

266732

97.

A VILLAMOSSÁG

KÖRÉBE TARTOZÓ

UJABB KUTATÁSOK

IRTA

Dr. SUTÁK JÓZSEF

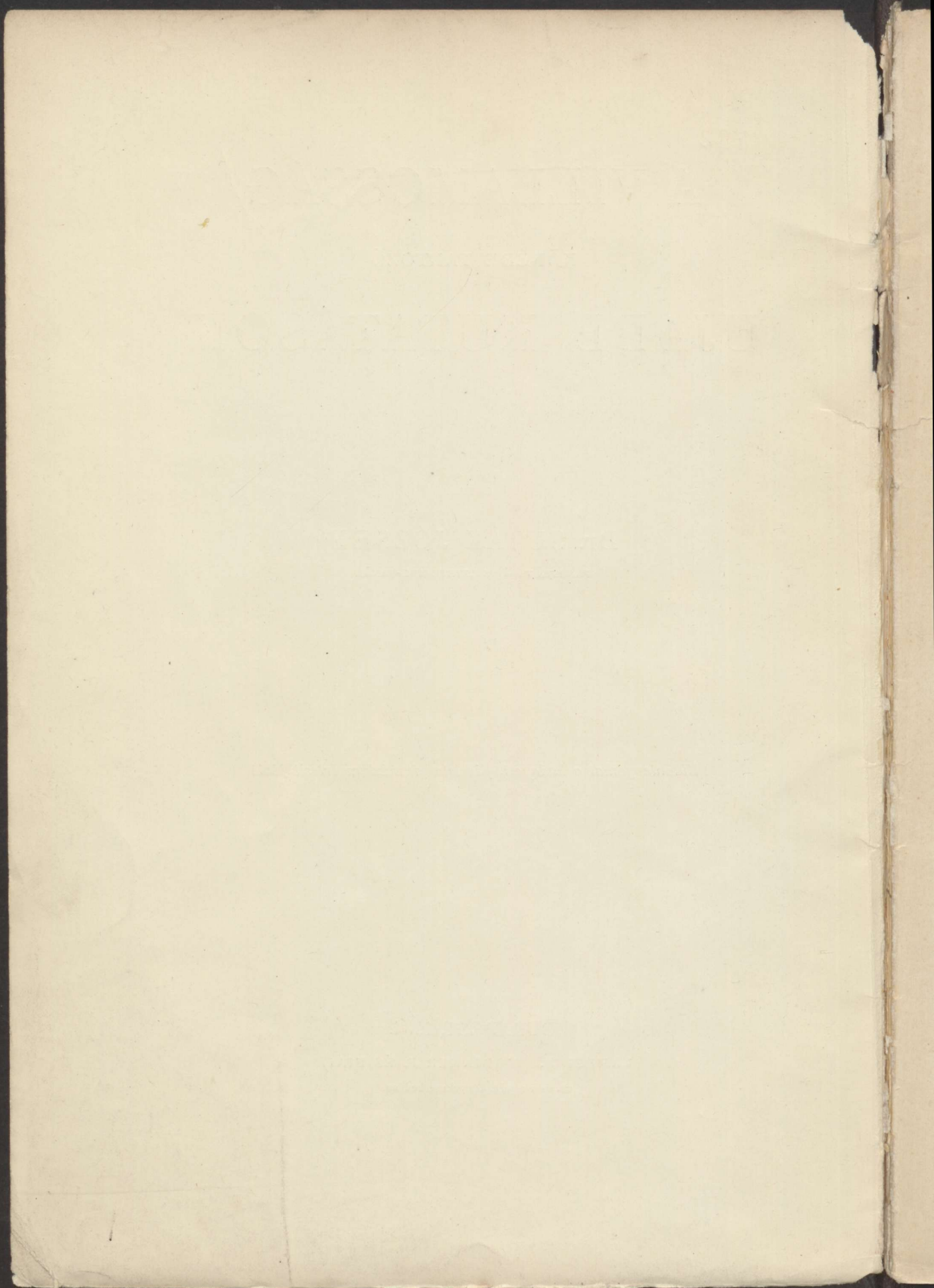
PIARISTA TANÁR S EGYETEMI M.-TANÁR

Különlenyomat a budapesti piarista gimnázium értesítőjéből

BUDAPEST, 1904.

LAMPEL R. (WODIANER F. ÉS FIAI)

cs. és kir. udv. könyvkereskedése.



A VILLAMOSSÁG
KÖRÉBE TARTOZÓ
UJABB KUTATÁSOK

IRTA

Dr. SUTÁK JÓZSEF

PIARISTA TANÁR S EGYETEMI M.-TANÁR

Különlenyomat a budapesti piarista gimnázium értesítőjéből

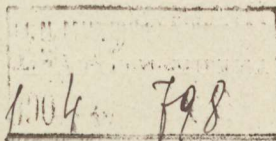
BUDAPEST
A STEPHANEUM NYOMÁSA
1904

~~Phys~~
1602



266732

(R
2)



ELŐSZÓ.

A villamosság körébe tartozó újabb kutatások s felfedezések leginkább a villamos kisülések körül csoportosulnak. Azért azokat a jelenségeket is, melyeknek leírását feladatul tűztük ki, a villamos kisülésekre való tekintetből három osztályba sorozzuk, u. m.:

1. *Villamos kisülések a szabad levegőben.* Ez a rész magában foglalja az elektromos hullámok-, a drótnélküli távirás- és a Tesla-féle kísérletek leírását történelmi alapon.

2. *Villamos kisülések ritkított gázokban.* A kathódsugarak-, cső- vagy GOLDSTEIN-féle sugarak és a RÖNTGEN-sugarakra vonatkozó fejtegetéseket tartalmazza.

3. *A természetben előforduló különös sugarak.* A radioaktív anyagok felfedezésének történetével s a rájuk vonatkozó kutatások leírásával foglalkozik.

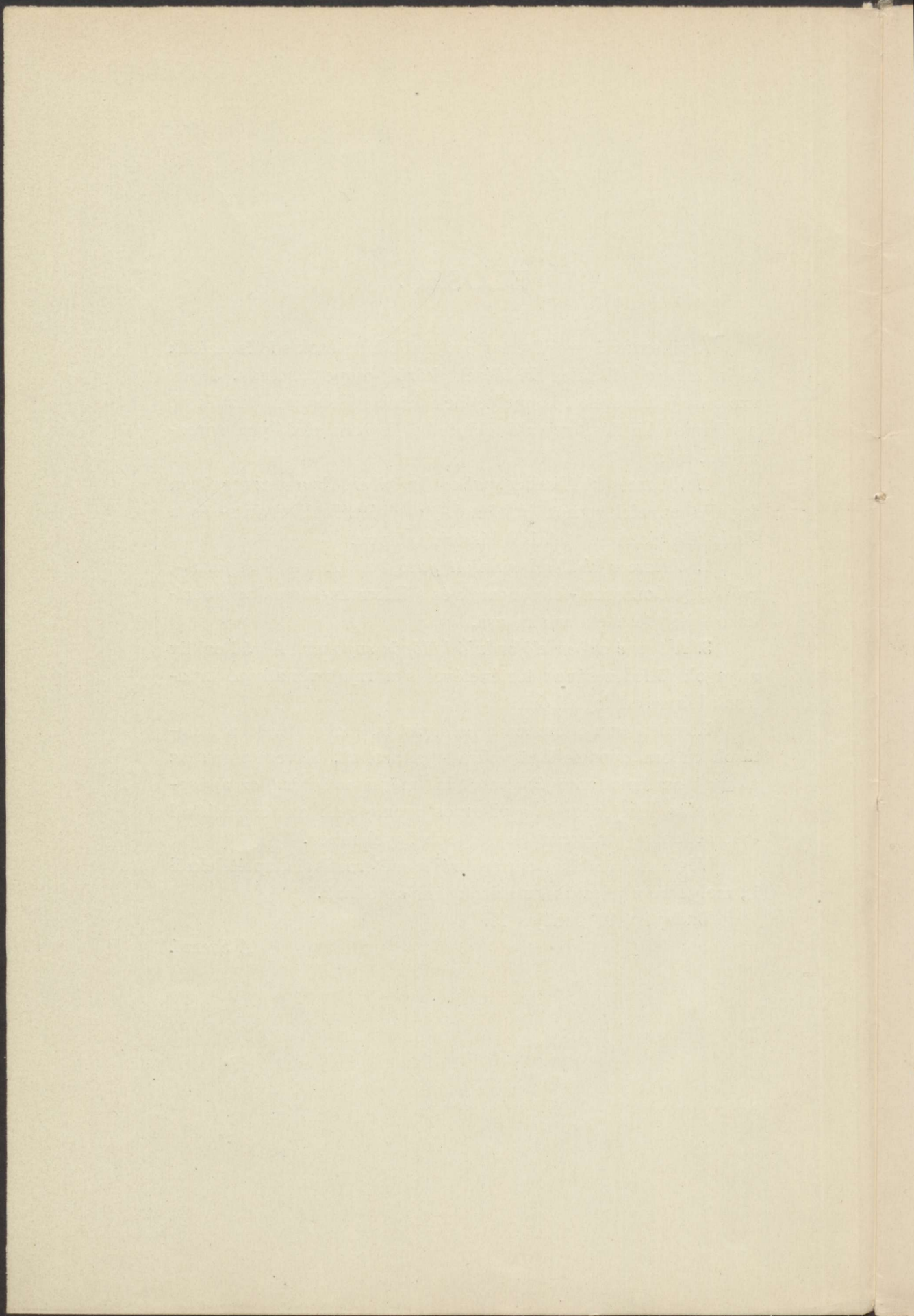
Röviden érintettem azt a befolyást is, melyet ezek a kutatások tudományos felfogásunkra gyakoroltak. Nevezetesen: az atomok oszthatatlanságába vetett hit megsemmisítése, az anyagátalakulás lehetősége és a villamos áramoknak az ionizációval való azonossága részesültek nagyobb figyelemben.

Végül megemlékeztem azokról a matematikai alaptételekről is, melyekre a jeleztük kutatások támaszkodnak.

Budapest, 1904 május 15.

A Szerző.





A VILLAMOSSÁG KÖRÉBE TARTOZÓ UJABB KUTATÁSOK.

1. Az elektromosság és mágnesség kapcsolata.

Az elektromos áramok egymásra való hatását 1821-ben AMPÉRE (1775—1836.) francia fizikus fedezi föl s megfigyeléseit a következő AMPÉRE-féle tételekben foglalja össze:

1. *Egyenlő irányú áramok vonzzák, különböző irányúak pedig taszítják egymást.*

2. *Keresztező áramok vezetőiket oly helyzetbe törekszenek állítani, melyben mindkét vezető árama egyenlő irányú.*

Az elektromos áramoknak a mágnességre való hatását már 1820-ban OERSTED (1777—1851.) kopenhágai fizikus fölfedezi s AMPÉRE még ugyanebben az évben meg is állapítja ebből a kölcsönös egymásra való hatásból eredő vonzási és taszítási törvényeket, melyeknek a következő évben fölfedezett s az imént említett AMPÉRE-féle törvényekkel való összehasonlításából a következő tapasztalati tételt állapította meg:

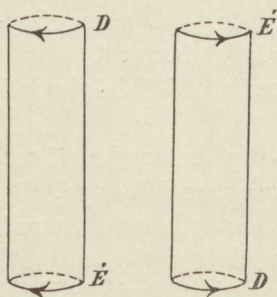
Minden mágnes úgy viselkedik, mint egy spirális alakú tekervényekből álló dróttekercsben — «szolenoid»-ban — keringő áram és pedig: északi sarkában az óramutató járásával ellenkező, déli sarkában pedig azzal megegyező irányú áram hatásának megfelelő viselkedést tanúsít.

Ebből a tételből eredt aztán a mágnesség *Ampère-féle elmélete*, mely szerint a mágnes minden atomja egy ily végtelen kicsiny — elemi — szolenoid, melyek egyforma sarkaikkal egy irány felé mutatnak. Eszerint aztán pl. az acélt mágnesezni annyit tesz, mint a rendetlen össze-visszaságban heverő elemi szolenoidjait egyforma sarkaikkal egyirányba állítani.

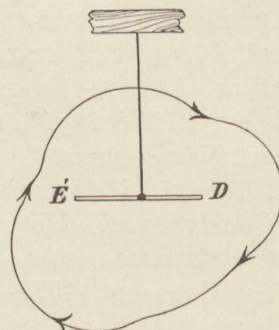
Az AMPÉRE-féle törvények, kapcsolatban a mágnességnek AMPÉRE-féle elméletével, a mágnesek és elektromos áramok egymásra való hatásából eredő vonzási és taszítási jelenségek megmagyarázására teljesen elégségesek.

1. pl. A szolenoidon keringő áram a szolenoid belsejében elhelyezett lágyvasat mágnessé változtatja, mert az áram a második AMPÉRE-féle tétel értelmében a lágyvas elemi szolenoidjait oly irányba törekszik helyezni, melyben azok mindegyikének áram-iránya megegyezik a szolenoid áramának irányával; ennél fogva a lágyvasnak a szolenoid azon vége felé eső sarka lesz az északi sark, hol az áram az óramutató járásával ellenkező irányban kering. Az ily módon készített mágnezt *elektromágnesnek* nevezzük.

2. pl. Az 1. ábra alapján könnyen megérthető, hogy az egymű mágnessarkok miért vonzzák s a különeműek miért taszítják egymást.



1. ábra.



2. ábra.

3. pl. A 2. ábrából belátható, hogy az áramkör síkjában levő tengely körül szabadon lengő mágnes tű a második AMPÉRE-féle törvény értelmében a déli sarkát fordítja felénk, mert ekkor áramköre megegyező irányú lesz a vezetőkben keringő áramkör irányával. Ha a vezető áramkörének irányát ellenkezővé változtatjuk, akkor a tűnek északi sarka fordul felénk.

2. Az indukció törvénye.

Azt a teret, amelyben a tetszőleges módon elhelyezett elektromosságnak s mágnességnek még hatása van, *elektromágneses térnek* nevezzük.

Már FARADAY (1791—1867.) angol fizikus 1831-ben észrevette, hogy az *elektromágneses térben létesített mozgás a tér minden vezetőjében elektromos áramot kelt, mely csak addig tart, míg a mozgás meg nem szűnik*. A mágnesek itt is, mint szolenoidok viselkednek. Az áramkör megszüntetése — *nyitása* — megfelel az

áram végtelenbe való elmozdításának; az áramkör létesítése — zárása — pedig az áramnak végtelenből végesbe való mozgásának.

Az elektromágneses térben előforduló mozgások létesítette áramokat indukált áramoknak, ezt a jelenséget pedig indukciónak nevezzük.

Az indukciónak az indukált áramok irányára vonatkozó törvényét már FARADAY megállapította, azonban mi ennek a törvénynek csak 1834-ben megállapított LENZ-féle fogalmazását közöljük, mely szerint:

Az indukált áram oly irányú, mely a létrejött mozgást gátolni törekszik. Ez az indukciónak LENZ-féle törvénye.

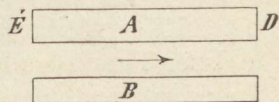
Az indukció egyik különös esete az úgynevezett önindukció jelensége, mely abban áll, hogy az áram nyitásakor és zárásakor az áramkör saját vezetőjében is indukált áramok jönnek létre, melyeket Faraday extraáramoknak nevezett.

Valamely vezető önindukciója annál nagyobb, minél erősebb extraáramok létesítésére alkalmas.

1. pl. Ha áramhoz vezetővel közeledünk, akkor a vezetőben ellenkező irányú indukált áram jön létre, mert ez hat gátlólag a mozgásra.

2. pl. Az áram megszakítása — nyitása — a szomszédos vezetőkben egyenlő irányú indukált áramot, saját vezetőjében pedig egyenlő irányú extraáramot létesít, mert ezek törekszenek a hirtelen távozó áramot mozgásában gátolni.

3. pl. Az áram zárása a szomszédos vezetőkben ellenkező irányú indukált áramot, saját vezetőjében pedig ellenkező irányú extraáramot létesít, mert ezek szegülnek ellen az áram hirtelen megjelenésének.



4. pl. Ha *B* lágyvasat a 3. ábrában föltüntetett nyíl irányában *A* mágnes mellett tovacúsztatjuk, akkor a nyíl felé eső csúcsa északi, a másik meg déli sarkú mágnessé lesz, mert csak így tud a mozgásnak ellenszegülni.

3. ábra.

3. Az elektromos szikra.

Már FARADAY belátta, hogy az elektromos kisülések, az elektromos szikrák oly sok és fontos titkot rejtenek magukban, melyek földérítése nem egy tekintetben ingatja majd meg régi dogmákhoz való ragaszkodásunkat. Elméleti, matematikai fejte-

getések és kísérleti kutatások vállvetve törekszenek közelebb férközni a nagy problémához.

HENRY¹ amerikai fizikus már 1842-ben, amint az acéltűt a leydeni palack szikrájával mágnesezte, oly szabálytalanságokat vett észre, melyekből azt következtette, hogy kisülés alkalmával a pozitív sarkról áramló villamosság a negatív sarktól, habár nem is oly nagy erővel, a pozitív sarkra visszaverődik, innen még kisebb erővel újra a negatív sarkhoz verődik stb. Szóval a kisülés nem egyszerre történik, hanem a villamosság a leydeni palack két fegyverzete között olyanféle rezgést végez, mint az inga, mely rezgés aztán mindaddig tart, míg a közeg ellenállása a mozgást meg nem szünteti. HENRY az ilyen kisülést *oszcilláló kisülésnek* nevezte.

HELMHOLZ² 1847-ben szintén hasonló fölfogáshoz csatlakozott. De csak W. THOMSON-nak³ 1853-ban sikerült az indukció alaptörvényeinek segítségével a kisülés lefolyását elméleti úton megállapítani. *Ha azon közeg ellenállásának a négyzete, melyen a kisülés végbe megy, kisebb, mint az önindukció együtthatójának s a kapacitás viszonyának a négyzere, akkor a kisülés oszcilláló, minden más esetben pedig folytonosan csökkenő.*



4. ábra.

HENRY föltevését s THOMSON elméleti fejtegetését kísérletileg először FEDDERSEN⁴ igazolta 1857-ben. Két, egy egyenesben fekvő horizontális tengely egymással szemközt álló végein levő fémgömbök közt létrejött szikra az elébe állított fotografiai lemezen egy fénylő pont képét adta. De ha a lemezt a kisülés folyamata alatt eltolta, akkor a kép megnyult s minden tekintetben megfelelt THOMSON fejtegetéseinek. Ilyenforma képet mutat be a 4. ábra. A fotografiai lemez elmozdulási sebességéből s a kép hosszúságából könnyű meghatározni a kisülés idejét. Ha már most az *elektromosságnak egy ide-oda lengését egy rezgésnek, vagy oszcillációnak* nevezzük, akkor egy rezgés megtevésére szükséges időt, amit az oszcilláció rezgési idejének nevezünk, úgy nyerjük,

¹ Scientific Writings 2. k. 201. l. ² Die Erhaltung d. Kraft. ³ Philosophical Magazine, 5. k. 393. l. 1853. ⁴ Poggendorf Annalen, 103. k. 69. l. 1858.

hogy a kisülés idejét elosztjuk a fotografiai képen található rezgések számával.

FEDDERSEN meg is határozta az oszcilláció rezgésidejét; de mivel kísérleti eredményeit a THOMSON-féle formulákból számítással nyert értékekkel nem hasonlította össze, azért az ő kísérletei csak kvalitatív igazolják a THOMSON-féle elméletet.

LORENZ¹ volt az első, aki 1879-ben a tapasztalati eredményeket az elméletiekkel összehasonlította, de az oszcilláció rezgésidejét tapasztalatilag valamivel nagyobbának találta, mint elméletileg.

TROWBIDGE és SABINE² voltak az elsők, akik 1890-ben a tapasztalatot teljesen össze tudták egyeztetni az elmélettel s mindkét eljárás a rezgési időre 0.0000031 másodpercet adott.

Az oszcilláció rezgésidejének a meghatározásával még igen sokan foglalkoztak. Legújabbán 1903-ban BATTELI és MAGRI³ határozták meg úgy elméleti, mint tapasztalati úton a különböző kondenzátorok oszcillációinak rezgési idejét. Ime fontosabb eredményeik:

A kondenzátor száma	Az oszcilláció rezgésideje másodpercekben	
	Elméleti	Kísérleti
1.	0.000004254	0.000004235
2.	0.000003034	0.000003006
3.	0.000002400	0.000002373
4.	0.000001707	0.000001672
5.	0.000001201	0.000001195
6.	0.000001201	0.000001207
7.	0.000000684	0.000000744

Ezek a számok fényesen igazolják a THOMSON-féle fejtegetések helyességét.

4. Az elektromos hullámok fölfedezése.

Mint láttuk, FARADAY kutatásai szerint az elektromágneses térben minden mozgás a vezetők áramaiban és a mágnesek mágnességében változásokat hoz létre, mit röviden így fejezünk ki: *Az elektromágneses tér állapotának bármely megváltozása elektromágneses zavarokat — megrázkódásokat — hoz létre, mely*

¹ Wiedemann Annalen, VII. k. 161. l. 1879. ² Phil. Mag., 30. k. 323. l. 1890.

³ Phil. Mag., VI. k. 1., 620. l. 1903.

megrázkódások FARADAY szerint *a tért betöltő közeg közvetítésével terjednek tova*. FARADAY-nek ez a nézete azonban összeütközésbe jutott az akkori matematikai világ fölfogásával, mely az elektromágneses távolhatások tanulmányozásakor a közbeeső közegről semmit sem akart tudni. De ő a gúny fegyvereivel szemben minden matematikai képzettség nélkül csak matematikai éleslátással megállapított s megfogalmazott tételeivel tudott felelni. Mignem honfitársa, MAXWELL (1831—1879.) *Treatise on electricity and magnetism*, 1873. kétkötetes nagy munkájában megjelenő matematikai genialitásával FARADAY ellenfeleit elnémítja, elveit diadalra juttatja, a régi — úgyszólván — már dogmákként hirdetett fölfogások alapját megingatja s a jövő kutatóit az eszméknek egy egészen új világába vezeti.

Ebben a nagy munkában megtaláljuk mindazt, amit FARADAY és MAXWELL valaha a villamosságról hittek és vallottak. Megvan ebben MAXWELL-nek még az 1865-ben szigorú matematikai következetességgel megállapított¹ vallása is az elektromágneses megrázkódások terjedésére vonatkozólag. Ez a vallás azt tanítja, *hogy az elektromágneses zavarok a közbeeső közeg segítségével tranverzális hullámokban oly sebességgel terjednek tova, mint a fény. Tehát a fény sem lehet más, mint az elektromágneses zavaroknak tranverzálisan hullámzó mozgása, amely aztán másodpercenként 300.000 km. sebességgel terjed tova.*

MAXWELL merész fejtegetései s teóriája a kutatások új sorozatát nyitják meg. 1879-ben a berlini akadémia díjat tűz ki a kérdés tisztázására. Habár nem nyíltan, de azért a valóságban, miként HERZ mondja: «ezeknek a kutatásoknak célja a FARADAY-MAXWELL-féle alaphipotezisek megvilágítása volt».²

HERZ-nek HELMHOLZ ösztönzésére végzett kutatásai, habár HENRY sejtelme, THOMSON elméleti fejtegetései, FEDDERSEN kísérletei az elektromosság kisülésére vonatkozólag előtte állottak, mégis kudarcot vallanak. Csak hét évvel később, 1886-ban fedezi föl a sikertelenség okát.

Hiszen, miként láttuk, a leydeni palack kisülésekor föllépő oszcillációk rezgési ideje egy milliomod másodperc, tehát egy másodpercre egy millió rezgés — illetőleg hullám — esik. Ennek az egy millió hullámnak a hosszúsága egyenlő az elektromosság-
nak egy másodperc alatt megtett útjával, mely, miként WHEATSTONE

¹ Philosophical Transactions, 1865. ² Herz, Ausbreitung d. elektrischen Kraft, 21. l. 1892.

1836-ban és SIEMENS 1875-ben megmérték, 300 millió méter. Ennélfogva egy hullám 300 méter hosszú. Az elektromos hullámoknak ez a túlságosan nagy hosszúsága volt tehát az oka annak, hogy az elektromosságnak hullámszerű terjedését igazolni nem tudták.

Azonban THOMSON elméleti fejtegetései még ennek a zavaró körülménynek az eltávolítására is útmutatóul szolgálnak. Ugyanis THOMSON fejtegetései szerint az egy másodpercre eső hullámok száma függ a hullámokat keltő közeg önindukciójától s kapacitásától. Ha tehát az utóbbi tényezőket úgy meg lehetne választani, hogy egy másodpercre 100 millió hullám esnék, akkor egy hullám csak 3 méter hosszú lenne, mely már a kísérletezésre sokkal alkalmasabb.

1886 tehát nevezetes év volt, mert ebben az évben ismeri csak meg igazában HERZ azokat az akadályokat, melyek az elektromosság hullámszerű terjedésének igazolását gátolják. Könnyű volt most már tisztába jönnie azzal, hogy mily fegyverrel kell küzdenie a megismert akadályok ellenében. Ezeknek a fegyvereknek a megkövácslása s aztán az akadályok megsemmisítése már nem sok időt vett igénybe, amennyiben még ebben az évben megállapítja az elektromosság hullámszerű terjedését a vezetőkben s az erre vonatkozó kutatásait a következő 1887. évben közzéteszi.¹

Azonban az elektromosság hullámszerű terjedésének kimutatása a levegőben még mindig hátra volt. De HERZ-nek az akadályok legyőzésére irányuló küzdelme itt is diadalt arat, mert 1888. március havában már az erre vonatkozó kutatásokkal is készen van.

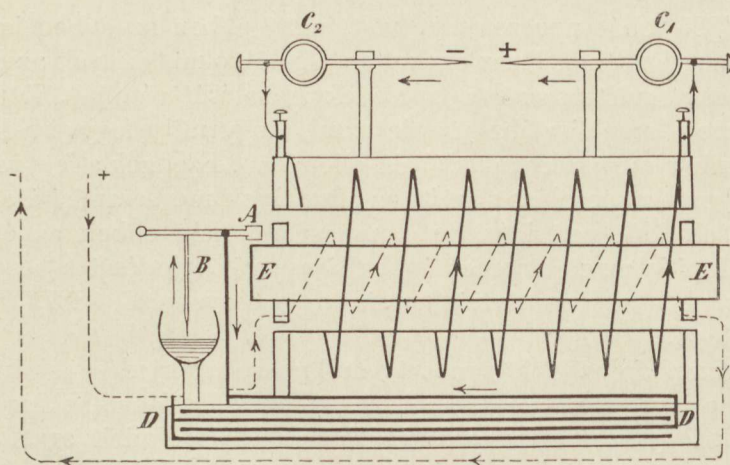
Nem lehet célunk HERZ fejtegetéseit lépésről-lépésre követni, mert ez igen hosszú út volna azoknak a nagyszerű fölfedezéseknek a megismeréséhez, melyek abban a tudományos forradalomban jöttek létre, melyet HERZ fölfedezései létesítettek. Csak azokkal a fontosabb módszerekkel s eljárásokkal ismerkedünk meg, melyek ebben a forradalomban fölmerült eszméknek a leszűrését lehetségessé tették s míg egyrészt az emberiség ismeretkörét valódi kincsekkel gazdagították, addig másrészt a gyakorlati élet szükségleteit eddig meséseknek tartott vívmányokkal gyarapították.

¹ Wied. Ann. 31. köt. 421. l. 1887.

5. Oszcillátorok.

Az elektromos hullámok keltésére szolgáló készülékeket, *oszcillátoroknak*, vagy *radiátoroknak* nevezzük. A *radiátor* fontos alkotó része a *szikra-induktor*, melyet RUHMKORFF 1851-ben konstruált és melyet az 5. ábra mutat be.

Az *EE* lágyvasat körülvevő, szaggatott vonalakkal jelölt tekercset *primér*-, a másikat pedig *secundér*-tekercsnek nevezzük. Amint a nyíllal megjelölt irányban az áram a primér-tekercsbe jut, a benne levő lágyvas mágnessé lesz, az *A* vasmagot magához húzza s ezzel a *B* vasszőget az alatta levő higanyból kirántja;



5. ábra.

ennek következtében az áram megszakad, a lágyvas elveszti mágnességét, tehát elereszti a vasmagot s így a vasszőg visszaesvén a higanyba, az áramkört újra zárja. Erre a játék ismét előről kezdődik.

A villamosság kisülésére szolgáló C_1 és C_2 fém-pálcákat *elektródoknak* nevezzük és pedig azt a sarkot, melyen a pozitív villamosság gyűlik össze, *anód-nak*, a másikat — a negatív sarkot — pedig *kathód-nak* mondjuk.

Valahányszor a primér-tekercsben az áram megszakad: a secundér-tekercsben mindannyiszor ugyanolyan irányú indukált áram keletkezik, minek következtében az *anódon* pozitív, a *kathódon* negatív villamosság gyűlik össze; a primér-tekercsben

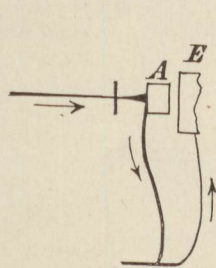
pedig ugyanolyan irányú extraáram jön létre, mely a DD FIZEAU-féle kondenzátorba gyűlik s ezáltal az árammegszakítási szikra melyet az extraáram rendes közülmények között nagyban táplál, erősen gyöngül.

Amint az áram záródik, tehát a primér-tekercsben ismét áram jelenik meg: ugyanekkor a primér-tekercsben a megjelenő árammal ellenkező irányú extraáram is föllép, mely a megjelenő áram hatását gyengíti, minek következtében a secundér-tekercsben föllépő ellenkező irányú indukált áram is gyengébb lesz, mint az árammegszakításkor indukált ugyanolyan irányú áram.

Azonban áramzáráskor a kondenzátorba szorult extraáram is csatlakozik a megjelenő áramhoz, ami minden esetre szintén hozzájárul a secundér-tekercs ellenkező irányú indukált áramának lerombolásához, mit abból következtetünk, hogy ily FIZEAU-féle kondenzátorral ellátott szikrainduktornak mindig ugyanaz az elektródja lesz pozitív sarkká, azaz anóddá és pedig az árammegszakításkor indukált áramnak megfelelő.

Az induktor működésében nagy szerepet játszik az áram megszakítására szolgáló készülék, melyet *áramszaggató*-nak nevezünk.

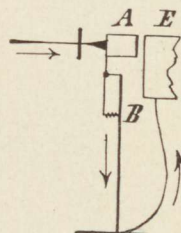
A képünkön látható higanyos áramszaggató — a FOUCAULT-féle áramszaggató másodpercenként 15-ször, 20-szor szakítja meg az áramot. Az áram megszakítására szolgáló ilyen rendszert *kalapács-rendszer*-nek nevezünk. Ezzel ellentétben a *motor-rendszer* abban áll, hogy a kalapács mellőzésével a tűnek a higanyból való kiemelését és visszahelyezését motorral végeztetjük; az ily



6. ábra.

motoros higanyáramszaggató másodpercenként 25-ször szakítja meg az áramot.

A 6. ábrán látható a WAGNER- vagy NEEF-féle kalapács. Amint az *E* elektromágnes az *A* kalapácsot magához ragadja, az áram megszakad, s így tovább. Másodpercenként 15–20 ily árammegszakítás lehetséges.

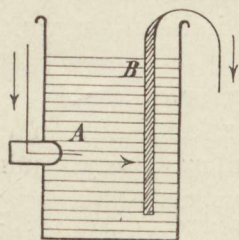


7. ábra.

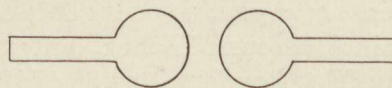
A 7. ábra a DEPREZ-féle áramszaggatót mutatja be. Amint az *E* elektromágnes elveszti mágnességét, *B* rugó a kalapácsot visszahúzza s az áramot zárja. Másodpercenként 50 árammegszakítás lehetséges.

A 8. ábrában a WHENELT-féle *elektrolitikus áramszaggatóval* találkozunk. A hígított kénsavat tartalmazó edénybe az *A*-nál beforrasztott tű hegyén az elektromos áram bemegy, *B*-nél megkijön. Amint az elég nagy feszültségű áram megjelenik: a tű hegyén fejlődő hő annyi gőzt fejleszt, mely az áramot zárja; a gőz cseppfolyósodása után az áram újra megindul és a játék ismétlődik. Másodpercenként 1500—2000 megszakítást ad.

Ha a C_1 C_2 elektródokat a THOMSON-féle elmélet szerint úgy konstruáljuk, hogy azok kisüléskor elektromos oszcillációkat hozzanak létre, akkor azokat *oszcillátoroknak*, vagy *radiátoroknak* nevezzük.



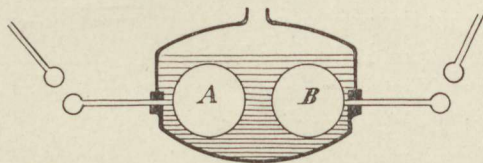
8. ábra.



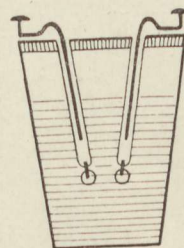
9. ábra.

Ilyen oszcillátort mutat be a 9. ábra, melyet konstruálója után HERZ-féle *oszcillátornak* nevezünk. Ezzel HERZ 66 cm. hosszú hullámokat kapott, tehát a másodpercenként végzett rezgések száma körülbelül fél milliárd.

A 10. ábra egy háromszikrás oszcillátort mutat be, melyet tervezője után RIGHI-féle oszcillátornak nevezünk. A paraffinolajban levő *A* és *B* fémgömbök hozzák létre az oszcillációkat. Ezzel a radiátorral RIGHI már $10^{1/2}$ cm. hosszú hullámokat hozott létre, tehát a másodpercenként végzett rezgések száma körülbelül 3 milliárd.



10. ábra.



11. ábra.

A 11. ábrában a LEBEDEW-féle¹ radiátort látjuk. A petroleumban levő platina-fémgömböcskék üvegcsőbe vannak forrasztva, melyből platinahuzal vezet a szikrainduktorhoz. Eddig LEBEDEW

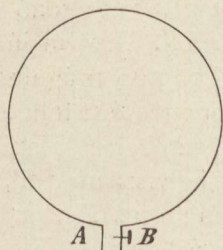
¹ Wied. Ann. 56. k. 1. l. 1895.

oroszfizikus ért el legnagyobb eredményt, amennyiben készülékével 3 mm. hosszú hullámokat létesített, tehát a másodpercenként végzett rezgések száma 100 milliárd.

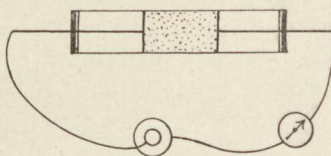
6. Elektromos hullámjelzők.

Az oly készülékeket, melyekkel az elektromos hullámok jelenlétét igazolni tudjuk, elektromos hullámjelzőknek, vagy elektromos hullám-indikátoroknak, vagy elektromos hullám-detektoroknak nevezzük. Ezeknek nagy sokasága miatt csak azokról emlékezünk meg, melyek akár elvi, akár történelmi, vagy gyakorlati szempontból nagy jelentőségűek.

1. Történelmi szempontból minden esetre első hely illeti meg HERZ rezonátorát (12. ábra). A fém-ből készült korong méreteit addig változtatta, míg a *B* csavarral szabályozható szög *s* az *A* fémlap között az elektromos hullámok megjelenésére a lehető legelőkelőbb szikrázás indult meg. Ezt a készüléket HERZ a hangtanból vett analógia alapján rezonátornak nevezte, mert csak oly elektromos hullámok létesítenek benne élénk szikrázást, amelyekhez alkalmazkodva készítettük, illetőleg amelyekhez hangoltuk. Ez a készülék tehát nemcsak történelmileg érdekes, amennyiben HERZ ezzel fedezte föl az elektromos hullámokat, hanem elvi szempontból is igen előkelő helyet foglal el.



12. ábra.



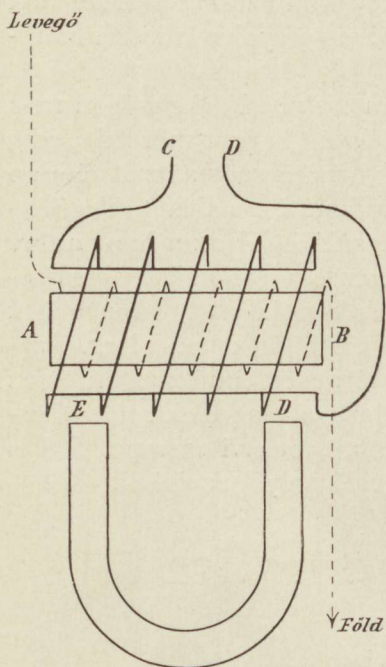
13. ábra.

1. A második különösen gyakorlati szempontból nagyjelentőségű hullámindikátor CALZECCHI ONESTI¹ megfigyelésén alapszik, mely szerint: ha üvegcsőbe zárt fémport igtatunk be valamely áramkörbe (13. ábra), akkor az áram a fémport nagy ellenállásán megtörik s megszűnik; de ha a fémport elektromos zavargások — elektromos hullámok — érik, akkor elveszti ellenállását; az áram megindul s az áramkörbe beiktatott galvanométer tűje kitér; de

¹ Nuovo Cimento, 16 k. 58. l. 1884., 17. k. 38 l. 1885.

amint az üvegsövet megrázzuk, a fémpor visszanyeri ellenállását s az áram újra megszakad. Ezen az elven alapuló hullámindikátort LODGE *kohärer*-nek, BRANLY *radiokonduktor*-nak, SLABY pedig *fritter*-nek nevezi; mi a következőkben *kohérer*-nek nevezzük. A fémpor használatára nézve nincs szabály. Így pl. MARCONI 96% nikkel és 4% ezüstport használt, BLONDEL ezüst-nikkel-ötvény és rézpor-keveréket, SOLARI pedig egy két elektrod közé zárt higanycseppet.

Ha az elektromos hullámok befolyása alatt a kohérer elveszti ellenállását s az áram megindul, akkor a hangtanból vett szólás-módot alkalmazva azt mondjuk, hogy a kohérer megszólal. Ha pedig rázással a kohérer újra visszanyeri ellenállását s az áram megszakad, akkor azt mondjuk, hogy a kohérer elnémul.



14. ábra.

3. Érzékenységre nézve valamennyi hullámindikátort fölül-mulja a MARCONI-féle *hullámdetektor*, melyet a 14. ábra mutat be. Az AB elektromágnezt az alatta forgó acélmágnes váltakozó magnetizálás alá veti. Mivel a lágyvas nem veszti el rögtön mágnességét, hanem a mágnesség tehetetlensége következtében valamelyes rész még mindig visszamarad, mely tünetmenyt mágneses *histerezis*-nek nevezünk, azért ezen *histerezis* miatt az elektromágnes váltakozó

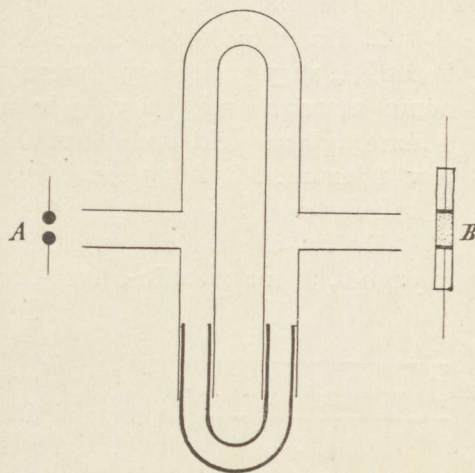
mágnessége is gyöngye lesz, mert ellenkező mágnessé, mondjuk *északi*-vá kell átváltóznia, mikor még *déli* mágnességét sem vesztette el.

De ha elektromágnesünket elektromos hullámok érik, akkor a mágneses *histerezis* megszűnik; a forgó mágnes magnetizáló erejét teljes mértékben kifejtheti, minek következtében elektromágnesünk tekercsében erős váltakozó áramok keletkeznek, melyek a körülötte levő secundér-tekercsben váltakozó áramokat indukálnak; ez utóbbiak megjelenése egyúttal az elektromos hullámok megjelenését is jelenti.

Az elektromos hullámoknak a mágneses histerezisre való befolyását először RUTHERFORD amerikai fizikus fedezte föl *Montreal*-ban 1895-ben.

7. Elektromos hullámok.

1. Az elektromágneses zavargások hullámszerű terjedését a 15. ábrában bemutatott készülékkel igazoljuk; ezt a készüléket *interferencia-csőnek* nevezzük. Az *A* oszcillátorral keltett hullámok az interferencia-cső felső és alsó felén végighaladva, a *B* kohérer előtt levő csőben találkoznak s aztán a kohérerre esnek. A cső alsó fele a legalsó rész tologatásával majd megnyújtható, majd megrövidíthető. Ha már most a cső alsó részének hosszúságát kísérletileg úgy választjuk meg, hogy az elektromos hullámoknak a kohérerre való hatása zérus legyen, akkor a kohérer előtt levő csőben bizonyára ellenkező fázisú hullámok találkoztak, melyek egymást kioltották. De ha a cső alsó részét tovább hosszabbítjuk, akkor a kohérer újra megszólal; s ha a meghosszabítást mindaddig folytatjuk, míg a kohérer újra el nem némul, akkor ismét ellenkező fázisú hullámok találkoznak, tehát a megnyújtás nagysága épen az elektromos hullám hosszúságával egyenlő. Ezzel az eljárással aztán meghatározható az elektromos hullám hosszúsága.¹



15. ábra.

Az oszcilláció rezgési idejét vagy elméleti úton a THOMSON-féle képletekből számítjuk ki, vagy pedig, ha még lehetséges, a FEDDERSEN nyújtotta kísérleti eljárással. (3. §.) Mivel az elektromos hullámok

$$\text{terjedési sebessége} = \frac{\text{hullámhosszúság}}{\text{rezgési idő}}$$

azért a hullámhosszúság és a rezgési idő meghatározása egyúttal

¹ Graetz, Elektrizität. 1903. 272. l.

A villamosság körébe tartozó újabb kutatások.

a terjedési sebességet is szolgáltatja. Így pl. LEBEDEW kísérletei szerint:

$$\text{a hullámhosszúság} = 3 \text{ mm.}$$

$$\text{a rezgési idő} = \frac{1}{100,000,000,000} \text{ másodperc,}$$

ennélfogva az elektromos hullámok *terjedési sebessége* másodpercenként

$$300,000,000,000 \text{ mm} = 300,000,000 \text{ m} = 300,000 \text{ km.}$$

HERZ-nek, RIGHI-nek s még számtalan kísérletezőnek buvárkodásaiból szintén az tűnik ki, hogy az elektromos *hullámok terjedési sebessége másodpercenként 300.000 km., tehát megegyezik a fényterjedési sebességével.*

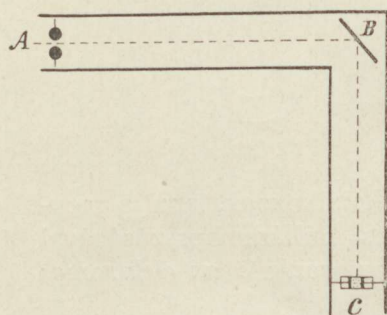
2. Ha a működésben levő oszcillátor és a kohérer közé kezünket, vagy pedig egy fémernyőt helyezünk, akkor a kohérer néma marad; ami világos jele annak, hogy úgy kezünk, mint a fémernyő az elektromos hullámoknak útját állják, mit ezután úgy fejezünk ki, *hogy kezünk s a fémernyő árnyékot vetnek a kohérerre.*

De ha a működő oszcillátor és a kohérer közé szigetelő anyagból, u. m. paraffin-, üveg-, fa-, szurok stbből készült ernyőt helyezünk, akkor a kohérer megszólal, tehát a szigetelőből készült ernyők az elektromos hullámokat átbocsájtják.

Ennélfogva a vezetők az elektromos hullámoknak útját állják, a szigetelők pedig átbocsájtják.

Ezt a tételt így is szokás fogalmazni:

A szigetelők az elektromos hullámokra nézve átlátszók, a vezetők pedig átlátszatlanok, tehát árnyékot vetnek.

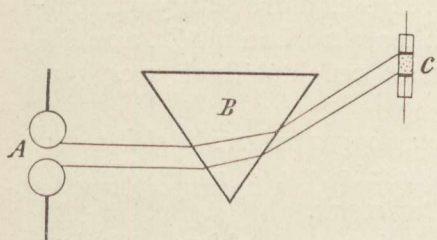


16. ábra.

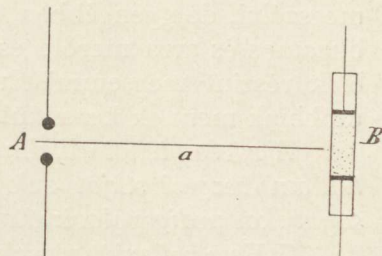
3. Azonban a *vezetők* nem nyelik el az *elektromos hullámokat*, hanem *visszaverik a reflexió ismeretes törvénye szerint.* A kísérlet vázlatát a 16. ábra mutatja be. Az A oszcillátor hullámai először a B fémtükörre, aztán innen visszaverődve a kohérerre esnek.

4. A szigetelőkbe beható hullámok sebességében változás áll be, miért is az *elektromos hullámok a refrakció ismeretes törvénye*

szerint az új közegben törést szenvednek. A kísérletről a 17. ábra nyújt fölvilágosítást. Az A oszcillátorból jövő elektromos hullámok a B szigetelőből készült prizmán irányt változtatva keresztültörnek s a C kohérerre esnek. LODGE és HOWARD¹ 1889-ben kimutatták, hogy nagy lencsékkel az elektromos hullámok koncentrálhatók. MACK² 1895-ben a fában, GARBASSO pedig a kristályokban állapítja meg az elektromos hullámok kettős törését.



17. ábra.

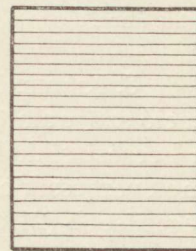


18. ábra.

5. Az elektromos hullámok az A oszcillátor tengelyére merőleges a egyenesek irányában terjednek tova. Ezek a merőlegesek az oszcillátor tengelyére merőleges síkot határoznak meg, melyet a *terjedési irányok síkjának* nevezünk. Ennek a síknak az oszcillátor tengelyével közös pontjából a síkban vont összes sugarak irányában terjednek elektromos hullámok, melyeknek rezgései párhuzamosak az oszcillátor tengelyével, tehát merőlegesek a terjedés irányára, illetőleg a terjedési irányok síkjára. Az ilyen hullámokat *polarizált hullámoknak* nevezzük.

Kísérlet (18. ábra): Ha a B kohérer tengelye párhuzamos az oszcillátor tengelyével, azaz merőleges az a sugárra, akkor legnagyobb a hatás. Ha pedig a kohérert az a sugár körül 90° -nyira elforgatjuk, úgy hogy tengelye beleessék a terjedési irányok síkjába, tehát az oszcillátor tengelyére merőleges legyen, akkor a kohérer néma marad.

6. Ha fémből készült rácsot (19. ábra) úgy helyezünk a 18. ábrában bemutatott oszcillátor és kohérer közé, hogy síkja merőleges legyen az a sugárra, fémdrótjai pedig párhuzamosak az oszcillátor tengelyével, azaz a rezgés irányával, akkor a kohérer néma marad, mert a rács drótjaival párhuzamos elektromos rezgések a drótokban ellen-



19. ábra.

¹ Phil. Mag. 27. k. 48. l. 1889. ² Ann. d. Physik, 54. k. 350. l. 1895.

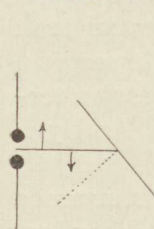
kező irányú rezgéseket indukálnak, melyek az odaérkezőket részint visszaűzik, részint megsemmisítik.

Ha pedig a rács síkja az a sugárra merőleges, drótjai pedig az oszcillátor tengelyére, tehát a rezgések irányára is merőlegesek, akkor a kohérer megszólalása a legélénkebb.

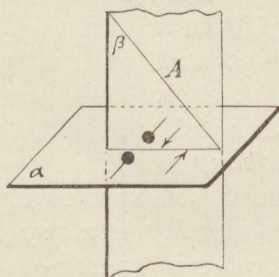
Ha pedig a rács síkja merőleges az a sugárra, de drótjai hegyes szöget alkotnak az oszcillátor tengelyével, akkor a kohérer megszólal, de gyengébben, mert a rezgések a drót irányával párhuzamos és arra merőleges komponensekre bonthatók, az előbbiek részint megsemmisülnek, részint reflektálódnak s csak az utóbbiak mennek keresztül.

A rácsok tehát alkalmasak arra, hogy a polarizált elektromos hullám rezgési síkját vele meghatározhassuk, a nem polarizált sugarakat pedig polarizáltakká változtassuk.

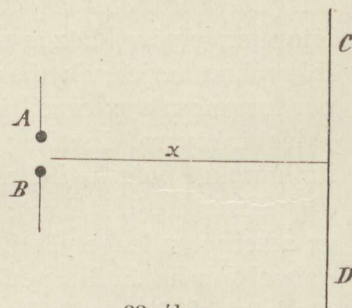
7. Ha a reflexiót rácsokon tanulmányozzuk, akkor a 16. ábrában B fémtükör helyett rácsot kell alkalmazni. Ha a rácsdrótok merőlegesek a rezgés irányára, akkor reflexió nincs, mert a sugarak áthatolnak; ha pedig a rácsdrótok párhuzamosak a rezgés irányával, akkor csak reflexió van; minden más esetben átbocsájtás is és reflexió is van.



20. ábra.



21. ábra.



22. ábra.

8. KLEMENČIČ kimutatta, hogy ha a csiszolt kénlapra a polarizáció szöge alatt beeső elektromos hullámok rezgési síkja összeesik a beesési síkkal, akkor nincs reflexió (20. ábra). Ha pedig a hullámok rezgéssíkja merőleges a beesési síkra, akkor a reflexió a lehető legerősebb (21. ábra). A a tükör, α a rezgés, β pedig a beesés síkja.²

Amiből következik, hogy a polarizáció szöge alatt beeső tet-szóleges elektromos hullámok reflexióval polarizálódnak s a polarizált sugár rezgéssíkja merőleges a beesési, illetőleg a polarizáció síkjára.

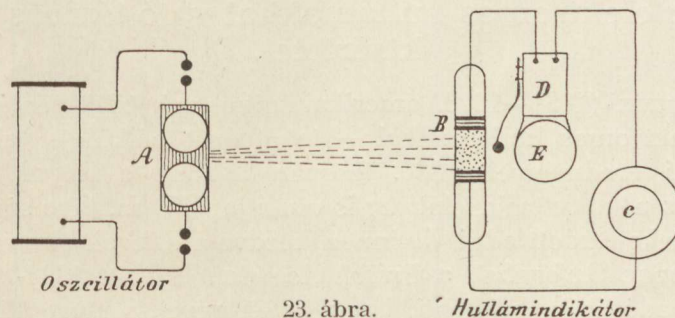
¹ Herz, Wied. Ann. 36. k. 763. l. 1888. ² Richarz, Neuere Fortschritte auf d. Gebiete d. Elektrizität. 86. l. 1902.

9. Az elektromos álló hullámok létezését már HERZ kimutatta a 6. fejezetben leírt rezonátorával. A 22. ábra számol be a kísérlet elrendezéséről. Az AB oszcillátorból x irányba terjedő hullámok a terjedés irányára merőleges CD ernyőtől reflektálódnak s a reflektált hullámok a beesőkkel álló hullámokat alkotnak. Ha a rezonátor centrumát behelyezzük az x tengelybe, síkját pedig párhuzamosan állítjuk az ernyővel s ebben a helyzetben az x tengely körül addig forgatjuk, míg szikrakőze a rezgési síkra merőleges átmérőbe nem jut, ekkor az elektromos hatás a rezonátorra a legerősebb. A rezonátort ily helyzetben önmagával párhuzamosan tologatva, meghatározhatjuk azokat a pontokat, melyekben a rezonátor elnémul; ezek a pontok a rezgés csomópontjai. A csomópontok ismerete a hullámok hosszúságának ismeretével is jár. Ezzel az eljárással HERZ oszcillátorának hullámain 9 m. hosszúaknak találta.

10. A MAXWELL-féle elmélet szerint a fény is a terjedési irányra és egymásra merőleges elektromos és mágneses rezgésekből áll. HERZ kísérletei fényesen igazolták, hogy az elektromos oszcillációk szintén tranverzális rezgésű hullámokban terjednek tova. Az eddig előállított elektromos hullámok leginkább hosszúságukra nézve különböznek a fényhullámoktól; mert míg az ultra vörös fény hullámhossza 0.02 mm., a vörös fényé 0.0008 mm., az ibolyaé 0.0004 mm., addig a legrövidebb, LEBEDEV-től¹ előállított hullámok hosszúsága 3 mm.

8. Jeladás elektromos hullámokkal.

Az elektromos hullámokkal való jeladást a 23. ábra szemlélteti. Az A RIGHI-féle oszcillátorból az elektromos hullámok a B kohérrre esnek, minek következtében a C telep árama meg-



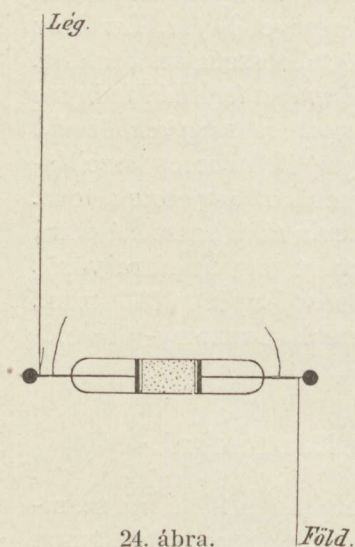
¹ Bauer, Telegraphie ohne Draht etc. 1903. 42. l.

indul s az áramkörbe beiktatott *DE* elektromos csengőt megszólaltatja; de amint a rugó gombja a csengőtől visszapattanva ráüt a kohérerre, az áram rögtön megszűnik, föltéve, hogy már nem jönnek elektromos hullámok. Ily módon LODGE¹ már 1889-ben igazolta, hogy nagyobb távolságokra jeleket lehet adni.

A villamos csengő helyett a kohérer megrázására tökéletesen elég a villamos csengő elektromágnesét kapcsolatban a rugóval úgy állítani a kohérerhez, hogy valahányszor az áram megindul s az elektromágnes a rugót magához rántja, ennek gombja mindannyiszor ráüssön a kohérerre. Ezt a készüléket már most, mely tisztán csak a kohérer rázására szolgál, *rázó*-nak nevezzük. Ha már

most a rázón kívül áramkörünkbe egy telegrafáló készüléket is beiktatunk, akkor ez a készülék alkalmas lesz már arra, hogy előre megállapított jelekkel elektromos hullámok segítségével érthető üzeneteket szállíthassunk.

POPOV, katonaakadémiai tanár Kronstadtban, 1895-ben a légköri elektromos hullámok fölfogására használja a hullámindikátort és pedig úgy, hogy a kohérerből kinyúló elektródok egyikét fémdróttal a földdel köti össze, a másikhoz pedig hosszú fémdróttal készült árbocot köt, mely a levegő elektromos hullámainak levezetésére szolgál. Az indikátor többi része ugyanaz marad. A berendezést a 24. ábra szemlélteti.



9. Az elektromos hullámokkal való távírás első kísérletei.

HUGHES (1831—1900.) amerikai fizikus már 1879-ben és 1880-ban elektromos hullámokkal — tehát drót nélkül — telefonál. Kísérleti eredményeit 1880. február 20-ikán a *Royal Society* elnöke s néhány tagja előtt be is mutatja; 450 m. távolságig érthető jeleket tudott adni, de innen kezdve a hangok elmosódnak.

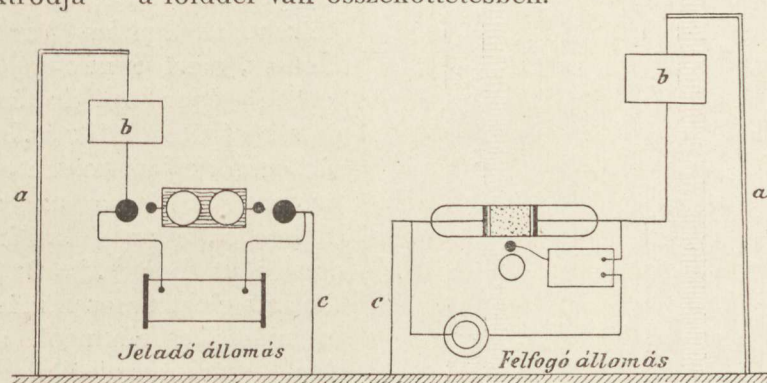
LODGE Oxfordban a *British Association* előtt 1894-ben tartott előadásában bejelenti, hogy kohérerével, melyet 1893-ban

¹ Phil. Mag. 28. k.48. I. 1889.

kezdtett először használni, 800 m. távolságig érhető jeleket tud adni.

MUIRHEAD¹ szintén 1894-ben kezdi meg kísérleteit a drótnélküli telegrafálással.

MARCONI első szabadalma a drótnélküli táviratozásra vonatkozólag 1896. június 2-ikáról szól. Tervezetét, a földad- és leadó-állomást, a 25. ábra mutatja be. A RIGHI-féle oszcillátoron és a kohérerén kívül lényeges újítások az a szigetelő oszlopokhoz erősített árbocok. Az árboc a b fémlapot tartó fémsodronyból áll, melynek alsó része az oszcillátor egyik szélső gombjával — illetőleg a kohérer egyik kiálló elektródjával — van kapcsolatban. Az oszcillátor másik gombja — illetőleg a kohérer másik kinyuló elektródja — a földdel van összeköttetésben.



25. ábra.

MARCONI első nézete szerint minél magasabban vannak a b fémlapok, annál távolabbra lehet telegrafálni. Később aztán belátta, hogy a telegrafálás távolsága csak az árbocdrótok hosszúságától függ, ellenben a fémlapoktól független, miért is a fémlapokat elhagyta s árbocokul csak fémdrótokat alkalmazott.

MARCONI-t első kísérletei arra a meggyőződésre vezették, hogy a drótárboc megnyújtásával a telegrafálás távolsága is nagyobbodik. Így azt találta, hogy 1600 m. távolságra való telegrafáláshoz 6 m. magas drótárboc szükséges. 1897. július 11-iktől július 18-ikig végzett kísérleteiben az árbocot 34 m.-ig emelte s a legnagyobb távolság, amelyben még néha jeleket tudott adni, 10 km. volt. Természetes, hogy a biztos és érthető jeladás határa alantabb állott.

¹ Lodge, Signalling through Space without Wires, 3. kiadás, 45. l.

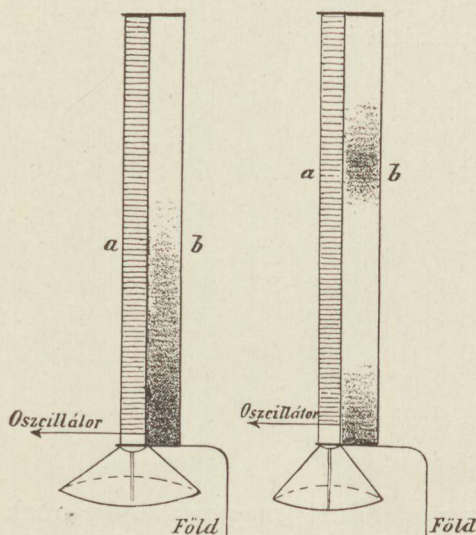
10. A drótárbocok rezonanciája.

MARCONI első kísérleteiben egy fontos körülményt — a drótárbocoknak az elektromos hullámok iránt tanúsított rezonanciáját — figyelmen kívül hagyta. Ez a rezonancia a hangtanban előforduló szabályoknak engedelmeskedik. Ugyanis *drótárbocunk mindannyiszor rezonál, azaz: az oszcillátorunkkal keltett elektromos hullámoknak megfelelő rezgésbe jő, valahányszor hosszúsága egyenlő a létrehozott hullám egynegyedének páratlan többszörösével.*

Így pl. 2 m. hosszú drótárboc megszólal és azt mondjuk,

hogy az alaphangot, az egy-negyed hullámot adja, ha a létrehozott hullám 8 méter hosszú, mert ennek *egy* negyede éppen a drótárboc hosszúságát szolgáltatja. Drótárbocunk a $\frac{8}{3}$ m. hosszú elektromos hullámra az első felhangot, azaz $\frac{3}{4}$ hullámot szolgáltat, mert $\frac{3}{4} \cdot \frac{8}{3} = 2$; $\frac{8}{5}$ m. hosszú elektromos hullámra a második felhangot, azaz $\frac{5}{4}$ m. hullámot szolgáltat s így tovább.

A most leírt rezonanciát igen szépen lehet szemléltetni a SEIBT-féle *dróttekerceken*¹ (26. ábra). A két méter hosszú



26. ábra.

a fémtekercs alsó vége az oszcillátorral van összekötve, a fémtekercstől elszigetelten vele párhuzamosan haladó finom acélsodrony alsó vége pedig a földdel van vezetői összeköttetésben. Ha az oszcillátor dimenzióit úgy szabályozzuk, hogy a dróttekercs éppen az alaphangot adja, akkor a sötétben a tekercs felső része világos kék fényben tündököl s lefelé lassan elhomályosodik. Ha már most az oszcillátor dimenzióit alkalmas készülékkel változtatjuk, akkor a cső elhallgat s ha a módosítás egészen oda történik, hogy a cső éppen az első felhangot adja, akkor fényváltozata olyan lesz, mint amilyent a 26. ábra második csöve föltüntet.

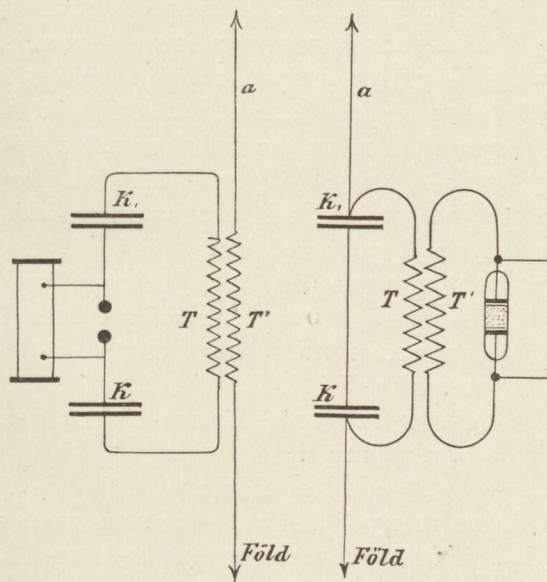
¹ Elektr. Zeitschr. 1903. 6. füzet.

11. A drótnélküli távítás.

Az elektromos hullámokkal való távítás terén elért szép eredmények a *strassburgi* BRAUN nevéhez fűződnek; az első szabadalmat 1898. október 13-ikán kapja. BRAUN belátja, hogy a drótnélküli távításhoz pusztán a nagymennyiségű elektromos energia még nem elégséges, mert ezzel is csak gyenge hatást érünk el, ha drótárbcunk az elektromos hullámokra nem rezonál.

Ennélfogva az elektromos hullámokkal való távítás létesítésének kérdése nemcsak a hullámok keltéséhez szükséges nagy mennyiségű elektromos energia összehalmozására, hanem az oszcillátor s a drótárbcok rezonanciájának minél tökéletesebb elérésére is vonatkozik.

Ha már most a hullámkeltő állomáson ezeknek a követelményeknek megfeleltünk, akkor a hullámfölfogó-állomás készülékét is úgy kell konstruálnunk, hogy az épen azokra a hullámokra rezonáljon, amelyeket a földadó állomáson keltettünk.



27. ábra.

A földadó állomás készülékének hangolása egyrészt fontos az energia megtakarításának szempontjából, mert teljesen hangolt készülék már gyengébb hullámokra is megszólal, de fontos másrészt a távítás titoktartásának szempontjából is, mert ha a különböző állomások fölfogó-készülékeit más és más hullámokra hangoljuk, akkor a földadó állomás készülékének alkalmas hangolásával elérhetjük, hogy épen az a fölfogó-készülék szólaljon meg, amelyet megszólaltatni akarjuk, a többiek pedig némák maradjanak.

Ezeknek az elveknek megértése és hangoztatása teszi BRAUN működését ezen a téren korszakalkotóvá.

BRAUN többféleképpen módosított készülékei egyikének vázlatát a 27. ábra mutatja be. Az elektromos energia összegyűjtését

a K , K_1 kondenzátorokkal — leydeni palackokkal — ellátott áramkör végzi, melyből indukcióval T primér-tekercsből T' secundér-tekercsbe megy át, honnan az a rezonáló drótárboc révén, mint elektromos hullámok a fölfogó állomás felé terjednek, hol azokat a rezonáló drótárboc fölfogja s levezeti a kohérerbe, mely aztán megszólal.

A készülék dimenzióinak a rezonancia föltételeit is kielégítő elkészítésére még mindig a THOMSON-féle elmélet szolgáltatja az alapot.

BRAUN-nal majdnem egyidőben lépett föl SLABY és ARCO. (1899. április 25.) Tervezetük szintén a villamos energia fölhalmozására s a rezonancia megteremtésére irányul. Végelemzésben rendszerük, melyet folyton tökéletesítettek, a BRAUN-féle rendszertől csak elrendezésben különbözik. A rezonanciát a drótárbochoz csatolt alkalmas hosszúságú vezető beiktatásával törekszenek elérni.

A BRAUN és SLABY-ARCO-féle eszmék rövid idő alatt a kutatók egész sorában keltik föl az érdeklődést és a különböző rendszerek gyors egymásutánban születnek. Ilyenek: FESSENDEN rendszere, legújabb patense 1903. június 9-iktől szól; LEE-DE FOREST rendszere, legújabb szabadalmának kelte 1903. június 9-ike; LODGE és MUIRHEAD rendszere angol patensük 1897. augusztus 11. és 1898. augusztus 5-ikéről szól; továbbá TESLA, ROCHFORD, BLOCHMANN, POPOFF-DUCRETET, HOZIER-BRAUN, CERVERRA, BRANLY-POPP, MUSSO stb. rendszerei.

A minden oldalon megindult lázas tevékenység s az elért eredmények MARCONI-ra sem voltak hatás nélkül. Csakhamar megérti a BRAUN és SLABY-ARCO-féle eszmék nagy fontosságát, magáévá teszi azokat s így törekszik a nagy problémát megoldani. Eközben RUTHERFORD és FINZI kutatásai alapján megismerkedik az elektromos hullámoknak a mágneses histerezisre való befolyásával: mire megteremti a mágneses hullámdetektort, mellyel aztán annyira tökéletesíti a BRAUN-féle rendszert, hogy kísérleti eredményeivel a kutatók valamennyiét messze túlszárnyalja.

12. A drótnélküli távírás eredményei.

Az elektromos hullámokkal való távírásra vonatkozó nagyszámú kísérlet közül csak azokról emlékezünk meg, melyeket MARCONI 1902. július 7-iktől szeptember 7-ig végzett.

A *Genuából Angliába* s innen *Szent-Pétervárra* illetőleg *Kronstadt*-ba utazó «Carlo Alberto» nevű hadihajót MARCONI

mágneses hullámdetektorral látja el, miután telegrafáló készülékkel már *Genuából* jövet föl volt szerelve. MIRABELLO admirális támogatásával július 7-ikén kezdik meg a kísérletezést. MARCONI szárazföldi állomása *Poldhu*-ban (Cornwall) volt. A megállapodás szerint nappal 12—1-ig, éjjel 1—3-ig történt a jeladás. *Kronstadt* előtt még érthető jeleket kaptak. Visszafelé jövet *Gotland* szigetétől északkeletre július 22-ikről 23-ikra következő éjjel, dacára annak, hogy *Poldhutól* több, mint 2000 km. távolságra voltak, a telefonhoz érkező jeleket egészen világosan és érthetően fölfogták. Innen kezdve a jeleket csak néha zavarták meg légköri változások. Kielben az üzeneteket a MORSE-féle készülék egészen helyesen leírta. *Cadixba*, *Gibraltárhoz* közel, augusztus 31-ikén érkeztek; a napi hírekre vonatkozó értesítéseket minden zavar nélkül fölfogták. Szeptember 7-ikén a hajó már *Sardinia* déli részén Cagliariban volt 1580 km.-re *Poldhutól*. Itt vett föl még három telegrammot: egyet az olasz királyra, egyet MIRABELLO admirálisra és egyet az olasz hadügyminiszterre vonatkozólag; s ezzel a két hónapig tartó kísérletezést befejezték.

Mint igen érdekes kísérletet megemlíjtük még, hogy az *Európából Amerikába* utazó «*Philadelphia*» nevű gőzös 2400 km. távolban még érthető közleményeket, innen kezdve 3300 km.-ig csak folyton gyöngülő jeleket kapott.¹

Ezekből a kísérletekből MARCONI a következő megállapodásra jutott:

1. Az elektromos hullámok terjedési távolsága korlátlan s csak a hullámokat keltő elektromos energia mennyiségétől függ.
2. A földadó és földvevő állomás között levő szárazföld a hullámok terjedése elé akadályt nem gördít.
3. Napfényben nagyobb energiakészletre van szükségünk, mint éjjel, ha ugyanolyan távolságra akarunk táviratozni.
4. Légköri elektromos töltések befolyásától úgy biztosíthatjuk készülékünket, hogy érzékenységet csökkentjük, de ennek megfelelően több energiát kell fölhalmozni.
5. Az elektromágneses hullámindikátor valamennyi között a legérzékenyebb, semmi szabályozásra nem szorul, abszolút állandóságot mutat.

A nagy sikereken fölbuzdulva, MARCONI Amerikát és Európát is összeköti két állomással: az egyik *Cornwall*-ban, *Poldhu*-ban, a másik pedig *Canadában Quai Breton*-ban van. Az összekötés

¹ Marconi, Electrician. 1902. jul. 18.

1902. december 22-ikén létesült.¹ MARCONI állítása szerint az S betűt, melynek jele 3 pont, ismételten megkapta. A telegrammokat telefonnal fölfogta, de a MORSE-féle készülék nem írta le, azért a pesszimisták hajlandók voltak az egészet csalódásnak tulajdonítani. Azonban az újabb hírek szerint az állomások készülékeit annyira tökéletesítették, hogy nemcsak jeleket, hanem valóságos hosszú üzeneteket váltottak. Úgy, hogy egészen biztosra vehető, hogy a drótnélküli távírás *Európából Amerikába* már nem álom többé, hanem az érintkezésnek ez a módja a két világrész között csakhamar a közélet szolgálatába is átmegy.²

Ha a drótnélküli távírásnak a távolságra vonatkozó kérdése már megoldottnak is tekinthető, mindazonáltal a táviratok titoktartásának kérdése még igen messze áll a megvalósulás stádiumától. Addig pedig, míg ezt a második kérdést nem sikerül tisztázni, lehetetlenség általánosan alkalmazásba vett drótnélküli távírásról beszélni, mert ha minden hírre az összes állomások készülékei megszólalnak, akkor a kiigazodás csakugyan lehetetlen. Azonban a tengerészetben már az első kérdés megoldása is maholnap a közlekedésnek ezt a hatalmas eszközét nélkülözhetetlenné teszi.

13. Drótnélküli távírás fénynyel.

HERZ már 1887-ben észrevette,³ hogy az elektromos kisülés könnyebben megy végbe a világosságban, mint a sötétségben, mit tudományosan úgy szokás kifejezni, hogy: *a fény a kisüléshez szükséges feszültséget csökkenti*, vagy pedig, hogy ugyanolyan feszültség mellett a kisülés már nagyobb távolságban végbemegy, azaz: *a fény a szikratávolságot növeli*. Később kiderítette, hogy az *ultraviola* sugarak hozzák létre ezt a hatást.

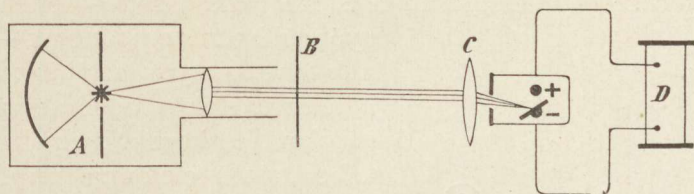
WIEDEMANN és ÉBERT⁴ 1888-ban kimutatták, hogy az *ultraviola* sugaraknak csak akkor van hatása a szikratávolságra, ha azok a *negatív elektródra*, azaz a *kathódra* esnek.

Ugyancsak 1888-ban HALLWACHS azt is észreveszi, hogy a *negatív elektromossággal töltött testek elektromosságukat az ultraviola sugarak hatása alatt elvesztik, ellenben a pozitív elektromosságú testek azt változatlanul megtartják*.

Az ultraviola fénynek ezt a hatását ZICKLER⁵ 1898-ban a fénynyel való drótnélküli távírás létesítésére használta föl. Berende-

¹ Dinglers, Polytechnisches Journal. 1903. jan. 17. ² Rellstab, Die elektrische Telegraphie. 1903. 118—119. l. ³ Wied. Ann. 31. k. 983. l. 1887. ⁴ Wied. Ann. 33. k. 241. l. 1888. ⁵ Elektrotechn. Zeitschr. 19. k. 474., 487. l. 1898.

zését a 28. ábra mutatja be. Az *A* sötét szekrényből a fény a szekrény csövében fölállított lencsén át a szabadba ömlik. Ha már most *B* ernyőt fölemeljük, akkor *C* lencse a sugarakat gyújtópontjában egyesíti, mely gyújtópont éppen a szikinduktor negatív elektródjára helyezett fémlapra esik. Ha az induktor kisütőjét — elektródjait — úgy állítottuk be, hogy a kisülés éppen ne jöjjön létre, akkor a fény behatása alatt élénk szikrázás keletkezik. Ezzel az eljárással aztán a *B* ernyő eltávolításával s visszahelyezésével előre megállapított jelekkel üzeneteket válthatunk.



28. ábra.

A kísérletezést 1898. április 25-ikén kezdi meg. De míg eleinte csak 50 m. távolságra tudott jeleket adni, október 5-ikén és 6-ikán ezt a távolságot már 1300 m.-re viszi föl.

14. Photophon, éneklő ívlámpafény, drótnélküli telefon.

A *selén* a kénnel rokon test s kétféle állapotban fordul elő: 1. sötétbarna színű üvegszerű állapotban; így vékony lemezekben vöröses színű, áttetsző s rossz villamos vezető. 2. ha huzamosabb ideig közvetlenül az olvadási pontja ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) alatt tartjuk, akkor fémszerű állapotba megy át, kristályossá s barna, a grafit-hoz hasonló színűvé lesz; ekkor még a legvékonyabb lemezekben is átlátszatlan, villamos vezetőképesége pedig igen csekély. Ebből az utóbbi szempontból vette SMITH¹ 1873-ban a fémszerű kristályos selént vizsgálata alá. Kis kristályvonalas selénpálcákból nagy elektromos ellenállású úgynevezett seléncellát készített: csakhamar észreveszi erről, hogy ellenállása változó, mignem asszisztense, MAY kimutatja, hogy ellenállása a sötétben nagyobb, mint a világosságban. A későbbi kutatásokból aztán kiderült, hogy a selén ellenállását leginkább a vörös- és narancsszínű fény gyöngíti.

¹ Sillimans Journal. 1873. 301. l.

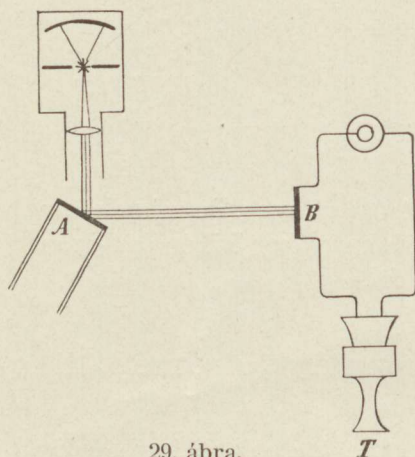
PERREAU pedig 1899-ben kimutatja, hogy az elektromos hullámoknak a selén ellenállására semmi hatása sincs.¹

A kristályos selénnek ezt a sajátságát használták föl BELL és TAINTER 1878-ban *photophon*-nak nevezett készülékük megkonstruálásához. Készülékük vázát a 29. ábra szemlélteti. A külső felén megezüstözött igen vékony csillámból vagy üvegből álló *A* lemezre fény esik, mely reflexió után a *B* selént találja. Ha már most az *A* lemezt tartalmazó csőbe bele beszélünk, akkor a lemez is megfelelő rezgésbe jön s a reflektált fényben is hasonló vibrációk, fényszétszórások s fényösszegyűjtések keletkeznek; ezeknek megfelelőleg a selén ellenállásában is megrázkódások — ellenállás-

gyöngülések és erősödések — jönnek létre, melyek aztán az áramkörben is elektromágneses zavarásokat létesítenek, melyeket már a beiktatott telefonnal megfigyelhetünk.

Washingtonban tett kísérleteik szerint 213 m. távolságban a hangokat még tisztán lehetett hallani.

Azonban a drótnélküli telefonálásra sokkal alkalmasabb az úgynevezett éneklő ívlámpafény. SIMON² *erlangeni* tanár 1897-ben azt vette észre, hogy az elektromos ívlámpa lángja a közelében



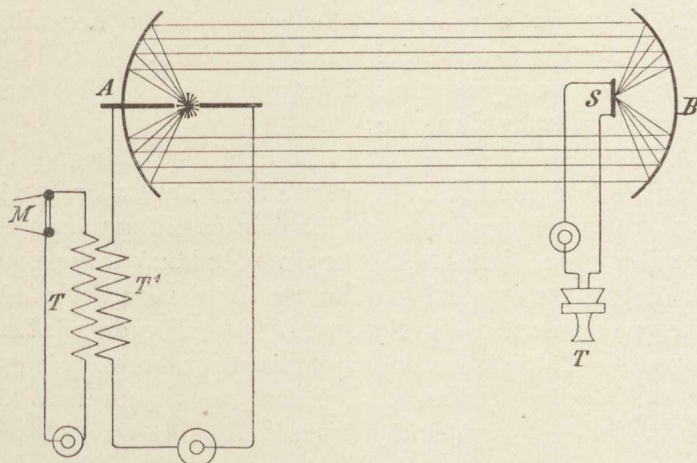
29. ábra.

végbemenő elektromágneses zavargásokra megszólal, miért is az ilyen lámpafényt *éneklő ívlámpafénynek*, vagy egyszerűen *éneklő fénynek* nevezte.

1898-ban az éneklő fényt a 30. ábrában föltüntetett módon használja föl a drótnélküli telefonálásra. Az *A* tükör közelében két elektromos áramkör van; az egyik az elektromos ívlámpát táplálja, a másikba pedig *M* mikrofon van becsatolva. A mikrofon szócsőből, az úgynevezett beszélőlaphoz — vékony deszkácska — áll, melynek háta mögött csúcsaival a megfelelő nyílásokba illesztett szénpálca van elhelyezve. Ha már most a mikrofonba belebeszélünk, akkor a beszélőlaphoz rezgésbe jön, ez rezgését átruházza a szénpálcára, mely csúcsaival szabadon mozoghatván, az áram-

¹ Compt. rend. 129. k. 956. l. 1899. ² Wied. Ann. 64. k. 233. l. 1898.

kört majd erősebben, majd gyöngébben zárja; az áramkörben tehát hullámzások jönnek létre, miért is az áramkör T tekercse a másik áramkör T' tekercsében megfelelő hullámzásokat indukál, melyek aztán az ívlámpa fényét megszólaltatják; a beszélő lámpa fényét a szemben levő tükör az S selénre veti, mely a vele összeköttetésben levő áramkörbe csatolt telefont megszólaltja.



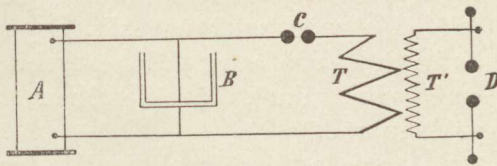
30. ábra.

SIMON készülékével 1901-ben Nürnbergben 1200, Göttingenben 2500 m. távolságra még megérthető üzeneteket lehetett küldeni.

15. A Tesla-féle világosság.

Nagy feszültségű elektromos rezgések létesítésére TESLA a HERZ-féle hullámokat használta föl. Berendezését a 31. ábra szemlélteti. Az A induktor

pólusait összekötötte a B leydeni palack külső és belső fegyverzetével; az összegyűlt elektromos energiával C -ben elektromos hullámokat létesített, melyek a kevés ellenállású s kevés csavarulatú T primér-tekercsben épen oly gyorsan váltakozó áramokat hoznak létre, mint amilyen gyorsan mennek végbe C -ben az elektromos rezgések. A primér-tekercs gyorsan váltakozó áramai a nagy ellenállású s igen sok csavarulatú T' szekundér-tekercsben rendkívül nagy



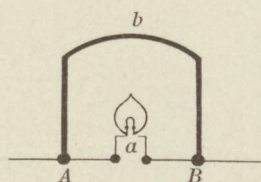
31. ábra.

feszültségű — THOMSON szerint félmillió voltos — váltakozó áramot indukálnak. TESLA-nak ezt a berendezését TESLA-féle *transzformátornak* nevezzük.

Megjegyzendő, hogy a transzformátor vékony drótú csavarulatait igen gondosan el kell egymástól szigetelni s igen előnyös a T és T' tekercsekből álló transzformátort olajba tenni, miként ezt TESLA is tette. Azonban ELSTER és GEITEL a szigetelést oly jól végezték, hogy az olajfürdő fölöslegessé vált; berendezésük tisztább, mint a TESLA-féle s jobban is működik.

A TESLA-féle nagyfeszültségű áramok érdekesebb hatásaival a következőkben számolunk be:¹

1. A TESLA-féle áramok nem hatolnak be a testbe, hanem annak felületét megmelegítik. Miért is a transzformátor D pólusait veszély nélkül megfoghatjuk s csak az érintés pillanatában érzünk csekély csiklandozó érzést. A gyorsan váltakozó áramoknak ez a hatása egy új gyógyítási módot, az úgynevezett *Teslaizációt* szülte, melynek München-ben SCHARF, Lille-ben DOUMER és LEMOINE az előharcosai. Különösen idegbajoknál, tuberkulózisnál és általában inficiáló betegségeknel föltűnően jótékony hatású.



32. ábra.

2. Mivel a TESLA-féle áramok csak a felületen terjednek, azért ha a 32. ábrában föltüntetett vastag b drótv A és B végpontjait összekötjük a transzformátor D pólusaival, az áram nem a vastag

b dróton megy át, hanem az A és B pontokat összekötő vékony a dróton, miért is az ebbe beiktatott lámpa meggyullad.¹ Ebből a jelenségből az következik, hogy a nagyfeszültségű áram a vékony a dróton kisebb ellenállásra talál, mint a vastag b dróton. A vezetésnek ezt a különös jelenségét *impedanz*-nak, vagy *felületi ellenállásnak* nevezik. Egyirányú vagy lassan váltakozó áram a b drótban talál kevesebb ellenállásra, miért is útját erre veszi, minek következtében az a drótbba beiktatott lámpa sötét marad.

3. Ha a D pólusok kellő távolságban vannak s szikrázás nincs, akkor a sötétben a pólusokról merőlegesen kifelé sugárzó kékes fénynyalábot veszünk észre.

4. Ha tehát egyik kezünkbe egy olyan ívlámpát fogunk, melyben csak egy szénécűcs van, a másik kezünkkel pedig a

¹ Lumiere Electrique. 43. k. N. 9.

transzformátor egyik pólusát fogjuk meg, akkor a széncsúcs elkezd világítani. Ez a tünet azonos az előbbivel.

5. Ha oly csőben, melybe vezetők nincsenek beforrasztva s amelyet azért *elektród nélküli* csőnek nevezünk, a levegőt megritkítjuk s azután egyik kezünkben ezt a csövet tartva, másik kezünkkel a transzformátor egyik pólusát megérintjük, akkor a cső egész hosszúságában elkezd világítani.

6. Ha a transzformátor pólusait párhuzamosan haladó drótokkal kötjük össze, akkor az utóbbiak között fényernyő jelenik meg.

7. Az elektród nélküli légüres cső már a pólusok közelében is elkezd világítani.

8. Ha két nagy, egymással párhuzamos fémlemezt összekötünk a transzformátor pólusaival, akkor a fémlemezek közé helyezett elektród nélküli csövek elkezdenek világítani. TESLA egyik fémlapul a földet, a másik fémlapul pedig a dróttal bevont szoba tetejét választotta, ekkor a szobában levő összes GEISLER-féle csövek mind elkezdtek világítani. Igen szépen világítanak az egy elektródú s foszforeszkáló anyaggal ellátott csövek.

9. A nagy feszültségű áramok létesítette indukcióját TESLA egy kis, váltakozó áramú motor hajtására is fölhasználta.

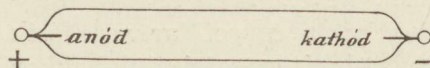
10. A nagy feszültségű áramok indukciójával lámpák is meggyújthatók. Így ha egy izzólámpával ellátott drótspirálissal felővezve egy megfelelő nagyságú, dróttekerccsel körülvelt léckamrába állunk, akkor abban a pillanatban, amint a léckamra tekercsét a transzformátor pólusaival összekötjük, az övünkön levő lámpa meggyullad, jóllehet a léckamra tekercsével a legcsekélyebb érintkezésben sem vagyunk. Hasonló jelenség a következő is: ha az üvegbúra alatt levő tekercs kiálló végeit a transzformátor pólusaival összekötjük, akkor az üvegbúrára csavart tekercsbe igtatott izzólámpa meggyullad.

A nagy feszültségű áramokkal a leírtuk módon keltett világosságot TESLA a *jövő világosságának* nevezte.

16. Kathódsugarak.

A zárt üvegcsőbe beforrasztott fémdrótokat — miként az előbbi fejezetben is már említettük — *elektródoknak* nevezzük. A szikrainduktor *pozitív pólusával* — tehát anódjával — *összekötött elektródokat anódoknak, a negatív pólusával összekötötteket pedig kathódoknak* nevezzük. Ilyen csövet mutat be a 33. ábra.

Már FARADAY észrevette, hogy ha ily csövekben ritkított levegő van, akkor az anódnál bíborszínű köd keletkezik, a kathódnál meg gyöngye kékes színű.

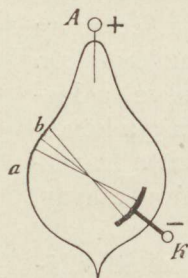


33. ábra.

1854-ben az angol GASSIOT, 1858-ban pedig PLÜCKER bonni tanár kezdett ebben az irányban nagyobb szabású kísérleteket

végezni. PLÜCKER ösztönzésére GEISLER bonni üvegtechnikus kezdte gyártani először az ilyen elektródokkal ellátott csöveket s pedig a legkülönbözőbb változatokban, különböző ritkítási fokkal, a legkülönbözőbb gázokkal töltve. Innen ered ezeknek a csöveknek az elnevezése: «GEISLER-féle csövek».

Természetes, hogy a FARADAY-tól először megfigyelt fénypamat intenzitása és színe a csőben levő gáz anyagi minőségétől és ritkítási fokától is függ. PLÜCKER még azt hitte, hogy a ritkítás nagyságával a jelenség pompája is növekszik. Azonban HITTORF 1869-ben fölfedezte, hogy ha ily csőben a levegőt mindig erősebben és erősebben ritkítjuk, akkor a ritkítás egy meghatározott fokánál az anód bíborfénye halványulni kezd, ellenben a kathód szerény fénye kezd előtérbe nyomulni; míg egy határnál — körülbelül 0.001 mm. ritkításnál — az anód egészen kialszik, a kathódról jövő fény pedig az egész csőben elterjed s a csőnek a kathóddal szemközt levő falán élénk fluoreszcenciát létesít. Ezt a fényt származási helye s egyenes vonalú terjedése után «kathódsugarak»-nak nevezzük. Már HITTORF kimutatta, hogy



34. ábra.

1. A *kathódsugarak egyenes vonalban terjednek* tova. Ugyanis oly csöveket — 34. ábra — is készített, melyekben az anód nem volt szemben a kathóddal. Ha a csőben a levegőt csak gyengén ritkítjuk meg, akkor az anódtól jövő fény ívalakban közeledik a kathódhoz. De ha a ritkítás foka oly nagy, hogy az anód kialszik, akkor a megjelenő kathódsugarak egyenes vonalban terjedve a csőnek a kathóddal szemközt levő *ab* részét fluoreszkálni kényszerítik.

2. A *kathódsugarak elé helyezett tárgy a szemközt levő falra árnyékot vet*, mit a fluoreszcencia kimaradása igazol.

3. A *kathódsugarakat a mágnes irányukból eltéríti*.¹

¹ Pogg. Ann. 136. k. 213. l. 1869.

CROOKES HITTORF-tól függetlenül csak 1879-ben kezdi a a kathódsugarakat tanulmányozni és fölfedezi még, hogy

4. *Az árnyékvető akadály eltávolítása után az árnyék helyén élénk fluoreszcencia lép föl.*

5. *A kathódsugarak élénk mechanikai hatást gyakorolnak.* Ugyanis, ha a kathódsugarak (35. ábra) egy, a tengelye körül könnyen forgatható kerék szárnyaira esnek, az forgásba jő. Ebben az irányban végzett nagyszámú kísérletek a forgás irányára még eddig határozott szabályt nem mutattak.



35. ábra.

6. *A kathódsugarak élénken fejlesztik a meleget.* Ugyanis, ha a kathód homorú tükör, akkor a gyújtópontjába helyezett platina izzásba jön.

7. *Egyenlő irányú kathódsugarak taszítják egymást.*

GOLDSTEIN 1880-ban észreveszi, hogy a

8. *Kathódsugarak a fotográfiailag érzékeny lemezre hatást gyakorolnak.*

HERZ¹ 1892-ben fölfedezi, hogy

9. *A kathódsugarak az eléjük állított igen vékony arany-, ezüst- és aluminium-lemezeken áthatolnak.*

LENARD² 1893-ban kimutatja, hogy

10. *A kathódsugarak igen kicsiny és rendkívül vékony (0.003 mm.) aluminium-ablakon, melyet ma már LENARD-féle ablaknak neveznek, a csőből kivezethetők.*

A csőből kivezetett sugarakat LENARD-féle sugaraknak is nevezik; tanulmányozásuk természetesen sokkal könnyebb, mint a csőben maradt kathódsugaraké, melyekkel különben alap tulajdonságaikban megegyeznek. Különösen tanulmány tárgyává lehetett tenni élénk fotográfiai hatásukat s a különböző közegeknek ezen sugarak iránt tanúsított elnyelő képességét. Erősen ritkított gázokban még egy méternél nagyobb távolságra is elterjednek. Ugyanolyan nyomás mellett az elnyelés a gázok sűrűségével is nő. Így pl. egy légnyomás mellett hidrogénben 29.5, nitrogénben 6.5, oxigénben 5.1, szénsavban 2.3 cm. távolságban még a fluoreszcencia tűneménye létrejött.

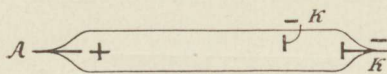
WIEDEMANN és EBERT³ 1892-ben kimutatják, hogy

¹ Wied. Ann. 45. k. 28. l. 1892. ² Wied. Ann. 52. k. 23. l. 1894. ³ Wied. Ann. 46. k. 158. l. 1892.

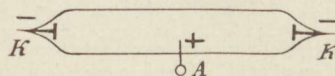
11. Az *ellenkező irányú kathódsugarak egymást se nem vonzzák, se nem taszítják.*

BERNSTEIN-nek¹ 1897-ben végzett kísérletei szerint:

12. Ha a kathódlapok egy síkban vannak, akkor úgy az ugyanazon, mint az ellenkező irányú sugarak taszítják egymást, tehát a taszítás oka a kathódsugarak fészkeiben keresendő. Így a

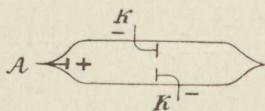


36. ábra.

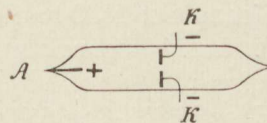


37. ábra.

36. és 37. ábrák csöveiben az ugyanazon, illetőleg ellenkező irányú kathódsugarak sem a vonzási, sem a taszítási jelenséget nem mutatják; ellenben a 38. és 39. ábrák csöveiben a taszítás jelensége lép föl.



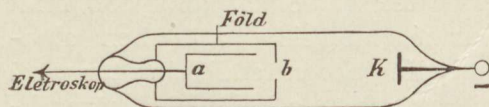
38. ábra.



39. ábra.

PERRIN² 1895-ben fölfedezi, hogy

13. A *kathódsugarak negatív elektromos töltéseket visznek magukkal.* A 40. ábra szemlélteti PERRIN kísérletének berendezését. Az anódul szolgáló fémhengeren levő nyíláson behatoló kathódsugarak a belső hengert negatív elektromossággal töltik meg,



40. ábra.

amit a hengerrel összekötött elektroskóp rögtön kimutat. De hatás nem lesz, ha a kathódsugarakat a *b* nyílástól mágnességgel eltérítjük.

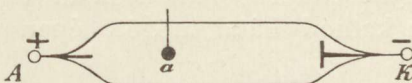
A PERRIN-féle fölfedezés aztán egészen megfejt a CROOKES és BERNSTEIN-féle tűneményt is, amennyiben a kathódlapokban levő negatív elektromosság az oka a már ismertettük taszítási jelenségnek. Sőt MAJORANA³ 1897-ben azt is kimutatja, hogy az *anód a kathódsugarakat vonzza.* Különben a kathódsugarak

¹ Ann. d. Phys. 62. k. 414. l. 1897. ² Compt. rend. 121. k. 1130. l. 1895.

³ Lincei 1897. 183. l.

elektrostatikai vonzását s tasztítását az 1896—1897-ediki években majdnem egyidejűleg figyelték meg JAUMANN,¹ WIEDEMANN és SCHMIDT,² THOMSON;³ de hogy

14. *A negatív elektromosság a kathódsugarakat tasztítja, a pozitív pedig vonzza*, azt PERRIN mutatta ki legegyszerűbben. A kísérlet berendezését a 41. ábra szemlélteti. Az *a* fémgolyóba vezetett negatív elektromosság a tasztítási, a pozitív pedig a vonzási jelenséget hozza létre.



41. ábra.

SCHMIDT⁴ és ÉBERT⁵ 1897-ben kimutatják, hogy

15. *Az elektromos rezgések a kathódsugarakat eltérítik.*

GOLDSTEIN már 1894-ben észreveszi, hogy

16. *A kathódsugarak a színtelen sókat megfestik.* Ugyanezt tapasztalta CUDNOWSKI⁶ 1900-ban a folyampátra nézve is.

17. THOMSON⁷ 1894-ben 200-, KAUFMANN⁸ 1897-ben 100,000-, LENARD⁹ 1898-ban és SEITZ¹⁰ 1901-ben 70,000-, GOLDSTEIN¹¹ 1880-ban 800-, WIECHERT¹² 1899-ben 40,000-, WEHNELT¹³ 1903-ban 1600 km. sebességű kathódsugarakat észlelt. Ezek a nagyon eltérő eredmények abban lelik magyarázatukat, hogy

18. *A kathódsugarak sebessége függ a légritkítás fokától s a kisülési feszültségtől.* Az eddigi tapasztalat azt mutatja, hogy *a kathódsugarak terjedési sebessége kisebb, mint a fény sebességének egy harmada.*

LENARD¹⁴ 1897-ben észreveszi, hogy:

19. *A kathódsugarak elősegítik a gőzök kondenzációját.* PAULSEN¹⁵ 1894-ben, miután a kathódsugarak gőzkondenzáló képességét anticipálja, az északi fény elméletét a kathódsugarakra alapítja s kimutatja, hogy az északi fény szintén felhőképző.

¹ Sitzungsber. d. k. k. Gesellsch. d. Wissen. z. Wien. 105. k. 291. l. 1896.

² Wied. Ann. 60. k. 510. l. 1897. ³ Phil. Mag. 44. k. 293. l. 1897. ⁴ Abhandl.

d. Naturforsch. Gesellsch. z. Halle. 21. k. 163. l. 1897. ⁵ Ann. d. Phys. 64. k.

240 l. 1897. ⁶ Phys. Zeitschr. 1900. 387. l. ⁷ Phil. Mag. 38. k. 358. l. 1894.

⁸ Wied. Ann. 61. k. 544. l. 1897. ⁹ Wied. Ann. 64. k. 279. l. 1898. ¹⁰ Drude

Ann. d. Phys. 5. k. 924. l. 1901. ¹¹ Wied. Ann. 21. k. 101. 1880. ¹² Wied.

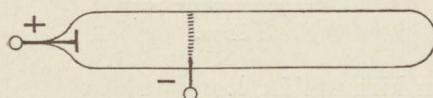
Ann. 1899. 69. k. 739. l. ¹³ Verhandl. d. deutsch. Phys. Gesell. V. Jg. Nr. 14.

255. l. 1903. ¹⁴ Wied. Ann. 63. k. 259. l. 1897. ¹⁵ Bullet. d' l'Acad. Roy des

scien. a Danemark. 1895.

17. A csősugarak vagy Goldstein-féle sugarak.

GOLDSTEIN¹ 1886-ban észreveszi, hogy nemcsak a kathód, hanem az *anód* is bocsát ki sugarakat, melyek (42. ábra) a szűk nyílásokkal — kanálisokkal — ellátott kathódon átszűrődnek s a kathód háta mögött épen úgy tanulmányozhatók, mint a



42. ábra.

kathódsugarak. Ezeket a sugarakat *csősugaraknak* — Kanalsstrahlen — vagy fölfedezőjük után GOLDSTEIN-féle sugaraknak nevezzük. Már GOLDSTEIN észrevette, hogy

1. A csősugarak színe függ attól a gáztól, melyben keletkeztek. Így a hidrogénben fehér, az oxigénben sárgásfehér, a nitrogénben viola-, a levegőben sárgaszínű. Ez utóbbi tulajdonsága alapján GOLDSTEIN a csősugarakat eleinte *sárga sugaraknak* nevezte.

2. A kathódfémek semmi befolyással nincsenek a csősugarak színére.

3. Terjedésük egyenes vonalú.

4. Míg a kathódsugarak világoszöld foszforeszcenciát hoznak létre az üvegfalon, a csősugarak sötéten hagyják azt.

PRECHT² 1897-ben kimutatja, hogy

5. A csősugarak az üvegfalat nem lépik át.

6. Fluoreszcáló és fotografiai hatásuk nincs.

7. ARNOLD³ 1897-ben fölfedezi hőhatásukat.

WIEDEMANN és SCHMIDT⁴ 1897-ben fölfedezik, hogy

8. Azok a gázok, melyeken csősugarak hatolnak át, elnyelik az elektromos rezgéseket.

9. Ha a kathódra esnek, akkor a kisülési feszültséget lejjebb szállítják.

WIEN⁵ 1898-ban kimutatja, hogy

10. A csősugarak pozitív elektromos töltéseket visznek magukkal s épen ellenkező irányban szenvednek mágneses elhajlást, mint a kathódsugarak.

WEHNELT⁶ 1899-ben fölfedezi, hogy

11. A csősugarak elé tett tárgyak árnyékot vetnek.

¹ Berichte d. Berliner Acad. 39. k. 691 l. 1886. ² Wied. Ann. 62. k. 331. l. 1897. ³ Wied. Ann. 61. k. 313. l. 1897. ⁴ Wied. Ann. 63. k. 460. l. 1897. ⁵ Wied. Ann. 65. k. 446. l. 1898. ⁶ Wied. Ann. 67. k. 421. l. 1899.

12. A csősugarak, ellentétben a kathódsugarakkal, oxidációt hoznak létre.

13. A csősugarak sebességét is nagyban befolyásolják a körülmények. Így WIEN 1898-ban (Ann. d. Phys. 65. k. 449. l.) másodpercenként 360 km. 1902-ben pedig (Ann. d. Phys. 8. k. 257. l.) 2400 km. sebességű sugarakat észlelt.

18. Mik a kathódsugarak?

A kathódsugarak legelső nagy tanulmányozója, CROOKES, már 1879-ben elméletet állít föl a kathódsugarak megmagyarázására; elméletét a *sugárzó anyag teóriájának* szokás nevezni. Ez a teoria azt tanítja, hogy az erősen légritkított csőben a kathód körül levő gáz molekulái *ösatomokra*, azaz olyan atomokra oszlanak, melyek mind egyformák s a világegyetem őselemeit alkotják. Az anyagnak ezt az állapotát nevezi CROOKES a *negyedik halmazállapotnak*, vagy pedig a *sugárzó anyag* állapotának. Az ösatomokat a kathód ellöki magától s ezek a tovarepülő ösatomok alkotják a kathódsugarakat. CROOKES szerint tehát: *a kathódsugarakat az ösatomok sugárzása alkotja.*

Látható tehát, hogy CROOKES fölfogása nem más, mint visszatérés a fénytanban csődbe került emisszióelmélethez.

A sugáró anyag teóriájának ily nagy merészséggel való fölállítása a kísérletek egy igen hosszú sorának volt a megnyitója. Az új nézetek s elméletek valóságos küzdelmet folytatnak egymással. Ebből a küzdelemből, miután LENARD 1893-ban az aluminium ablakon át a kathódsugarakat a csőből kivezeti, már-már a HERZ által annyira védelmezett rezgési elmélet jut diadalra, midőn úgy HERZ megfigyelései a kilépő kathódsugaraknak az elébük került gázok ellenében tanúsított magatartására vonatkozólag (elnyelés és szétszórás), mint THOMSON-nak a kathódsugarak sebességének meghatározására vonatkozó eredményei a rezgési elméletet diadalmas előrehaladásában megállítják. Mert sem a gázokban tapasztalt elnyelés és szétszórás, sem a sebességükre vonatkozó adatok — 200 km. másodpercenként — nem voltak összeegyeztethetők a fényrezgés teóriájával.

PERRIN-nek 1895-től kezdve végzett kísérletei a kathódsugarak negatív elektromos töltésére vonatkozólag a buvárok szemét újra az emissió-teoria felé fordítja. CROOKES elmélete szebb és érthetőbb alakban újra tért hódít, míg nem a rezgési elmélet fölött teljes diadalt arat.

De hogy ezt az elméletet megérthessük, előbb néhány újabb megért fogalom megismerésére van szükségünk.

Az elektromosságnak legkisebb eddig részekre nem osztott mennyiségét az elektromosság *elemi quantumának*, vagy *elektromos atomnak* nevezzük. Minden elektromos atomhoz mellérendeljük az anyagi tömegnek azt az elemi quantumát, melyet az elektromosság elemi quantuma telít.

A tömegnek azt az elemi quantumát, mely az elektromosság elemi quantumával van telítve, elektron-nak nevezzük.

Az elektromosság elemi quantumát TOWNSEND¹ 1898-ban, THOMSON² 1898-, 1899-, 1903-ban és WILSON³ 1903-ban határozták meg és azt találták, hogy ez középértékben 32 ezermilliomod elektrostatisikai egység.

A kémiai atomoktól eddig csak negatív töltésű elektrónokat sikerült elszakítani. Igen sok kísérletből aztán kiderült, hogy az elektron elektromos töltésének viszonya az elektron anyagi tömegéhez 18·65 millió elektromágneses egység. Mivel ez a viszony különböző anyagok negatív elektronjaira nézve ugyanaz s töltésük is ugyanaz, azért kimondhatjuk a tételt, mely szerint:

Bármilyen anyag negatív elektronjai ugyanolyan töltésűek s ugyanolyan tömegűek.

Ennélfogva a különböző elemek negatív elektronjai egymással fölcserélhetők, anélkül, hogy azok kémiai karaktere megváltoznék.

Ha már most egy hidrogén-atomból egy negatív töltésű elektron leszakad, akkor az atom hátramaradt része pozitív töltésű lesz; az atomnak ezt a hátralevő részét, melynek elektromos töltése abszolút értékre nézve egyenlő az elektron elektromos töltésével, *ion-nak* nevezzük. Ha már most a hidrogénion töltésének viszonyát is meghatározzuk tömegéhez, akkor azt találjuk, hogy az 9·5 ezer elektromágneses egység.⁴ Mivel ez a viszony körülbelül kétezerszer kisebb, mint az elektron töltésének és tömegének viszonya s mivel az elektron- és a hidrogén-ion abszolútértékre nézve egyenlő töltésűek, azért kimondhatjuk a tételt, mely szerint:

Az elektron tömege a hidrogénatom tömegénél kétezerszer kisebb.

Az elektronok töltésének és tömegének oly sok s különböző elveken nyugvó kísérletből megállapított értékeinek meglepő

¹ Phil. Mag. 45. k. 125. l. 1895. ² Phil. Mag. 46. k. 528. l. 1898., 48. k. 557. l. 1899., 5. k. 346. l. 1903. ³ Phil. Mag. 5. k. 429. k. 429. l. 1903. ⁴ Wien, Wied. Ann. 65. k. 445. l. 1898. Ann. d. Phys. 5. k. 421. l. 1901., 8. k. 257. l. 1902., 9. k. 660. l. 1902.

egyezése méltán följogosít bennünket arra, hogy az elektronoknak reális létet tulajdonítsunk s így az elektron elméletét dogmaszerű jellegétől megfosszuk.

Azt a műveletet, melylyel valamely atomból egy negatív elektront elszakítunk, ionizálásnak nevezzük.

Ezek után a kathódsugarak keletkezését s természetét illetőleg a következő megállapodáshoz csatlakozunk:

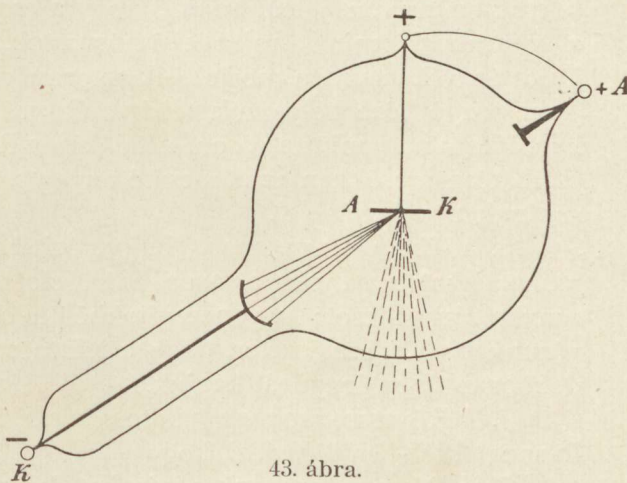
A kathód a körülötte levő gázt ionizálja, a negatív töltésű elektronokat eltaszítja — ezek alkotják a kathód-sugarakat — a pozitív töltésű ionokat pedig magához vonja. Az anód szintén ionizál, csak hogy ez a negatív töltésű elektronokat vonza magához, a pozitív töltésű ionok pedig a kathód felé repülnek, a kathódba vajt nyílásokon áttörnek s a GOLDSTFEN-féle csősugarakat alkotják.

Ezen sugarak mágneses eltérítése egyik módját szolgáltatva sebességük és az elektronok — illetőleg ionok — töltésének tömegükhöz való viszonyának meghatározásához.

19. Röntgen-sugarak.

RÖNTGEN¹ 1895-ben fölfedezte, hogy ha a kathódsugarak akadályba ütköznek, akkor az ütközés helyén új sugarak keletkeznek, melyeket ő *x-sugaraknak* nevezett, de amelyek már ma általánosan RÖNTGEN-sugarak néven ismeretesek.

A kathódsugarak útjába állított akadályt *antikathódnak*, azt a csövet pedig, melyben RÖNTGEN-sugarakat hozunk létre, RÖNTGEN-csőnek nevezzük. Ilyen RÖNTGEN-csövet mutat be

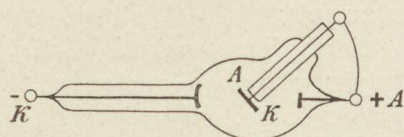


a 43. ábra. *K és A a platinából vagy alumíniumból készült kathódot, illetőleg anódot jelenti; AK pedig a platinából készült antikathód, mely a kathód gyújtópontjában van elhelyezve.*

¹ Sitzungsab. d. Würzburger Phys. Med. Gesellsch. 1895., 1896.

Az antikathódot össze szokás az anóddal is kötni, különösen akkor, ha a kathód-sugarak nagyobb mérvű szétszóródását akarjuk megakadályozni.

Mivel az antikathód a kathódsugarak hatása alatt erősen fölmelegszik, azért hűtővel is körül szokták venni, miként ezt



44. ábra.

a 44. ábra is mutatja; az antikathódot körülvevő üvegcsőbe hűtő folyadékot önthetünk, sőt ha az üvegcsőnek két nyílása van, akkor folytonos hideg áramlatot vezethetünk rajta keresztül.

Már RÖNTGEN észrevette, hogy

1. A láthatatlan RÖNTGEN-sugarak hatása alatt a barium-platincianür ernyő zöldes színben élénken fluoreszkál. Ilyen fluoreszkáló ernyő még: a GOLDSTEIN-féle kaliumplatincianür és az EDISON-féle WOLFRAM-savas mész, melyek kékes színben fluoreszkálnak; és végül a MOLEKEBEKE-féle uranammóniumflorid.

2. A RÖNTGEN-sugarak kisebb-nagyobb mértékben minden tárgyon áthatolnak. Így ha kezünket a sugarak s a fluoreszkáló ernyő közé tartjuk, akkor kezünk csontvázának árnyéka megjelenik az ernyőn, jelölve annak, hogy a csont jobban útját állja a sugaraknak, mint a rajta levő húsrészek. A faszekrénybe zárt kulcs árnyéka szintén megjelenik az ernyőn, ha a szekrényt a cső és az ernyő közé helyezzük, tehát a RÖNTGEN-sugarak a fán jobban áthatolnak, mint a vason. Általában a RÖNTGEN-sugarak átbocsáthatósága csökken az átbocsátó anyag atomsúlyának s vastagságának növekedésével.

3. A RÖNTGEN-sugarak fotografiai hatásúak. Mivel a fán jobban áthatolnak, mint a vason, azért lefotografálhatjuk a faszekrénybe zárt kulcsot; ugyanezen okból lefotografálhatjuk csontvázunkat stb. Természetes, hogy a lefotografált tárgyaknak mindenkor csak az árnyékát kapjuk.

4. A RÖNTGEN-sugarak mágneses eltérítést nem szenvednek. PERRIN,¹ 1897-ben fölfedezi, hogy

5. A RÖNTGEN-sugarak a gázokat ionizálják. Amiből következik, hogy úgy a pozitív, mint a negatív elektromos testeket kisütik, mert pl. a negatív elektromos test az ionizált levegő pozitív ionjait magához vonja, miáltal elektromosságát elveszti. Erre

¹ Compt. rend. 124. k. 496. l. 1897.

a jelenségre eleinte azt mondták, hogy a RÖNTGEN-sugarak a gázokat vezetővé teszik. Ebből az ionizálásból magyarázható ki az a PERRIN-féle jelenség is, hogy a RÖNTGEN-sugarak állandó áramot létesítenek.

HAGA,¹ megállapítja, hogy

6. A RÖNTGEN-sugarak a selén vezetőképességét növelik. Ugyanezt tapasztalja PERREAU,² PRECHT³ és HIMSTEDT⁴ is. PRECHT és ARNOLD⁵ észreveszik, hogy

7. A kathód- és RÖNTGEN-sugarak okozta fluoreszcencia különböző. Így pl. a Pentadecylparatolyllketon a LÉNÁRD-féle, illetőleg a csőből kilépő kathódsugarak hatása alatt élénken világít, míg a RÖNTGEN-sugarak hatása alatt csak gyengén.

LÉNÁRD⁶ 1897-ben és WILSON (Phil. Trans. 1897. 205. l., 1899. 403. l.) megállapítja, hogy

8. A RÖNTGEN-sugarak gyöngébben mozdítják elő a gőzök kondenzációját, mint a kathódsugarak.

9. HAGA, WIND és MAYER⁷ 1899. a RÖNTGEN-sugaraknál is a fényelhajlási tünetmenyekhez hasonló tünetmenyeket észlelnek.

GRÄTZ⁸ 1900-ban kimutatja, hogy

10. A RÖNTGEN-sugarak is végezhetnek mechanikai munkát. Amennyiben a CROOKES radiométerétől csak annyiban különböző készüléket, hogy ennek lapjai fémből vannak, mozgásba hoznak.

11. BLONDLOT 1902-ben⁹ meghatározza a RÖNTGEN-sugarak terjedési sebességét, de mivel kutatásait sem fizikai, sem matematikai szempontból nem tarthatjuk kifogástalanoknak, azért számítási eredményeit mellőzzük. Ugyancsak BLONDLOT¹⁰ 1903-ban fölfedezi, hogy a RÖNTGEN-sugarak polarizálhatók. Így a quarc és az üveg a RÖNTGEN-sugarak polarizációsíkját 40 fokkal elfordítják és pedig olyan értelemben, mint a fénynél.

12. BRANDES és DORN¹¹ 1897-ben fölfedezik, hogy a Röntgen-sugarak a sötét szobában, a szemben a fény érzetét keltik, ha a retinát találják. Érdekes, hogy WEISE lencse nélküli jobb szemével ugyanolyan fényérzetet észlelt, mint az egészséges bal szemével. Sőt DORN¹² 1898-ban azt tapasztalta, hogy egyik paciense, a teljesen színvak HELD, a RÖNTGEN-sugarak hatása alatt élénk fényérzetet észlelt.

¹ Nature 1896. ² Compt. rend. 129. k. 956. l. 1899. ³ Wied. Ann. 62. k. 331. l. 1897. ⁴ Wied. Ann. 61. k. 313. l. 1897. ⁵ Wied. Ann. 61. k. 313. l. 1897. ⁶ Wied. Ann. 64. k. 259. l. 1897. ⁷ Wied. Ann. 68. k. 884. l., 903. l. 1899. ⁸ Ann. d. Phys. 1. k. 448. l. 1900. ⁹ Compt. rend. 135. k. 1902. ¹⁰ Compt. rend. 136. k. 1903. ¹¹ Wied. Ann. 61. k. 478. l. 1897. ¹² Wied. Ann. 66. k. 117. l. 1898.

13. SAGNAC¹ 1897-ben észrevette, hogy a fémektől szétszórótt RÖNTGEN-féle sugarak átalakulnak, miért is ezeket *sekundér* RÖNTGEN-sugaraknak nevezi. A *sekundérsugarakat* a közegek, különösen pedig az a közeg, mely létrehozta, könnyebben elnyelik, mint a RÖNTGEN-sugarakat és miként CURIE és SAGNAC,² 1900-ban kimutatják, mint a kathódsugarak negatív elektromos töltéseket visznek magukkal. Fotografiai hatásuk is más. Különben a RÖNTGEN-sugarak transzformációja függ a transzformáló fémtől is. STAUBEL és WINKELMANN 1898-ban észreveszik, hogy a folyampáton átmenő RÖNTGEN-sugarak annyira átalakulnak, hogy még a papíron sem mennek át, fotografailag pedig érzékenyebben hatnak, mint a RÖNTGEN-féle sugarak.

20. Mik a Röntgen-sugarak?

A RÖNTGEN-sugarak keletkezésének okául a cső falán fölépő s a kathódsugarak okozta fluoreszcenciát tartották. Ezért eleinte a RÖNTGEN-csőekben nem volt antikathód. Azonban ezt a nézetet POINCARÉ³ már 1896-ban elveti, mert hiszen a RÖNTGEN-sugarak keletkezését nem kíséri szükségképen fluoreszcencia. Csak később tisztult annyira a helyzet, amennyiben — köztük valószínűleg RÖNTGEN is — kiderítették, hogy a RÖNTGEN-sugarak *akkor és azokban a pontokban keletkeznek, melyekben valamely akadály a kathódsugarak útját állja.*

WALTER⁴ fölfogása szerint a RÖNTGEN-sugarak az antikathódtól minden irányban szétvert oly kathódsugarak, melyek negatív elektromosságukat az antikathódba való ütközésük alkalmával elvesztették. Habár ebből a föltevésből a közegeken való könnyű áthatolása — amennyiben az elektromosságuktól megfosztott elemi tömegquantumokat most a közeg nem vonzza — a mágneses el nem téríthetőség stb. könnyen megfejtető volt, mindazonáltal ezt az emissziós elméletet minden oldalról bizalmatlansággal fogadták.

A HERZ-féle teoria pedig, mely a RÖNTGEN-sugarakban transverzálisan hullámzó mozgást lát, nem tud számot adni arról, hogy miért nem mutatnak a RÖNTGEN-sugarak *sem szabályos reflexiót, sem refrakciót?* Ugyanis az antikathódtól szétszórva egyenes

¹ Compt. rend. 128. k. 300., 546. l. 1899. ² Compt. rend. 130. k. 1013. l. 1900. ³ Revue generale des sciences 1896. jan. 30. ⁴ Ann. d. Phys. 56. k. 74. l. 1878.

irányban terjednek tova, irányukból semmiféle akadály el nem téríti, az új közeg határánál reflexió helyett legfeljebb szabálytalan szétszóródást szenvednek.

Mivel a kathódsugarak akkor hozzák létre a RÖNTGEN-sugarakat, mikor valamely akadályba ütköznek s mivel a kathódsugarak towarepülő elektronokból állanak, azért a RÖNTGEN-sugarak *egy-másra következő impulzációk következményei*.

Csak hogy míg a ZEHNDER-féle ¹ teoria szerint ezek az impulzációk longitudinális hullámokat hoznak létre, addig

WIECHERT ² és STOKES ³ fölfogása szerint *ezek a pulzációk tranverzális rezgéseket keltenek*.

STOKES ezen fölfogás alapján kimutatja, hogy a RÖNTGEN-sugarak reflexiót és refrakciót nem szenvedhetnek. Ugyanezen fölfogás alapján SOMMERFELD ⁴ megállapítja a difrakciót, BLONDIOT pedig kísérletileg a polarizációt.

Mivel tehát a WIECHERT-STOKES-féle fölfogás az eddig ismert főtüneményekről beszámol, azért a jelenben általánosan az a nézet uralkodik, mely szerint:

A RÖNTGEN-sugarak tranverzális rezgésű hullámok; csak hogy míg a fényrezgés folytonos, addig a RÖNTGEN-sugarak egymástól izolált, szaggatott pulzációkból, vagy vibrációkból állanak.

21. A rádioaktív anyagok fölfedezése.

HENRY ⁵ 1896-ban fölfedezi, hogy a foszforeszkáló zinkszulfurnak van fotografiai hatása. Ugyanebben az évben s ugyanilyen hatását fedezi föl NIEWENGLWOSKI ⁶ a világosságra kitett kalciumszulfurnak és TROOST ⁷ a foszforeszkáló hexagonális blendenek.

A *Comptes rendus* 1896-ik évfolyama azonban arról is meggyőz bennünket, hogy BECQUEREL ugyanebben az évben hasonló tanulmányokat s megfigyeléseket tett az *uránsókon*. De csakhamar meggyőződött arról is, *hogy a huzamosabb ideig sötétségben tartott uránsók fotografiai hatása épen olyan, mint azoké, amelyeket előbb a fénysugarak hatásának tett ki*. Ezeket a fotografiai hatású sugarakat tehát az uránsók nem a külső fényenergiától kölcsönzik,

¹ Freiburgban 1896. júl. 8. tartott előadása. ² Wied. Ann. 59.k. 1896.

³ Memoirs and Proceedings of the Manchester lit. and phil. Society 41. k. 1897. ⁴ Zeitschr. f. Math. u. Phys. 46. k. 11. l. 1901. ⁵ Compt. rend. 122. k. 312. l. 1896. ⁶ Compt. rend. 122. k. 386. l. 1896. ⁷ Compt. rend. 122. k. 564. l. 1896.

hanem maga az uránium termeli őket, miért is ezeket a sugarakat BECQUEREL *uránsugaraknak* nevezi.

Már BECQUEREL első kísérleteiben észreveszi, hogy az urán-sugarak áthatolnak vékony fémlemezeken s a levegőt ionizálják. Különösen a uránfémeknek van nagy hatásuk, mely aztán éveken át nem gyengül.

SCHMIDT ¹ 1898-ban fölfedezi, hogy a thoriumnak és vegyületeinek éppen olyan tulajdonságuk van, mint az uránsóknak; ugyanabban az évben hasonló megfigyelést tesz Mme CURIE ² is és az uránium és thorium sugarihoz hasonló sugarakat BECQUEREL-sugaraknak-, azokat a testeket pedig, melyek ilyen sugarakat bocsátanak ki, *rádioaktív testeknek* nevezi.

CURIE és Mme CURIE tapasztalatai szerint a radioaktivitás az atomokhoz fűződik, minél több radioaktív atom van tehát valamely testben, annál nagyobb radioaktivitása. Mivel a *pechblende* ezen szabály ellenére a kelletténél jóval nagyobb radioaktivitást fejtett ki, azért azt következtették, hogy a *pechblendé*-ben még más eddig ismeretlen radioaktív anyagnak is kell lenni. Ez a megfigyelés és következtetés aztán nemcsak új elemek fölfedezésére vezetett, hanem a kutatók kezébe egy hatalmas és egészen új segédeszközt is nyújtott az elemek fölfedezésére; ennek a segédeszköznek nagy fontosságát ma már a jelenkor legnagyobb kutatói is elismerik s ezután *rádioaktivitási eljárásnak* nevezzük.

CURIE és Mme CURIE ³ 1898-ban a radioaktivitási eljárással egy új radioaktív anyagot fedeznek föl, melyet CURIE nevének, Mme CURIE-nek lengyel származására való tekintetből, *polonium*-nak nevezett.

Ugyanebben az évben a CURIE, Mme CURIE és BÉMONT ⁴ együttes buvárkodásuk közben a *pechblende*-ben fölfedezik a *rádiumot*.

A következő 1899-ik évben DEBIERNE ⁵ fölfedezi az *actiniumot*. Megjegyzendő, hogy 1898-ban ELSTER és GESTEL ⁶ az urán-szurokérchen szintén fölfedezik a *rádiumot*.

HOFFMANN, STRAUSS és GIESEL ⁷ 1900-ban fölfedezik a *rádioólmot*. MARCKWALD ⁸ pedig 1902-ben egy a telluriumhoz hasonló radioaktív anyagot fedez föl.

¹ Wied. Ann. 65. k. 141. l. 1898. ² Compt. rend. 1898. ápr. ³ Compt. rend. 1898. júl. ⁴ Compt. rend. 1898. dec. ⁵ Compt. rend. 1899. okt. 1900. ápr. ⁶ Wied. Ann. 66. k. 1898. 735. l. ⁷ Berichte d. deutsch. Chem. Gesell. 1900., 1901. ⁸ Berichte d. deutsch. Chem. Gesell. 1902. 2285., 4239. l..

CROOKES¹ és BECQUEREL² egymástól függetlenül az urániumból egy új radioaktív anyagot választanak ki, melyet CROOKES *urániumx*-nek nevez, a visszamaradt részt pedig tiszta urániumnak.

RUTHERFORD és SODDY³ 1902-ben a thoriumból szintén egy új radioaktív anyagot választanak ki, melyet *thoriumx*-nek neveznek.

RUTHERFORD⁴ 1900-ban fölfedezi, hogy a thorium radioaktív gőzöket bocsájt ki, melyet *thoriumemanáció*nak nevez.

DORN⁵ 1900-ban fölfedezi a *rádiumemanációt*, DEBIERNE⁶ pedig ugyanebben az évben az *actiniumemanációt*.

Az emanációk más testekben is radioaktivitást ébresztenek, mely az emanációlétrehozta anyagátalakulásnak tulajdonítható, ezt az új radioaktív anyagot RUTHERFORD *excitált radioaktivitás*-nak nevezi.

Nemsokára RÖNTGEN fölfedezése után LUYS Párisban kimondja, hogy az élőszervezet is bocsát ki fotografiai hatású sugarakat. Ezt a fölfedezést GRAETZ-nek⁷ 1898-ban kifejezett kétkedése dacára azért is igaznak és helyesnek kell tartanunk, mert LESTER COOK *Montrealban*⁸ 1903-ban kimutatja, hogy *közönséges körülmények között a föld és minden test bocsájt ki BECQUEREL-sugarakat*.

Legujabban MAGIE tanár New-York-ban a technikusok klubjában bejelenti, hogy az *Utak* államban bőven található *karnolit*-nak gazdag rádiumtartalma van.

22. Néhány szó a radioaktív testekről.

Az *uránium* atomsúlya 240, a *thoriumé* pedig 232; ezek már régebben ismert elemek.

A *polonium* a bizmuthoz hasonló.

A *rádium* a báriumhoz hasonló s atomsúlyát először Mme CURIE⁹ határozta meg 1902-ben és 225-nek találta, azután pedig 1903-ban MARSCHALL WATTS,¹⁰ ki eredményül 224.89-et kapott.

Az *urániumx* és *thoriumx* radioaktivitásukat lassanként elvesztik.

¹ Proc. Roy. Soc. 66. k. 409. l. 1900. ² Compt. rend. 131. k. 137. l. 1900. ³ Proc. Chem. Soc. jan., Trans. Chem. ápr. 1902., Phil. Mag. VI. 4. k. 370. l., 569. l. 1902., Zeitschr. f. Phys. u. Chem. 42. k. 81. l. 1902. ⁴ Phil. Mag. 1900. jan., febr. 49. k. 1. l., 161. l. ⁵ Abh. Naturforsch. Halle 1900. jun. ⁶ Compt. rend. 1900. jul. 30. 1903. febr. 16. ⁷ Zentr. Zeitung. f. Opt. u. Mech. 1898. Nr. 19, 21. ⁸ Phil. Mag. 6. k. 403. l. 1903. ⁹ Compt. rend. 1902. jul. 21. ¹⁰ Phil. Mag. 6 k. 64. l. 1903.

Az *emanációk* RUTHERFORD szerint nagy molekuláris súlyú gázok, elektromosságot nem visznek magukkal, a gázokat ionizálják, elég vékony fémlemezeken áthatolnak, radioaktivitásukat több-kevesebb idő alatt elvesztik és miként RUTHERFORD és SODDY¹ 1903-ban kimutatták a thoriumemanáció — 120 C°-nál, a rádiumemanáció pedig — 153 C°-nál kondenzálódik.

Az *uránium, thorium és rádium radioaktivitása* ezen elemek oly faji tulajdonsága, mely hozzájuk van kötve s az idővel nem változik, tehát ezen elemek minden atomjának a radioaktivitása mindig ugyanaz. Ez a *radioaktivitás megmaradásának az elve*, melyet RUTHERFORD és SODDY 1903-ban mondott ki.² Ők csak azokat az elemeket tekintik valóságos radioaktív testeknek, melyeknek radioaktivitása állandó. Így a polonium radioaktivitása változó, tehát nem is tekinthető új radioaktív elemnek, hanem valószínűleg a szurokérchen található valamely még eddig ismeretlen radioaktív elem váladékának.

A *radioaktivitás permanenciája* természetesen úgy értendő, hogy a RUTHERFORD-SODDY-féle értelemben vett radioaktív anyagok radioaktivitása állandó. Ezzel nem azt mondták ki, hogy a természetben előforduló radioaktivitás állandó, mert hiszen ez állandóan fogy; ami meg aztán a permanencia elvével akként egyeztethető össze és a tapasztalat ezt is tanítja, hogy az idővel nem a radioaktív anyagok radioaktivitása, hanem a tömegük csökken. Tehát a természetből csak annyi radioaktivitás tűnik el, amennyi az eltűnt radioaktív anyag mennyiségének megfelel.

Azonban a mondottak korántsem állanak ellentmondásban az anyag megmaradásának elvével, mert az eltűnt radioaktív anyagok, mint kémiaiilag más anyagok ismét föltűnnek a természetben.

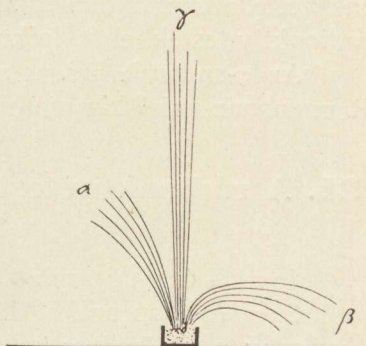
A *radioaktivitás permanenciájával* RUTHERFORD és SODDY azt is kimondották s pedig hangsúlyozva, hogy a radioaktivitást akár-milyen energiaakkumulációval teremteni, vagy azt lerontani, vagy pedig csak megváltoztatni is, nem lehet. «Throughout the course of our investigations we have not observed a single instance in which radioactivity has been created in an element not radioactive, or destroyed or altered in one that is, and there is no case at present on record in which such a creation or destruction can be considered as established.» «... it is not to be expected, that the rate of radioactive change would be affected by known physical or chemical influences.» (Phil. Mag. VI. 5. k. 583. l. 1903.)

¹ Phil. Mag. VI. 5. k. 561. l. 1903. ² Phil. Mag. VI. 5. k. 576. l. 1903.

23. A radioaktivitás jellemzése.

A radioaktív testek *háromféle* sugarat bocsájtanak ki, vagy helyesebben a *radioaktív testek sugarait három osztályba sorozzuk*. A három osztályt neveikkel együtt a 45. ábra szemlélteti.

1. Az első osztályba tartoznak az α -sugarak, ezek a sugárzás legkevésbé penetráló részét képezik, amennyiben más testeken legkevésbé hatolnak át. Tulajdonságaikra nézve megfelelnek a GOLDSTEIN-féle csősugaraknak. A mágnes oly irányba téríti ki őket, mint a csősugarakat; pozitív elektromosságot visznek magukkal; ionizáló hatásuk igen nagy; fotografiai hatásuk csekély; a sugárzás legnagyobb részét képezik; sebességük RUTHERFORD¹ szerint másodpercenként 25.000 km. DES COUDRES² szerint pedig 16.500 km. Tehát az α -sugarak sebessége körülbelül húszszor kisebb, mint a fényé. Az α -sugarak egyik ionjában levő elektromos töltésnek viszonya az ion tömegéhez úgy RUTHERFORD, mint DES COUDRES szerint körülbelül 6000 elektrosztatikai egység.



45. ábra.

2. A második osztályba tartoznak a β -sugarak, ezek már más testeken jobban áthatolnak, tehát penetrálóbbak, mint az α -sugarak. Tulajdonságaikra nézve megfelelnek a kathódsugaraknak. A mágnes oly irányban téríti el őket, mint a kathódsugarakat; negatív elektromosságot visznek magukkal; ionizáló hatásuk csekély; fotografiai hatásuk igen nagy; a sugárzásnak jóval csekélyebb részét képezik, mint az α -sugarak. Sebességük olyan, mint a kathódsugaraké, jóllehet, miként KAUFMANN³ kutatásaiból kiderült, vannak köztük oly sugarak is, melyeknek sebessége megközelíti a fény sebességét, mindazonáltal az egész β -sugárzás sebességének középértéke, miként azt BECQUEREL legelőször meghatározta, olyan rangú nagyság, mint a kathódsugarak sebessége. A β -sugarakban repülő elektronok töltésének viszonya a tömegükhöz

¹ Phil. Mag. VI. 5. k. 177. I. 1903. ² Phys. Zeitschr. 1903. jun. 1. ³ Nachr. d. k. Gesell. d. Wiss. zu Göttingen 1901.

A villamosság körébe tartozó újabb kutatások.

szintén olyan rendű nagyság, mint amilyent a 17. §-ban tárgyalt elektronokra nézve már megállapítottunk.

3. A harmadik osztályba sorozzuk a legpenetrálőbb sugarakat, a γ -sugarakat, ezek a RÖNTGEN-sugarak módjára viselkednek. Mágneses eltérítést nem szenvednek; fotografiai hatásuk igen nagy; a sugárzás legcsekélyebb részét képezik s legkevésbé ismeretesek.

Láttuk, hogy úgy a kathódsugarakat, mint a RÖNTGEN-sugarakat a közbeeső akadályok átalakítják, az előbbieket RÖNTGEN, az utóbbiakat pedig secundérsugarakká. Ezzel ellentétben állanak a *rádioaktív testek sugarai*, amennyiben ezeket az *elébük állított akadály nem transzformálja*.

A γ -sugarakat VILLARD¹ fedezi föl 1900-ban; az α - és β -sugarak fölfedezését mindazoknak a nevéhez hozzáfűzhetjük, akik radioaktív testekkel foglalkoztak.

Az α -sugarak mágneses eltérítését csak 1903-ban sikerült RUTHERFORD-nak² kimutatni.

24. A rádioaktív testek osztályozása sugárzásuk szerint.

1. α - β - és γ -sugarakat bocsájtanak ki: a *rádium* és *thorium*.

2. α - és β -sugarakat lövelnek ki: az *uránium*, *polonium*, *thoriumx*, a *közönséges testek*, a *rádiummal excitált rádioaktivitás*, a *thoriummal excitált rádioaktivitás*.

3. α -sugarakat bocsájtanak ki: a *tiszta uránium* és *tiszta thorium*, a *radiumemanáció*, a *thoriumemanáció*, a MARCKWALD-féle *rádiotellurium*.

4. β -sugarakat bocsájt ki: az *urániumx*.

Az *actinium*- és a *rádioólomra* vonatkozó ismereteink nagyon hézagosak.

A radioaktív anyagoknak bemutattam osztályozására alapul RUTHERFORD-nak a «Philosophical Magazine»-ben 1900-tól kezdve megjelent értekezései szolgáltatták az alapot. Mindenesetre szolgálatot tettek BECQUEREL-nek a «Comptes rendus»-ban megjelent közleményei is.

Megjegyzendő, hogy a *poloniumban* az α -sugarak annyira túlnyomóak, hogy β -sugarait csak 1903-ban sikerült BECQUEREL-nek fölfedezni;³ az *urániumról* meg mindig azt tartották, hogy

¹ Comp. rend. 130. k. 1010. l. 1900. ² Phil. Mag. VI. 5. k. 177. 1903.

³ Compt. rend. 1903. 136. köt. ápr. 27. 977. l.

csak β -sugarakat bocsát ki, holott RUTHERFORD újabb fejtegetései szerint az *uranium életében* az α -sugarak játsszák a legnagyobb szerepet.

25. A radioaktív anyagok sugarainak különböző hatásai.

Mivel a rádium sugárzása a leggazdagabb, azért a következőkben leírt jelenségek leinkább a rádiumsugarak jelenlétének köszönik bekövetkezésüket.

1. *Fényhatások.* A bariumplatincianűr a rádiumsugarak hatása alatt két méternél nagyobb távolságban is erősen fluoreszkál; még fényesebben tündöklük a rádiumsugarak hatása alatt a cink-szulfur, de ez fényét hamar elveszti. Az uránsók, gyémánt, blende, az alkali földek sói, a papir, az üveg s így tovább mind szépen fluoreszkálnak.

2. *Fotografiai hatások.* A β - és γ -sugarakkal két méter távolságból is még finom kivitelű fotografiai képeket nyerünk. A fémek, az aluminiumot leszámítva, itt is mint a RÖNTGEN-sugaraknál árnyékot vetnek a fotografiai lemezre. A RÖNTGEN-sugarak módjára viselkedő γ -sugarakkal épen olyan fölvételeket tehetünk, mint a RÖNTGEN-sugarakkal.

3. *Önvilágítás.* A rádium kompozíciói első példái az önvilágító testeknek. Különösen a haloidsók világítanak szépen; fényük mellett a sötétben olvasni is lehet, világítóképességük évek alatt nem gyöngül; a nedvesség elveszi ugyan világítóképességüket, de megszáradás után visszanyerik. Különösen szépen tündöklük a *bariumchlorure*.

4. *Hősugárzóképeség.* CURIE és LABORDE² nemcsak megállapították, hanem meg is mérték a rádium hősugárzó képességét; hőmérséke általában 3 C°-kal nagyobb, mint a környezete; 225 gramm, azaz egy atomgramm óránként annyi meleget bocsát ki, mely 18 liter víz hőmérsékét 1 C°-kal emeli; tehát egy atomgramm egy év alatt annyi meleget sugároz ki, mely 16 hektoliter víz hőmérsékét 0 C°-ról 100 C°-ra emeli; ez a rendkívüli hőkisugárzás az eddigi tapasztalat szerint szintén állandó.

5. *Színhatások.* M. és Mme CURIE³ kimutatták, hogy az üveg a rádiumsugarak hatása alatt barnává, sárgává, vagy violaszínűvé lesz; BECQUEREL megfigyelése szerint a fehér foszfor vörössé

¹ Compt. rend. 1903. márc. 16. ² Compt. rend. 129. k. 1899.

változik; a tiszta kristályos alkalinsók a legkülönbözőbb s legélénkebb színváltozatot mutatják.

6. *Ozonhatás.* Az edényben elzárt rádiumpreparatumok nagymennyiségű ozont fejlesztenek.

7. *Termolumineszcencia.* Némely test, mihelyt melegítjük, elkezd világítani; ezt a tüneményt *termolumineszcenciának* nevezzük. BECQUEREL 1900-ban¹ kimutatta, hogy a testek a rádiumsugarak hatása alatt termolumineszkálókká válnak. Így pl. az üveg a rádiumsugarak hatása alatt színessé lesz; melegítéssel színét elveszti, de elkezd világítani.

8. *Scintilláció.* CROOKES² 1903-ban fölfedezi, hogy ha a foszforernyőre rádiumot teszünk s aztán az ernyőt nagyítóval megfigyeljük, akkor egymásután megjelenő, de rögtön eltűnő csillagocskákat veszünk észre; ezt a tüneményt CROOKES *spinthariscopének*, BECQUEREL pedig *scintilláció-nak* nevezte.

9. HIMSTEDT³ 1901-ben fölfedezi, hogy a rádiumsugarak a *selén* ellenállását gyöngítik.

10. *Fiziológiai hatások.* Ha üvegcsőbe zárt rádiumot helyezünk a bőrre, akkor az — miként általánosan tapasztalták — annál mélyebb sebet okoz, minél hosszabb ideig tartott a kitétel. Így pl. M. CURIE 10 órai kitétel után oly sebet kapott, melyet négy hónapig kellett gyógyítani.

DOWNES és BLUNT⁴ már 1877-ben észrevették a kék, viola és ultraviola sugarak kártékony hatását a baktériumok fejlődésére. ASCHKINASS és GASPARI⁵ 1901-ben kimutatják, hogy az α -sugarak megölik a baktériumokat; kísérleteiket a *mikrococcus prodigiosus*-on végezték. Ennek az észleletnek úgyszólván következménye az a tapasztalat, mely szerint a beteg bőrfelületre a rádiumsugaraknak gyógyító hatása van, mert a részben lerombolt beteg epidermis helyére egészséges bőr lép, miként ezt DANLOS Párizsban a *Saint-Louis*-kórházban tapasztalta.

BOHN⁶ 1903-ban véglegesen megállapítottnak tekinti a tételt, mely szerint a *rádiumsugarak az idegrendszer érzéketlenítik, ami az organizmusban a fáradság s a bénultság érzetét kelti, melyet gyakran halál követ.*

DANYSZ⁷ 1903-ban egereken és tengeri nyúlakon végzett kísérleteivel bebizonyította, hogy a rádiumsugaraknak a központi

¹ Rapports au Congres de Physique. 1900. ² Proc. Roy. Soc. 71. k. 405. l. 1903. márc. ³ Ann. d. Phys. 4. k. 531. l. 1901. ⁴ Proc. Roy. Soc. 1877. 488. l., 1878. 119. l. ⁵ Ann. d. Phys. VI. k. 570 l. 1901. ⁶ Compt. rend. 137. k. 883. l. 1903. nov. 23. ⁷ Compt. rend. 136. k. 460. l. 1903.

idegrendszerre való hatása a BOHN-féle tétel értelmében legtöbb esetben halálthozó. A rádiumot tartalmazó üvegsőbe bezárt rovarlárvák 24 óra múlva már érzéketlenek lettek s 2—3 nap múlva pedig elpusztultak.

GIESEL¹ 1899-ben fölfedezi, hogy a rádiumsugarak jelenléte a szemben a fény érzetét kelti.

HIMSTEDT és NAGEL² a kutya, macska és a béka szemein tett kísérletekkel 1901-ben igazolják, hogy a fényérzetet a szemben keltett fluoreszcencia okozza; vékony nyíláson át a szemünkbe jövő rádiumsugarak fényérzetet keltenek, anélkül, hogy a nyílást látnánk. Azok a vakok, kiknek a retinájuk ép, a rádiumsugarak hatása alatt fényérzetet tapasztalnak, ellenben azok, kiknek retinájuk beteg, semmiféle fényt nem észlelnek. Láttuk, hogy a RÖNTGEN-sugarak is keltenek fényérzetet, de miként igen sok kísérletből kiderült, fluoreszcencia nem lép föl.

Legújabban Január hóban *New-Yorkból* jött jelentés szerint MORTON tanár három rákbetegségben szenvedőt gyógyított meg rádiummal. Bécsben pedig Dr. EXNER egyetemi tanársegéd ugyan csak rádiumsugarakkal két nőbeteget gyógyított meg.

26. Excitált rádioaktivitás.

RUTHERFORD³ 1900-ban kimutatja, hogy a thorium közelében levő testek, akár vezetők vagy szigetelők legyenek azok, ha közelben nincs elektromosság, rövidebb vagy hosszabb ideig rádioaktivitást mutatnak. De ha a thorium elektromos térben van, akkor csak a negatív töltésű testek mutatnak aktivitást. Az ily módon létesített rádioaktivitást *excitált rádioaktivitásnak* nevezi.

Bebizonyítja, hogy az excitált rádioaktivitást a thorium-emanáció hozza létre, mert az emanáció növekedésével növekszik az excitált aktivitás is, az emanáció elfújásával pedig nem is jön létre; ahol nincs emanáció, ott excitált aktivitás sincs.

Később, de ugyanebben az évben, miután a thoriumból a thoriumxet kiválasztja, kimutatja, hogy csakis a thoriumxnek van emanációja, tehát ez hozza létre az excitált aktivitást.

Azt a jelenséget, mely szerint az aktivitás elektromos térben csakis a negatív elektromosságú testeken jelentkezik, úgy magyarázza, hogy az emanáció atomjaiból negatív elektronok szakadnak el,

¹ Naturforschersammlung, München, 1899. ² Ann. d. Phys. 4. k. 537. l. 1901. ³ Phil. Mag. 49. k. 1. l., 195. l. 1900.

melyek a negatív töltésű testektől tovaröpülnek, a visszamaradt pozitív töltésű ionok pedig azoktól vonzatra rájuk szállnak s ott egy új radioaktív anyagot, az úgynevezet *excitált radioaktivitást* alkotják, tehát RUTHERFORD a tüneményt is, meg ezt az új anyagot is egy névvel jelöli.

Később kiderült, hogy mindazok a radioaktív testek (19. §.), melyeknek van emanációjuk, szintén létesítenek excitált radioaktivitást. Sőt a rádium emanációja oly nagy, hogy még az emanáció atomjaiból leváló negatív elektronok is létesítenek excitált aktivitást a pozitív töltésű testeken.

VILLARD¹ 1900-ban fölfedezi, hogy az antikathódul használt bizmuth radioaktivitást mutat.

HOFFMANN és STRAUSS² pedig 1901-ben észreveszik, hogy a radioaktív testek, miután elvesztették aktivitásukat, a kathód-sugarak hatása alatt ismét aktívek lettek.

LEMANN³ 1902-ben kimutatja, hogy a kathód-sugarak hatása alatt a magas hőmérsékletű sók, melynek pl. a mangansulfat, cinksulfat, ólomsulfat stb. aktívek lesznek.

Ezekhez hozzájárul még ELSTER és GEITEL-nek 1901-ben (Phys. Zeit.) tett az a megfigyelése, mely [szerint huzamosabb ideig a levegőn tartott negatív elektromos töltésű drót erős aktivitást mutat.

Ezeket a különös jelenségeket csak LESTER COOK-nak 1903-ban tett ama megfigyelésével oldhatjuk meg, mely szerint minden testnek van kisebb-nagyobb mértékben aktivitása, valószínűleg van tehát emanációja is, mely aztán a kathódban, antikathódban és a negatív töltésű testekben excitált aktivitást ébreszt.

Megjegyzendő, hogy LESTER COOK-nak mintegy előhírnöke volt ELSTER és GEITEL, kik már 1900-ban észrevették (Phys. Zeit.), hogy a zárt edényben tartott villamos konduktor elveszti töltését, mely tüneményt WILSON⁴ 1901-ben az edény radioaktivitásának tulajdonít.

27. Vannak-e az atomoknál kisebb részecskék?

A kathód-sugarak elmélete elvezetett bennünket az *elektron* fogalmához s miként az erre vonatkozó számítások kiderítették, az elektron tömege 2000-szer kisebb, mint a hidrogénatom tömege.

¹ Société d. Phys. 1900. jul. ² Chem. Ber. 34. k. 8. l. Beibl. 25. k. 317. l., 633. l. 1901. ³ Phil. Mag. VI. 3. k. 195. l. 1902. ⁴ Proc. roy. soc. 1901. márc., dec.

ZEEMANN¹ 1896-ban észreveszi, hogy a mágnessarkok közé helyezett izzó gőz spektruma megkétszereződik. Pl. Az izzó nátriumgőz spektrumának megfelel a *D* spektrálvonal; de ha az izzó nátróngőz mágnessarkok között van, akkor a *D* vonaltól jobbra és balra egy-egy új vonal jelenik meg. Amiből aztán az következik, hogy a fényrezgést létrehozó rezgő testecskék elektromossággal vannak töltve. A mágnessarkok erősségéből s a spektrálvonalak megváltozásának nagyságából kiderült, hogy ezek a rezgő részecskék nem egyebek, mint elektronok, melyek úgy nagyságra, mint töltésre nézve megegyeznek a kathódsugarak tanulmányozása alkalmával megismert elektronokkal.

A 21. §-ban láttuk, hogy KAUFMANN 1901-ben a rádium β -sugaraiban föllépő *elektronokat* szintén ugyanilyen nagyoknak s töltésűeknek találta.

A 17. §-ban megemlékeztünk THOMSON-ról és WILSON-ról; az előbbi a rádiumsugarak létrehozta ionizáció gőzkondenzáló hatását, az utóbbi pedig a RÖNTGEN-sugarak létesítette ionizáció kondenzáló hatását használta föl az elektromosság elemi quantumának meghatározására, kutatásaik ugyanarra az eredményre vezettek. (L. 17. §.)

THOMSON² az ultraviola fény sugárzásával a fématomokból szakított el elektronokat, melyeknek tömegét és töltését, tekintet nélkül a fémekre, a gázatomok elektronjainak tömegével s töltésével egyenlőknek találta.

Hosszú volna felsorolni mindazokat a módszereket, melyek az elektronok tömegének s villamos töltésének meghatározására szolgáltak, azonban annyit mégis meg kell említenünk, hogy bármelyikével elért eredmények mind megegyeznek abban, hogy *az elektronok a hidrogén-atomoknál kétezerszer kisebbek s minden elemre nézve egyformák.*

Az elemek legkisebb részei tehát nem az atomok, mert még ezek is fölbonthatók.

28. Az ionizálás, mint vezetés.

Az elektronok az újabb fizikai teoriákban mindig nagyobb s nagyobb tért kezdenek hódítani, így pl. már a HERZ-féle elektromos hullámokat is az elektronok mozgásából törekszenek kimagyarázni;³ azonban mi csak egy jelenségcsoportot mutat-

¹ Phil. Mag. 43. k. 226. l. 1896. ² Phil. Mag. 1898., 1899. ³ Fleming, Cantor Lectures on «Hertzian Wave Telegraphy», Engineering, 1903.

hatunk be, mely leginkább rokon a CROOKES-féle csőben föllépő tűneménnyel. Láttuk, hogy a csőben levő gázt az elektródok ionizálják, minek következtében az anódtól a kathód felé a pozitív ionok, a kathódtól az anód felé a negatív elektronok repülnek, más szóval a gázban áram jön létre, a pozitív az anódtól megy a kathód felé, a negatív a kathódtól az anód felé. Amint az áram létre jött, azt szoktuk mondani, hogy a gáz vezetővé vált. *Ennélfogva a gáz ionizálással válik vezetővé.*

A RÖNTGEN-sugarak, a rádioaktív testek α -sugarai szintén ionizálják a levegőt, ami, miként a 17. §. 5. pontjában kifejtettük, szintén rokon a levegő vezetővé való átalakításával.

De a vezetőképesség és az ionizálás nemcsak a gázokban, hanem más testekben is rokon. Annál jobb vezetőnek mondunk valamely testet, minél könnyebben ionizálható. Így pl. a fémek igen könnyen ionizálhatók, tehát jó vezetők. Ha tehát egy villamos telep elektródjait vezetővel kötjük össze, akkor az rögtön ionizálódik, a negatív elektronok a kathódtól az anód felé, a pozitív ionok az anódtól a kathód felé repülnek igen nagy sebességgel; a pozitív ionok mozgási irányát szoktuk az áram irányának mondani.

A folyadékoknál is megvan az ionizálás. Így pl. a vízben, mivel a hidrogén könnyebben ionizálódik, mint az oxigén, azért csak a hidrogénből szakadnak le negatív elektronok; a pozitív hidrogén ionok a kathódon gyűlnek össze, a negatív elektronokat az oxigénatomok magukhoz vonzzák s így mint negatív ionok repülnek aztán az anód felé.

Fémes vegyületeknél, mivel a fémek könnyebben ionizálódnak, azért mindig ezekről szakadnak le a negatív elektronok, miért is a pozitív fémionok a kathód felé repülnek. Ezen a jelenségen alapszik a galvanoplasztika.

Habár az elektromos áramlásnak ez a fölfogása közeledés a régiek: DEMOKRITOS, EPICURUS, LUCRETIVS atomisztikus fölfogásához, mindazonáltal mégis ehhez kell csatlakoznunk, mert ezt kísérleti kutatások alapján alkottuk s ezzel elméleti fejtegetéseinknek is reálisabb létet adtunk.

29. Van-e anyagátalakulás?

Láttuk, hogy az uranium α - és β -sugarakat bocsát ki. Vegyi úton az uranumból kiválasztható az uraniumx, melyet az éther nem old föl, a visszamaradt részt pedig, melyet tiszta uraniumnak mondunk, az éther föloldja.

A tiszta uranium csak α -sugarakat bocsát ki, az uraniumx meg csak β -sugarakat. Idővel az uraniumx teljesen elveszti radioaktivitását s föllép az inaktív uraniumy.

Azonban a tiszta uranium is átalakuláson megy át; idővel β sugarakat is kezd már kibocsátani, ami azt jelenti, hogy újra föllépett benne az uraniumx, melyet ki is lehet belőle választani.

A tiszta uranium tehát átalakuláson megy át: képződik belőle az uraniumx és ebből az inaktív uraniumy.

Épen így a thoriumból képződik: a *thoriumx*, ebből a *thoriumemanáció*, ebből pedig az *excitált aktivitás*.

A rádiumból pedig: a *rádium-emanáció*, ebből pedig az *excitált aktivitás*.

Nyilvánvaló, hogy a radioaktivitás az atomok átalakulásának csak kísérője. Ha már az anyag annyira átalakult, hogy radioaktivitása megszűnt, azért még korántsem kell azt gondolnunk, hogy az atomátalakulás már megtörtént, hanem csak annyit mondhatunk, hogy az atomátalakulás oly stádiumba lépett, mely érzéki észlelési határunkon túl esik.

Az atomok ezen átalakulásának végtermékumai bizonyára azok az elemek, melyeknek társaságában a radioaktív anyagok előfordulnak. Így RUTHERFORD és SODDY már 1902-ben a *thoriumx* *thoriumemanáció* és *excitált radioaktivitásra* vonatkozó, már többször idézett munkálatukban kimondják, hogy a bányákban az uranium és thorium társaságában mindig föllépő helium nem lehet más, mint az anyagátalakulásból származó egy ily produktum. Sejtelmüket a későbbi kísérletek igazolták. Ugyanis RAMSAY és SODDY a rádiumemanációt egy csőben fölfogták és oxigénnel megtisztították; ami úgy történt, hogy az emanációval telt csőbe oxigént fújtak és aztán a folyékony levegőbe mártott csőből az oxigént újra kiszivattyúzták, s így hátramaradt a tiszta emanáció. Háromizben s nagy körültekintéssel végzett kísérleteik mind arra az eredményre vezettek, hogy a rádiumemanáció héliummá alakul át. Így a harmadik kísérlet szerint: miután a folyékony levegőben tartott csőben levő rádiumemanációt oxigénnel megtisztították, a folyékony levegőt ismét eltávolították, mire az emanáció újra gőzzé alakult s spektruma 1903. július 17-ikén egy új, eddig ismeretlen spektrumot adott, ami nem lehetett más, mint az emanáció spektruma; július 21-ikén már kezdenek föltűnni a heliumot jellemző vonalak; július 22-ikén pedig a helium összes karakterisztikus vonalai teljes pompájukban megjelennek.

Világos mindezekből, hogy RUTHERFORD, SODDY és RAMSAY nagyszerű kísérletei a természet kincsesbányájának egy új ajtáját tárták föl előttünk: amennyiben bevezettek bennünket abba a műhelybe, hol az atomok készülnek s sejteni engedik, hogy a többi atomok is ősidőktől fogva hasonlóképen készültek.

Kutatásaikkal újra fölébresztették az atomok egymásba való átalakításának kérdését, habár eddig még mindig tehetetlenül állunk a nagy problémával szemben, mivel csak szemlélői vagyunk a természet legújabban fölfedezett kohójában végbemenő anyag-átalakulásnak.

Az egyedüli, amit el tudtunk érni, az, hogy bármely elem atomjaiból elektronokat tudunk elszakítani.¹

30. Mi az északi fény?

Láttuk, hogy LENARD és WILSON 1897-ben fölfedezik a levegő ionizációjának kedvező hatását a gőzök kondenzációjára; ezt a fölfedezést anticipálva, PAULSEN már 1895-ben kimutatja, hogy az északi fény szintén felhőképző. Ennyit tudtunk eddig.

Azonban a rendelkezésünkre álló kísérleti anyag megengedi, hogy az északi fénynek egy új teóriáját állítsuk föl.

Ugyanis RUTHERFORD és SODDY megállapították, hogy a radioaktív anyagok emanációja igen alacsony hőmérséklet mellett kondenzálódik; de ha a hőmérsék emelkedik, akkor az emanáció ismét gázzá alakul és más gázokat önvilágítóvá tesz, miként ezt RAMSAY és SODDY is a már idézett munkálatukban konstatálták.

LESTER COOK megfigyelései szerint minden anyag sugároz ki α - és β -sugarakat; ELSTER és GEITEL szerint pedig a levegőn tartott negatív elektromos test radioaktivitást mutat, amihez RUTHERFORD szerint emanáció szükséges. Következőleg kétségtelen, hogy a földnek s a rajta levő testeknek van radioaktív emanációja.

Mivel az emanációk a gázok módjára kondenzálódnak, azért mi sem természetesebb, mint az, hogy télen az északi sarkon szélcsendben s rendkívüli hidegben a föld emanációja kondenzálódik, enyhébb légáramlat hatása alatt az emanáció elillan, a levegőt világítóvá teszi s megjelenik az északi fény.

Ez a teoria aztán megfejtí azt is, hogy az északi fény miért felhőképző? Ugyanis RUTHERFORD kutatásai szerint az emanáció a levegőt ionizálja, ami pedig gőzkondenzációval jár.

¹ Nature 68. k. 354 l. aug. 13. 1903.

NÉHANY MATEMATIKAI MEGJEGYZÉS.

I. Az elektromos oszcillációk Thomson-féle elmélete.

Az elektromos hullámok tárgyalása alkalmával az elektromos oszcillációknak oly sokszor hangoztatott THOMSON-féle elmélete, a következő:

Legyen kondenzátorunk töltése E , kapacitása c , potenciálja (feszültsége) v , akkor nagyon ismert összefüggésnél fogva:

$$E = c v. \dots\dots\dots 1.$$

Ha kisülés alkalmával a töltés dt idő alatt dE -vel fogy s ha ez a folyamat i intenzitású árammal jár, akkor

$$i dt = - dE = - c dv,$$

honnan

$$i = - c \frac{dv}{dt}. \dots\dots\dots 2.$$

Ámde az OHM-féle törvény szerint, ha a kondenzátorok fegyverzeteit összekapcsoló vezető ellenállása r , akkor ir egyenlő a záróvezetőben működő elektromos erők összegével, mely a jelen esetben nem más, mint

$$v - l \frac{di}{dt}$$

hol l a záródrót önindukciós együtthatója, következőleg

$$ri = v - l \frac{di}{dt};$$

ha ebbe az egyenletbe a 2-ből i értékét behelyettesítjük, akkor nyerjük, hogy

$$cl \frac{d^2v}{dt^2} + cr \frac{dv}{dt} + v = 0. \dots\dots\dots 3.$$

Ennek az egyenletnek általános integrálja

$$v = A_1 e^{\alpha_1 t} + A_2 e^{\alpha_2 t},$$

hol A_1 és A_2 gyökei a következő egyenletnek

$$c l \alpha^2 + cr \alpha + 1 = 0,$$

honnan

$$\alpha = \frac{-cr \pm \sqrt{c^2 r^2 - 4cl}}{2cl}.$$

A gyökök valósak, ha

$$cr^2 > 4l,$$

ekkor a kisülés folytonosan fogyó.

A gyökök képzetesek, ha

$$cr^2 < 4l,$$

ekkor

$$v = e^{-\frac{r}{2l}} (B_1 \cos \beta t + B_2 \sin \beta t),$$

hol

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{lc} - \frac{r^2}{4l^2}},$$

ebben az esetben a kisülés oszcilláló s az oszcilláció periodusa

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{lc} - \frac{r^2}{4l^2}}}.$$

Ha $\frac{r^2}{4l^2}$ elenyésző csekély $\frac{1}{lc}$ mellett, akkor közelítőleg:

$$T = 2\pi \sqrt{lc}.^*$$

II. A Wilson-féle eljárás az elektromosság elemi quantumának meghatározására.

A RÖNTGEN-sugarak ionizálván a levegőt, minden pozitív ion magja lesz a vízgőz kondenzációjánál egy kis vízcseppnek, melynek tömegét jelöljük m -mel, elektromos töltését pedig, mely egyenlő az ion töltésével, jelöljük e -vel.

Ha már most a föld okozta gyorsulása g , akkor a vízcseppre mg vertikális erő hat. Ha pedig a vízcseppre még vertikálisan X intenzitású elektrosztatikai erő működik, akkor az összes, a vertikális irányba működő erő $Xe + mg$. Mivel az igen kis vízcseppnek a levegőben való mozgási sebessége arányos a ráható erővel, azért, ha mg erő esetében a sebességet v_1 , $Xe + mg$ esetében pedig v_2 -vel jelöljük, akkor

$$\frac{mg}{Xe + mg} = \frac{v_1}{v_2}.$$

* Phil. Mag. 1853. jun.

Ámde THOMSON * fejtegetései szerint

$$m = 3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} v_1^{\frac{3}{2}},$$

következőleg

$$e = 3 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \frac{g}{X} (v_2 - v_1) v_1^{\frac{1}{2}}$$

hol g ismeretes, X , v_1 és v_2 pedig kísérletileg határozandók meg.

III. Kathódsugarak a mágneses mezőben.

Legyen a kathódsugarak sebessége u , egy elektron anyagi tömege m , elektromos töltése ε , akkor a kathódsugarak irányára merőleges H intenzitású mágneses erő elektromágneses hatása egy elektronra $Hu\varepsilon$. Ezen erő következtében az elektron egy r görbületi sugarú pályát ír le; a mozgó tömeg centrifugál ereje $\frac{mu^2}{r}$ egyenlő a működő centripetalis erővel $Hu\varepsilon$ -vel, azaz

$$\frac{mu^2}{r} = Hu\varepsilon,$$

honnan

$$\frac{m}{\varepsilon} u = Hr.$$

IV. Kathódsugarak az elektromos mezőben.

Ha pedig a kathódsugarak irányára merőleges elektromos mező intenzitása F , akkor t idő alatt egy elektronnak a mozgás irányára merőleges irányban való elhajlása

$$y = \frac{1}{2} \frac{F\varepsilon}{m} t^2.$$

Elhajlás nélkül ugyanaz az elektron t idő alatt megtett volna

$$x = ut$$

utat, ennél fogva

$$y = \frac{1}{2} \frac{F\varepsilon}{m u^2} x^2$$

az elektron pályájának egyenlete, ebből

$$\frac{m u^2}{\varepsilon} = \frac{1}{2} F \frac{x^2}{y}.$$

* Phil. Mag. 1899. dec. 561. l.

V. A Kathódsugarak energiája.

Ha V_0 és V_1 a kathódnál és a megfigyelés helyén levő feszültség, akkor a kathódtól a megfigyelés helyéig egy elektron mozgására szükséges munka

$$\frac{1}{2} m u^2 = (V_1 - V_0) \epsilon,$$

honnan

$$\frac{m u^2}{\epsilon} = 2(V_1 - V_0).$$

Ha a hő mechanikai equivalense A , akkor egy elektron által a megfigyelés pillanataig létrehozott hő

$$\frac{1}{2} m u^2 : A.$$

De ha a kalorimétert t idő alatt n elektron találja, akkor

$$n\epsilon = it,$$

hol i az áramintenzitás, azaz az időegység alatt a keresztmetszeten átömlő villamosság, tehát az n elektron által létrehozott hő:

$$Q = \frac{1}{2} n m u^2 : A = \frac{1}{2} \frac{it m u^2}{A \epsilon},$$

honnan

$$\frac{m u^2}{\epsilon} = 2 A \frac{Q}{it}.$$

Ha tehát

$$\frac{m u}{\epsilon} = a, \quad \frac{m u^2}{\epsilon} = b,$$

hol a az 1., b pedig a 2., 3. vagy 4. képlet baloldalán levő mennyiségek megfigyelésével meghatározható, akkor

$$u = \frac{b}{a}, \quad \frac{m}{\epsilon} = \frac{a^2}{b}.$$



TARTALOM.

	Oldal
Előszó	3

A VILLAMOSSÁG KÖRÉBE TARTOZÓ ÚJABB KUTATÁSOK.

1. Az elektromosság és mágnesség kapcsolata	5
2. Az indukció törvénye	6
3. Az elektromos szikra	7
4. Az elektromos hullámok fölfedezése	9
5. Oszcillátorok	12
6. Elektromos hullámjelzők	15
7. Elektromos hullámok	17
8. Jeladás elektromos hullámokkal	21
9. Az elektromos hullámokkal való távirás első kísérletei	22
10. A dróttárbocok rezonanciája	24
11. A drótnélküli távirás	25
12. A drótnélküli távirás eredményei	26
13. Drótnélküli távirás fénynyel	28
14. Photophon, éneklő ívlámpafény, drótnélküli telefon	29
15. A Tesla-féle világosság	31
16. Kathódsugarak	33
17. A csősugarak vagy Goldstein-féle sugarak	38
18. Mik a kathódsugarak ?	39
19. Röntgen-sugarak	41
20. Mik a Röntgen-sugarak ?	44
21. A rádioaktív anyagok fölfedezése	45
22. Néhány szó a rádioaktív testekről	47
23. A rádioaktivitás jellemzése	49
24. A rádioaktív testek osztályozása sugárzásuk szerint	50
25. A rádioaktív anyagok sugarainak különböző hatásai	51
26. Excitált rádioaktivitás	53
27. Vannak-e az atomoknál kisebb részecskék ?	54

	Oldal
28. Az ionizálás, mint vezetés	55
29. Van-e anyagátalakulás	56
30. Mi az éjszaki fény?	58

NÉHÁNY MATEMATIKAI MEGJEGYZÉS.

I. Az elektromos oszcillációk Thomson-féle elmélete	59
II. A Wilson-féle eljárás az elektromosság elemi quantumának meghatározására	60
III. Kathód-sugarak a mágneses mezőben	61
IV. Kathód-sugarak az elektromos mezőben	61
V. A Kathód-sugarak energiája	62



