áramok csakis úgy váltak gyakorlattal alkalmazhatókká, hogy sikerült minden követelményt kielégítő transformátorokat szerkeszteni. E

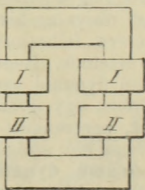
tekintetben az érdem a budapesti *Ganz és társa* czégé, mely e téren úttörő volt.

A stationär-transformátor semmiféle része mozgásba nem jön. Alapgondolata a következő: a primár-áram bevezetésével nyugvó vastömegek mágneses állapotában oly változások idézhetnek elő, melyek

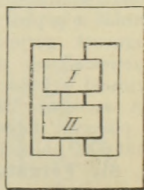


98. ábra.

Gyűrűs transformátor.



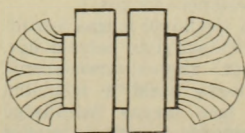
99. ábra.



100. ábra.

Köpeny-transformátor.

bizonyos feszültségi határok közt álló secundár-áramot létesítenek. Lényeges részei tehát a vasmag, mely önmagában zárt, vagy két polusulag nyitott lehet, s az azt körülvevő, egymástól szigetelt és ellenkező csavarodású primár- és secundár-tekercek. A 98. és 99. rajz a *gyűrűs transformátort*, a 100. a *köpeny-transformátort*, a 101. a



101. ábra. Swineburne-féle transformátor.

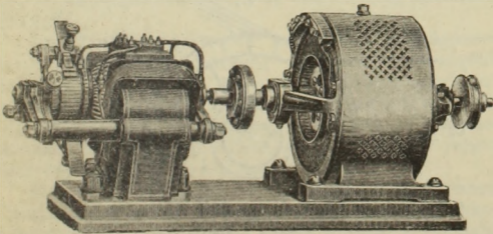
a *Swineburne-féle*, két polusulag nyitott *sűn-transformátort* mutatja. A *Ganz és társa* czég transformátorának belsejét egy teljesen zárt vasgyűrű alkotja, melyet belül a vékony sodronyból készült (magas feszültségű) primár-tekerces

vesz körül, erre jön rá a vastag sodronyból készült, s egyenletesen elosztott secundártekerces. Mindkét tekerces egymástól és a vasmagtól gondosan el van szigetelve, nehogy rövid zárat állhasson elő.

A transformátorok alkalmazásánál természetesen energiaveszteség áll elő; ez azonban, minthogy a készüléknek mozgó részei nincsenek, igen csekély, úgy, hogy a takarékosági tényező 97%-ig emelkedik.

Elméletükbe és részletes ismertetésükbe nem bocsátkozhatunk.

A magas feszültségű váltakozó áramot kisebb feszültségű egyirányú árammá kétféleképen lehet átalakítani. A váltakozó áramot bevezetjük egy erre alkalmas motorba (lásd később), s ennek közvetítésével egyenáramú dynamot hozunk működésbe. De alkalmazhatunk *convertert* is, vagyis oly készüléket, melynek horgonya váltakozó áramot fogyaszt és egyirányú áramot produkál. A készülék működése természetesen megfordítható, amennyiben egyirányú áram bevezetésével forgásba hozatván, az váltakozó áramot szolgáltatathat.



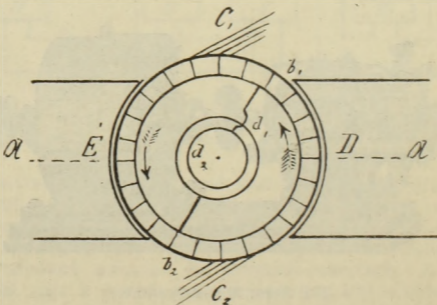
102. ábra. Motor-dynamo.

Az első megoldási módot a 102. rajzban látjuk, hol jobbról a 3-phasisú motor, balról az egyenáramú dynamo látható. A másodikat schematikusan a 103. rajz tünteti föl. A Gramme-féle gyűrű tengelyére két egymástól és a tengelytől elszigetelt fémgyűrű ( $D_1$  és  $D_2$ ) van feltolva, melyek két diametrális commutátor pálczával ( $a_1$  és  $a_2$ ) állanak kapcsolatban. Ha a gyűrű a nyíl irányában forog és a commutátorpálczák az AA mágneses tengelyre merőleges állásba, tehát épen a  $B_1B_2$  seprük alá kerülnek, akkor a  $D_1D_2$ -re támaszkodó seprük (az ábrában nem láthatók) a maximális elektromotoros erejű áramot vezetik ki.

Minthogy ez esetben a kétféle áram egyazon horgony tekercsein halad át, s így mindkét áram keletkezésénél a tekercsek ugyanazon erővonalrendszeret metszik, ennél fogva a kétféle áram feszültségei bizonyos meghatározott arányban fognak állani. Az

egyenáramú dynamo azonban csak mérsékelt feszültségeket bír el, s így, ha a vezeték váltakozó árama igen magas feszültségű, akkor azt előbb transzformátorral lejjebb kell fokozni. A takarékosági tényező közepes értéke 93<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

**83. Mőtorok.** Elméletileg minden egyenáramú dynamo megfordítható, amennyiben, ha abba a szolgáltatásnál valamivel magasabb értékű áramot vezetünk, a horgony forgásnak indul, s így árammal forgást létesíthetünk. Azok a gépek, melyekkel az elektromos energia mechanikai munkává *alakítható* át, *mőtoroknak* neveztetnek. Gyakorlatilag a jó dynamo egy-út-



103. ábra. Converter.

tal nem mindig jó mőtor is. Mert a dynamonál a súly mellékes, míg a mőtornál az lehetőleg csekély legyen.

Az elektromőtor horgonya oly mágneses mezőben forog, mely az áramot szolgáltató dynamo elektromos mezejével egyenlő intenzitásúnak tekintendő. Ennélfogva mind a mőtorban, mind a dynamóban elektromőtoros erők lépnek föl, melyek egymással szemben állanak. A mőtorban fellépő elektromőtoros erőt a horgonyában előálló feszültségi veszteség csökkenti; ez a veszteség azonban oly csekély, hogy mindkét gép körülbelül egyenlő tempóban forog. Ha a mőtor forgási sebességét módosítani akarjuk, akkor azokat a föltételeket kell megváltoztatnunk, amelyek horgonyában az elektromőtoros erőt létesítik. Ez az elektromőtoros erő egyenesen arányos a mágneses mező



intenzitásával. Ha tehát azt akarjuk, hogy a motor gyorsabban forogjon, akkor a motor mágneses mezejét gyöngíteniünk kell. Ekkor ugyanis a motornak gyorsabban kell forognia, hogy a tápláló áram elektromótoros erejét utólérje. Ellenkezőleg, a motor járásának lassításánál a motor mágneses mezejét erősíteniünk kell.

A főáram-gerjesztésű motor mágneses mezejének intenzitása a horgonyon átmenő áram erősségétől függően, ez a motor annál gyorsabban forog, mennél gyöngébb a megterhelés. Azért ezek a motorok felhúzó gépeknél, vasuti kocsiknál alkalmazhatók, amennyiben erős megterhelésnél is erőteljesen indítanak, csekélyebb megterhelésnél pedig megfelelőleg lassabban forognak.

Az elágazó gerjesztésű motoroknál a mágneses mező intenzitása a horgony áramának erősségétől független, s így ezek a gépek gyárakban alkalmazhatók, mert különböző megterhelések mellett is körülbelül ugyanazon sebességgel forognak. A mágnes tekercsei elé kapcsolt ellenállással a forgási sebességet körülbelül 20%-kal módosíthatjuk.

Ha két egynemű gép közül az egyik mint dynamo, a másik mint motor működik, akkor azok még akkor is egyirányulag forognak, ha az áramot a motorba ellenkező módon vezetjük be. Hogy tehát a motor forgási irányát ellenkezőre változtathassuk, az áram irányát vagy csak a horgonyban, vagy csak a mágnesben kell ellenkezőre változtatnunk, úgy, hogy a kettő közt poluscseré álljon elő.

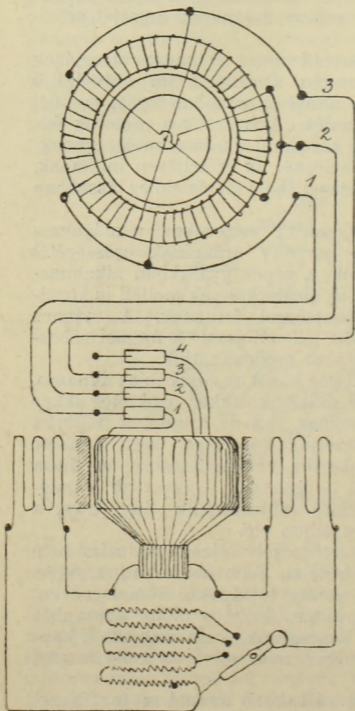
A nyugvó horgony csekély ellenállása miatt bele a vezeték áramát hirtelen nem bocsáthatjuk, mert tekercseinek drótjai esetleg túlságosan fölmelegedvén, az izoláció kárt szenvedne. Ezért a motor elé szabályozható ellenállást kapcsolunk, s azt csak akkor kapcsoljuk ki, ha a motor már elérte a kellő forgási sebességet.

**84. Egyphasissú váltakozó áramú motor.** Ezeknél a mágneses mezőt egyenáramú dynamo gerjesztvén, az constansnak tekinthető; a horgonyt egy váltakozó áramú dynamo táplálja. Hogy rendes erejére szert tegyen, a gerjesztő áramnak megfelelő szögsebességet kell elérnie, tehát *synchron*-járásúnak kell lennie. Ezért megindítás előtt az ilyen motor a kérdéses szögsebességre *ösztöképendő*.

Ezt az ösztökélést többféleképpen lehet elvégezni: gőzgéppel, egyenáramú motórral vagy aszinkronmotórral. De ha már a tempóban benne van, akkor is előfordulhat, hogy a megterhelés fokozódása mellett

fordulatjainak száma csökkenvén, a motor megáll. Ennél a körülménynél fogva az egyfázisú váltakozó áramú motorok alkalmazása igen korlátolt, s legfőlegbb világi- tási czélokra szolgáló berendezésekre szorítkozik.

**85. For-  
gató áramú  
mótorok.** A 107. rajzban balról egy háromfázisú áramot szolgál-  
tató dyna-  
mo, jobbról egy háromfázisú  
mótor van  
schematikusan  
feltüntetve. A  
mótor 3 teker-  
cse háromszög-  
kapcsolással  
(72. pont) van  
ellátva.



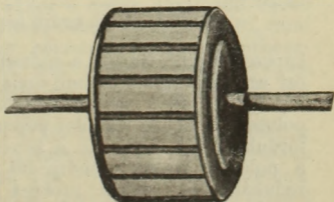
107. ábra. Háromfázisú dynamo és háromfázisú motor kapcsolása.

Ha a dy-  
namo áramát a motorba bevezetjük, akkor a teker-  
csek belső terében elhelyezett vasgyűrű azonnal for-  
gásnak indul, s az áram commutálásánál forgásának  
értelme is azonnal ellenkezővé változik. Nagyobb  
gépeknél a rotációs gyűrű complicáltabb szerkezetű.  
(105. rajz.) A gyűrű szigetelt vasbádoglemezekből

áll, melyeket rézrudak választanak el egymástól. Ezek a rézrudak végeiken két rézkorongba mennek át, s így rövid zárattal vannak egyesítve. Az ilyen motorok egyfolytában hónapokig is eljárhatnak minden akadály nélkül; csak a megindításnál van némi kellemetlenség. Ugyanis az áram bevezetésekor a rézalkatrészekben erős inductiós áram keletkezik, s így a motor megindítása kellemetlen lökéssel történik, mely nemcsak a transmissióban, hanem a vezetékben is észrevehetővé válik.

Ezt a hátrányt is elkerülhetjük, ha a forgó gyűrűre is három tekercset tolunk, melyek végei rövid zárattal vannak egyesítve, kezdetei pedig három, a tengelyre tolt s egymástól elszigetelt fémgyűrűhöz vezetettek. (106. rajz.) Ezek a gyűrűkön seprűk

csúsznak, melyek 3 vezeték segítségével a  $W_1W_2W_3$  ellenállással állanak kapcsolatban. A H fémkarnak a nyíl irányában történő elmozdításával lehet a forgó gyűrűbe az ellenállásokat becsatolni. Indításkor így az inductiós áramot tetemesen csökkent-

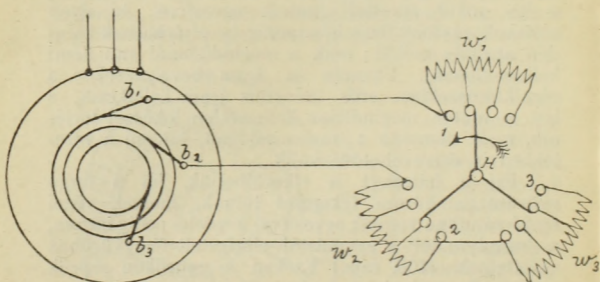


105. ábra. Rotációs gyűrű.

hetjük, s a motor csendesen fog forgásnak indulni. Ha a motor már kellő sebességgel forog, akkor a fémkart úgy állítjuk, hogy karjai 1, 2, 3-mal jelölt helyekre kerüljenek, s így a forgó gyűrű tekercsei röviden zárassanak. Egyes szerkezeteknél ekkor a seprűk is leemeltetnek a gyűrűkről, hogy a súrlódás is megszűnjék. A 107. rajz egy ilyen motort ábrázol.

Igen fontos dolog az ilyen motoroknál, hogy a perczenkinti fordulatok számát lehetőleg tág határok közt lehessen szabályozni. E célra szolgál a forgó gyűrű tekercseibe kapcsolt ellenállás. Ha drótokat alkalmazunk, akkor azok erős fölmegegedését lég-huzammal kell enyhíteni. Ez a mód energia veszteséggel járván, nem takarékos. Előnyösebb a motor polusainak számát kellő módon megszabni. E célra a motornal kapcsoló táblát kötünk össze, melynek segítségével a polusokat szükség szerint ki- és be-

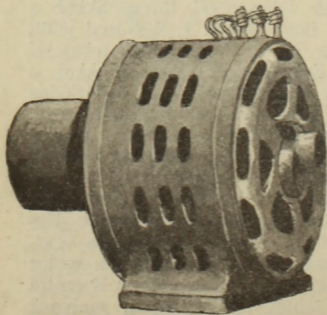
## Hálózat



106. ábra. Forgó gyűrű három tekercsessel.

kapcsolhatjuk. Ha pl. a mótornak 60 polusa van, s ezt egy oly forgató áramú dynamo mozgatja, melynél mp.-enkint 50 a periodus, tehát percenkint 6000 a poluscseré, akkor a motor percenkint  $6000 : 60 = 100$  fordulatot fog tenni. Ha a kapcsoló tábla segítségével a polusok számát rendre 30, 20, 12, 6, 4 és 2-re redukálhatjuk, akkor ezeknek megfelelőleg a percenkinti fordulatok száma illetőlegesen 200, 300, 500, 1000, 1500 és 3000-re fog emelkedni.

Egy másik, szintén szokásos mód abban áll, hogy a dynamo poluscseréinek számát alkalmas berendezéssel megváltoztatjuk.



107. ábra. Forgató áramú motor.

**86. Az erőátvitel.** A *primár-állomáson* mechanikai energia állván rendelkezésünkre, ezt egy dynamo forgatására használjuk fel, s így átalakítjuk elektromos energiává. Az utóbbit alkalmas módon elvezetjük az felhasználás helyére, a *secundár-állomásra*, hol az a

célnak megfelelő energia-alakra (hő, fény, mechanikai energia) alakítatják át. Az energia átalakításainál a hatásfoknak megfelelő átalakulásbeli veszteségekkel, a tovavezetésnél pedig vezetésbeli veszteségekkel kell számolnunk. Az erőátvitel módozatainak megállapításánál az a főcél, hogy ezek a veszteségek lehetőleg leszállítottassanak. Az átalakulásbeli energia veszteséget a dynamok és motorok czélszerű szerkesztésével, a vezetésbeli veszteséget pedig a vezetés módjának czélszerű megszabásával lehet csökkenteni. A következőkben különösen az utóbbival foglalkozunk.

Például a feladat a következő volna: a primár-állomástól 10 km-nyi távolságra oly áramot kell elvezetni, hogy a secundär-állomáson egy nagyobb motor egy 100 lóerejű gépet tudjon mozgásba hozni. Ha a hatásfok 0.88, akkor e célra körülbelül 84000 watt szükséges. Ha a vezetésbeli veszteség 10% (ami a rendszeren előállónak kétszerese), akkor a primár-állomás gépéből 92400 watt veendő és azt, 92%-os hatásfokot véve alapul, egy 136—140 lóerejű gép állíthatja elő.

A 84000 watt-nyi áramot két módon vezethetjük a secundär-állomáshoz, amennyiben vastag vezetéken kisebb feszültségű (pl. 120 vt-os) áramot vezetünk, vagy vékonyabb vezetéken nagyobb feszültségű áramot szállítunk el.

Ohm törvénye szerint  $I = \frac{e}{w}$ , s a vezeték ellenállására nézve.

$$w = \frac{\lambda}{q \cdot s}$$

hol:  $I$  az áramerősség ampèrekben  
 $e$  a potenciálkülönbség voltokban  
 $w$  az ellenállás  $\Omega$ -okban  
 $\lambda$  a duplavezeték hossza m-ekben  
 $q$  annak keresztmetszete mm<sup>2</sup>-ekben  
 $s$  a specifikus vezetőképesség

(Cu esetében 55).

A két egyenletből  $w$ -t eliminálva

$$q = \frac{I \cdot \lambda}{e \cdot s}$$

Ha az eredeti feszültség 120 vt, az áramintenzitás  $I = 700$  amp., akkor 10%-os vezetésbeli veszteség mellett  $e = 12$ .

Mint hogy  $\lambda = 2 \cdot 10000$  m, tehát

$$q = \frac{700 \cdot 20000}{12 \cdot 55} = 21212 \text{ mm}^2.$$

Ugyanilyen módon számítottak ki az alábbi táblázat adatai.

	Watt. volt- amp.	e	I	q mm <sup>2</sup>	d mm	Ár m-en- kint	A 20 km vezeték ára	Ár	
								Dy- namo	Mótor
1.	120 700	12	700	20212	164	216 K	4320000 K	14700	10440
2.	1200 70	120	70	212	16 4	2 16 "	43200 "	—	—
3.	2000 42	200	42	76 4	9 8	0 96 "	19200 "	—	—
4.	3000 28	300	28	33 9	6 8	1 60 "	12000 "	18000	15600

Ebből a táblázatból látható, hogy a vezeték költségei csak 3000 vt feszültség esetében eléggé mérsékeltek, míg 120 vt esetében a munkálat technikailag kivihetetlen. Egyenáramú dynamónál azonban 3000 volt feszültség előállítása igen nagy nehézségekbe ütközik, s a dynamo szigetelése könnyen szenvedhet, s így gyakori javítások elkerülhetetlenek. Ezért egyenáramú dynamoknál 500—700 vt a maximum, amelyig terjeszkedni tanácsos. Rendszerint 110, 220 és 500 vt-os generátorok használatnak. Számításaink alapján kimondhatjuk azt, hogy az egyirányú áram a primárállomás közelében jól alkalmazható, de nagy távolságokra nem továbbítható. Erre a célra előnyösen csupán a váltakozó áramok szolgálhatnak; mert a váltakozó áramú generátorok igen magas feszültségekre is könnyen berendezhetők, a továbbvezetés aránylag kicsiny keresztmetszetű vezetéken történhet, a váltakozó áramú transzformátorok határfoka igen magas, s ezek semmiféle különösebb gondozást nem igényelnek.

A továbbvezetés berendezését illetőleg a primár állomáson (ahol az áram szintén világításra, motorok hajtására stb. használható) alacsony feszültségű, pl. 500 vt-os áramot állítunk elő, melyet a továbbítás céljára a  $T_1$  transzformátor magas feszültségre pl. 6000 vt-ra emel. Ebből az áram az aránylag vékony drótból készült 3-as vezetékbe kerül. A secundár állomáson az áramot a  $T_2$  transzformátor ismét leszal-

lítja pl. 500 vt-ra és küldi abba a vezetékbe, amelyben a mozgatandó mótör és a lámpák rendszere foglal helyet.

Ha a primär állomáson az áram nem használatik föl, akkor a dynamot magas feszültségűnek (6000 vt) választjuk, s így a  $T_1$  transformátor fölösségessé válik.

A számítások szerint, melyeknek részletes tárgyalása igen messzire vezetne, forgató áram esetében a külső vezetéknél az egy- és két-phasisú árammal szemben 25% megtakarítás érhető el.

**87. Biztonsági berendezések.** Elektromos berendezéseknél számos oly készülékek és szerkezetek alkalmazandók, melyek a költségek kimézésére, a berendezéssel foglalkozó egyének biztonságára és a felállított készülékek védelmére legyenek alkalmasak. Így a berendezés teljességének vagy egyes részeinek hatályon kívül helyezésére szolgálnak a különféle szerkezetű *kikapcsolók*.

A berendezésben szereplő áramok összeköttetéseinek módosításaira szolgálnak az *átkapcsolók*.

Minthogy ívlámpák használatánál az áramintenzitás sokkal erősebben változik, mint izzólámpáknál, azért, ha a két rendszerű lámpák párhuzamosan kapcsoltnak, akkor az izzólámpák számára *csillapító ellenállás* csatolandó a vezetékbe, mely szükség szerint szabályozandó.

Váltakozó áramoknál e célra nagy önpotentiállal bíró *gátlótekercesek* használhatók fel.

A vezetékben uralkodó feszültség módosítására a *szabályozó ellenállások* alkalmaztnak.

A készülékek épségének biztosítására u. n. *ólombiztosítékokat* kapcsolnak a vezetékbe, melyekre nézve a következő követelmények állanak:

a) A biztosíték néhány másodperc alatt teljesen elolvadjon, ha a vezetékben a feszültség a megengedettnek kétszeresére emelkedik.

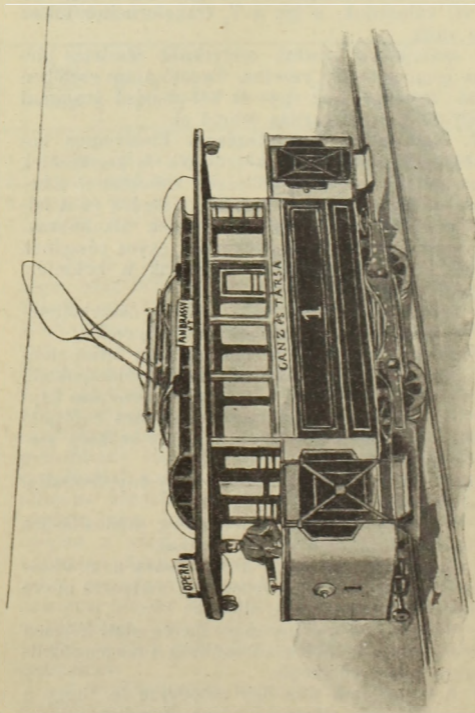
b) A megolvadt fém úgy csöpögjön le, hogy a megszakítás helyén elégséges hézag támadjon.

c) A biztosíték tűzmentes burkolatban alkalmazandó.

d) Jól szigetelő és tűzmentes lemezre legyen erősítve.

e) Kicserélése könnyen és veszélytelenül legyen elvégezhető.

Az egyéni épség biztosítása céljából a vezetékben mindenütt gondosan kikerülendők a rövid záratok, s ezért a szabadon fekvő vezetékek gondosan szigetelendők, s egymástól kellő távolságokra helyezendők.



108. ábra. Felső vezetékű elektromos vasúti kocsí.

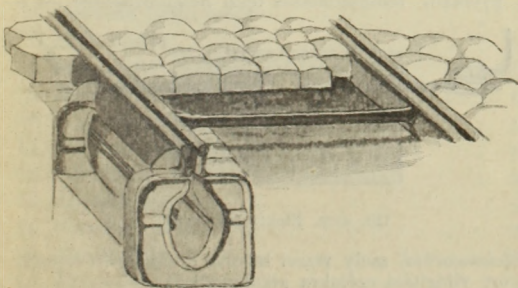
Ha a vezetékeken azok functionálása közben kell valamit megigazítani, vagy valamely műtétet (ólombiztosíték elhelyezése) elvégezni, akkor a munkás mindkét kezére szigetelő anyagból készült keztyűt húzzon. A légköri elektromosságtól származó veszé-



lyek (villámcsapás) ellen a vezetékbe alkalmas háritó készülékek kapcsolandók.

Ezen berendezések nélkül tűzveszedelem, sőt emberhalál is napirenden volnának.

**88. Elektromos járművek.** Az első elektromos vasutat 1879-ben a *Siemens-Halske* cég mutatta be a berlini iparkiállításon. Azóta a nagyobb európai városokban a tramway már mindenütt elektromos hajtóerőre rendeztetett be. A *Ganz és társa* budapesti cég a magas feszültségű forgató áramra berendezett üzemi Como-parti vasutnál az erőátvitel problémáját a nagy vasutak esetében is megoldotta, s így alapos



109. ábra. Alsó vezeték.

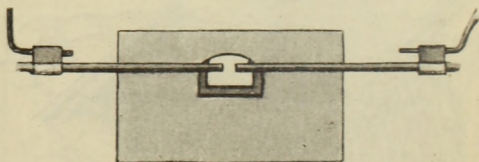
kilátás van arra, hogy idővel a gőzvasutakat az elektromos vasutak fogják felváltani.

A címlap mögötti rajz a kocsí mótorszerkezetét tünteti föl, melyet közelebbről megmagyarázni az előzmények után teljesen fölösleges. A motorba való árambevezetés felső vezetékkel (108. rajz) illetőleg csatornavezetékkel (109. rajz) történhet. A menetsebesség szabályozása a korábbiakban tárgyalt alapján könnyen érthető módon történik.

Kocsiknál, csónakoknál accumulátor-batteriák alkalmaztatnak, melyek a kocsíülés alatt, illetőleg a jármű fenekén helyeztetnek el. Az accumulátorok nagy súlya mellett azonban a mozgatus ezen módja még nem nevezhető tökéletesnek.

**89. Elektromos kohó.** *Moissan* azt a magas hőmérsékletet, mely a Volta-ívben föllép oly chemiai

és physikai átalakulások létesítésére használta föl, melyek csakis ily magas hőmérsékleteken létesülhetnek. A 110. ábra mutatja a kohó könnyen megérthető berendezését. A kohót oltatlan mészből építjük föl, belsejébe vezetjük a szénpálcákat, s az ívet egy széntégely fölött létesítjük. 110 voltos és 1000 amp-es áram esetében az effectus 110000 watt, s minthogy  $736 \text{ w.} = 1 \text{ lóerő}$ , tehát az ív fenntartása 150 lóerőnyi effectust igényel. Ily módon készített *Moissan* különféle *carbido*kat vagyis fémeknek szénvel való ötvényeit. Gyakorlatilag legfontosabbak a *silíciumcarbido* vagy *carborundum*, mely nagy keménységénél fogva a gyémánt felhasználását teszi nélkülözhetővé, és a



110. ábra. Elektromos kohó.

*calciumcarbido*, mely vízzel leöntve *acetyléngázt* fejleszt s így világítási célokra alkalmazható.

Ezzel az elektrotechnika vázlatos áttekintését befejeztük. A szíves olvasó észrevehette, hogy ez valóban pusztán *áttekintés* volt; mert hiszen a kérdések mélyébe sehohsem bocsátkoztunk, a legapróbb részleteket sehohsem tárgyaltuk. Ezeket a bevezetésben felsorolt munkákból, még jobban pedig gyártelepek, műhelyek, stb. szemléletével ismerhetjük meg. Ha sikerült ezek iránt az érdeklődést fölkeltenem, akkor szerény munkám elérte a célját. Mielőtt a szíves olvasótól végképen elbucsnék, még két dolgot kell elintéznem: köszönetet kell mondanom kiadómnak azért az áldozatkészségért, melylyel ennek a munkának kiadását rendezte, s ígéretet kell tennem a t. olvasóközönségnek arra nézve, hogy az esetben, ha rá pártolásával alkalmat nyújt, e kis munkát, melynek számos hiányait magam érzem legjobban, idővel tökéletesíteni és a haladás színvonalán megtartani leszen főtörekvésem.

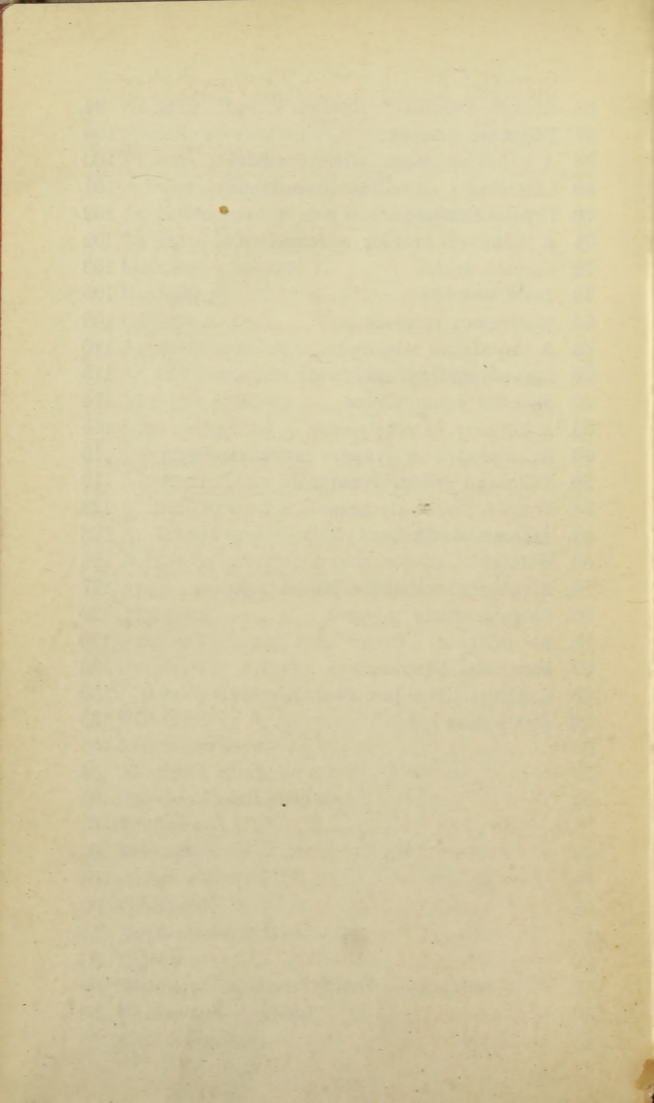
## TARTALOM.

1. Mágneses mező . . . . .	5
2. A potenciál . . . . .	7
3. A mező jellemzése az erővonalok segítségével	7
4. A mágneses inductió . . . . .	8
5. Elektromos mező . . . . .	8
6. Coulomb, volt, farad . . . . .	9
7. Elektrométer . . . . .	11
8. A kapacitás mérése . . . . .	12
9. Dielektrikum . . . . .	12
10. A galvánáram . . . . .	14
11. Grotthus magyarázata . . . . .	16
12. Polarisáció . . . . .	16
13. Állandó elemek . . . . .	17
14. Normálemek . . . . .	20
15. Akkumulátorok . . . . .	20
16. Thermo-áramok . . . . .	22
17. Ohm törvénye . . . . .	24
18. Az áramerősség egysége . . . . .	24
19. Ellenállás . . . . .	24
20. Batteriák . . . . .	26
21. Kirchoff törvényei . . . . .	28
22. Wheatstone hídja . . . . .	29
23. Ellenállások mérése . . . . .	30
24. Eredmények . . . . .	31
25. Galvanoskop . . . . .	32
26. Galvanométer . . . . .	32
27. Galvánelem belső ellenállása . . . . .	34
28. Az elektromótoros erő mérése . . . . .	35
29. Számítási példák . . . . .	36
30. Hány elem szükséges adott hatás előidézé- séhez ? . . . . .	39

31. Az áram chemiai hatásai . . . . .	40
32. Faraday elektrolitikus I. törvénye. Voltaméter	41
33. Faraday II. elektrolitikus törvénye . . . . .	42
34. A törvény következményei . . . . .	44
35. Az elektromótoros erő kiszámítása . . . . .	45
36. Az áram hőhatásai . . . . .	46
37. Elektromos munka . . . . .	47
38. Izzólámpa . . . . .	49
39. Ivlámpa . . . . .	50
40. Az elektromágnes . . . . .	57
41. Az elektromágnes Ohm-féle törvénye . . . . .	60
42. Neef-féle kalapács . . . . .	61
43. Jelző csengettyű . . . . .	63
44. Telegraph . . . . .	64
45. A telegraphálás meggyorsítása . . . . .	71
46. A Biot-Savart-féle törvény . . . . .	73
47. Az áramintenzitás elektromagnetikus egysége	74
48. A Biot-Savart-féle törvény alkalmazása . . . . .	74
49. Áram és mágnes kölcsönhatásain alapuló mozgások . . . . .	75
50. Áramnak áramra való hatása . . . . .	77
51. Ampère-féle törvény . . . . .	79
52. Elektrodynamométer . . . . .	79
53. Inductió . . . . .	80
54. Lentz törvénye . . . . .	83
55. Neumann törvénye . . . . .	83
56. Magneto-elektromos gép . . . . .	84
57. Telephon . . . . .	85
58. Mikrophon . . . . .	87
59. Arago kísérletei . . . . .	88
60. Öninductió . . . . .	89
61. Megszakítási szikra . . . . .	92
62. Inductor . . . . .	92
63. Wehnelt-féle electrolytikus megszakító . . . . .	94
64. Elektromos kisülések . . . . .	95
65. Kathodsugarak . . . . .	96

66. Röntgen-sugarak . . . . .	97
67. Váltakozó áramok . . . . .	100
68. A váltakozó áram jellemző adatai . . . . .	100
69. Látszólagos ellenállás. (Impedentia) . . . . .	101
70. Phasiskülönbség . . . . .	102
71. A váltakozó áramok effectusa . . . . .	102
72. Forgató áram . . . . .	103
73. Tesla kísérlete . . . . .	105
74. Elektromos rezgések . . . . .	108
75. A drótnélküli telegraph . . . . .	110
76. Egyenáramú dynamo . . . . .	113
77. Siemens dynamo elve . . . . .	114
78. A horgony és elhelyesése . . . . .	115
79. Az egyenáramú dynamo munkaviszonyai . . . . .	118
80. Váltakozó áramú dynamo . . . . .	119
81. Forgató áramú dynamo . . . . .	123
82. Áramátalakítók . . . . .	123
83. Mótorok . . . . .	126
84. Egyphasisú váltakozó áramú mótór . . . . .	127
85. Forgató áramú mótórok . . . . .	128
86. Az erőátvitel . . . . .	130
87. Biztonsági berendezések . . . . .	133
88. Elektromótoros járművek . . . . .	135
89. Elektromos kohó . . . . .	135

---



# 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 kötött, 60 filléres kis füzetekben jelenik meg s a tudományok minden ágára kiterjeszkedik.

A „*Tudományos Zseb-könyvtár*“ idővel mindazt felöleli, ami az általános műveltség körébe tartozik. A csinos külsejű füzeteket, rendkívüli olcsóságukra való tekintettel, bárki könnyen megszerezheti, aki pedig a hasznos tudnivalók ismeretét a legkényelmesebb módon akarja elsajátítani, az föltétlenül vegye meg a „*Tudományos Zseb-könyvtárt*“. A jó magyarsággal és eleven stílussal megírt füzetek főbb vonásokban világos képet adnak az illető tudományról és megismertetik az olvasót mindazzal, amit az illető szakmából okvetetlenül tudnia kell.

Eddigelé a következő füzetek jelentek meg:

1. **Földrajzi és statisztikai tabellák.** 2. kiadás. Összeállította Hickmann A. és Péter J.
2. **Számtani példatár.** 2. kiad. Irta Dr. Lévy Ede.
3. **Kis latin nyelvtan.** 2. kiad. Irta Dr. Schmidt M.
4. **Magyar irodalomtörténet.** 2. kiad. Irta Gaal M.
5. **Görög nyelvtan.** Irta Dr. Schmidt Márton.
6. **Franczia nyelvtan.** Irta Dr. Pröhle Vilmos.
7. **Angol nyelvtan.** Irta Dr. Pröhle Vilmos.
8. **Római jog. I. Institutiók.** Irta Dr. Bozóky A.
9. **Római jog. II. Pandekták.** Irta Dr. Bozóky A.
10. **Egyházjog. (Kathol.)** Irta Dr. Bozóky Alajos.
11. **Magyar nyelvtan.** Irta Gaal Mózes.

12. Magyar stilisztika. 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. Magyarország oknyomozó története. 2. kiadás.  
Irta Cseh L.
17. Kereskedelem története. Irta Dr. Stirling S.
- 18—20. Egyetemes irodalomtörténet. Irta Hamvas J.
21. Nemzetközi jog. Irta Dr. Gratz Gusztáv.
22. Magyar poétika. Irta Gaal Mózes.
23. Planimetria példatárral. Irta Dr. Lévay Ede.
24. A római nemzet irodalomtört. Irta Márton J.
25. Német nyelvtan. Irta Albrecht János.
26. Oszmán-török nyelvtan. Irta Dr. Pröhle Vilmos.
- 27—30. Áruisme-Lexikon. Irta Dr. Koós Gábor.
- 31—34. Magyar magánjog. Irta Dr. Katona Mór.
35. Számtan. Irta Dr. Lévay Ede.
36. Logarithmustáblák. Összeállította Polikeit K.
- 37—38. Magyarország őskora. Irta Darnay Kálmán.
- 39—40. Magyar büntetőjog. Irta Dr. Atzél Béla.
- 41—42. Bünvádi perrendtartás. Irta Dr. Atzél Béla.
43. Kis növénygyűjtő. Összeállította Dr. Cserey A.
44. Algebra. 2. kiadás. Irta Dr. Lévay Ede.
45. A magyar helyesírás törvényei. Irta Gaal M.
46. Ábrázolástan. I. füzet. Irta Dr. Kolbai Arnold.
47. Ábrázolástan. II. f. Rajzok az ábrázolástanhoz.
- 48—49. Növényhatározó. Irta Dr. Cserey Adolf.
50. Stereometria. Irta Dr. Lévay 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. Falsik D.
56. Alkotmányi politika. Irta Dr. Gratz Gusztáv.
- 57/57a. Magyar pénzügyi jog vázlata. Irta Dr. Bartha B.
58. Általános földrajz. Irta Hegedűs István.
59. Ethika. Irta Dr. Somló Bódogh.
60. Ásványhatározó. Irta Dr. Cserey Adolf.



61. **Zeneműszótár.** Összeállította Goll János.
62. **A görög irodalom története.** 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 rajzolta Boros R.
- 70—72. **Mythologia.** Irta Dr. Losonezy Lajos.
73. **Általános zenetan.** Irta Goll János.
74. **Államszámviteltan.** Irta Dr. Berényi Pál.
75. **Jögbölcselet.** Irta Dr. Somló Bódog.
76. **Rovargyűjtő.** Irta Dr. Cserey Adolf.
77. **Szervetlen chemia.** Irta Schwicker Alfréd.
78. **Mechanika.** Irta Dr. Lévay Ede.
79. **Sociológia.** Irta Dr. Somló Bódog.
80. **Logika.** Irta Dr. Schmidt Márton.
81. **Akustika. Optika. Hőtan.** Irta Dr. Lévay Ede.
82. **Aruüzleti szokások.** Irta Dr. Matavovszky Béla.
83. **A német irodalom vázlata.** Irta Albrecht János.
84. **Kereskedelmi jog.** Irta Dr. Berényi Pál.
85. **Elektromosság és mágnesség.** Irta Dr. Lévay E.
86. **Kosmografia.** Irta Dr. Bozóky Endre.
- 87—89. **Lepkehatározó.** Irta Dr. Cserey Adolf.
- 90—91. **A testgyakorlás alapelemei.** Irta Dr. Ottó József.
92. **Kis physikai földrajz.** Irta Dr. Bozóky Endre.
93. **Szerves chemia.** Irta Schwicker Alfréd.
94. **Világtörténet.** III. rész. Irta Cseh Lajos.
95. **Analytikai síkmértan.** Irta Dr. Lévay Ede.
- 96—98. **Bogárhatározó.** Irta Dr. Cserey Adolf.
99. **Meteorologia.** Irta Dr. Bozóky Endre.
100. **A magyar művelődés története.** Irta Dr. Barta J.
101. **Astronomia.** Irta Dr. Wonaszek A. Antal.
102. **Bevezetés a jog- és államtudományokba.** Irta Dr. Kun B.
103. **Banktechnika.** Irta Juhász Kálmán.
104. **Kereskedelem-isme.** Irta Dr. Berényi Pál.
105. **Gyakorlati olasz nyelvtan.** Irta Dr. Cs. Papp J.

106. **Fotografálás.** Irta Sajóhelyi Béla.
107. **Dramaturgia.** Irta Rakodczay Pál.
108. **Anthropologia** (Embentan). Osszeállit. Lósy J.
109. **Lélektan.** Irta Dr. Schmidt Márton.
110. **Physikai zsebkönyv.** Irta Dr. Bozóky Endre.
111. **Német helyesírás.** Irta Albrecht János.
112. **Mathematikai szünórák.** I. füz. Irta Mikola S.
113. **Aesthetika.** Irta Dr. Bartha József.
114. **Mathematikai szünórák.** 2. füz. Irta Mikola S.
115. **Algebrai példatár.** 2. kiad. Irta Dr. Lévy E.
116. **Görög régiségek.** Irta Dr. Schmidt Márton.
- 117—118. **Az állatok fejlődése.** I. r. Irta id. Dr. Perényi J.
- 119—120. **Protestáns egyházjog.** Irta Hörk József.
- 121—123. **Gombaisme.** Irta Dr. Cserey Adolf.
124. **Az állatok fejlődése.** II. Irta id. Dr. Perényi J.
125. **Építési enciklopedia.** I. füz. Irta Lechner J.
126. **Az állatok fejlődése.** III. rész. Irta id. Dr. Perényi J.
127. **Építési enciklopedia.** II. füz. Irta Lechner J.
128. **Kis ásványtan.** Irta Dr. Cserey Adolf.
129. **Építési enciklopedia.** III. füz. Irta Lechner J.
130. **Építési enciklopedia.** IV. füz. Irta Lechner J.
- 131—132. **Növénytan.** Irta Dr. Cserey Adolf.
133. **Magyar közjog.** Irta Dr. Balogh Arthur.
- 134—135. **Állattan.** Irta Dr. Cserey Adolf.
136. **Magyar bányajog.** Irta Dr. Katona Mór.
137. **Kereskedelmi földrajz.** Irta Pataki Simon.
138. **Alkotmánytan.** Irta Dr. Balogh Arthur.
139. **Latin stilsztika.** Irta Dr. Cserép József.
- 140—141. **Polgári perrendtartás.** Irta Dr. Pajor Ernő.
- 142—143. **Az elektrotechnika.** Irta Dr. Bozóky Endre.

