

## Fényelőállítás szapora-váltakozású áramokkal.

Hogy a folytonos, azaz egyirányú elektromos áramoknak alkalmazása hamarabb kifejlődött, mint az úgynevezett váltóáramoké, melyek irányukat szabályos egymásutánban folyton változtatják, az emberi elmének azon sajátosságában lelheti magyarázatát, hogy könnyebben megbirkózik annak fogalmával, a mi folyton egyforma marad és hamarabb birtokába jut azon törvényeknek, melyek az ily folytonos tűneményeken uralkodnak. Példának felhozhatnók a fényelmélet történetét, a hol előbb fejlődött ki az emisszió elmélete és oly lángelme, mint *Newton* is a mellett harczolt, hogy a fénysugarakat a fényforrásból kilövelt súlytalan testecskék alkotják és csak később, midőn a tűneménynek mélyére hatoltak, szilárdult meg a rezgésekre alapított elmélet, a hullámzás elmélete.

Pedig néhány kivételes esetet szem elől tévesztve, a melyek a gyakorlatra nézve vagy ma már csekélyebb fontosságúak vagy még nem értek el elég fontosságot, mint a galvánelemek, hőelektromossági elemek vagy a Faraday-féle kerék, az általános használatban levő elektromos forrás, a dinamogép eredetileg váltóáramot szolgáltat és előbb bizonyos fogáshoz kell folyamodnunk, ha azt egyirányú árammá akarjuk átalakítani.

Ma, midőn a váltóáramok tulajdonságai mindinkább ismertekké válnak, senki sem habozik többé elismerni nagy jelentőségeket nemcsak az elektromosság eddigi alkalmazásaira nézve, hanem — a mi annál bizonyára fontosabb, ki tudja milyen előre nem sejtett alkalmazásokkal fogja meglepni a világot —

az elektromosság elméletének fejlődésére nézve is.

Távol vagyunk már azon időponttól, midőn az elektromosságot elménk előtt megfoghatatlan anyagnak kellett tekinteni. Mindinkább halmozódnak az adatok azon felfogásnak megerősítésére, hogy tulajdonképen a fénysugarakéhoz hasonló rezgési tűneményekkel van dolgunk és senki sem csóválja többé fejét, midőn arról van szó, hogyan lehetne az elektromos rezgéseket minden közbenső égési vagy izzási, tehát chemiai illetőleg hőtűnemény nélkül fényrezgésekké átalakítani.

A hullámtan van hivatva magába ölelni az összes fizikai tűnemények elméletét. Lassanként teljesen kiszorul a felfogás, mely távolra ható erőket tűr meg fogalmai között, és ha az emberi elmének csak némileg is sikerülni fog mélyebben behatolni a testek belső szerkezetének titkaiba, minden valószínűség szerint az anyagvonzás, mely a világot összetartja és Földünk testeinek a súlyt kölcsönzi és végre talán a chemiai rokonság is helyet fog kérni magának a rezgések birodalmában.

Eddig a hangtűnemények azok, melyekben a hullámelmélet legtökéletesebben ki van fejtve. A mai fénytán tulajdonképen a hangtannak pontos mása azon különbséggel, hogy míg emitt tudjuk, mi mozog, a fényrezgéseknél csak sejtjük, hogy kell lenni valamely közegnek, a melynek hullámzásai szemünkre hatnak. Épen ez utóbbi körülményben rejlik a hang elméletének tökéletesebb volta.

A váltóáramok tanulmányozása felerősítette az analógiát, mely az elektromosság mozgása és a hangtűnemények

között fennáll. Épúgy mint a hangnál, meg tudjuk különböztetni:

1. A hang erősségét, mely csupán a hanghullámok kirezgésének nagyságától függ.

2. A közegnek, melyben a hanghullám halad, feszültségi állapotát, annak helyenként való sűrűsödését vagy ritkulását.

3. A hangmagasságot, mely csupán a hanghullámok hosszúságától függ, vagyis attól, hogy másodpercenként hány hullámszakasz halad át a közeg valamely pontján.

4. A fázist, vagyis hogy a közegnek rezgő pontjában a hullámszakasznak melyik pontja, kezdete, vége, közepe avagy valamely közbenső pontja halad-e? A fázis ismerete különösen fontos, midőn hullámok találkozásáról van szó, vagyis midőn a közeget több mint egy hullám mozdtítja ki nyugvási helyzetéből.

5. A hang színét, mely a hanghullámok alakjától függ és ennél fogva minden hangszernél különböző.

Ugyanígy lehet a váltóáramoknál is a következő analóg tulajdonságokat felismerni, és pedig ugyanazon sorrendben, mint előbb:

1. Az áramerősséget, 2. a potenciált az áramkörnek minden egyes pontjában, 3. a váltóáram váltakozásainak számát másodpercenként, 4. a fázist, 5. az elektromos hullám alakját.

Valamint a fuvola hangja biztosan megkülönböztethető a hegedűétől, habár mind a kettő egyenlő magasságú és erősségű is, épúgy egészen más alakú, hirtelen csúcsozó hullámvonal ábrázolja az elektromindító erő változásait például a R h u m k o r f-féle tekercs áramainál és más, sokkal szabályosabb alakú, a sinusgörbétől alig különböző hullámvonal valamely dinamogép vagy transzformátor áramainál.

A nagy hasonlatosság, mely ekként a hangok és váltóáramok tulajdonságaiban rejlik, azonban még messzebb is megy és folytatódik a hanghullámok,

illetőleg az elektromos energiahullámzások előállítási módjai között is.

Ugyanis különösen két módja szokásos a szabályos hanghullámok létrehozásának és pedig:

1. levegőáramlás létesítésével valamely sípban, és

2. valamely szilárd testnek például kifeszített húrnak rezgésbe hozatala segítségével.

Az első esetben a levegő állandó nyomás alatt ömlik egy csövön át, a melyben az ellenállás szakaszosan változik.

A második esetben pedig a kifeszített húrt egyensúlyi állapotából mechanikai erők zavarják ki és attól jobbra-balra rezgéseket végez, a míg az ellenálló erők bizonyos számú rezgés után oda ismét vissza nem kényszerítik.

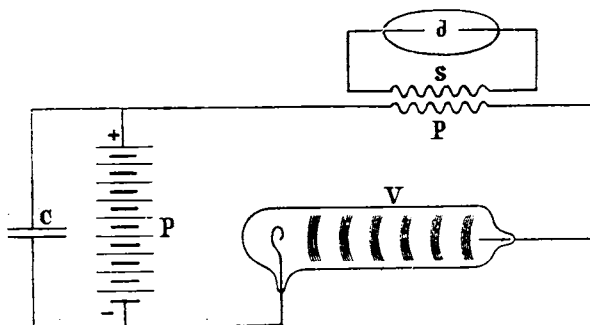
Mindkét mód analógiájára reábukkanunk a szapora váltakozású áramok létrehozásánál is, szapora váltakozású alatt oly áramot értvén, mely irányát az áramkör egy-egy pontjában másodpercenként legalább is néhány száz-ezerszer vagy több milliószor változtatja. A legszaporább váltakozású áram, melyet mai napig elő lehet állítani, körülbelül egy milliószor bír kevesebb rezgéssel, mint a vörös fénysugarak. A fény- és elektromos tűnemények kapcsolatának kifürkészése végett rendkívül nagy fontosságú lenne, ha ugyanoly számú rezgésű, vagy a mi ugyanaz, époly rövid hullámhosszaságú elektromos rezgéseket volnánk képesek létesíteni, mint a milyennel a fénysugarak bírnak. A ki megtalálja a módját annak, hogyan lehet másodpercenként ötszáz billió rezgésű elektromos hullámzásokat létesíteni, az véleményem szerint, be fogja tetőzni az épületet, melynek felépítésén az utolsó évtizedek legnagyobb fizikusai — noha csak lassan tapogatódzva haladhattak előre — oly példátlan kitartással fáradoztak.

Ma azonban még távol állunk a váltakozásoknak említett számától. A rendelkezésünkre álló két móddal, mint már említettük, egy milliószor hosszabb

hullámzásokat vagyunk csak képesek elérni, megjegyezvén a mellett, hogy a rezgések számának meghatározási módja az egyik eljárásnál tisztán sejtelmeken alapszik, és a másíknál sem ment minden ellenvetéstől.]

Az egyik mód és pedig az, a mely épen a sípok hangelőállítási módjához társasítható, régibb keletű és már Gassiot, Spottiswoode Warren de la Rue és Müller észleleteinek tárgyaül szolgált. E fizikusok ugyanis már megállapították, hogy valahányszor egyirányú elektromos áramot ritkított levegőn, például Geissler-féle csővön átvezettek, a csőben egymással sűrűn váltakozó sötét és világos helyek, úgy-

nevezett »stratifikációk«-k keletkeztek és noha az áramot egyirányú elektromos forrás, például Warren de la Rue kísérleteiben a tőle feltalált chlőrezüstelem, szolgáltatta, a stratifikációkkal egyidejűleg az áramkörben szapora váltakozású elektromos áram jött létre, mihelyt a használt forrásnak elektromindító ereje az 500 voltot meghaladta és — a mi hangsúlyozandó — az áramkörbe kondenzátor kapcsolatott. A kísérlet elrendezése az 1. ábrán látható. *P* az áramot szolgáltató telep, *C* a kondenzátor, mely a telep sarkaihoz párhuzamosan kapcsolatott, *V* a ritkított levegőjű cső, a melyben az áram működése alatt a fénytűnemény létesül, *p* és *s* az áram-



1. ábra.

körbe beiktatott transzformátor, melynek primaer tekercse *p* és secundaer tekercse *s*, *d* egy második ritkított levegőjű cső, mely a transzformátornak secundaer vagyis magas feszültségűvé átalakított áramába kapcsolatott. Ennek igen fontos szerepe van, a mennyiben a tűnemény földterítésében jelzőül szolgál. Ugyanis valahányszor a *V* csőben stratifikációk mutatkoznak, a *d* cső világossá lesz, a mi csak akkor történhetik, ha a transzformátornak secundaer vezetékében áram indukáltatik. De mivel indukció a fővezetékben keringő áramnak csupán változásai idéznek elő, be van bizonyítva, miként a *V* cső ritkított levegőjének jelenléte a *P* telep állandó áramából a *C* kondenzátor se-

gélyével elektrikus hullámzásokat hoz létre, és pedig a kísérlet részleteiből ítélve, rendkívül gyors rezgésű hullámzásokat.

A *V* cső ritkított levegője nyilván ugyanazon szerepet játssza e kísérletben, mint valamely nyelvcsőnek rezgő nyelve, a *C* kondenzátor pedig ugyanazon szerepet, mint a rezonátorszekrény vagy cső, mely a levegő rezgéseit annyira erősíti, hogy azok hangérzékünk által észrevehetőkké válnak.

Ez odavezet bennünket, hogy a kondenzátorok jelentőségéből és azoknak rezonátorszeréből váltóáramoknál néhány szóval megemlékezzünk, a mi a szapora váltakozású áramok második előállítási módjának könnyebb megért-

hetése szempontjából sem lesz fölösleges. Ha valamely áramkörben elektromos áram kering, ez utóbbi nem érhet el bizonyos erősséget, a nélkül hogy megfelelő energia ne fogyasztatott volna el az elektromosságot szolgáltató forrásban. Ez az energia helyzeti energia alakjában, az áramban fel van halmozódva és mozgási energia alakjában azonnal visszakerül, mihelyt az áram erősségét ismét előbbi értékére csökkentjük. A váltakozó áramban az erősség értéke előbb zérótól kezdve növekedik, azután ismét zéróig csökken, azután az áram irányt változtat és ezen ellenkező irányban megint zérótól kezdve, a legnagyobb értéken áthaladva, újra zéró értékig megy, hogy megint előbbi irányát visszanyerje és így tovább. Ha tehát váltakozó áramot akarunk valamely áramkörben előidézni, ugyanoly feladattal van dolgunk, mint a mikor egy tömegnek ideoda járó, tehát rezgő mozgást akarunk kölcsönözni. De tudjuk, hogy utóbbi esetben a közeg ellenállásán és egyéb súrlódáson kívül a tömeg tehetetlenségével is számolnunk kell és ha a tömegnek pályája végpontján, a honnét vissza kell lengnie, bizonyos eleven ereje van, ezt előbb meg kell semmisíteni, hogy a tömeget visszafelé mozgathassuk. A tömeg tehetetlenségéből tehát a mozgás ellenállásainak bizonyos növekedése áll elő.

Csak hogy mihelyt szakaszos mozgásról van szó, igen könnyű ezen ellenállásnövekedést kiküszöbölni. Ugyanis nem kell egyebet tennünk, mint a szóban forgó tömeget rugóval kapcsolatba hozni, a mely rugónak ereje azt mindenkor egyensúlyi helyzetébe akarja visszahozni. Ilyen rugó szerepét játssza természetesen az ingánál a földnehézség ereje. Ilyen körülmények között a tömeg, melözve a közeg ellenállását, a rugónak megfelelő bizonyos rezgési periódussal fog bírni, valahányszor nyugalmi helyzetéből kilódítjuk és ha most egy olyan szakaszosan váltakozó értékű erőt hagyunk rá működni, melynek változási szakasza az említett rezgési szakasszal

egybeesik, úgy a tömeg, miután eleven erejét a rugó szedi fel, úgy viselkedik ama változó erő irányában, mintha ment lenne minden tehetetlenségtől.

Ép így lehet a elektromos áramok tehetetlenségéből, az úgynevezett önindukcióból származó ellenállás-nagyobbdást egy az előbbi rugóéval megegyező szerepű készüléknek, az elektromos *kondenzátornak* használata által elkerülni. A mint nagyobb vagy kisebb kapacitású kondenzátort igtatunk a vezetékbe, a szerint az önindukcióból eredő lát-szólagos ellenállás nagy vagy kis mértékben leronthatjuk. Az elektromos kondenzátor tudvalevőleg legegyszerűbb alakjában két párhuzamos lemezből áll, melyek az elektromos forrásnak ellenkező sarkaival állnak kapcsolatban és egymástól jól el vannak szigetelve (Franklin-féle tábla). Hengeralakú kondenzátor a leydeni palaczk.

A mint látjuk, mechanikai fogalmakkal világossá tehető az összefüggés, mely valamely áramkörben az ellenállás, az önindukció és a beiktatott kondenzátor kapacitása, azaz kondenzáló képessége között létezik.

Eme kapcsolat szolgál alapul ama második eljárásnak, mely mint fent említettük, szapora váltakozású áram létrehozására igen alkalmas és a mely a rezgő hurokkal történő hangelállítási módnak mintegy mása. Ugyanis, mint *Thomson*, a világhírű angol fizikus, kimutatta, ha valamely vezetékbe, melynek elektromos ellenállása  $R$  értékű és önindukciója  $L$  értékű, oly kondenzátort igtatunk, melynek kapacitása  $C$  kisebb értékű, mint az  $L$  négyszerese és  $R$  négyzete közti viszony, vagyis

$$C < \frac{4L}{R^2},$$

akkor eme kondenzátorban felhalmozott elektromosságnak kiegyenlítődése nem fog egy csapásra végbemenni, hanem hullámzatosan történik, azaz a szikra, melyet az egyik sarokról a másik sarokra átugrani látunk, tulajdonképen rendkívül sok váltakozó irányú szikrából van

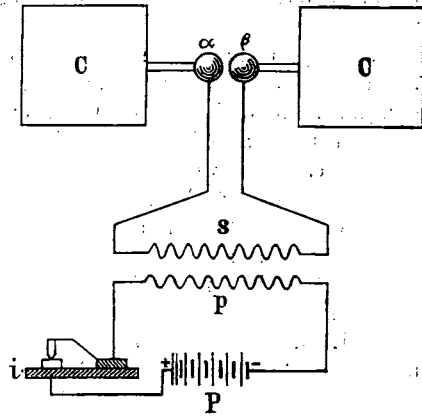
összetéve. Thomson elméleti módon meghatározta ama rendkívül kis idő értékét, mely eme elektromos hullámzás egy-egy szakaszának megfelel és azt találta, hogy az közel a vezeték kapacitása  $C$  önindukciója  $L$  szorzatának négyzetgyökével arányos. Látjuk tehát, hogy  $C$ -nek és  $L$ -nek is igen kis értékkel kell bírnia, ha igen szapora hullámzásokat akarunk velök létesíteni.

Ezen elméleti megfontolásokból kiindulva Hertz bonni egyetemi tanár képes lőn 1887-ben olyan elektromos hullámzásokat létrehozni, a melyek másodperczenként több milliószor váltakoznak. Ez által neki sikerült először egyáltalán kísérleti érveket szolgáltatni az elektromos energiának hullámalakú haladási módjára nézve és arra vonatkozó klasszikussá vált kísérletei méltán feltűnést keltettek mindenfelé.

Hertz készüléke lényegében két gölyöből  $\alpha$  és  $\beta$  (2. ábra) áll, melyeknek mindegyike egy-egy lemezzel  $C$  van összekapcsolva. E lemezek a készülék kondenzátorát alkotják és mivel kondenzáló képességüknek értéke a fent említett Thomson-féle feltételnek eleget tesz, az  $\alpha$  és  $\beta$  gömböcskék között az elektromosság csak hullámzatos kiegyenlítődése mehet végbe, azaz mi helyt e két ellenkező sark a kellő feszültségig megtöltetett, a váltakozó irányú szikráknak óriási sorozata rohan át egyik gömböcskéről a másikra és ha ezen gömböcskékhez két hosszú sodronyt kapcsolunk, utóbbiakban folytatódni fog az elektromos perturbáció hullámzása. A Hertz-féle készülék tehát tulajdonképpen egy olyan elektromos kondenzátor, melyet ha elektromossággal a kellő feszültségig megtöltenek, utóbbi oscilláló kiegyenlítődést szenved. Csakhogy ha egyszeri töltéssel megelégednénk, eme oscilláló kiegyenlítődések oly roppant gyorsan menne végbe, hogy észlelni is alig lehetne. Ez okból a kondenzátort roppant gyorsan egymásra következő közőkben újra meg újra tölteni kell. Erre szolgál a Hertz-féle elrendezésnél a Rhumkorff-féle tekerős  $p$  s, mely tudva-

levőleg nem egyéb mint egy transzformátor, melynek primaer tekercsében  $p$  a  $P$  telep árama az  $i$  megszakító rugószerkezet által gyors egymásutánban megszakítatik és az ez által bekövetkező áramváltozások folytán az  $S$  secundaer tekercsben, mely vékony sodronyból alkotott igen nagy számú tekervénnyel bír, magasfeszültségű váltóáram indukálódik. Em e váltóáram szolgál a Hertz-féle kondenzátor töltésére, mint az ábrából világosan kivehető.

E készülékével Hertznek sikerült oly szapora váltakozású áramokat létesíteni az  $\alpha$  és  $\beta$  sarkokkal kapcsolatos vezeték-



2. ábra.

ben, hogy azoknak egy-egy szakasza alig tart egy száz milliomodrészig a másodpercznek. A mágnesstér, melyet ezen áramok a vezeték körül a levegőben létesítenek, szintén hullámzatos és annak hullámhossza meg is mérhető. Evégre a vezeték mentén annak közelében csupán egy sodronyból készült és egyik pontjában megszakított abroncsot, az úgynevezett »resonátort« kell végig vezetni, úgy azokon a helyeken, a hol hullámhegy van, az abroncs megszakítási végei között a fővezeték indukciója következtében nagy szikrák fognak jelentkezni, azokon a helyeken pedig, a hol a hullámnak csomópontjai vannak, nem észlelhetünk szikrát az abroncs végei közt.

Utóbbiak a szikrák hosszának pontos megmérése végett mikrometrikus csavarba végződnek. A csomópontok távolsága, vagyis az elektromágnetikus hullámok félhossza Hertz kísérleteinél 2 m. 8-nak találtatott, a mi, ha tekintetbe vesszük az időszakok számát egy másodperczenben, azon fontos eredményhez vezet, hogy az elektromágnetikus hullámzásoknak terjedési sebessége ép akkora mint a fényé.

A »rezonátor«-abroncs, mint látjuk, teljesen megérdemli az akusztikából kölcsönzött nevét, mert époly szerepet játszik, mint a rezonáló készülékek, melyekkel spokban a hullámhegyeket és hullámcsomópontokat meg lehet állapítani.

A hangtani hasonlat még oda is kiterjed, hogy valamint a rezgő húr csomópontjait ketté vághatjuk és külön erősíthetjük meg, a nélkül, hogy a hullám hosszát ez által változtatnók, úgy a Hertz-féle hullámzásoknál is kettévághatjuk a csomópontokban a vezetékét, a nélkül, hogy a hullámzás tüneményét a legcsekélyebb mértékben is megzavarnók.

A Hertz-féle kísérletek tehát a természetfilozófia szempontjából is a legnagyobb érdekléssel bírnak, mert kísérletileg igazolják Faraday és Maxwell tudósoknak azon sejtelmeit, hogy a mágnesi erők nem hatnak a távolba, hanem a közeg által véges, meghatározható sebességgel továbbíttatnak, és hogy ezen továbbítási sebesség ugyanakkora mint a fénynek terjedési sebessége ugyanazon közegben.

Utóbbi körülmény nem lehet a véletlen kifolyása. Kell hogy a fény- és elektromágnesi tünemények között szoros kapcsolat álljon fenn, a mire különben egyéb ismert fizikai tünemény, mint a fénysugarak sarkítási síkjának elfordítása a mágnesér által, a kettős törés tüneményének létesítése elektromos erőmezőben stb. utalni látszik.

Ma tisztán látjuk, hogy miért nem voltunk szapora váltakozású áramok létesítése nélkül képesek az elektromagne-

tikus hullámzást észlelni. Egyszerűen azért, mert a dinamogépekben létesített váltóáramok, melyeknek váltakozási száma egyedül a gép forgási sebességétől és a gép sarkainak számától függ és ma is alig haladja meg a 100-at vagy 200-at másodpercenként, oly hullámzásoknak felelnek meg, a melyeknek hossza több kilométer. Mily hosszú vezetéken kellett volna végigsétálnunk, hogy két egymásra következő csomópontot megállapíthassunk! Az ily dinamogépek működése összehasonlítható egy dugóéval, mely valamely csőben aránylag lassan ide-oda jár és abban léghullámzásokat létesít, csakhogy olyanokat, melyek sokkal lassabban következnek egymásra, hogysen fülünkben hangot volna képesek ébreszteni.

Mióta Hertz kísérleteinek eredményeit közzétette, azóta számos helyen ismételték azokat és szigorú bírálat és részben igazolás, részben helyreigazítás tárgyává tették a feltüntetett eredményeket. Alig van ma komolyabb fizikai laboratórium, a hol ne tennének észleléseket szaporaváltakozású áramokkal. Nem célunk e helyen az irányt, melyben a munkálkodás folyik, részletesebben jelezni, fentartván azt kiváló tudományos érdekénél fogva egy későbbi külön cikk tárgyául. A helyett reá akarunk mutatni azon rendkívül érdekes alkalmazásokra, melyeket eme Hertz-féle szaporaváltakozású áramok legújabbban Tesla Miklós már egyéb munkálataiból is világhírré vergődött amerikai fiatal elektrikus részéről nyertek.

Tesla, ki mult hóban európai körútján a londoni és a párizsi fizikai társulatok előtt bemutatott fényes kísérleteivel óriási feltűnést keltett, tulajdonképpen hazánkfia, a mennyiben magyar állampolgár és pedig a horvát Határórvidek volt likkai ezredének Smiljan nevé kis falujában Gospić város közelében a Vellebit hegláncz egyik zugában született 34 évvel ezelőtt. Tanulmányainak a gráci és bécsi műegyetemen való befejezése után előbb egy évet Budapesten töltött Puskás Ferencz mellett a

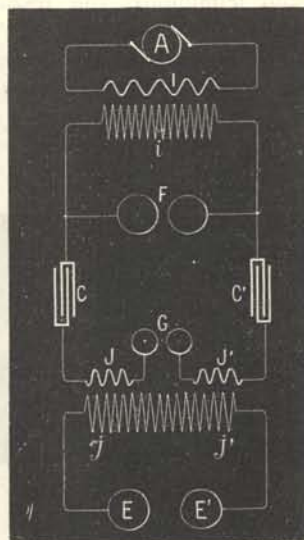
telefontársaság szolgálatában, azután egy évre a párizsi Edison-társaság laboratóriumába ment Ivri-be, Párizs közelébe, a honnét a nyolczvanas évek elején New-Yorkba került és csakhamar az új világ legelső elektrikusai, mint Graham Bell, Edison, Elihu Thomson stb. sorába küzdötte fel magát. Ő a forgó mágnesmezővel bíró váltóáramú elektromotoroknak feltalálója, melyekkel a nagy távolságra menő elektromos erőátvitel kérdése megoldható, mint azt a múlt nyáron rendezett frankfurti kiállítás alkalmával a lauffen-frankfurti erőátvitel megmutatta. Az első ilyenmű Tesla-motor szabadalmi kérvénye a new-yorki szabadalmi hatóságnak már az 1883-ik évben be lön terjesztve. Négy évvel később Galileo Ferraris, turini tanár elméleti megfontolások útján szintén reábukkant a Teslától akkor már gyakorlatilag is értékesített forgó mágnesmező elvére.

Teslának az a szerencsés gondolata támadt, hogy megvizsgálja, miként viselkednek a ritkított levegővel bíró csövek és a phosphorescentiával bíró anyagok a szaporaváltakozású áramokkal szemben. Az eredmény, melyhez eljutott, a szó szoros értelmében fényes lön, a mennyiben páratlanul szép fénytűnemények álltak elő kutatásai során.

Ismerkedjünk meg kísérleteivel azon sorrendben, a mint azokat a párizsi fizikai társaság és az elektrikusok nemzetközi társaságának együttes ülésén bemutatta, a hol azokat jelen sorok írója láthatni szerencsés volt.

Hogy a szükséges szapora váltakozást és magas feszültséget előállítsa, Tesla két különböző módhoz folyamodik. Az egyiknél egy soksarkú dinamo-gépet használ és ezzel direkt módon oly áramot állít elő, mely másodpercenként 15,000 egészen 25,000 váltakozással bír. E szám, noha roppantul meghaladja a mai gépeknél szokásos 100 egészen 200 váltakozást, még meg sem közelíti a Hertz-kísérleteinél megvalósítottakat. A használt dinamogép tárcaalakú és főalkatrészét egy 81 cm. átmérőjű és

csupán két és fél centiméter széles induktorgyűrű képezi, mely 384 egymással váltakozó északi és déli sarkú elektromágnezt hord. A gép sebessége 2000 egészen 3000 fordulatszámnak felel meg percenként. Az általa szolgáltatott áramnak erőssége körülbelül 10 ampèr. Ezen áram egy a géppel kapcsolt kondenzátorral áll összeköttetésben és egy transzformátoron halad át, mely a szükséges magas feszültségű áramot szolgáltatja.

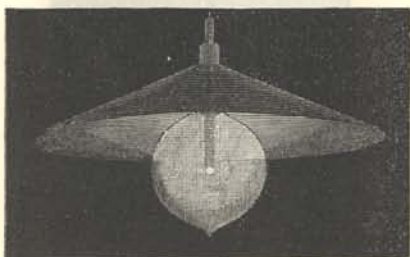


3. ábra.

A második mód, mellyel Tesla 300,000 egészen 400,000 váltakozást létesít, az előbbtől teljesen különbözik, a mennyiben a Hertz-féle eljárásnak megfelelőleg a kondenzátorok elektromos oscillálásait használja fel eme szapora váltakozások létrehozására. A 3. ábra feltünteti a Tesla-féle elrendezés sémáját, melynél Rhumkorff-féle tekercs helyett közönséges transzformátor  $Ii$  alkalmaztatik.  $A$  egy Siemens-féle váltóáramú dinamogépet jelent, melynek másodpercenként 60 egészen 100 váltakozású árama a transzformátornak  $i$  tekercséből magas feszültségűvé átalakítva kerül a  $C$  és  $C'$  kondenzátorokba. Az  $F$ -nél ábrázolt



golyók között jön létre az oscilláló szikrasorozat. A váltakozások számának szabályozása végett még egy második ily excitátor is alkalmaztatik ezen áramkörben a  $G$ -nél látható golyók alakjában. Az így előállított szaporaváltakozású és már meglehetősen magas feszültségű áram még egy második transzformátornak  $J, J'$  primaer tekercseibe kerül, a melynek  $j, j'$  sekundaer tekercséből azután az  $E, E'$  sarkoknál végre a kísérletek céljaira alkalmazandó másodpercenként 400,000 váltakozású és körülbelül félmilliónyi volt feszültségű áramsodronyokkal tovavezethető. A használt transzformátor-tekercsekben vas-mag nem fordul elő, mert ily nagyszámú váltakozások mellett a változó irányú mágnesezés folytán a vas rendkívül fel-



4. ábra.

melegednék. A tekercseknek egymástól való elszigetelése a rendkívül magas potenciálkülönbség folytán az által történik, hogy az egész transzformátor olajjal töltött szekrénybe van merítve.

Kísérleteinek első részét Tesla az első eljárás szerint előállított 25,000 váltakozású árammal végezte és pedig a következő három kísérletet mutatta be :

Jobb kezébe vett egy 1 m. hosszú üvegcsövet és bal kezével megfogta a transzformátornak egyik sarkát. A mindkét végén beforrasztott cső, melyből a levegő ki volt szivattyúzva, egyszerre egész hosszában ragyogni kezdett. Az elektromos energia, mint látjuk, a kísérletező testén keresztül jutott az üvegcsőhöz. Az áram, mely ily módon rajta keresztülment, a roppant feszültség da-

czára, mint főlemlíté, csupán gyenge szúrás érzését idézte elő bal karjában. E gyenge fiziológiai hatásnak oka a váltakozások óriási számában rejlik. Oly áram, mely százszorta kisebb feszültség mellett is képes lenne egy embert agyonütni, ha a váltakozások száma a néhány százat nem haladja meg másodpercenként, teljesen ártalmatlanná válik, mihelyt szapora váltakozásúvá lesz.

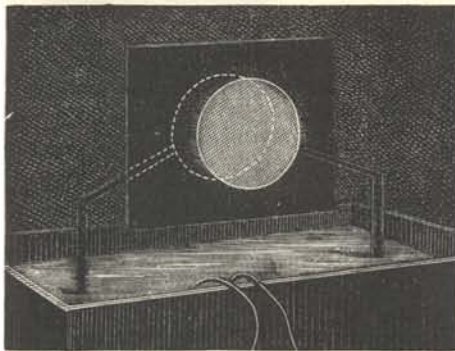
A második kísérletnél ugyanazon transzformátornak egyik sarkát kapcsolatba hozta egy ritkított levegőjű üveggömbbel, melyben egy apró fémgolyó volt megerősítve. Az összeköttetést a sarok és ezen fémgolyó közt gutta-perchával bevont egyszerű vörösre-sodrony létesítette. Noha a transzformátor másik sarka elszigetelten maradt, a fémgolyó fényleni kezdett az üveggömbben, mely utóbbi teljes üregében intenzív fényűvé vált, mihelyt a kísérletező tenyerét felülről reáhelyezte. A kéz ugyanis ez esetben a szapora váltakozások folytán már elég hatásos kondenzátorlapot alkot. Még feltűnőbbé vált e tünemény, midőn Tesla a gömb fölé egy fémből készült lámpaerőőt erősített meg (4. ábra). Ezen ernyő közelítése vagy távolítása által az így rögtönzött lámpának fényerősségét tetszés szerint változtatni lehet.

A harmadik kísérlet tulajdonképen ismétlése egy már Crookes híres angol fizikus által ismerttetettnek azon különbséggel, hogy Crookes-énél mindkét sarok, a Tesla-féleknél pedig csupán az egyik sarok jött kapcsolatba a ritkított levegővel. E kísérlet abban állott, hogy egy izzó lámpaüveg, melyből a levegő egészen tízmilliomod atmoszféranyomásig ki volt szivattyúzva, és a mely egy darabka faszén által képezett egyetlen sarokkal bírt, vakító fényűvé vált, mihelyt a szaporaváltakozású áramokat szolgáltató dinamogép mozgásba hozatott.

E tünemény, ha nem is magyarázható meg pontosan, de nézetem szerint némileg érthetővé válik, ha elektrosztatikai hatásnak tekintjük és elgondol-



juk, hogy valamely kondenzátornak két ellenkező sarkú lemeze között is növekedik a hatás a váltakozások számával, és ha e lemezek messze is állnának egymástól, csupán a váltakozások számának növesztése által is létesíthetnénk köztük a sötétben elég jól kivehető elektromos áramlást. Hasonló dolog fordulhat elő a szóban levő tűneménynél. A ritkított levegőben levő széncsúcs képezi e kis kondenzátornak egyik sarklemezét, a transzformátor izolált sarka a másikat és az áramlás e két sark között a ritkított levegőn és azután a küllevegőn át záródik, és miután a váltakozások száma szapora, ezen áramlás elég intenzív arra, hogy a ritkított levegőben fénytűneményeket létesítsen.



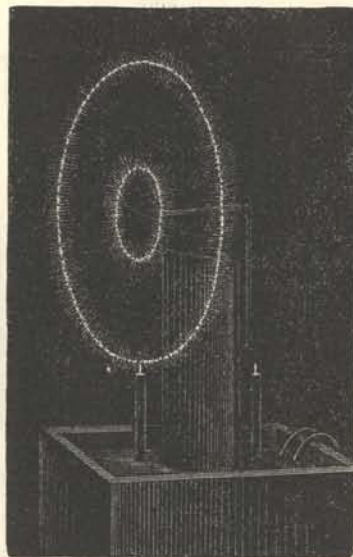
5. ábra.

Eme magyarázat az alább elősorolandó kísérletek egynémelyikére is alkalmazható.

Többi kísérleteinél Tesla az 3. ábrán látható második elrendezést alkalmazta, a mellyel, mint már említettük, több százezer váltakozású és több száz-ezer voltos feszültségű áramokat volt képes létesíteni.

Mindenekelőtt a következő paradoxnak látszó tűneményt mutatta be. Két szemközt álló fémlap között, mely a készülék két ellenkező sarkával állott kapcsolatban, fénynyalábtól kísért elektromos áramlást létesített és azután a két lemez közti térbe vastag ebonit-

lemezt helyezett közbe. Az áramlás, a helyett hogy az izoláló lemez jelenléte következtében megszűnt volna, sokszorta erősebb lett (5. ábra) és úgy látszott, mintha a fénynyaláb az erősen fölmelegedett ebonitlemezen keresztülhatolt volna, noha utóbbi tudvalevő igen tömött szerkezetű és a kísérlet után semmiféle sérülést vagy lyukasztást sem mutatott. Tesla a tűneményt az ebonitba ütköző légparányok izzásának tulajdonítja. Az ebinot fölmelegedésében nyilván a szapora váltakozásnak is szerepe kell



6. ábra.

birnia épügy, mint a váltakozó árammal történő mágnesezés fölmelegíti a puha vasat.

Azután bemutatta a szikrák alakját. Tíz centiméteres gömbök között csupán egyszerű szikra jelentkezett, míg három centiméteresek között már áramlás mutatkozott, mint a milyen az elektrosztatikus gépnél két rúd hegyes vége között észlelhető.

Ha az ellenkező sarkokkal kapcsolatos sodronyokat egymáshoz egyközü helyzetükben közelítette, azoknak 4 méternyi teljes hosszukban erős fényáramlás állott elő. Ugyanezt ismételte rövi-

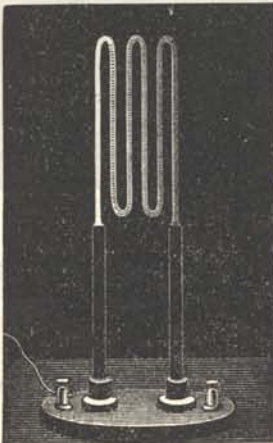
debb sodronyokkal, és végre két koncentrikus körrel (6. ábra). Utóbbi esetben a gyűrűalakú fény síknak közel egy négyzetméternyi területe van.



7. ábra.



8. ábra.



9. ábra.

Mihelyt a készülék egyik sarkát egy ebonitsóval vette körül, valóságos láng csapott ki utóbbiból (7. ábra), ha pedig e sarokra egy tíz centiméter hosszú, igen finom, alig látható sodronyt erősített, utóbbi az áramlás reakciója követ-

keztében sebes forgásba jött, akárcsak a hidrosztatikából ismert Segner-kerék (8. ábra).

Hogy az előadás egyhangúságát némileg megszakítsa, ekkor Tesla mindkét kezébe egy-egy fémrudat vitt és azokkal megérintette a készülék egy-egy sarkát. A 9000 ohm elektromos ellenállással bíró tekercs ekkor vagy hetvenezer volt feszültségű áramot küldött a kísérletező testén keresztül, a nélkül, hogy annak legcsekélyebb baja esett volna. Kisebb számú váltakozások mellett ily magas feszültségű áram azonnal agyonütötte volna. Be is vallotta Tesla, a ki ekként először mutatta ki kísérletileg, hogy a váltakozások szaporasága ártalmatlanná teszi a magas feszültségű áramokat, hogy a midőn először kockáztatta meg e kísérletet, olyan forma érzés fogta el, mint azt az embert, a ki leugrani készül a brooklyni hídról. A kísérletet azért végezte fémrudak segítségével, hogy az áram zárásánál és nyitásánál előálló szikrák kezzeit meg ne égessék.

Különben kezzeit a kísérletek egész folyamán folyton a sodronyokon tartotta és gyakran vezetéknek, gyakran pedig kondenzátorfelületek gyanánt alkalmazta. A kondenzáció hatását érdekesen mutatta be a 9. ábrán feltüntetett kísérletnél. Egy ötször görbített Geissler-féle csövet összekapcsolt készülékének egyik sarkával. A cső rögtön fényleni kezdett, csak hogy a fénylés a csőnek össze nem kapcsolt vége felé mindinkább gyengébb volt. De mihelyt annak másik végét összeköttetésbe hozta egy megfelelő nagyságú izolált fémfelülettel, mely ily szapora váltakozások mellett kondenzátorlemez szerepét játszotta, rögtön egyenlően ragyogóvá lett egész hosszában a cső. Hasonló tüneményt szolgáltatott egy izzólámpa, melyben két széngömböcske volt megerősítve (10. ábra). Az a széngöngy, mely a készülék egyik sarkával kapcsolatba hoztatott, jobban fénylett, mint a másik, sőt utóbbinak árnyéka is jól ki volt vehető a lámpában, de mihelyt e máso-



dik gyöngy egy megfelelő felületű lemezzel kötött össze, mindkét gyöngy egyenlően fénylett, az árnyék eltűnt, szóval a fénysugárzás erőssége a két testcskén kiegyenlítődtött. Az így kapott fény vetekedik a legerősebb izzólámpákéval.

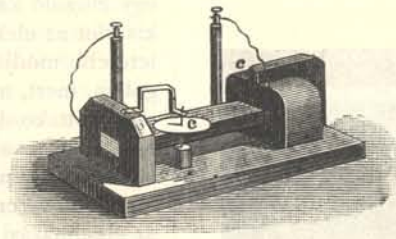
Kiemelendő azon kísérlet is, melynél Tesla a Crookes-féle eléggé ismert radiométert készülékének csupán egyik sarkával vékony sodronnyal összekapcsolta és a malmocská azonnal sebes forgásba jött. Még egy másik nem kevésbé érdekes ily egyszarkú mórt is mutatott be, a melynek rajza a 11. ábrán látható. A szapora váltakozású áramot szolgáltató készüléknek egyik sarka egy solenoiddal  $s$  hozatott kapcsolatba, a

solenoidnak kinyuló vasmagja fölé, mely sodronyból készült, egy kicsiny, forogható rézkorong  $c$  volt disszimmetrikusan elhelyezve. A benne indukált áramok hatása alatt a korong gyors forgásba jött.

Az egyszarkú izzólámpákkal és azokban megerősített különféle phosphoreskáló anyagokkal is nagy változatosságú kísérleteket végzett. Az ő felfogása szerint a csupán egy sarkkal összekötött ritkított levegőjű üvegben a bennmaradt légmolekulák gyors mozgása és azoknak a polushoz való szapora ütődése idézi elő a fémtümenényt. A lámpában a sarkokhoz erősített gyöngy anyagának minőségétől függ a tümenény színe. Így gipsszel élénksárga, yttriával zöld, rubin-



10. ábra.



11. ábra.



12. ábra.

gyönggyel pedig gyönyörűen sugárzó piros fényt állított elő az üvegben. Egy másik esetben az üveggömb belső felülete phosphoreskáló mázzal volt bekenve. Ez esetben, mivel az üveg maga is phosphoreskál, utóbbinak színe a mázéból eredővel vegyül és különösen a nagy átmérő körül élénk sáv képződik (12. ábra). Együttal meggyőződhetünk arról is, hogy a nagy gömbök fényesebb tümenényt szolgáltatnak, mint a kicsinyek. Nagy meglepetést keltett, midőn egy belül ezüstözött ily lámpa vakító fényben el kezdett ragyogni. Ugyanezt ismételte belül ólommal bevont egyszarkú lámpával is.

Nem kevésbé érdekes tümenényt szolgáltatott három ily egyszarkú lámpá-

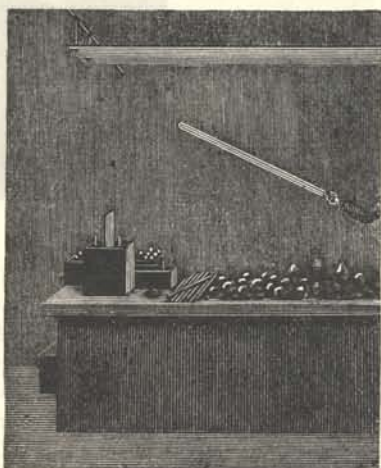
val, mely egymás mögé ugyanazon sodronyhoz volt kapcsolva. Míg a két szélső erősen fénylett, addig a közbenső csak gyenge fényt sugárzott, a minek okát Tesla abban találja, hogy a két szélső lámpa mintegy elektromos ernyőt alkot és visszatartja a kondenzátor hatását a közbenső lámpától.

Egy másik esetben megvizsgálta egy kis mágnesnek hatását a szaporaváltakozású áramok által az egyszarkú lámpában létesített fényre és azt találta, hogy, ha még oly távol helyezte is el a mágnes, a fénysugarak útjukból eltérítettek (13. ábra). Bővebb magyarázat nélkül azt jegyezte meg e tümenényről, hogy a tengeren túli telegráf céljaira felhasználható. Hogy miképen, az az ő titka.

Befejezésül még két kísérletet mutatott be Tesla, melyek közül az egyik inkább tisztán tudományos becsű, a másik pedig inkább gyakorlati színezetű és inkább hivatva volt az elektrikus világításnak legideálisabb módját élénk tární. Előbbi abban állott, hogy a szapora-váltakozású áramot szénfonalon vezette át, a mely egy izzólámpagömb-



13. ábra.



14. ábra.

ben volt hosszában kifeszítve. A váltakozások roppant száma mellett az áram önindukciójából származó ellenállás igen nagy volt a rajta átmenő áramnak erőssége sokkal gyengébb volt, hogysem a szénfonalat izzásba tudta volna hozni. Ellenben a gömbben levő ritkított levegő a Geissler-csővekben

észlelthez hasonlítható, élénk fénytütemény színhelyévé vált. Azon paradoxnak látszó tütemény lőn tehát a kísérlet eredménye, hogy a míg az üveg-gömb maga fényesen ragyogott, a rajta keresztülhúzódo, áramvezető szénfonal maga koromsötét maradt.

Épöly meglepő hatású, de könnyen megmagyarázható volt az említett világítási kísérlet. Ugyanis Tesla a kísérleti asztal fölé egy fémernyőt erősített meg (14. ábra) és azt kapcsolatba hozta a szapora-váltakozású áramot szolgáltató készüléknek egyik sarkával, míg a másik sarkot a földdel kötötte össze. Ennek következtében az ernyő alatti térben roppant intenzív elektromos erőmérő keletkezett és mihelyt egy másfél méter hosszú, ritkított levegőjű üvegcsövet vezetett a térbe, az azonnal egész hosszában ragyogni kezdett, akár csak egy lángoló kard. Mint Tesla kifejté, e kísérlet az elektromos világítás legtökéletesebb módjának csíráját foglalja magában, mert, mihelyt sikerülni fog szapora váltakozású áramokat tovavezetni, vagy ha ez a kérdés nem lenne megoldható, úgy mihelyt sikerülend ily áramokat egyszerű készülékek segítségével az alkalmazási helyen létesíteni, a leg-egyszerűbb módon elhelyezhető vagy befalazható ernyők segítségével elég intenzív elektromos mezőt leszünk képesek valamely teremben előállítani és egy egyszerű üvegcső, a melyből a levegő kiszivattyúztatott, helyettesíteni fogja mai lámpáinkat. Ez tényleg igen kényelmes módja lenne a világításnak, mert még a lámpákat sem lenne soha szükséges kicserélni, miután azokban misem kopnék. Ekként minden égési és így chemiai tütemény mellözésével direkt lehetne fényhullámzásokat létesíteni elektromosság segítségével.

Csakhogy egy nagy bökkenő van még ma a dologban. Ugyanis hogyan lehet oly óriási feszültség mellett, mint a milyenek Tesla kísérleteinél mindvégig alkalmaztattak, oly sugárzó energiát, mint a szapora-váltakozású áramoké, gazdaságos módon továbbítani. Hiszen



még ha közvetlenül a fogyasztás helyén állítanak is fel a Tesla-féle, vagy jobban mondva a Teslától tökéletesített Hertz-féle készüléket, úgy a sodronyból, ha még oly rövid lenne is az, kilencz-tized része az energiának kisugároznék, még mielőtt a világítási készülékbe jutna. Tesla, mint felemlíté, át van hatva a gondolattól, hogy előbb-utóbb sikerülni fog a sodronyokat oly hüvelybe zárni, mely az ily szapora váltakozású áramokkal szemben is elektromos ernyőt fog alkotni. A kilátás az ily megoldásra eddig nagyon kevés. Ugyanis nem szabad elfelejtenünk, hogy az áramok szapora váltakozása ép úgy befolyik a hatás terének nagyobbítására, mint maga a potenciáldifferencia. Hogy csak egy példát említsünk, midőn két év előtt J o u b e r t a párizsi »Société internationale des électriciens« társaság laboratóriumában bemutatta a Hertz-féle kísérleteket, a létesített szapora-váltakozású áramok mágnestere áthatott az épület falain és oly messze terjedt, hogy az utcán az épület közelében az esti kísérletek idején két egymáshoz közelített rézpénzdarab között észlelni lehetett az elektromos szikrákat.

De azért nincs okunk kétkedni a szapora-váltakozású áramok nagy jövőjében. Az elektromos tűnemények alkalmazásai oly meglepő gyorsasággal fejlődnek és ez által annyira elkényeztetik a kortársakat, hogy, úgyszólván, már nem a kivitel lehetőségétől, hanem a kételkedéstől kell óvakodnunk. Tíz év előtt a váltóáramokról aránylag még

igen keveset tudtak és ma már befészkelek azok magukat az elektromosság alkalmazásainak csaknem minden terére és nem lenne többé meglepő, ha valamely szerencsés feltaláló az elektrolízis kérdését is váltóáramok útján tudná megoldani.

Különben a szapora-váltakozású áramoknak az a tulajdonsága, hogy mágnesterek igen messze terjed, nem hátrány, hanem inkább előny és már is léteznek propozíciók, melyek e tulajdonságot kiaknázni volnának hivatva. Így teszem a földalatti vezetékkel bíró tramvayk kérdésének igen elegáns megoldását nyujtaná az oly elrendezés, melynél a vezető sodrony teljesen el volna ásva a vonal mentén és a közegen keresztül juttatná el a hatást a kocsin lévő elektromotor transzformátorába. Ugyanily elektromos rezonancia-tűnemény segítségével lehetne például a multiplex telefonía kérdését is megoldani, mellyel egyazon sodronyon lehetne egyszerre akárhány párbeszédet folytatni.

A részletek messze vezetnének bennünket. Nem tartjuk azonban feleslegesnek az eddig a szapora-váltakozású áramok terén elért legfőbb gyakorlati eredményre még egyszer reámutatni, arra ugyanis, hogy az ily áramoknak fiziológiai hatása csaknem semmi és így azok, bármily magas feszültséggel birjanak is, az emberi testre nézve teljesen ártalmatlanok.

Ha egyéb nem, ez a következtetés bizton levonható Tesla örökszép kísérleteiből.

KORDA DEZSŐ.