Nikola Tesla.

№ 4511
И 8506

НИКОЛА ТЕСЛА

И

ЊЕГОВА ОТКРИЋА

ОД

ПРОФ. Ђ. М. СТАНОЈЕВИЋА

СА СЛИКОМ ТЕСЛИНОМ И 189 СЛИКА У ТЕКСТУ.

УНИВЕРЗИТЕТСКА БИБЛИОТЕКА
БЕОГРАД

БЕОГРАД

ШТАМПАНО У ШТАМПАРИЈИ КРАЉЕВИНЕ СРБИЈЕ

1894.

НИКОЛА ТЕСЛА

и

ЊЕГОВА ОТКРИЋА

ПРЕДГОВОР

Одма по одласку Теслином из Београда, потписани је, у споразуму са њим приредио све до тада објављене списе његове за штампу. Што само дело није могло угледати света раније, узрок није до потписатога већ до других, страних сметња. Али у колико је с једне стране мана што Теслини радови тако доцкан излазе пред српску публику, у толико је с друге стране ово издање потпуније од првог спремљеног издања јер су овде ушла и доцнија открића Теслина па дакле и она, што је он изнео на америкапску изложбу у Чикагу. Према томе, овим је издањем обухваћено у главноме све, што је Тесла до сада изнео пре научни свет.

Издавањем овога дела осетила се велика оскудица у српској терминологији за појмове о којима се овде говори. Нема сумње да многи термини ни су згодно изабрати и да ће их временом други писци згоднијима заменити кад се ти научни појмови код нас боље одомаће. С тога се потписани, невичан ковању згодних српских израза, у више прилика уздржавао од превођења страних термина, држећи, да је мање штете ако се и какав страни израз употреби, него ако се место њега уводе, кршаво скована српска реч. Са тога гледишта и језик, готово са свим не обрађен у овом смислу, не може имати оне углађености, чистоће и потпуности каква би се мож'да захтевала и какву би и

сам писац желео. Поред све пажње при коректури ипак су се поткрале неколике штампарске погрешке али које су такве природе, да ће их читаоци и сами моћи исправити.

Најзад сматрам за дужност да овим путем изјавим, у име свију читалаца нарочиту захвалност самоме Тесли, који је пошиљањем оригиналних матрица за слике, знатно олакшао издавање овога дела.

Октобра 1894 год.
у Београду.

Ђ. М. Ст.

Доба у коме ми живимо, може се назвати електрично доба. Електрицитет, који нам је до скора био познат само својом страхотом као гром, данас је постао наша веома корисна и послушна природна снага. Данас се може наћи скоро у свакој већој вароши фабрика, за справљање те некада чудноватe и страшне громовне силе; данас ми ту силу спроводимо куда хоћемо и само јој једна жица показује пут којим мора проћи и докле доспети, да тамо изврши наше најразличитије послове, какве је само данашњи разгранат и сложен живот могао измислити.

Рекао би човек, — посматрајући електрицитет у некадашњем и садашњем свом облику, — у колико је он у почетку био упорнији и страшнији, у колико смо га се више плашили и ужасавали у толико је сада постао послушнији и питомији, у толико је боље и јаче подлегао нашој вољи. Електрицитет је данас за нас једна општа снага у потпуном смислу те речи, јер никада до данас није човек потпуније и прилагодније располагао једном природном снагом као електрицитетом. Само је електрична струја у стању да врши како најкрупније тако и најситније, како најгрубље тако и најделикатније послове.

Али ма како биле важне и корисне примене електрицитета, које су нам свима више или мање познате, ипак изгледа, као да ће неке нове особине његове, које су тек пре кратког времена избиле на јавност, бацити у присенак све оно што се до сад о тој природној снази дознало. И у колико су та нова открића

УНИВЕРЗИТЕТСКА БИБЛИОТЕКА

важна за практику и од неоцењиве вредности за науку у опште, у толико су она интересније и важније за нас Србе, јер је то син српскога народа, Личанин *Никола Тесла* који их је пронашао и изнео.

*

Никола Тесла родио се у селу Смиљану, код Госпића у Лици, у горњој Крајини године 1856. Отац му бејаше врло интелигентан и одличан српско-православни свештеник *Милутин Тесла*, који је као прото у Госпићу умро 1879, а родио се у угледној Крајишкој задрузи у селу Радучу у Лици. Мати Николина, Ђука, родом је из Грачаца у Лици из старе свештеничке фамилије Мандића. Дед јој је по матери био знаменити прото лички, Тома Будисављевић а отац јој гласни на Лици поп Никола Мандић. Рођени јој је брат, данашњи митрополит зворничко-тузлански *Петар* (Никола) *Мандић*.

Док је Никола остао без оца још док је на наукама био, дотле је његова мати доживела славу свога сина, којом га прославише у Америци, Лондону и Паризу. Али као да је било сувишно за њене старе године да доживи славу свога сина у престоници српској, јер је своју племениту душу испустила на велику суботу, а син јој пре свога долазка у Београд таман само приспео са далеког пута, да је живу види и очи јој заклопи.

Никола је учио немачку основну школу (јер је само таквих школа било у Крајини) у Смиљању, а касније, кад му је отац прешао у Госпић продужио је и свршио ту школу у Госпићу. Ту је он изучио и нижу реалку а вишу с матуром довршио је у Раковцу код Карловца.

Другови му из тог доба казују да се није никада код куће приправљао за лекције школске него му је као детету милије било с вршњацима играти се, купати се, хватати тице, правити кавезе, пењати се и вадити тичија гњезда. Никад није био беспослен. Кад са друговима не би играо или кад не би имао шта читати, он би дељкао, рецкао, или што друго радио, тек свакад

је себи посла налазио. Кад је одрастао, онда је веома волео играти карата, билијара и шаха и у тим је играма био прави вештак. У слободном времену што му је од тих забава преостајало, читао је сваку књигу која му је до руку дошла, али никад није школске књиге читао. Вели да се стидео носити у школу ђачке књиге.

Другови су га необично волели, јер је био веома добра срца, па је своје ђачке стварчице а доцније и комаде одела раздавао својим сиромашним друговима. Исто тако, кад би се са друговима картао, и на картама добијао, он је гледао да добитак изгуби само да туђих новаца кући не носи. Један пут, шетао се он за време школског одмора са једним својим рођаком, коме је био дошао у госте. Сретне их просјак и замоли милостињу. Рођак даде новчић а он своју једину форинту и рече рођаку да је свој једини сребрњак дао с тога, што се наљутио на онај његов новчић, којим је вели повређено људско достојанство у оном јадном сиромаху, „а да си му ти, вели, дао макар четири новчића, ја му не бих дао ништа јер немам новаца.“

У колико је Никола с једне стране био племенита срца, у толико је с друге стране био строг и према другима и према себи. Нико пред њим није смео рећи ружне речи за кога његовог друга. Од раног детињства, никад није хтео слагати па макар му истина и батине донела.

Кад је свршио реалку, паузирао је две године, јер родитељи — ожалошћени већ смрћу старијег им сина — не дадоше му ићи даље док се не окрепи пошто је био нежна и слаба здравља. Пошав по нова у школу, Никола се поред свег наваљивања својих родитеља да се посвети богословским знањима, одао техничким наукама и изучавао их је у Грацу и Златном Прагу — све као необичан ђак, нарочито у чисто математичким наукама. И ако је са особитим успехом пратио техничке науке, ипак је задржао сва она уживања, која смо напред споменули. Само није никад, као многи живахни млади људи нагинао на пиће или други какав ружан несташлук момачки.

Последње године у Прагу, пошто му је отац био умро, издржавали су га ујаци му Мандићи и то Петар, ондашњи парох грачачки, доцнији прота госпићски а данашњи митрополит зворнички, за тим поп Тома из Грачаца и данашњи пуковник Пајо Мандић.

По свршеним наукама, ступи Никола 1881 године у службу пештанског телефонског друштва, намештајући телефоне у поједине приватне куће. Кад је сада био у Пешти, отишав послом у фабрику Ганца и комп. са задовољством је причао, како је он наместио први телефон у тој фабрици. И ако је на телефону извршио неке поправке ради ојачања гласа ипак се на томе пољу није дуго задржао. Јер после године дана оде у Париз, и стане у службу код континенталне компаније Едизонове. Кад је ту на Едизоновим електричним машинама извршио неке важне измене, потражи Едизон, да га упуте у Америку и тако Тесла уђе у Едизонову лабораторију. Са Едизоном је радио годину и по дана, па пошто се у извесним питањима са њим није могао споразумети, отпочне самостално радити у својој лабораторији у Њу Јорку, у којој је и извршио све оне проналаске, који су му пронели име по целом свету и о којима ће мало даље бити говора.

Од како је прешао у Америку, први пут је обишао своју родбину 1889 год., којом је приликом са својим ујаком Петром посетио париску изложбу.

По други пут је дошао у Европу почетком ове 1892 године и то на молбу Енглеске Академије Наука и друштва Енглеских инжињера — електричара да држи у Лондону предавање о својим последњим радовима. Повод томе позиву било је предавање, које је Тесла држао у Њу Јорку 8/20 Маја 1891 год. пред друштвом америчких електричких инжињера и које је изазвало пажњу целог ученог света. „La Nature“ вели у своме броју од 5 Марта ове год.: Поводом тога предавања, које је наишло на врло велики одзив у научноме свету а на неодољиву молбу својих обожавалаца (admirateurs) и пријатеља, Г. Тесла дође у Европу.“ У Лондону је Тесла држао два предавања: једно 3 а друго 4 Фе-

бруара (по нов.); прво пред друштвом енглеских електрич. инжињера а друго пред Академијом Наука. Оба је предавања држао у Фарадијевој лабораторији и за Фарадијевим столом, а то је одликовање које Енглези врло ретко чине и својим научњацима а камо ли странцима. Оба су предавања оставила најлепши утисак на многобројне учевне слушаоце енглеске. Енглески су листови пуни похвале о тим значајним предавањима и ми се надамо, да ћемо дати приближну слику о одзиву енглеске штампе, ако наведемо неколико ставова из уводног чланка, који је тим поводом донео највећи и најуваженији енглески лист „Times:"

. . . . . „Ако је у опште што год било у стању да изазове одушевљење за електрицитетом, то је сигурно учинило веома значајно предавање, које је синоћ Г. Тесла, пуна два сахата држао пред учевним слушаоцима Краљевске Академије. Његови лепи експерименти отварају не само ново и веома богато поље за научна испитивања, него су изнели више или мање јасан преглед неколиких општих физичких концепција и изазвале особити развој наших мисли и идеја. Радови Г. Тесле налазе се на оној граници, где се светлост, топлота, електрицитет, хемијски афинитет и остале врсте енергије састају и међу собом мешају. Кад човек размишља о његовим важним експериментима онда осети као да су старе демаркационе линије отпале и да изсвесни нови и плодни општи погледи не могу бити далеко, помоћу којих можемо поћи на нове проналазачке путове; онда се тако рећи и нехотице пита: па шта су то електрична а шта диелектрична тела, шта су спроводници а шта изолатори? Јер Г. Тесла састави струју између два електрична пола па онда мете између њих плочу од најбољег диелектрика за који ми знамо, и он не само да не отежава нити смета пролазу струје, него је шта више још олакшава. У другим сличним експериментима показује нам он, како се његове струје високог потенцијала не владају ни по каквом правилу која вреде за обичне струје. Изгледа као да нема диелектрика, као да нема те дебљине ебонитне плоче, као

да нема слоја ваздушног кроз који не би могла проћи или пробити електрична струја довољног интензитета.

. . . . За тим долази значајно откриће, по коме, у колико електрицитет расте у физичком погледу, у толико је слабије његово дејство на човечије тело. Говорник је стајао у електростатичком пољу које је било тако јако, да би могло запалити лампу без жица, па ништа није осећао. Он је држао једном руком крај жице из које је пљуштећи сипао љубичасти млаз варница а у другој је руци имао лампу или сасвим празну стаклену цев и тако пропустио кроза се струју од неких 50.000 волата. И стаклена је празна цев сијала у његовој руци од тако јаке струје, од које би у обичним приликама и један стоти део био довољан да учини крај његовом животу . . . . . .“

Још одушевљеније пише о Тесли лондонски „Engineering,“ један од највећих инжињерских листова, у свом броју од 5 фебруара 1892.

„У среду у вече је Краљевска Академија имала један од оних чувених састанака, рад којих је и постала славна . . . . Инжињери тискали су се да га чују, јер је слава његових истраживања била већ разнесена а њихов значај већ признат . . . . Своје предавање почео Г. Тесла изразом признања свога према раду професора Крукза (Crookes), који га је још као ђака одушевио и његовом раду правац дао. За тим предавач прећи на своја сопствена истраживања и у једној секунди показа својим слушаоцима неизмерно растојање које га дели од његових предходника . . . .“

У таком, више или мање одушевљеном стилу, пишу и остале енглеске новине. Али ни једне од њих не пропуштају да напомену оно што је учинио и „Engineering“ т. ј. да кажу, како је енглески професор Крукз својим радиометром Теслу одушевио и његовом раду правац дао. Једна пак епизода из Теслиних предавања у Лондону, коју нам је он сам причао, не ће бити без интереса за нас, ради правилне оцене тих напомена.

„Енглези су ме дочекали, вели Тесла, не може лепше бити. Уступивши ми Фарадијеву лабораторију,

коју дају ретко коме Енглезу, обвезали су ме преко сваке мере. Ја би се показао недостојан толике њихове пажње, кад им са своје стране не би ма на који начин заблагодарио. Тога ради сам у самом почетку мога предавања напоменуо, како су ме радови Крукзови у своје време одушевљавали пошто су његови експерименти са радиометром у неколики слични са мојима. После тога кратког увода изложио сам моје експерименте, што је трајало пуна два сахата И ако је сталан обичај да предавања у тој лабораторији не прелазе никад један сахат, ипак нико од слушалаца или слушалица (јер је било и дама) није за све време показао ни најмањи знак нестрпљења или незадовољства због прекршеног правила.«

»По свршеном предавању приђе ми један од најуваженијих чланова Академије, Лорд Р .... и честитајући ми рече, како није требало говорити ништа о Крукзовим експериментима, пошто они немају никакве везе с мојим радовима. Требало је, вели Лорд Р. просто и кратко рећи: »Ја сам Никола Тесла, родом сам Србин и ево до каквих сам резултата у својим експериментима дошао ....«

»Сутра дан било је друго предавање на коме сам имао да изложим поред експеримената од прошле вечери још читав низ нових, неприказаних експеримената. За прву групу експеримената одређена је била струја из нарочитих машина једног немачког друштва, а за другу групу струја је црпљена из централе којом је осветљен Лондон електрицитетом. Пред сам почетак предавања уђе у салу послужитељ и саопшти Лорду Р. који је у првом реду седео, да машина, која даје струју за прву групу експеримената, гори. На Лордовом се лицу врло лако могла прочитати паника у коју је пао у след те вести. И ако мени ни су ништа саопштили, приметио сам по самој струји да је у ненормалном стању а у исти мах ми је пошла пред очи опасност за мој реноме, ако предавање буде прекинуто. Али по звуцима, које је та струја производила на апаратима размештеним на столу, познао сам,

ће струје бити још за који минут па с тога, без даљег околишења прећем на експериментисање и у неколико тренутака приказем најважније експерименте од прошлог вечера Кад је већ струја била сасвим малаксала, не дозволивши да слушаоци ма шта примете, прекинем ту групу експеримената с напоменом да нисам рад даље морити своје слушаоце експериментима, који су већ били приказани прошлога вечера и прећем, узевши другу струју, из варошке централе, на остале експерименте, који су сви без разлике испали врло добро.“

„Кад се предавање свршило, приђе ми опет Лорд Р.. и рече: „синоћ сам вам саветовао како је требало предавати а данас видим да морам код вас доћи да ме научите, како се предавања држе.“ —

Док се Тесла још у Лондону бавио, добије позив од „Француског физичког друштва“ (Société française de Physique) и „међународног електричног друштва“ (Société international des electriciens) да дође у Париз те да и тамо што од својих експеримената покаже. Тесла се томе позиву одазвао и у сали физичког друштва приредио једно предавање које је такав исти утисак учинило у Паризу као и прошла два у Лондону.

У том се Тесла разболи у Паризу од инфлуенце, те је морао неколико дана остати у соби. Да не би дангубио, приреди своја лондонска предавања за штампу и публикује их у органу енглеских инжињера-електричара.

У Паризу му стигну позиви из Италије, Немачке и Аустрије да и тамо по једно предавање држи, али веома рђаво стање његове матере позивало га да што пре оде у своју постојбину, куда и оде чим се толико од инфлуенце опоравио био, да је пут смео предузети. Као што смо видели, својој је кући Тесла управо на време стигао да своју матер још живу затече.

По смрти своје матере дошао је Тесла својим послом у Пешту и ту затекао депутације од стране града Београда, Велике Школе и српског инжињерског друштва, које га позивају у Београд. Одговарајући депутацијама Тесла је рекао да међу свима почастима које

су му на његовом путу кроз Европу указиване, највећу му радост причињава почаст његове браће Срба, позивајући га у своју средину и да се он не само драговољно одзива позиву, него сматра за своју дужност, да пре повратка свог у Америку посети престоницу српску и лично се упозна са својом браћом у краљевини.

Пре поласка за Београд, изасланици мађарског инжењерског друштва позвали су Теслу на банкет који је то друштво у његову почаст приређивало. Тесла се томе позиву одазвао — али после свога повратка из Београда.

По повратку свом из Београда, Тесла се задржао само неколико дана својим послом у Пешти па је онда задржавајући се неко кратко време у Паризу и Лондону предузео пут за Америку да настави своје многе започете послове и спреми се за светску изложбу у Чикагу. —

Таленат свој наследио је Тесла и од оца и од матере своје, јер и Тесле и Мандићи на гласу су у крајини са природне даровитости своје. Отац му Милутин, и ако је био свештеник, забављао се радо математичким проблемима, јер је као официрски син, пре богословије, заједно са својим братом Јосифом, учио војну академију и ту донекле загледао у математичке и природне науке. А мати му Ђука, и ако није знала ни читати ни писати, могла је из народних песама, из „Горског Вијенца", и т. д. рецитирати читаве стране и ако их је само по један пут и узгред чула.

Никола је Тесла необично симпатична личност. Његова појава у сваком друштву, мора обратити на се пажњу било његовим необично високим и витким стасом, било духовитошћу и досеткама, који провејају кроз његов говор. Кад се томе дода необично памћење свега онога што је ма где чуо или видео или прочитао, онда се може од прилике схватити са како огромном количином знања располаже човек, кога је престоница пре кратког времена дочекала и у својој средини угостила. Све што је најлепше у енглеском, француском, талијанском, немачком и српском песништву зна он на

изуст. И у разговору о најсувопарнијим стварима, свакога ће часа уплести згодно по какав стих или узвишену мисао каквог признатог песника или мислиоца.

Тесла је све до децембра 1891 године био аустро-угарски поданик; сада је он грађанин Сједињених Северо Америчких Држава. Али ступање у америчко поданство не само да није ослабило него је још већма учврстило и ојачало осећање народносног поноса. Ево његових речи, које је изговорио 21 Маја о. г. на банкету што је у његову част приредила општина београдска, па по њима судите: „У мени има нешто, што може бити и обмана као што чешће бива код млађих одушевљених људи; али ако будем сретан да остварим бар неке од својих идеала, — то ће бити доброчинство за цијело човечанство. Ако се те моје наде испуне, најслађа мисао биће ми та, да је то дјело једнога Србина.....“

*

Никола Тесла је веома плодан проналазач. У нашим се рукама налази четрдесет и девет патената, од којих је настарији датиран $\frac{14}{26}$ Јануара 1886 а најмлађи $\frac{27\text{ новембра}}{8\text{ децембра}}$ 1891 год. Сви се ти патенти тичу електрицитета али не једног истог питања.

Сви се патенти у главноме почињу на исти начин. Ево примера ради, почетак таквог једног патента који се тиче електромагнетског мотора:

„*Свакоме кога се тиче:*

„Нека је знано, да сам ја, Никола Тесла, поданик аустријског императора, из Смиљана у Лици, покрајини Аустро-Угарској, сада настањен у вароши Њу-Јорку, округу и држави Њу-Јорку, пронашао извесна нова и корисна усавршања на електромагнетским моторима, као што то показују следеће појединости (спецификације) и приложене слике“.

За овим долази код сваког патента, излагање оних појединости које свако одговарајуће усавршање карактеришу. Сваки се патенат завршује потписом проналазача и два сведока.

У осталом ево списка Теслиних патената изложених по групама и хронолошким редом:

1. *Комутатори за динамо-електричне машине* два патента и то од $\frac{4}{26}$ Јануара 1886 год. број 334 823 са две слике и од $\frac{3}{15}$ Маја бр, 382 845 са седам слика.

2. *Електричне пламене лампе*, три патента: од 6 Фебруара (по новом) 1886 бр. 335 786 са четири слике; и бр. 335 787 са седам слика; за тим од 10 Марта 1891 бр, 447 920 са пет слика.

3. *Регулатори за динамно-електричне машине* четари патента: од 2 Марта 1886 год. бр. 336 961 са шест слика и бр 336 962 са седам слика; за тим од 19 Октобра 1886 бр. 350 954 са две слике и од 9 Октобра 1888 бр. 390 820 са четири слике.

4. *Динамо-електричне машине* — шест патената: од 22 Марта 1887 бр. 359 748 са шест слика; од 2 Октобра 1888 бр. 390 414 са три слике; и бр. 390 414 са три слике; од 9 Октобра 1888 бр. 390 721 са једном сликом; од 16 Јула 1889 бр. 406 968 са две слике; од 10 Марта 1891 бр. 447 921 са четири слике.

5. *Електромагнетски мотори са наизменичним струјама*: двадесет патената: и то од 1 Маја 1888: број 381 968 са деветнајест слика; бр 381 969 са три слике и бр. 382 279 са четири слике; од 16 Априла 1889 год. бр. 401 520 са три слике; 25 Јуна 1889 бр. 405 858 са три слике; 22 Октобра 1889 бр. 413 353 са седам слика; 3 Децембра 1889: бр. 416 191 са седам слика; бр. 416 192 са пет слика; бр. 416 193 са две слике; бр. 416 194 са једном сликом и бр. 416 195 са четири слике; од 31 Новембра 1889 бр. 418 248 са једном сликом; од 25 Марта 1890 бр. 424 036 са четири слике; од 5 Августа 1890: бр. 433 700 са две слике; бр. 433 701 са две слике и бр. 433 702 са три слике; од 27 Јануара 1891 бр. 445 207 са две слике; од 30 Јуна 1891 г. бр. 455 067 са пет слика; од 22 Септембра 1891 бр. 459 772 са девет слика и од 8 Децембра 1891 бр, 464 666 са једном сликом.

6. *Системи претварања и расподеле електричне струје*, пет патената: од 1 Маја 1888 бр. 381 970 са

ТЕХНИЧКА ШКОЛА

три слике; и бр. 382 282 са три слике; од 2 Октобра 1888 бр. 390 413 са три слике; од 5 Августа 1890 бр. 433 702 са две слике; од 3 Новембра 1881 год. бр. 462 418 са две слике.

7. *Електрични пренос снаге*, три патента: од 1 Маја 1888 бр. 382 280 са деветнајест слика и бр. 382 281 са три слике; од 25 Јуна 1889 бр. 405 859 са једном сликом.

8. *Термомагнетски мотор и пиромагнето-електрични генератор*, два патента: од 15 Јануара 1889 год. бр. 396 121 са једанајест слика: и од 13 Маја 1890 г. бр. 428 057 са две слике.

9. *Лампе сијалице за врло учестане наизменичне струје високог потенцијала*, два патента: од 23 Јуна 1891, бр. 454 622 са три слике и од 30 Јуна 1891 бр. 455 069 са две слике.

10. *Електрични метар и кондензатор* два патента: од 30 Јуна 1891 год. бр. 455 068 са две слике и од 8 Децембра 1891 бр. 464 667 са две слике. —

И ако је листа спецификација разних патената, коју изложисмо врло дугачка, ипак ево шта вели сам Тесла у једном свом писму о томе: »како сам вам прије писао, има још подобар број неодлучених спецификација, у којима су описани неколики интересантни проналасци...«

О својим проналасцима је Тесла држао више научних предавања од којих су ова три штампана 1) *„Нови системи трансформатора и мотора са наизменичним струјама“* држано 16 Маја 1888 год. у америчанском друштву електротехничара; 2) *„Експерименти са наизменичним струјама врло велике учестаности и примена таквих струја на вештачко осветленье“*, држано 20 Маја у истом друштву; 3) *„Експерименти са наизменичним струјама високог потенцијала (напона) и велике учестаности“* држано 3 Фебруара 1892 у енглеском електротехничком друштву у Лондону.

Наш ће задатак бити да у главним потезима изнесемо садржину тих предавања, у којима су у осталом обухваћени скоро сви Теслини проналасци.

Као што сами називи проналазака и предавања Теслиних показују, читаоци морају имати извесну спрему из магнетизма и електрицитета па да могу с успехом пратити и разумети оно, што се у даљем излагању буде о њима говорило. И кад би непосредно прешли на излагање Теслиних проналазака, уверени смо, да би круг читалаца наших био врло узан.

На како није задатак овим врстама да само прикажу српској публици открића Теслина, него да их учине приступним што већем броју читалаца, да допринесу да радови Теслини стеку што већи број познавалаца, потребно је да претходно изнесемо извесне важне напомене из магнетизма и електрицитета, па да тек онда пређемо на саму ствар. Тиме ћемо постићи двоје: једно, што ћемо успети да у потпуној светлости прикажемо откриће нашега сународника а друго, што ћемо извесном ширем кругу читалаца положити основу за разумевање многих појава, којима је основа електрицитет и с којима се у последње време на сваком кораку сретамо. Имајући пред собом врло велики материјал, који нам дају сама открића о којима хоћемо да говоримо, гледаћемо да овај општи део испадне што је могуће краћи, старајући се у исти мах да кратко не жртвујемо јасност.

Магнетизам је таква особина извесних тела, коју
можемо ни којим нашим чулом непосредно дознати;
магнетизам не можемо ни опипати ни омирисати;
можемо га ни језиком окушати ни оком видети, а ни
уво не изазива магнетизам никакав утисак. Па ипак
а појава, која на сасвим посредан начин показују, да
гнетизма има и да много што шта у природи, до-
зи од магнетизма.

Тело, које у себи магнетизма има, зове се *магнет*.
ли ће неко тело имати у себи магнетизма или не,
угим речимо, да ли је неко тело у опште магнет или
е, дознаћемо просто на тај начин, да ли ће оно бити
тању извесна тела к себи привући и задржати их
неће. Обично ту особину налазимо код извесне
те гвоздене руде, која се зове „магнетска руда“ или
гнетско камење“ и која привлачи к себи и уза се
си гвоздене предмете.

Још се у старом веку знало за то магнетско ка-
ње и за магнетизам, али с тога што се такво ка-
е у оно доба врло ретко налазило и што сваки није
ао до њега доћи и његове особине разазнати, при-
се о магнетима најчудноватије скаске. Још пре
ста (на 600 год.) кад је живео стари философ Тале
Грчанин, причало се, како је неки пастир Магнус
о овце по планинама лидијским, па како је на но-
имао ципеле оковане гвозденим јексерима, таква
ој једна магнетска стена ноге привукла те је о њу
на свагда обешен.

Обично се причало, да таквих магнетских стена има по морским острвима, и да још са врло великих даљина извику из лађа све гвоздане јексере и окове те се тако лађе распадају, или ако су лађе сувише чврсто оковане онда их са великих даљина к себи привлаче и разбијају.

У средњем се веку причало а и данас се говори како Мухамедов гроб између два огромна магнета слободно у ваздуху лебди.

Држало се још, да магнет изгуби своју привлачну моћ чим се додирне дијамантом, или попрска соком белога лука.

У осталом била је опште позната ствар како магнетизам има нарочитих лековитих особина у извесним болестима.

Оваких и сличних скаска и празноверица о магнетима има врло много, а не мало их је у нашем народу распростртo. Али оне су биле и остају само скаске, које никаква основа немају и измишљене су да само прост свет заведу или заплаше. Још почетком овога века, наш први физичар, Атанасије Стојковић о тој ствари овако пише: „Кажу да Мухамедов сандук у Меки у ваздуху међу два велика магнета виси; но нека мени опросте све турске хаџије — *то је — лаж:* слична другим лажима.“ —

Комади оваког магнетског камења, које се зове још и „прно камење“ (јер је у самој ствари црно), пошто већ по својој природи показују магнетске особине зову се: „*природни магнети*“. Било овим природним магнетима, било другим путем (као што ћемо доцније видети) ми смо у стању од комада гвожђа или челика вештачким путем правити магнете, па за то се они и називају „*вештачким магнетима*“ за разлику од оних првих.

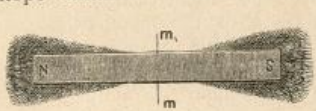
Гвожђе се лако магнетише али остаје намагнетисано само док је под утицајем магнетских сила; с тога се гвоздени магнети називају „*привременим, темпорерним магнетима.*“ На против челик тешко се ма-

гнетише али једном намагнетисан чува свој магнетизам и остаје стално магнетом. То су „*стални* или *перманентни магнети*.

„Природни“ и „вештачки“ се магнети по своме дејству *ни у чему* међу собом не разликују. Једина је разлика у томе, што природни магнети изгледају као обично црно камење неправилнога облика, док вештачким магнетима дајемо сасвим правилне облике и то онакве какви су нам у којој прилици потребни. С друге стране још, природни су магнети слабији и код њих је магнетизам неправилније распоређен него код вештачких магнета.

Кад говоримо о облику вештачких магнета, по себи се разуме да их можемо правити какве год хоћемо. Међу тим у главноме, вештачки магнети изгледају или као четвртасте или округле шипке, или имају облик потковичаст или изгледају као танке и дугачке плочице, које су у средини шире а на оба се краја савршују у шиљак (као обична писаћа гвоздена пера, кад само не би била савијена и кад би на две стране била зарезана — „магнетске игле“).

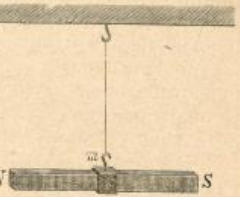
Кад узнемо један магнет (разуме се вештачки јер ћемо само о њима у будуће говорити), облика рецимо четвртасте шипке, па га посипемо гвозденим опиљцима, видићемо да ће се ти опиљци на крајевима шипке у у великој количини нахватати, а у средини их неће бити скоро никако. То нам већ показује три ствари: пре свега да један магнет не привлачи свима својим деловима подједнако; да је најјаче његово привлачење на крајевима, и да на против у средини нема никаквог привлачења. Тако се понаша сваки шипкаст магнет, па било да је та шипка права било да је савијана, као потковица.



Сл. 1.

Она места, којима магнет најаче привлачи (N и S) зову се *полови* магнетски и код сваког их магнета има *два*.

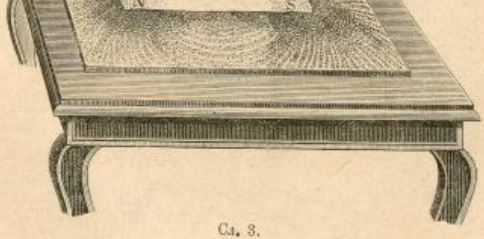
Ако такву магнетску шипку обесимо о конац да слободно виси као што показује сл. 2, онда ће магнет заузети одма један *извесан правац*, и то правац са *севера на југ*. Ако га из тог правца изведемо, он ће се у њ' вратити и у њему остати тако, да један његов пол (и то увек један и исти) гледа на север — *северни пол*, а други на југ — *јужни пол*.



Сл. 2.

Ако тако слободној магнетској шипки, која је већ заузела северо-јужни правац приближимо другу магнетску шипку, онда ће се одговарајући полови те две шипке разно понашати: ако северни пол једне шипке приближимо северном полу друге, онда ће се ти *једноимени* полови *одбијати*; исти ће случај настати и ако јужни пол принесемо јужном полу. На против, ако северни пол једне шипке принесемо јужном полу друге или обратно, та ће се два *разноимена* пола *привлачити*. Из оваких експеримената изведен је општи закон: *једноимени полови два магнета одбијају се а разноимени се полови привлаче*. —

Положимо једну магнетску шипку на сто и покримо је листом круте хартије. Ако са неке висине пустимо,

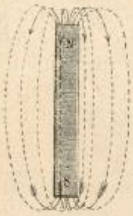


Сл. 3.

да падају на лист хартије гвоздени опиљци они ће се поређати извесним редом по хартији и дати слику 3. То су тако зване „*магнетске слике*“ или „*магнетске сенке*“.

Ове слике показују да магнет привлачи гвоздене опиљке не само у непосредној својој близини него и на извесној даљини, и да један магнет свуда око себе распростире своје магнетско привлачење или одбијање. И онај простор, до кога допире дејство једнога магнета зове се *магнетско поље*.

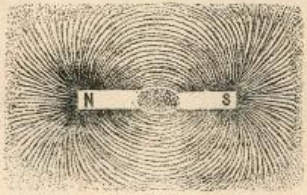
Разгледајући из ближе природу магнетских слика, видимо да се опиљци у њима ређају по извесним кривим или боље рећи савијеним линијама које се зову *линије магнетских сила* или краће, *магнетске линије*. И онде где су те линије збијеније, магнетско је поље јаче; онде где су оне ређе и магнетско је поље слабије.



Сл. 4.

Обично се узима да магнетске линије код једног истог магнета, имају извесан смисао, па се каже, да полазе или извиру из северне половине магнета и да улазе или да утичу у јужну половину. То се види на слици 4, где стрелице показују смисао магнетских линија.

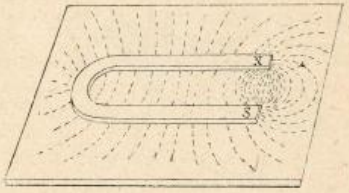
Као год што се гвоздени опиљци ређају по магнетским линијама и дају магнетске сенке код праве магнетске шипке, где су полови противу положени један другом, исто таких ћемо слика добити и код потковичастих магнета, где су полови један поред другога. Сл. 5. показује магнетску сенку таквог магнета, која се добија, кад се магнет усправно држи и на полове његове (N и S) мете лист хартије па посне опиљцима. На против магнетска сенка изгледаће као у сл. 6. кад се такав потковичаст магнет



Сл. 5.

положи и по целој се његовој дужини на оба крака мете лист хартије.

У опште узев, магнетске слике или магнетске сенке могу бити врло различите према томе, да ли имамо посла само са половима једнога магнета или магнетска поља разних магнета једна у друга прелазе и једна на друга утичу. Што је нарочито важно за нас да знамо јесте ово: Ма каква била магнетска слика некога магнетског поља, сваки комад гвожђа или челика унесен у то поље ремети распоред магнетских линија тога поља. То бива пак због тога, што сваки такав комад гвожђа или челика, унесен у магнетско поље постаје и сам магнетом и својим пољем па дакле и својим магнетским линијама утиче и мења магнетску слику првога магнета.



Сл. 6.

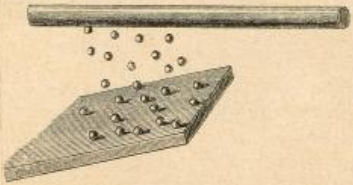
*

Као год што су стари грчки философи знали, да „црни камен“ *привлачи и држи уза се* ситно гвоздено комаће, исто је тако њима било познато да ћилибар грчки зван „електрон“ може да *привлачи и да одбија* лака тела. Тале Милећанин, један од седморице грчких мудраца вели, „да је у ћилибару скривена нека душа која привлачи, као неким дахом, лака тела.“

Тек Плинније, шест стотина година доцније додаје, да тек „*трењем* добија ћилибар топлоту и живот.“

И заиста ако протремо каквом вуненом или свиленом крпом или комад ћилибара или комад стаклета, црвеног воска, сумпора или какве смоле, приметићемо, да ће та протрвена тела, привлачити себи лаке куглице од зове (сл. 7.) или комадиће хартије и т. д. задржати

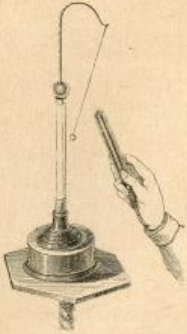
их кратко време уза се па их опет одбити натраг. Све то показује: да су тако протрвена тела дошла у неко ново стање у коме пре трења нису била и то се ново стање назива *електрично стање* или се још каже да су таква тела *наелектрисана*; да тако наелектрисана тела привуку себи друга тела која ни су у том стању, саопште им то своје стање то значи наелектришу их додиром и одбију их. Према томе већ можемо поставити ово правило: наелектрисана тела привлаче себи неелектрична тела, а одбијају их пошто их наелектришу.



Сл. 7.

То правило морамо одма допунити новим експериментима. Ми ћемо протрвеном (дакле наелектрисаном) стакленом шипком привући једну зовину куглицу обе-

Сл. 8.



Сл. 9.

шену о свилен конац (сл. 8.) и она ће се пошто додирне стаклену шипку, одбити од ње. (сл. 9.) За тим ћемо при-

ближити истој куглици протрвену шипку црвеног воска и видећемо, како црвени восак не одбија мало час стаклетом наелектрисану куглицу него је на против, привлачи, задржи је неко кратко време уза се па је одбије. Ова, црвеним воском одбијена куглица приближиће се по нова стакленој шипци па пошто се напуни њеним електрицитетом одбиће се по нова од ње, али ће се приближити воштаној шипци и т. д.

Ти експерименти јасно показују да има неке разлике између електрицитета, који постаје на стаклету и онога што постаје на воску. Због те разлике се онај електрицитет, што се скупља на стаклету, зове *положни* а онај што га налазимо на воску, *одречни електрицитет*. Даље видели смо, да кад је куглица наелектрисана стакленим, т. ј. положним електрицитетом она се од стаклета одбија, али прилази воштаној шипки. И обратно, кад се куглица напуни воштаним — одречним — електрицитетом она се одбија од воска али се приближује стаклету. Према томе, горње правило можемо као и код магнетизма овако изрећи: *једноимени се електрицитети одбијају а разноимени се привлаче.*

Рекли смо мало час, како ће електрицитет, простим додиром зовине куглице са ма којом шипком прећи са шипке на куглицу. У погледу тога прелаза електрицитета са једног тела на друго, понашају се разна тела врло различито. Има тела, код којих, кад се електрицитет пренесе само на једну њиову тачку, он се распросте по целом телу, а има их и таквих, где електрицитет остане само на додирнутом месту али се даље по телу не преноси. Она прва тела зову се *спроводници* или *кондуктори* електрицитета а ова друга *неспроводници, осамници* или *изолатори* или још и *диелектрична тела.*

Спроводљивост разних тела за електрицитет врло је различита: најбољи су спроводници метали, а за њима долази угљен. Доста рђаво али ипак спроводи вода. У неспроводнике спада вуна, свила, стакло, порцелан а нарочито смола, гутаперка и тврди каучук. Ваздух кад је сув неспроводник је, кад је влажан долази

међу рђаве спроводнике. У добре спроводнике долази и човечије тело.

Кад имамо посла са телима, која су добри спроводници (на пр. метали) па хоћемо да на њима очувамо електрицитет, онда их са свију страна обавијамо неспроводницима. За такав се спроводник онда каже да је *осамљен* или *изолован*. Због тога су метални делови електричних справа обично изоловани стакленим дршкама или стубовима. У место стаклета узимље се често ма који други од горе побројаних неспроводника као изолатор. Метална наелектрисана кугла, само ће тако очувати на себи свој електрицитет ако је на пример насадимо на стаклену шипку и држимо у сувом ваздуху, јер су оба та тела неспроводници или изолатори.

Кад металну и изоловану куглу ма којим путем наелектришемо било положним било одречним електрицитетом, дознаћемо експериментом, да ће се сав електрицитет нагомилати, само *на спољашној површини те кугле, па била кугла шупља или пуна*. Тај закон не вреди само за куглу него и за друге спроводнике ма какав био њихов облик. Једина разлика, коју ћемо опазити код спроводника разних облика јесте у томе, што се неће увек једнаке количине електрицитета нагомилати на свима деловима тих спроводника (ако ти спроводници ни су кугле) него ће на неким њиховим местима бити више електрицитета а на некима опет мање. Другојаче се то још каже, да електрицитет по површини таквог једног тела, није свуда једнаке *густине*. Тако на пример код кугле, електрицитет ће се по целој њеној површини разастрти подједнако; другим речима, густина електрицитета на кугли је свуда једнака. (сл. 10) На против ако спроводник изгледа дугуљаст (елиптичан), онда ће мање бити електрицитета на затупљеним деловима а више на зашиљеним (сл. 11.) Ако спроводник изгледа као цилиндар

Сл. 10.

Сл. 11.

који је на оба краја полулоптама завршен (сл. 12) онда ће густина електрицитета бити највећа на крајевима. Најзад био спроводник ма каквог облика, ако се он ма на ком свом делу сврши у шиљак, густина ће електрицитета бити највећа на шиљку.

Сл. 12.

Врло често се, говорећи о електрицитету не спомиње густина његова него се говори о „*електричном напону*“ на разним телима. Да би дакле и за такав говор били спремни, ваља да приметимо да електрични напон зависи од густине електрицитета и да је тај напон у толико већи у колико је густина електрицитета већа. У колико дакле на појединим местима некога тела има више електрицитета у толико је густина тога електр. на тим местима па дакле и напон већи Највећи је електрични напон на шиљцима а најмањи на равним површинама.

Ако неко тело напуњено електрицитетом извесног напона може свој електрицитет да испусти или да испразни, онда ће тај електрицитет најпре одићи оним крајем тога тела где је напон највећи. Због тога се на телима која се завршују у шиљак, врло тешко и скоро никако не може задржати електрицитет, јер ће због сувише великог напона на шиљцима електрицитет савладати неспроводност ваздуха и *испразнити се*. То је *пражњење* са шиљака тако нагло, да пири као ветар. (сл. 13.)

Кад два тела, напуњена супротним електрицитетима додирнемо, онда ће се обе те врсте електрицитета (ако су једнаке по количини) сјединити и узајамно уништити. За овако сједињавање електрицитета каже се да се електрицитети „празне“ и такво се пражњење зове *додирно* или *контактно пражњење*.

Сл. 13.

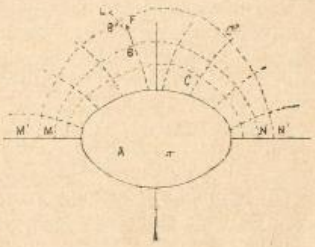
(Ако би једне врсте електрицитета било више а друге мање, онда ће се од првога само толико сјединити колико буде било овог другог.) Али се два супротна електрицитета једине не само непосредним додиром тела на којима се они налазе, него и кад та два тела толико само приближимо да напони њихових електрицитета могу да савладају неспроводност ваздуха или да *пробију* онај слој ваздуха или оног неспроводника који их раздваја. И ту се електрицитет између два тела празни, само се сад такво пражњење назива *пробојно* или *дисруптивно пражњење*. Свако такво дисруптивно пражњење или једињење два супротна електрицитета прати јачи или слабији звук, а пут на коме се они сједине, или испразне усија се и засветли. То је тако звана *електрична варница* или *светлац*. (сл 14)

Сл. 14.

Електрична ће варница бити у толико светлија а пуцањ који је прати у толико јачи, у колико је веће растојање на коме се супротни електрицитети једине или што је једно исто, у колико су веће густине па дакле и напони обе врсте електрицитета.

Као год што се код магнетизма назива магнетским пољем онај простор у коме какав магнет може да привлачи или одбија гвоздена тела, исто се тако и онај простор, до кога се простире привлачење или одбијање једног наелектрисаног тела, зове *електрично*, или још потпуније *електро статичко поље*. Свако лако тело, које ма којим путем западне у електрично поље неког наелектрисаног тела, биће к њему привучено, и кретаће се према њему по некој извесној линији која се зове слично као и код магнетизма, „*електрична линија*,“ или „*ли-*

нија електричних сила.“ Нека је тело A (сл. 15) такво наелектрисано тело. Ми ћемо једном линијом MBN саставити оне тачке у електричном пољу тога тела, које имају један исти напон. Исто тако линија M'B'N' показује тачке, које међу собом имају исти напон али који се напон разликује од напона оних тачака које су на линији M B N. Те се линије зову *„линије једнаког електричног напона.“* Пошто таквих линија једнаког електр. напона има свуда у наоколо око наелектрисаног тела, то оне све скупа представљају извесну површину, која се зове *„површина једнаког електричног напона“*. Таква једна површина пролази линијом MBN, друга, линијом M'B'N' и т. д. (Линије једнаког напона представљене су овде само у опште без обзира, да ли би оне око таквог спроводника заиста такав облик имале).



Сл. 15.

Нека је у тачки B неко лако тело наелектрисано истим електрицитетом као и A. Пошто се B налази у електричном пољу тела A, оно ће као лакше, бити одбијено и кретаће се рецимо линијом BL. Та се линија зове *„линија електричних сила“*. Таква је иста линија и CC' као и све остале које од тела A полазе.

Ако је наелектрисано тело кугла, онда, пошто је на свима местима кугле густина електрицитета једнака, површине једнаког напона биће све саме концетричне лопте. Електричне пак линије биће све сами полупречници који полазе из средишта наелектрисане кугле на све стране.

Рекосмо мало час, да је тачка B што је запала у поље тела A, наелектрисана истим електрицитетом, не споменувши ништа, *колико* има електрицитета у B. Рецимо сад да је количина тога електрицитета у B равна

јединици. Пошто ће се тачка B одбијена телом A удаљавати од њега, она ће тиме вршити неки извесан *електричан рад*. По себи се разуме, да рад, који је узета јединица електрична извршила дошав ма од куд у B, није исти са радом који је она извршила док је стигла са истог места у B'. И та разлика у раду, који ће извршити електрична јединица дошав из B у B' зове се *разлика електричног потенцијала* између тачке B и B' у електричном пољу тела A.

Тачка B налази се на линији MBN па дакле и на површини неког извесног електричног напона. С друге стране у њој је оличен неки извесан рад, који је електрична јединица извршила док је до B стигла; тај се рад назива још и *потенцијал у тачки B*. Пошто с једне стране све тачке, које се налазе на линији M B N (па и на површини која кроз ту линију пролази) имају исти електрични напон; с друге опет стране све тачке на тој линији (па дакле и на површини) имају исту вредност рада т. ј. потенцијала, онда значи, да линије и површине једнаког електричног напона у исти су мах и *линије и површине једнаког електричног потенцијала*

Површине једнаког електричног напона, или површине једнаког потенцијала зову се још и *нивдске површине* и оне омотавају извесно наелектрисано тело са свију страна од прилике онако као што љуске у црнога лука омотавају језгру његову.

Појам о електричном потенцијалу игра велику улогу у науци о електрицитету, а нарочито у радовима Теслиним. С тога морамо још једном сличношћу покушати, да га што је могуће боље објаснимо.

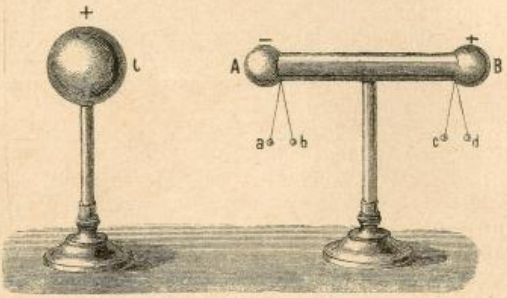
Појаве, које смо видели да постају у след привлачења електричних тела, врло су сличне са појавама, које долазе у след привлачења наше земље и тела на њеној површини. Попнимо се на врх некога брежуљка па пустимо оданде какав камен да слободно низ брег пада: он ће се одкотрљати низ брдо описујући извесну путању. Та путања одговара у електрицитету „линији електричних сила.“

Кад камен дође до дна брега, тежа, која га је привлачила и у след које је он и пао са врха, извршила је извесан рад, који је у толико већи, у колико је већа разлика између нивоа на коме је врх брега и нивоа на коме се камен зауставио. Исто тако код електрицитета, рад електричних сила у толико је већи у колико је већа разлика између нивоских електричних површина између којих се електрично тело креће или другим речима у колико је већа разлика потенцијала на првом и другом положају електричнога тела.

Кад тежак камен пада, рад привлачне снаге земљине, који се тим поводом врши, *положан је* или *активан*; ако камен бацимо у вис рад теже је *одречан* или *отпоран*; у првом случају камен се креће према местима којих је висина све мања и мања, у другом пак случају камен долази на све више и више положаје. Исто тако и код електрицитета; ако је електрично поље положно, па се у њему налази положна електрична јединица, она ће се од наелектрисаног тела удаљавати идући у пределе у којима електрични потенцијал све више и више опада: онда је електричан рад *положан*; На против ако би положну електричну јединицу принудили да се приближује наелектрисаном телу, она ће се кретати пролазећи кроз места у којима електрични потенцијал расте: рад електичних сила је онда *одречан*. —

Пошто смо видели да свако наелектрисано тело има своје електрично поље по коме се простире његово привлачно или одбојно дејство, узнимо такву једну наелектрисану куглу С (сл. 16) и метимо у њено поље изоловани спроводник АВ који није наелектрисан и који се налази у обичном или тако званом „неутралном“ стању. За та тела у неутралном стању држи се, да су пуна обе врсте електрицитета, али да су обе врсте у истој количини међу собом измешане па с тога тело не показује никакве електричне особине. Да је то тако, показаће нам ово што долази. Пошто смо спроводник АВ метули у поље кугле С, она ће на спроводнику АВ раздвојити измешане обе врсте електрицитета једну од друге, па ће електрицитет супротног имена, т.ј. одречни

привући себи код A а одбити од себе истоимени т.ј. положни електрицитет у B. Овако раздвајање или растављање измешаних електрицитета у неутралним телима зове се *електрична инфлуенција* или *електрично*



Сл. 16.

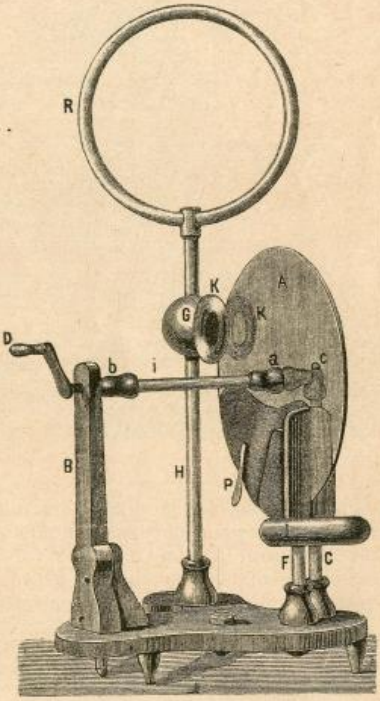
упливисање. Онај електрицитет што се налази на спрам наелектрисаног тела, дакле овде онај што је у A, зове се електрицитет „прве врсте;“ онај пак што се скупља на супротној страни, код B зове се електрицитет „друге врсте.“

Један електрицитет, и то онај прве врсте зове се још и „везани“ а онај друге врсте зове се „слободни“ електрицитет; јер ако спроводник AB додирнемо руком то јест доведемо га у везу са земљом, електрицитет друге врсте отићи ће кроз наше тело у земљу а на спроводнику AB остаће само електрицитет прве врсте који је кугла C „везала.“ И ако сада спроводник AB изнесемо из електричног поља кугле A, везани ће се електрицитет ослободити и спроводник ће бити свуда наелектрисан *одречним* електрицитетом (пошто је кугла наелектрисана *положним*) и оном густином која његовом облику одговара.

Као што видимо, тим путем, могу се електрисати тела и без трења, једино уношењем у електрично поље

некога тела, и одвођењем невезаног електрицитета, који се на томе телу у след инфлуенције породи.

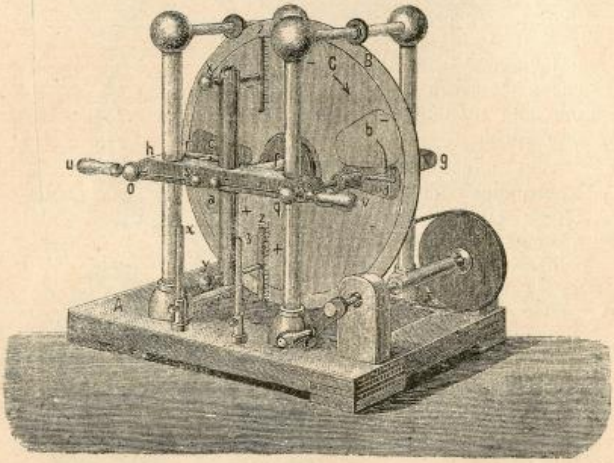
Било трењем какве стаклене или воштане шипке, било уношењем каквог спроводника у електрично поље неког наелектрисаног тела, ми смо у стању произвести положан или одречан електрицитет, али увек у *малој количини*. Ако нам треба више електрицитета онда ћемо на то употребити такво зване *електричне* или потпуније, *електростатичке машине* које ће нам дати електрицитета онолико колико нам треба.



Сл. 17.

Има двојаких електричних машина: једне производе електрицитет *трењем* какве веће или мање стаклене плоче *A*, (сл. 17) коју окрећемо ручицом D између јастучића P, о које се плоча таре и тиме електрицитет даје; тај електрицитет са плоче прелази и скупља се на „кондуктору“ G, одакле се може додирно или дисруптивно празнити. Друга врста електростатичких машина производи

електрицитет не трењем већ *инфлуенцијом* једне или више стаклених плоча, које такође окрећемо и тим окретањем доводимо разне делове плоче у електрично поље извесних органа машине у след чега се у плочи производи инфлуентни електрицитет. Таква једна машина представљена је на сл. 18, на којој видимо стаклену округлу плочу B која је непокретна и наелектрисана



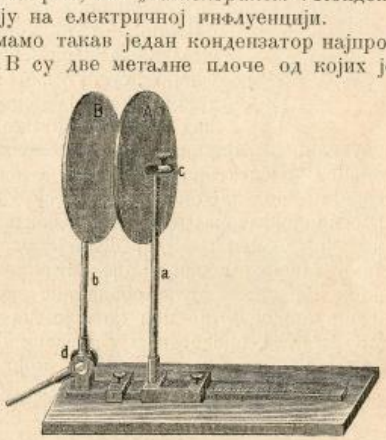
Сл. 18.

(обично тиме што ћемо пре почетка рада протрти једну плочу од тврдог каучука или ебонита па додиром њен електрицитет пренети на B). У електростатичком пољу плоче B, окреће се округла стаклена плоча *C* на којој инфлуенцијом постаје електрицитет, који се даље одводи и скупља на куглицама *s* и *t* где се дисруптивно празни. Сл. 18 представља тако звану Холцову машину о којој ће бити реч у Теслиним експериментима.

Електрицитет који добијамо поменутим електричним машинама, за извесне наше циљеве, у опште је слабога

напона или потенцијала, а нама је често потребан електрицитет високог потенцијала. Тога ради се на извесне спроводнике наслаже у место једног, више слојева електричних; другим речима, електрицитет се гомила или згушњава у справама које се зову *кондензатори*. Кондензатори су у опште врло простог састава и имају у себи обично два спроводника раздвојена једним неспроводником или изолатором, или „*диелектриком*“. Кондензатори се оснивају на електричној инфлуенцији.

На сл. 19 имамо такав један кондензатор најпростије врсте. А и В су две металне плоче од којих је само А изолована на стакленој дршци а В је везана са земљом. Између њих налази се слој ваздуха, који има улогу диелектрика. Електрицитет из машине донесе се у плочу А, који се по њој растури и инфлуенцијом изазове у В обе врсте електрицитета од којих



Сл. 19.

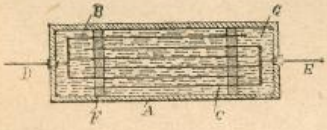
невезани електрицитет иде у земљу а везани остане. Нове количине електрицитета које из машине долазе на А раде то исто те се тако и на једној и на другој плочи наслаже више слојева електричних, но што би то било да те плоче нису ушле једна другој у електрично поље.

Најобичније употребљен кондензатор је тако звана *лајденска* или *Клајстова боца*, која је направљена од једне боце или флаше обложене изнутра и с поља каквом металном облогом, на пример калајном хартијом или стањолом. Сл. 20 представља таку једну флашу у пресеку еда би се боље видео њен склоп. С поља је флаша

обложена стањолом (B) а изнутра у место облоге, напуњена је флаша згужваним стањолским листовима (A). Кроз запушач пролази метална шипка која је у вези са тим листовима. Стаклени дувар флаше, који раздваја спољашњу облогу од унутрашњих листова, јесте диелектрик, кроз који се изазива инфлуентни електрицитет. Обично је унутрашња облога (овде листови) у вези са машином, која даје електрицитет а спољашња је спојена са земљом.

Сл. 20.

Овако згуснут или конданзован електрицитет у лајденској флаши празни се, кад се састави спољашња облога са унутрашњом. Варница је у томе случају веома јака. Код првог кондензатора диелектрик је био ваздух, код другога, т.ј. код лајденске флаше тај је диелектрик стакло. Има кондензатора где је употребљен као диелектрик тврди каучук, лискун и т. д. Тесла је у својим експериментима нашао, да сви ти диелектрици нису сигурни и да добро не изолирају спроводнике за то је он направио један кондензатор, код кога је диелектрик зејтин или уље. Сл. 21 представља у пресеку Теслин кондензатор који је он патентирао 8 Децембра 1891 год. B су три упоредне металне плоче једног пола а C су такође три одговарајуће плоче другога пола. Оне су утврђене и затворене у кутији A, која је напуњена уљем G. Из кутије излазе само спроводници D и E, који су у вези са плочама B и C.



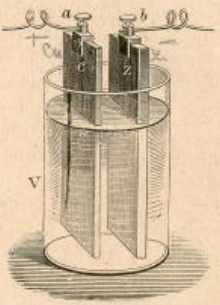
Сл. 21.

*

Електрицитет о коме је до сад било говора и који смо изазивали било трењем било инфлуенцијом, зове се *статички електрицитет*. Ми смо тај електрицитет иза-

зивали на разним телима, или смо га згушњавали на кондензаторима па смо га од један пут испразнили и тиме добили електричну варницу. Кад би ми електричном машином, на једном њеном делу производили електрицитет, па га у исти мах металном жицом одводили и празнили, онда би кроз жицу непрестано протицао електрицитет и то би се протицање звало *електрична струја*. Али добијање електричне струје помоћу поменутих електро-статичких машина је врло незгодно и непрактично, за то се њима и не производи струја. Електрична се струја много згодније и лакше производи тако званим *галванским елементима*.

Галвански или Волтин елеменат у најпростијем свом облику, показује сл. 22. У стаклену се чашу наспе до извесне висине мало закишељене воде и у њу се замоче две металне плоче: једна бакарна C а друга цинкена Z. За сваку се плочу привеже једна жица, које кад се саставе, онда кроз њих протиче врло слаба електрична струја. Од бакра полази положан а од цинка одречан електрицитет; и за то се жица везана за бакар зове положна а она друга, везана за цинк одречна жица, или још за бакар се каже да је то положан а за цинк одречан *пол*. Ове се спроводне жице зову још и *електроде*, наравно једна положна а друга одречна.



Сл. 22.

Не треба мислити, да постоји каква битна разлика између електрицитета, који добијамо из електростатичких машина и онога што га даје галвански елеменат. Разлике има, али та разлика није у суштини, већ у облику у коме се та два електрицитета јављају. Кад саставимо положни и одречни електрицитет из машине, добићемо прилично јаку варницу; спајање супротних полова галванског елемента или не ће дати никакву или

једва приметну варницу. Ел. ст. машина даје мало електрицитета али под великом напоном или притиском; галвански елеменат даје много више електрицитета али му је напон врло слаб. Статички електрицитет наличи на врло танак водени млаз, који са велике висине пада а галвански личи на какву реку која једва отиче.

Ако су нам потребне јаке галванске струје, састављаћемо више галванских елемената заједно. То пак састављање можемо извршити на два начина: или ћемо бакар једнога елемента везати за цинк другога и тако даље док све елементе не повежемо и док нам с једне стране остане слободан цинкени а с друге бакарни пол, или ћемо све цинкене крајеве повезати уједно за себе а бакарне такође за себе. Резултат не ће бити један исти; у првом случају, ако смо имали рецимо десет елемената, добићемо исту количину струје али десет пута већег напона, а у другом имаћемо исти напон али десет пута више струје. За први се начин спајања каже да је по *напону* или *у низу*, а за други да је по *количини* или *упоредо*.

Овим ћемо примером још боље схватити разлику између спајања елемената по количини и по напону. Узнимо десет шмркова за воду, од којих сваки може извући један кубни метар воде, један метар високо за минут. Ми можемо тих десет шмркова тако наместити да сваки за се извлачи свој кубни метар воде и подиже га на висину од једног метра; тако ћемо добити *десет куб. метара воде* на висини *од једног* метра. Или можемо шмркове тако поређати, да кубни метар воде који је први шмрк издигао један метар високо предамо другоме, који ће га издићи још за један метар, за тим трећему, који ће га поново издићи за један метар и т. д. док десети шмрк не издигне исти тај кубни метар воде на десети метар висине. Овим смо путем добили *један* кубни метар воде подигнут *десет метара* високо. У првом случају имали би десет пути више воде са падом од једног метра а у другом само један кубни метар али са десет пути већим падом. Прво спајање шмркова

било би „по количини," а друго „по паду" или електрички говорећи „по напону."

Не треба мислити, да морамо увек свих десет елемената везати или по количини или по напону. Могли смо само два по количини па таквих пет пари по напону, или обратно. Колико ћемо пак елемената од неког извесног броја везати на један а колико на други начин, зависи од циља на који желимо струју употребити. Овако везани елементи па ма на који било начин зову се „*галванска батерија*."

Све ово што смо рекли за спајање галванских елемената, вреди и за спајање више лајденских боца, јер се и од њих може направити „*лајденска батерија*" у којој могу боце бити спојене или „*по напону*" (кад се *спољашња* облога једне боце стоји са *унутрашњом* облогом идуће) или „*по количини*" (кад се *унутрашње* облоге свију боца споје *међу собом* а тако исто све *спољашње* облоге *међу собом*.

Галвански елеменат представљен сликом 22, или елеменат са *једном* течношћу употребљен је махом онда где се тражи струја на кратко време. Кад нам је потребно да струја дуже време дејствује, узећемо елементе са *две* течности, јер се на тај начин уклања тако звана *поларизација*.

Елемената са једном као и са две течности има врло разних система и ми се нећемо задржавати око њиховог набрајања. Као најупотребљенији елеменат са две течности, бар код нас у телеграфу, јесте Данијелов елеменат, код кога су две течности: разблажена сумпорна киселина са цинком, и раствор плавог камена са бакром.

Код сваке електричне струје, ма на који начин она постала, имамо да разликујемо ово троје: *напонску* или *потенцијалну разлику* између оба пола; та се разлика зове још и *електромоторска снага* струје; за тим *јачину* или *интензитет* струје и најзад *отпор* на који струја на свом путу наилази. Електромоторска снага, интензитет и отпор струје везани су међу собом сталним

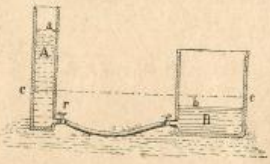
односом који је познат под именом *Омовог закона* и који је изражен овим разломком:

$$\text{Интензитет} = \frac{\text{електром. снази}}{\text{отпором.}}$$

Мало час смо напоменули, колика је важна улога појма о *потенцијалу* код статичког електрицитета. Не мања је његова улога и овде код галванске струје па за то ћемо се још мало око тога задржати.

Најлакше ћемо објаснити улогу потенцијала или још боље појам о разлици потенцијалској између два супротна пола, згодним упоређењем са другим познатим већ појавама.

Узнимо два суда А и В (сл. 23) у којима има воде. Ако је ниво воде у једном суду виши од нивоа у другом, течност ће одма отицати из једног суда у други чим се отворе славине на цеви, која та два суда спаја. Протицање ће бити у толико јаче или другим речима вршиће се тим већим интензитетом, у колико је разлика водених нивоа већа.



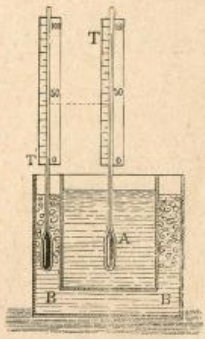
Сл. 23.

Брзина протицања воде или јачина водене струје у цеви не зависи од количине воде у судовима већ на првом месту од *разлика нивоа*. Најмањи извор шаље своју воду у море једино за то што је на вишем нивоу од мора.

Разлици нивоа код течности потпуно одговара *разлика потенцијала* код електрицитета. Брзини или јачини протицања воде кроз цев, одговара интензитет или јачина електричне струје. На послетку, пошто вода протичући кроз краћу или дужу цев наилази на мањи или већи отпор, тако исто и струја пролазећи кроз спроводну жицу наилази на отпор који је у толико већи у колико је жица дужа или тања Што је отпор било код воде било код струје већи, у толико је по

себи се разуме јачина било водене било електричне струје мања.

Другу сличност налазимо код топлоте, јер ће топлота са топлијег тела прелазити у толико снажније на ладније тело, у колико је *разлика њихових температура* већа. Ако су A и B (сл. 24) два таква тела, да у једноме термометар T' показује, вишу температуру него што показује термометар T' у другоме телу, чим се таква два тела саставе, топлота ће прелазити са тела A на B. Термометар T ће падати а T' расти док се температуре у оба тела не изједначе. Према томе, *температурска разлика* два тела у топлоти, одговара *потенцијалној разлици* два пола код електрицитета.



Сл. 24.

Исто нам такву сличност показује протицање гасова кад су под разним притисцима. Два суда R и R' (сл. 25) пуна су рецимо ваздухом али под разним притисцима које показују манометри P и P' Ако је притисак у R већи но у R', ваздух ће отицати из мањег суда у већи чим се отворе славине на цеви, која та два суда спаја, и манометар P ће падати а P' ће расти. Протицање ваздуха или ваздушна струја у спојној цеви трајаће све дотле, док се притисци у оба суда не изједначе. Овде дакле

Сл. 25.

видимо да *разлици притисака* два гаса одговара *разлика потенцијала* у електрицитету.

Ако је суд R' врло велики према суду R ваздух, који полази из R и иде у R' не ће знатно променити притисак P'. Онда се може казати: ако се неки мали суд R споји са неким бескрајно великим судом R', онда ће у суду R владати исти притисак P' као и у R'.

Земља игра у електрицитету исту улогу као мало час суд R' кад се замисли да је бескрајно велики. Сваки спроводник спојен са земљом, заузме одма њен потенцијал. Усвојено је пак да је потенцијал земљин раван нули. Због тога, кад хоћемо неки спроводник да испразнимо т. ј. кад хоћемо да заузме потенцијал нулу, ми га доводимо у везу са земљом. И онда, сваки потенцијал *виши* од земљиног јесте *положан*; сваки потенцијал *нижи* од земљиног је *одречан*.

Пошто смо видели да код сваке електричне струје морамо водити рачуна о електромоторској снази или потенцијалној разлици, о интензитету и отпору, потребно је да споменемо и каквим се мерама те величине мере. Да пођемо од отпора. Отпор се мерио до скора разним јединицама, али је данас свуда усвојена једна јединица Каже се, да је отпор раван јединици онда, кад струја прође кроз живин стуб дугачак од прилике 106 сантиметара а који има у пресеку један квадратни милиметар. Жива треба да буде на температури на којој се лед топи. Та се јединица зове „*ом*“ у част немачком физичару Ом-у који је пронашао горе поменути закон, који се по њему зове „Омов закон.“

Потенцијална разлика или електромоторска снага мери се нарочитом јединицом која се зове „*волт*“ у част талијанском физичару Волти, који је први пронашао галвански елеменат.

Најзад интензитет струје мери се „*амперима*,“ у част француском физичару Амперу, који је први проучио утицај електричких струја на магнете, као што ћемо мало доцније видети.

Према свему томе Омов се закон изражен овим јединицама може овако написати:

$$1 \text{ ампер} = \frac{1 \text{ волту}}{1 \text{ омом.}}$$

*

До сад смо дознали за два начина произвођења електрицитета:

1. електростатичким машинама
2. галванским елементима

Споменули смо, како нема битне разлике у електрицитету добијеном тим разним путевима и да сва разлика постоји у потенцијалу. С тога се електростатичке машине називају справе за произвођење електрицитета са *високим потенцијалом* док галвански елементи производе електрицитет *ниског потенцијала*.

До пре неколико година били су галвански елементи једини практични извор за електричну струју; они су и данас употребљени у телеграфији и телефонији. Између осталих недостатака са практичног гледишта најважнији је, њихова скупоћа и за то се нигде не узимљу за већа индустријска електрична предузећа. За последњих 10—15 година дошло се до машина, које производе врло јаку струју по много јевтинију цену у след чега је електрицитет и добио толику индустријску примену какву данас има. То су тако зване „*динамо електричне машине*“ о којима ћемо сада говорити.

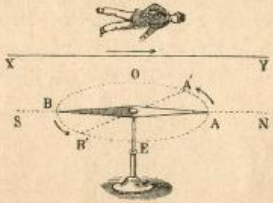
Динамо електричне машине основане су на веома важном односу који постоји између магнетизма и електрицитета. Ти се односи дају поделити на две групе: на *електромагнетизам* и на *индукцију*.

У електромагнетизам долазе утицаји електричне струје на готове магнете као и на тела која се у магнете могу претворити, дакле у главноме на гвожђе и челик. Ево какви су ти утицаји.

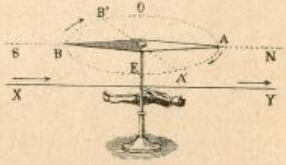
Кад поред слободне магнетске игле (за коју знамо да ће заузети правац са севера на југ,) проведемо

жицу, кроз коју пролази галванска струја, игла скреће из свог првашњег положаја и тежи да се укрсти са струјом. Тај утицај галванске струје на магнетску иглу пронашао је дански физичар *Ерстед* још 1819 год. а подробније проучио француски физичар *Ампер*, чије смо име мало час споменули. Ампер је поставио ово правило за скретање игле у след електр. струје: *северни пол магнетске игле увек скреће на леву страну струје.* Да би одредио леву страну струје, Ампер замишља да у жици, кроз коју пролази струја лежи посматрач тако, да гледа у иглу и да му струја улази код ногу а излази код главе; *лева страна посматрача биће лева страна струје.*

Како то бива, види се на сл. 26 и 27. Струја пролази кроз жицу X Y, у којој је замишљен посматрач, који гледа у магнетску иглу A B. Северни пол игле у



Сл. 26.

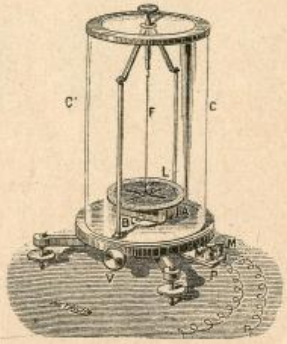


Сл. 27.

оба случаја скренуће лево од струје дакле заузеће положај A' B' али ће то ићи другојаче кад је жица изнад игле (сл. 26.) а другојаче опет кад је та жица са струјом испод игле. (сл. 27.)

Скретање је магнетске игле у толико јаче у колико је јача струја. С тога се та особина магнетске игле употребљује у справама које се зову *галванометри* и које служе за мерење струје и по смислу и по јачини. Такав један галванометар представљен је на сл. 28. Струја се пропушта кроз спиралу A B (која се свршује код M и M'. Тиме је дејство струје на иглу много јаче кад пролази кроз више жица него само кроз једну. Магнетска игла виси на концу F.

Али електрична струја утиче не само на готове магнете, већ се њен утицај простире и на тело која се могу намагнетисати као на пример гвожђе и челик. Ако око комада гвожђа, које се сад зове гвоздено језгро сл. 29 омотамо бакарну изоловану жицу па кроз њу пропустимо струју, гвожђе ће се тог тренутка намагнетисати и остати магнетом све док струје траје. Чим се струја прекине и гвожђе изгуби магнетизам. Оваки магнети, који постају од гвожђа док око њих обилази електрична струја и који свој магнетизам изгубе престанком струје зову се *електромагнети* или још *привремени магнети*.



Сл. 28.

Најбољи се електромагнети праве од тако званог *меканог гвожђа*, јер друге врсте гвожђа и по престанку струје задрже некад више а некад мање магнетизма. Нарочито је у том погледу важан челик, који се истина у след струје теже намагнетише али по престанку струје свој магнетизам задржава. То су, као што знамо, *трајни* или *перманентни магнети*.

Сл. 29.

Били електромагнети прави, били потковичастог облика, електрична се жица може намотати или не посредно око самога гвожђа као у сл. 29 или се омота око шупљег калема, кроз који је гвоздена шипка продевена. сл. 30, 31 и 32.

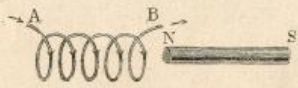
Сл. 30.

Најзад имамо да додамо, да се и сама спирала савијена од бакарне жице понаша као магнет и без гвозденог језгра у њој, кад само кроз жицу пропустимо струју. Тако спирално савијена жица назива се *соленоид*, и ако се такав соленоид слободно може окретати, онда ће, кад кроз њ' прође струја, заузети као прави магнет правац са севера на југ. На једном ће крају спирале бити северан а на другом јужан пол, према смислу, којим струја кроз жицу протиче.

Сл. 31.

Сл. 32.

Ако је AB таква спирала, (сл. 33) а поред ње магнет NS. онда ће спирала привлачити магнет ако струја тако иде, да је јужни пол спирале код B (северни пол магнета је код N) и то је привлачење тако јако, да ће магнет ући у саму спиралу. Ако само променимо правац струје те код B постане северни пол, спирала ће избацити из себе магнет.



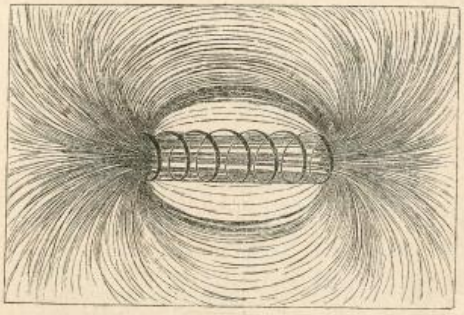
Сл. 33.

(Нарочито важну примену нашло је то привлачење и одбијање соленонда код тако званих диференцијалних пламених електричних лампа).

Соленоиди понашајући се у свему као прави магнети до год кроз њих струја пролази, имају исте особине са правим магнетима. Тако и они имају своје магнетско поље као и магнетске линије које полазе из једног пола а свршавају се у другом. Изглед магнетског поља и магнетских линија таквог соленоида види се на сл. 34.

Остаје нам најзад да проучимо још један и то најважнији начин произвођења електричних струја, тако звану *индукцију* струја, која је нашла своју најважнију примену у динамоелектричним машинама.

Индукционе или изазване струје могу постати на два начина: или дејством других струја или дејством

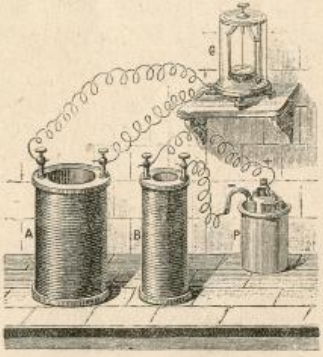


Сл. 34.

магнета. Прва врста индукције назива се „*електрична* или *галванска индукција*“ а друга, „*магнетска индукција.*“

Најпре ћемо говорити о електричној индукцији.

Узећемо један шупаљ дрвени калем A сл. 35. око кога је намотана дугачка и танка али изолована бакарна жица; крајеви те жице спојени су са галванометром G. Други исто такав, али мањи калем B намотан је дебљом жицом и њени су крајеви спојени са половима галванског елемента P. Први калем могли



Сл. 35.

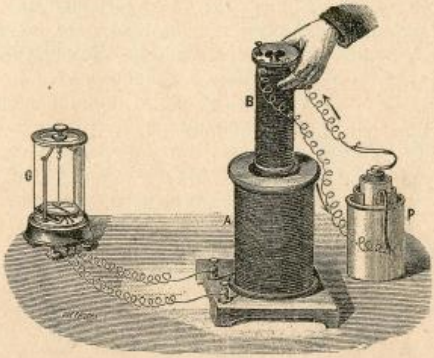
би назвати „*изазвани*“ или „*индуцирани* калем“ а други могли би назвати „*калем изазивач*“ или „*индуктор*“ или још и „*индукциони калем.*“

Ако метемо калем изазивач (B) у први калем (A) па кроз изазивач пропустимо струју, у тај мах ће игла у галванометру скренути, што значи, да је кроз индуцирани калем пројурила тренутна струја. До год кроз мањи калем пролази струја *сталне јачине*, дотле игла у галванометру не показује никакву струју у већем калему; али чим струју у мањем калему прекинемо, игла ће по ново скренути. Струју, која долази из галванског елемента могли би назвати *првобитном* или *примарном* струјом, а *изазвану* струју могли би још назвати *секундарном струјом*. Исто се тако први мањи калем може назвати и „*примарни*“ а онај други, већи, „*секундарни калем*“. Ако водимо рачуна о правцу скретања галванометарске игле, видићемо да ће индуцирана или изазвата струја, која постаје кад примарна струја *почне*, бити *супротног смисла* са том примарном струјом; док на против индуцирана ће струја бити *истог смисла* са примарном струјом, кад ту струју прекинемо, т. ј. кад се та струја *сврши*.

У место да спајамо и да прекидамо примарну струју па да изазовемо секундарну, ми ћемо је изазвати кад примарну струју не прекидамо, али кад мањи калем или извучемо или увучемо у већи калем, или другим речима, кад први калем или удалимо или приближимо већем. (сл. 36). Тим експериментима долазимо до ових закона односно смисла индуциране струје: *свака струја која се приближује, дејствује као струја која почиње*, док на против *свака струја која се удаљава, дејствује као струја која се свршава.*

Али електрична индукција неке струје не постаје само између два разна спроводника као што смо видели мало час, него и између два разна дела једног истог спроводника. Јер ако имамо око калема намотану жицу па пропустимо струју, онда ће при сваком почетку и свршетку струје сваки завој жице утицати на све остале. Та струја, коју изазивају *разни делови једног*

истог впроводника међу собом зове се *екстра струја* или *споредна струја* а сама појава зове „*самоиндукција.*“ Кад главна струја почне, онда је екстра струја супротног смисла са њом, па за то је главна струја у почетку



Сл. 36.

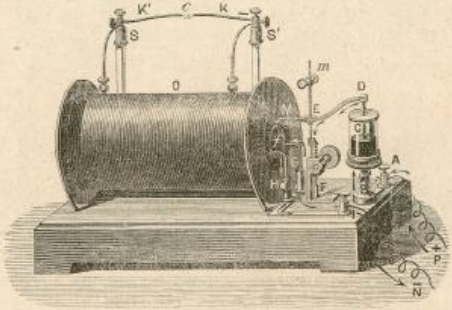
слабија; на против кад главна струја престане, онда је екстра струја истог смисла са њом, па за то је главна струја при свршетку јача. Варнице, које постају од таких струја увек су јаче при престанку струје но у почетку.

Индукција је у опште јача, кад је жица првобитне струје намотана или непосредно око меканог гвожђа, или кад се у калему те жице налази мекано гвожђе. Од куда је то разумећемо мало доцније кад будемо говорили о магнетској индукцији.

Електрична индукција нашла је врло важну примену код две справе: код једне чисто лабораторијске справе, која за сад у практици нема скоро никакве примене и која је позната под именом *Румкорфовог индукционог апарата* или краће, *индукционога калема*, за тим код једне групе чисто практичких справа, које носе име *трансформатора*.

Кад главна или примарна струја пролази кроз дебелу и кратку жицу, а око ње се налази намотана танка и дугачка жица, дакле жица која велики отпор ставља струји, онда се у овој последњој струји изазива индукциона струја много веће електромоторске снаге или потенцијалне разлике, него што је примарна струја. Јер је електромоторска снага секундарне или индуциране струје у толико већа, у колико је најпре јача примарна струја, а за тим приближно у колико је већи отпор на који та секундарна струја у својој жици наилази.

Румкорфов индукциони апарат представљен на сл. 37, служи за претварање струја ниског напона или ниског потенцијала у струје високог напона или потенцијала. Главна се струја из галванских елемената уноси у мали калем (f) који је у великом завучен и око кога је намотана кратка али дебела бакарна изолована жица.



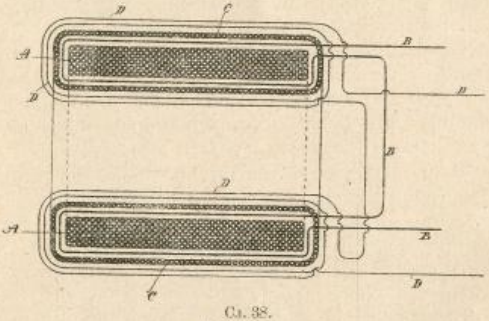
Сл. 37.

Врло брзим прекидањем главне струје, изазива се у врло дугачкој а танкој (такође изолованој) жици намотаној око дебљег калема, *o*, струја високог потенцијала, који код *c* даје врло јаке варнице. Брзо прекидање струје врши се нарочитим *прекидалом* MED. Да би од прилике имали појма о дужини и дебљини једне и другуе жице споменућемо да је код обичних Румкорфових апа-

рата примарна жица, која прима струју из галванских елемената дебела од прилике 2 милиметра, а дугачка до 50 метара а секундарна жица, у којој се изазива индукциона струја дебела је $^1/_4$ милиметра а омотана је је у 2500 до 3000 завоја око већег калема.

Док Румкорфов индукциони апарат служи обично да струје ниског напона претвори у струје високог напона, дотле *трансформатори* врше и један и други задатак, т. ј. претварају струје високог напона у струје ниског напона и обратно, струје ниског напона враћају у струје високог напона, како је кад потребно. Код Румкорфовог апарата примарна је жица била кратка и дебела а секундарна је била танка и дугачка; код трансформатора пак, час танка и дугачка жица прима главну струју а секундарна струја излази из дебеле и кратке жице а час примарна струја улази у дебелу и кратку а излази из танке и дугачке жице према потреби.

Тих трансформатора има више система; ми ћемо описати Теслин трансформатор који је он патентирао 5 Августа 1890. Слика 38 представља Теслин трасформатор у пресеку, и који, кад би био цео, изгледао би



Сл. 38.

као прстен. *AA* је претенасто савијен сноп жица од меканог гвожђа, и око тог гвозденог претенастог језгра, намотана је дебела и кратка жица *BB*. Преко слоја

дебеле жице, омотан је један или више прстенастих слојева жица од меканог гвожђа *CC* упоредио са првим, унутрашњим гвозденим прстеном. Све је то сад омотано танком бакарном жицом *DD*. У место гвоздених жица могу се употребити и гвоздене плоче.

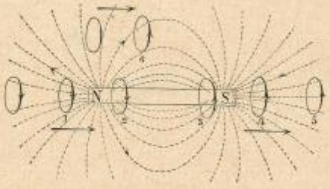
Примарна струја високог потенцијала долазећи из машине, улази у жицу *DD*; секундарна пак струја, ниског напона коју примарна изазива индукцијом, излази из жице *BB* и одлази у справе којима је намењена на пр. у електричне лампе и т. д. Тако се проводи струја кад хоћемо висок потенцијал неке струје, пре употребе да снизимо; ако би хтели, да струју ниског потенцијала преведемо у струју високог потенцијала, ми би примарну струју провели кроз дебелу жицу *B.B.* —

Остаје нам најзад да проучимо магнетску и електромагнетску индукцију која служи као основа свима како магнето — тако и динамо-електричним машинама.

Говорећи о магнетима у опште, видели смо, да сваки магнет има своје *магнетско поље*, по коме се простире његова привлачна снага, како северног тако и јужног пола, и да кроз то поље пролазе разно савијене *магнетске линије*. Сад имамо да додамо: *ако се кроз такво магнетско поље креће ма каква сироводна жица, која у свом кретању разно просеца магнетске линије, онда ће се у тој жици јављати електрична струја*. Та је струја индукцијона или изазвата струја, али *магнетска индукциона струја* за разлику од електричних или галванских индукционих струја које смо већ проучили и које постају дејством галванских струја.

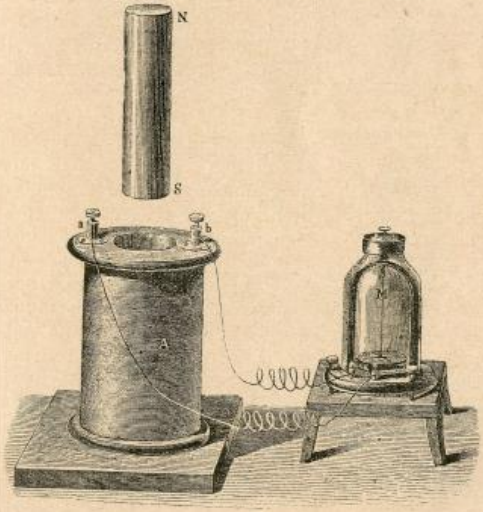
Сл. 39 представља магнетско поље магнета NS, са магнетским линијама. Кроз то се поље креће једна, у круг савијена жица пресецајући или обухватајући на свом путу час више час мање магнетских линија. При сваком покрету жице, јавља се у њој индукциона електрична струја, која је разног смисла (као што показују стрелице на тој жици) према томе, да ли, идући с лева на десно, пролази кроз северни или јужни део магнетског поља. Спирала долазећи с лева у положај 1, пресеца све већи и већи број магнетских линија и

то тако траје док дође изнад самога пола N; одатле идући према 2, број магнетских линија опада до половине магнета па идући према 3 поново почне да расте све до изнад S. Кад спирала пређе S идући према положају 4 и 5, број магнетских линија, које спирала обухвата или пресеца опада.



Сл. 39.

Дејство ће бити много јаче, кад у место једне у круг савијене жице, узнемо читав калем *A* омотан жицом па у шупљину тога калема час увучемо час извучемо магнет NS. сл. 40. При сваком покрету магнета, гал-

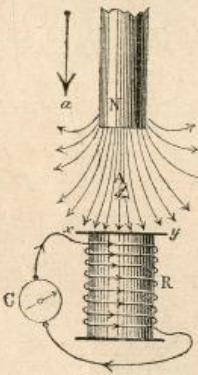


Сл. 40.

ваиометарска игла, својим скретањем показаће нам, да у спирали постаје индукциона струја.

На сл. 41, види се, како кретањем таквога магнета ка калему (или од калема) сваки завој жице на калему пресеца други број магнетских линија, у след чега се у свакој од њих јављају индукционе струје, које се сабирају јер све иду истим смислом, као што показују стрелице на сваком завоју.

Осим тога што знамо, како постају индукционе струје у спроводницима који, или се налазе у покретном магнетском пољу, или се сами крећу по магнетском пољу, треба још да запамтимо ово: Ако се на пр. северна половина неког магнетског поља *приближује* спроводној жици, постаће у њој индукциона струја извесног смисла; на против ако се та иста, северна половина магнетског поља *удаљава* од спроводне жице, постаће индукциона струја, која ће имати *супротан смисао мало пређашњој струји*.



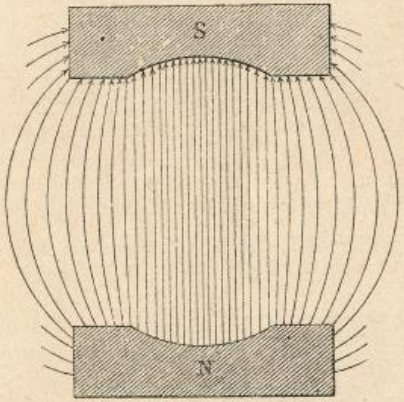
Сл. 41.

То се најбоље види на галванометарској игли: кад у калем *увлачимо* на пример *северни пол* магнета, игла скреће на једну, рецимо на *десну* страну од нуле; а кад тај северни пол магнета *извлачимо* из калема, игла скреће на супротну, на *леву* страну. На против, ако *јужни пол* магнета *увлачимо* у калем, игла скреће онако као кад смо северни пол извлачили, т. ј. на *леву* страну и обратно, кад *јужни пол извлачимо*, игла скреће онако као кад смо северни пол увлачили т. ј. на *десно*.

Магнетско поље, као што је оно око магнета на сл. 39. *није једноставно*, јер су магнетске линије савијене и непаралелне. На против ако би магнетске линије биле, бар у једном делу магнетског поља праве и паралелне, онда се каже да је тај део магнетског

поља *једноставан*. На сл. 42 N и S су полови једног великог потковичастог магнета и између њих је распоред магнетских линија. У средини видимо да је магнетско поље *једноставно* а лево и десно, није.

И онда није све једно, за постајање индукционих струја, да ли ће се спроводна жица и како кретати кроз једноставно или неједноставно поље. Видели смо већ да се код неједноставног поља као на сл. 39. може жица ма како кретати, увек ће у њој постајати индукциона струја јер при сваком кретању, мења се број магнетских линија, које жица обухвата или пресеца. Тај случај није код једноставног поља. На сл. 43 имамо једноставно поље и у њему покретну кружну жицу

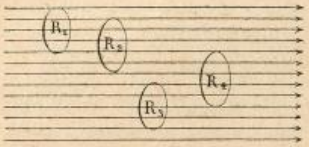


Сл. 42.

R_1, R_2.. Ако се жица тако креће кроз то поље, да остаје сама себи паралелна, т. ј. да пресеца магнетске линије увек под истим углом те дакле да *обухвата увек један исти број магнетских линија*, онда *не постаје* ин дукциона струја. На против ако се жица по том пољу и премешта и окреће, сл. 44. тако да у разним свима

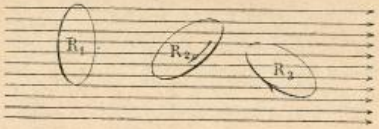
НАРОДНА БИБЛИОТЕКА СРБИЈЕ БЕОГРАД

положајима пресеца или обухвата разну множину магнетских линија, онда ће у таквој жици постајати индукционе струје разнога смисла, према томе, какав положај та жица према магнетским линијама у свом окретању заузела буде.



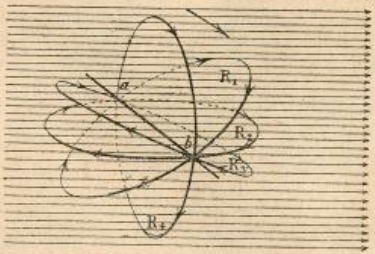
Сл. 43.

Пошто окретање жице у једноставном магнетском пољу може да буде тако, да се жица том приликом *не премешта*, као и такво да се жица окрећући



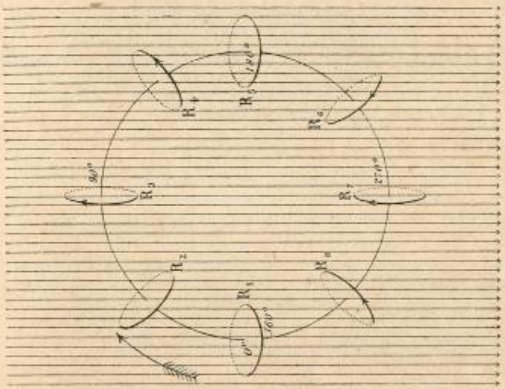
Сл. 44.

се и *премешта*, то се у главноме и произвођење индукционих струја под утицајем магнетских линија може поделити на две групе. Сл. 45 представља једну или ако хоћемо и читав сноп спирала, које се све у једноставном магнетском пољу окрећу око осовине ab, која се у осталом кроз магнетско поље не премешта. На против сл. 46 представља једну или читав низ спирала, које се на извесном остојању од осе окрећу и премештају кроз магнетско поље. По првом принципу



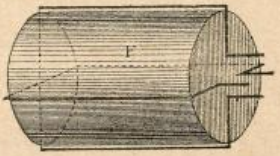
Сл. 45.

направљен је *цилиндричан индуктор* и *Сименсов калем*, а по другом *Грамов прстен*. Сви се ти разни облици индуктора зову једним именом „*арматура*.“



Сл. 46.

Цилиндричан индуктор прави се, кад се око гвозденог цилиндра сл. 47, уздужно намотају четвороугласто савијене жице у што већем броју. Гвозденом је цилиндру задатак, да под утицаје магнетских чолова између којих се налази у магнетском пољу, ојача индукционе струје, које постају у жицама што су око њега намотане. Све се жице на извесан начин међу собом повежу и утврде, тако да довршен цилиндричан индуктор изгледа као у сл. 48.



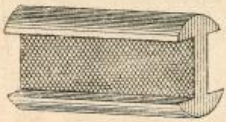
Сл. 47.

Сименс је у место пуног гвозденог цилиндра узео цилиндар, који је са две стране по целој својој дужини издубљен као што се то види на сл. 49 и 50. Жица је намотана уз дуж по издубљењу тако, да кад је сва жица

намотана, онда се цилиндар испуни као што се то види на пресеку у сл. 51. Довршен пак Симинсов калем или индуктор изгледа као на сл. 52.

Сл. 48.

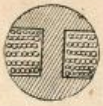
Најзад Грамов прстенасти индуктор прави се, кад се узме прстен од меканог гвожђа па се око њега намота што је могуће више спирала тако, да се крај једне, споји са почетком идуће спирале, као што то показује сл. 53. Довршен Грамов прстенасти индуктор види се на сл. 54.



Сл. 49.

Сл. 50.

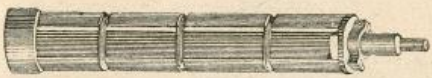
Да видимо сад шта бива са струјама у тако намотаним жицама било око цилиндара било око Грамовог прстена. Јер ми знамо, да ће таква једна жица или спирала, приближујући се рецимо северном полу магнета дати струју извесног смисла па чим се почне од тог пола удаљавати, струја промени смисао. Кад се таква жица или спирала приближи јужном полу магнета, постаће у њој струја истог смисла, каква је била кад се спирала удаљавала од северног пола па кад се почне жица удаљавати од јужног пола струја ће имати смисао као кад се приближује северном полу.



Сл. 51.

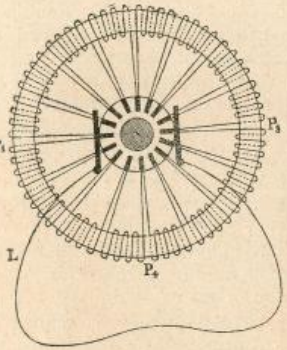
Док се дакле цилиндар или прстен један пут око себе окрене, дотле ће у свакој жици или спирали струја два пут променити смисао. Па како се код динамо машина цилиндар или прстен окрене по више стотина пути у минуту, то се из тога види, како се брзо мења смисао струје у свакој жици или спирали.

Струја се може из појединих жица или спирала скупљати нарочитим *комутаторима, колекторима* или *скупљачима* тако, да струја иде *увек једним истим* смислом; или се струја може скупљати тако, да иде



Сл. 52.

час једним а час супротним смислом, и да се та промена смисла више стотина а и више хиљада пута у минуту изврши. Динамо електричне машине које дају струју која не мења смисао, зову се **једносмислене** динамо машине а оне машине, код којих се смисао струје мења зову се **наизменичне динамо машине** или **алтернативне**.



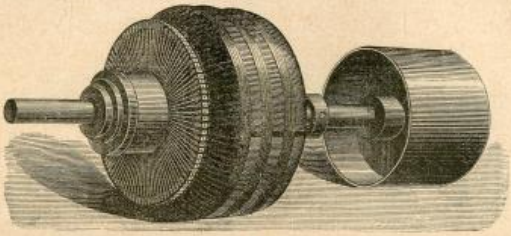
Сл. 53.

Ако се хоће, да струја иде непрестано једним истим смислом, онда се крајеви појединих спирала споје за обртну осу као што показује сл. 53, и одатле се струја метлицама или *сисаљцама* a и b даље одводи. Та слика показује како се наизменична струја претвара у једномислену кад су око прстена намотане четири спирале. Ако их је много више као што то обично бива, онда је спајање изведено, као што смо видели на сл. 53.

Ако нам треба наизменична струја, онда се она не изврће комутаторима него се непосредно метлицама са осе одводи.

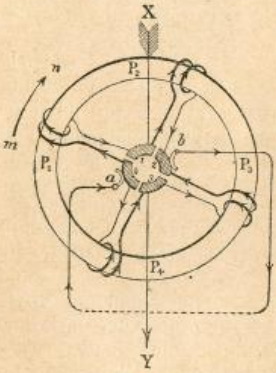
Најзад остаје нам да проучимо магнетске и електромагнетске елементе код машина.

Магнетско поље у коме се окреће било цилиндричан било прстенаст индуктор, може се произвести или пер-



Сл. 54.

манентним магнетима или електомагнетима. Машине, код којих су употребљени стални или перманентни магнети зову се **магнето-електричне машине.** На против машине, код којих се магнетско поље производи електромагнетима, зову се **динамо-електричне** или краће **динамо-машине.**

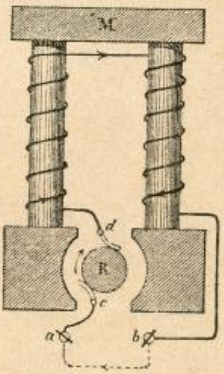


Сл. 55.

У прво доба све су индукционе машине прављене са перманентним магнетима и магнето машине су биле готово једине у употреби. Али због слабог магнетског поља које такви магнети имају, оне су све мање и мање биле употребљаване и данас су скоро са свим из употребе избачене. С тога, не задржавајући се даље код тих машина, прелазимо одма на динамо-електричне машине т. ј. на машине са електромагнетима.

Најпре ћемо се зауставити код једносмислених динамо-електричних машина. Као најзгоднији тип, за обја-

шњење тих машина у опште, узећемо Едизонову динамо машину, која је у главноме представљена на сл. 56. Као што та слика показује, Едизонова динамо машина своди се на један велики потковичасти електромагнет, између чијих полова окреће се цилиндрични индуктор R. Сам пак електромагнет састављен је из више комада: из два усправљена ступца, који су зашрафљени за прилично дебели попречни комад M, и два додатка, који представљају северни и јужни пол електромагнета. Сви су ти комади електромагнета од масивног меканог гвожђа. Као што се види, жицом су омотана само два усправљена ступца и то у више слојева и кроз ту жицу пролази струја, коју метлице на колектору скупе. Пошто струја пошав од тачке d обиђе најпре око електромагнета, она тек онда иде даље на употребу. Код таких се машина дакле сва њихова струја употреби на прављење електромагнета. Такве се машине, зову „*машине са главном струјом.*“



Сл. 56.

Међу тим има машина, код којих не пролази сва струја око електромагнета, него само један део. Од главне се струје један део одваја те нарочитом жицом одлази око електромагнета па се тек онда споји са главном струјом Такве се машине зову „*машине са споредном струјом.*“

Најзад има и таквих машина код којих око електромагнета обилази и главна и споредна струја у исти мах. То су „*мешовите*“ или „*сложене динамо електричне машине*“ (*Compound*)

Према послу, на који се струја из тих машина хоће да употреби, узима се први, други или трећи систем динамо машина.

А сад да се са неколико речи задржимо код *динамо машина за наизменичну струју*.

Још кад смо говорили о постајању струје у индукционом цилиндру или прстену, видели смо, да док се цилиндар или прстен један пут окрене, струја два пут промени смисао, те да на тај начин пројури кроз жицу час у једном час у супротном смислу. И кад такву промењиву или још боље наизменичну струју на колектору скупимо, ми већ имамо динамо-машину, која производи својим окретањем наизменичну струју.

У самој ствари прве динамо машине и биле су наизменичне; доцније тек, извртањем једног дела њихових струја постале су из њих једносмислене динамо машине. Наизменичне динамо машине беху напуштене и тек у новије време, употребом трансформатора, добиле су наизменичне машине врло велику практичну примену.

Наизменичне динамо машине дају у опште струју високог напона поред чега је *учестаност* (промене смисла струје) или другим речима *фреквенција* струје сразмерно велика. До скора, док се није јавио Тесла својим наизменичним моторима, учестаност се у обичним приликама кретала између 40 и 150 за једну секунду. Тек је Тесла конструјисао машине са више хиљада фреквенција за секунду као што ћемо то мало даље видети.

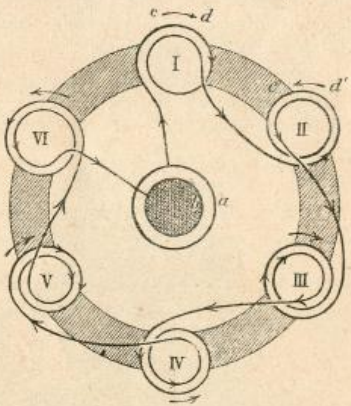
Због велике учестаности и код обичних наизменичних динамо машина, ни су довољна само *два* пола једног електромагнета као што смо видели код машина са једномисленом струјом. Оно истина и код једномислених машина има их са више од два пола, али је у опште број полова код тих машина ограничен. На против, код наизменичних машина број електромагнета, па дакле и њихових полова је врло велики и у колико је тај број већи, у толико је и учестаност или фреквенција струје већа.

Електромагнети овде ни су тако велики, као код једносмислених струја али их за то има много више, поређаних или по обиму каквога прстена или зракасто

утврђени за осовину машине. Електромагнети код једносмислених машина су били непокретни а окретао се цилиндрични или прстенасти индуктор, овде пак могу електромагнети бити и покретни и непокретни.

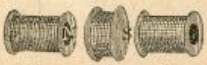
Што се тиче спирала у којима постаје струја, њих има у главноме онолико, колико има слободних полних крајева електромагнета. Оне морају тако бити распоређене било по периферији каквог точка, било свуда у наоколо (зракасто) око осовине, да кад једна од њих дође спрам једног или између два полна краја електромагнета, да се у исти мах и све остале нађу спрам или између осталих полних крајева. Магнетски полови долазе наизменце: северни па јужни и т. д.

На сл. 57. види се како је шест калемова поређано по периферији једнога точка, и како је око њих намотана жица у којој постаје струја. Ако у калему I струја тече у истом смислу, у коме се окрећу казаљке на сату, онда у калему II, струја има супротан смисао; у калему III биће струја као и у I, а у IV као и у II. и т. д. Ако први калем навијемо с лева на десно а други с десна на лево, и тако продужимо и даље, навијајући их наизменце, онда ће се струје из разних калемова међу собом сабирати и кроз све њих имати исти смисао. Ако сада, почетак жице спојимо са металним прстеном a а свршетак са b, онда са a и b можемо индукционе наизменичне струје одводити.



Сл. 57.

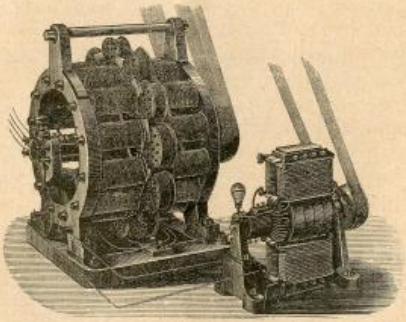
Калеми у којима постаје индукциона струја, могу у окретању долазити или спрам појединих полова електромагнетских, или између два супротна пола као што је то на пр. на сл. 58. У првом случају је број магнетских полова раван броју калемова а у другом има два пут више магнетских полова.



Сл. 58.

Пошто наизменичне машине производе увек наизменичну струју, а њихови електромагнети морају увек у *истом смислу* бити намагнетисани, то се струја из тих машина не може употребити за магнетисање њихових електромагнета као што је то било код једносмислених струја, него се мора употребити нарочита једносмислена машина, која магнетише електромагнете. По кад што се једносмислена машина за себе окреће а по кој пут она је на истој осовини са наизменичном машином.

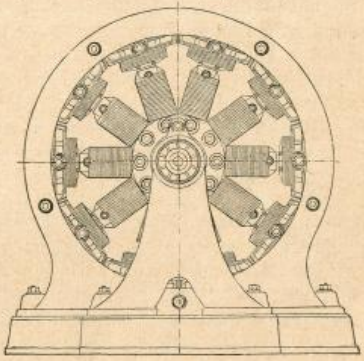
Наизменичних као и једносмислених динамо-машина има врло разних система. На сл. 59 имамо Сименсову наизменичну машину, код које су, као што видимо, 12


Сл. 59.

пари електромагнета стално утврђених а између њихових полова окреће се дванајест калемова намотаних жицом.

Поред ње видимо једну мању Сименсову али једномислену машину, која даје струју за електромагнете.

На сл. 60 видимо шематички представљену наизменичну динамо машину Циперновскову код које су, око осовине зракасто поређени 10 електромагнета, који се са осом заједно окрећу. Према њима је утврђено исто толико, жицом омотаних калемова у којима постаје струја, кад се поједини полови електромагнета, према њима крећу. Као што видимо, овде су електромагнети покретни а калеми непокретни, дакле сасвим извртнуто од Сименсове динамо машине.



Сл. 60.

Остаје нам још да са неколико речи пропратимо тако зване *електричне моторе*, па да уђемо у поље првих проналазака Теслиних. Јер је Тесла први пут скренуо на се пажњу својим алтернативним електричним мотором.

Електрична је струја врло згодно средство, да се преносе на даљину механички рад. Ако на пример имамо где год природну снагу каквог водопада, онда том снагом можемо кретати ма коју од поменутих динамо-машина, помоћу турбина или других справа, које вода може покретати. Струју, коју нам та динамо машина даје, можемо жицама спровести на велику даљину и ту је пустити у сличну динамо машину као што је она код водопада. Струја ушав у другу динамо машину, окретаће је скоро са истом брзином, са којом водопад окреће прву машину. Онда се каже да је природна снага пренесена на даљину. Примера ради споменућемо

пренос снаге од преко 200 парних коња, који је извршен 1891 год. између варошице Лауфена и Франкфурта. Један део снаге од водопада потока Некара близу Лауфена, пренесен је помоћу електрицитета у Франкфурт, т. ј. на даљину од 175 километара.

Овај пренос снаге на даљину помоћу динамо електричних машина, оснива се на тој важној особини тих машина, по којој, кад се те машине стану брзо окретати оне производе струју, а кад се у њих унесе готова струја, машине се стану брзо окретати. За такве се машине каже да су *повратне*, *реверзивне*.

Код сваког преноса снаге на даљину морамо имати пре свега ону природну снагу, коју хоћемо да пренесемо (на пример водопад и т. д.), за тим динамо машину, коју ће та природна снага окретати и која ће нам машина производити електричну струју; па онда спроводних жица, које ће ту струју спровести онамо, куда ми хоћемо и најзад другу динамо машину, која ће на крајњој станици примати у се струју и у след ње окретати се.

Прва динамо машина, коју креће она природна снага и која производи струју, зове се *генератор* а она друга, која на крајњој станици прима струју и у след ње се окреће, зове се *електрични мотор*.

И ако се прва машина, што струју производи, зове једним а она друга што струју прима зове другим именом, ипак су обе те машине у главноме исте конструкције. По себи се разуме, да при таквом преносу мора бити извесног губитка на снази, што долази нешто од отпора, на који струја наилази кроз спроводник, док пређе из једне станице до друге, за тим од разних отпора и трења у самоме мотору. Према даљини, на коју се снага преноси, и према савршенству машина, које су употребљене, тај губитак износи од 20 до 5% целокупне снаге.

Као год што имамо два система динамо машина, исто тако имамо и два система електричних мотора и то: „*једносмислених*“ и „*наизменичних електромотора*“.

Још одма у почетку, чим се дошло до једносмислених динамо машина, оне су биле употребљене и као

мотори. Окретање једносмислених динамо машина у след струје, која у њих уђе, врло се лако да разумети, кад се само сетимо, да струја свој смисао не мења и да електромагнети једном намагнетисани, не мењају више за сво време доласка струје своје полове.

Код наизменичних мотора ствар већ није тако проста за то ћемо се код њих мало више задржати.

Као што знамо, у свакој наизменичној динамо машини, коју ћемо употребити сада као мотор, има извесан број калемова намотаних жицом и кроз те калемове ваља пропустити струју, која из генератора долази. Кад би струја била једносмислена, ти би се калемови понашали као магнетски полови наравно сваки са оним полом, који смислу обавијања жице одговара. И ти би се калемови привлачили или одбијали са наспрамним електромагнетима у след чега би се почели окретати. Али код наизменичне струје се полови калемова сваког тренутка мењају те према томе и привлачење или одбијање није стално, него се сваког тренутка мења. Да би се дакле и наизменични мотор могао у след наизменичне струје окретати потребан је овај апсолутни услов: калемови *мотора* морају у истом тренутку, пролазити између или испред својих одговарајућих полних крајева електромагнета, у ком тренутку такви исти калемови пролазе између или испред својих одговарајућих полних крајева електро магнета у *генератору*. У том се случају промена полова и код генератора и код мотора дешава једновремено, *синхроно*, и мотор се окреће пуном снагом. Али ако се мотор стане или брже (ако му се смањи терет који он окреће) или спорије (ако му се терет повећа), окретати, те дакле ако се синхронизам поквари, мотор се зауставља.

Остварити тај синхронизам у практици, где мотор сваког тренутка врши час већи час мањи посао, тако је тешка ствар, да се готово може рећи да су *синхронични наизменични мотори* за практику неупотребљиви, и да се пренос снаге на даљину наизменичним моторима не може извршити.

Циперновски је покушао да то постигне тако званим *несинхроничним* наизменичним моторима, удесивши да калемови као и електромагнети, не буду стално утврђени него да се међусобно могу донекле помицати те тако враћати синхронизам, кад се он већим или мањим послом мотора поквари.

Покушавало се да се *једносмислени мотори* терају *наизменичном струјом*. Јер се дознало, да један једносмислени мотор продужује своје окретање кад струја промени смисао и око електромагнета и у индуктору или арматури. Али ако су те промене смисла струје врло честе, као што је то случај код наизменичних струја, онда се јављају врло јаке екстра струје, које сметају правилном ходу мотора.

Морде и *Леблан* патентирали су нарочите справе, којима су хтели да наизменичну струју изврну па да је употребе код једносмислених мотора. Овако добијена једносмислена струја трепери а услед тога треперења рађају се екстра струје као и врло јаке варнице на метлицама, што све утиче штетно на мотор.

Елиху Томсон је успео да смањи варнице на метлицама али није био у стању да отклони екстра струје, које изазива изврнута наизменична струја, и које увек сметају правилном ходу мотора.

Свом том тумарању и нагађању око наизменичних мотора учинио је крај *Никола Тесла*, употребивши сасвим нов принцип за њихову конструкцију, употребивши тако звани принцип *обртног* или *ротаторног магнетског поља*. Тако је постао Теслин наизменични мотор са *обртним* или *рататорним струјама*.

Овде већ можемо уступити реч самоме Тесли доносећи у слободном преводу његово предавање у коме представља свој *нови систем мотора са алтернативним струјама*, америчанском електротехничком друштву: ($^{4}/_{16}$ Маја 1888)*).

*) Оригинални наслов гласи: A new system of alternate curren. motors and transformers by *Nikola Tesla* — Transactions of the Amet rican Institution of Electr. Engineers. General Meeting May 16th 1888.

Према подељеним мишљењима, која владају у погледу вредности наизменичних и једносмислених струја у опште, од велике је важности и питање, које се тиче употребе наизменичних струја за кретање мотора. Помоћу трансформатора, који имају многе добре стране, успели смо да остваримо сразмерно врло савршен систем гранања електричних струја. И ако би се овде као и у свима другим гранама електричне индустрије могло пожелити много што шта савршеније, ипак остаје врло мало што би се у овом правцу могло учинити. Пренос пак снаге на даљину, вршио се досад скоро искључиво једносмисленим струјама; и ако су многи покушаји чињени, да се на то употреби наизменична струја, сви ти покушаји бар за сад нису дали жељена резултата.

Предмет који ћу имати задовољство да изнесем пред вас, тиче се једног новог система гранања електричних струја и преноса снаге помоћу наизменичних струја; тиче се једног система мотора, који ће, у то сам уверен, од једном показати већу прилагодност наизменичних струја за пренос снаге и показати како се многи резултати, који на први поглед изгледају непостижни, могу остварити њиховом употребом; они нас доводе до резултата, који се жељно очекују и траже у практичком раду али које, једносмислена струја не може да оствари.

Али пре него што пређем на детаљно излагање тога система, држим да је потребно, да изнесем неколико напомена, које се тичу једносмислених генератора и мотора, које су напомене свима познате али на које се обично не обраћа велика пажња.

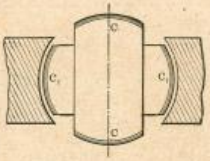
У свима једносмисленим динамо машинама, као што је свима знано, непосредно производимо наизменичну струју, коју ми за тим исправљамо помоћу комутатора; комутатори су справе врло сложене и они су, то се с правом може рећи, извор многим незгодама на које наплазимо код тих машина. И та струја, тако исправљена и претворена у једносмислену, не може се непосредно и таква каква је употребити у мотору, већ

се мора — опет помоћу сличних сложених направа — вратити у првашње, наизменично своје стање. Радња комутатора је дакле са свим спољашња, и ни којим начином не утиче на унутрашњи рад машине. У самој ствари, све су динамо машине, наизменичне машине и струја је једномислена само у спољашњем спроводнику и док прелази од генератора ка мотору. Кад се мало боље загледа у ту ствар онда излази, да је наизменична струја много непосреднија примена електричне енергије и да би употреба једносмислених струја могла бити само онда оправдана, кад би ми имали динамо машине, које би непосредно давале ту струју и моторе, које би такође непосредно могла кретати та струја.

Дејство комутатора у мотору је двојако; он најпре изврће струју у мотору а за тим аутоматски изазива прогресивно премештање или мењање полова на једном његовом магнетском састојку. Претпоставимо, да обе непотребне радње тога система, т. ј. исправљање наизменичних струја у генератору и извртање једносмислених струја у мотору, избацимо, онда би било потребно, да би изазвали окретање мотора, да изазовемо само прогресивно премештање или мењање полова на једном његовом елементу па да ствар остане иста. — Како дакле да извршимо ту операцију кад непосредно употребимо наизменичне струје? Ја ћу покушати да покажем на који је начин тај резултат постигнут.

У првом експерименту један шупаљ цилиндар (добош) или арматура, омотана је двема жицама, које стоје под правим углом међу собом и крајеви тих жица спојени су са два пара изолованих додирних прстенова као обично. За тим је био направљен један прстен од изолованих плоча танког гвозденог блеха и намотан са четири спроводника или калема тако, да су свака два наспрамна спроводника спојена међу собом те да на тај начин произведу слободне магнетске полове на супротним странама прстена. Остали слободни крајеви спроводника, спојени су са додирним прстеновима генератора те тако чине два независна ланца као што показује сл. 70. Сад се може видети какав је резултат

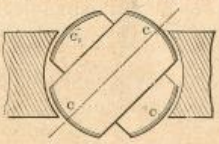
постигнут том комбинацијом и тога ради ћу се позвати на дијаграме представљене сликама 61 до 68a. Пошто се магнетско поље генератора изазива са свим независно, окретање индукционог цилиндра или арматуре изазваће у жицама C и C_1 струју, која ће бити разна и по правцу и по јачини као што је то већ познато. У положају, како га показује сл. 61 у жици C нема струје, док кроз жицу C_1 пролази струја највеће јачине; спајање тих жица са прстеновим калемима може бити такво, да је прстен намагнетисан калемом C_1C_1 као што показују писмена NS на сл. 61a. Магнетско дејство калемова *cc* је равно нули пошто су ти делови спојени са жицом C у којој нема струје.



Сл. 61.

Сл. 61a.

На сл. 62 арматура је помакнута за једну осмину целог обрта. Слика 62a показује одговарајуће магнетске прилике на прстену. У том тренутку, арматурни калем C_1 има струју истога смисла као и мало час али слабију, производећи њоме полове n_1 и s_1 на прстену; кроз калем C такође протиче струја истога смисла и спој може бити такав да калем *cc* производи магнетске полове *ns* као што показује сл. 62a. Резултујућа поларност означена је писменима N_1S_1 и као што се види, полови прстена преместили су се за једну осмину његовог обима.

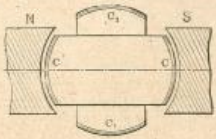


Сл. 62.

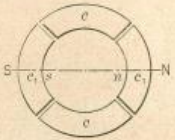
Сл. 62a.

На сл. 63 индукциони цилиндар извршио је четвртину обрта. У том положају, струја у калему C је максимум и такога правца да изазове полове NS на сл.

63a, док међу тим у жици C_1 струје нема, пошто је она у неутралном положају. Полови NS на сл. 63a помакли су се за четвртину прстенског обима.

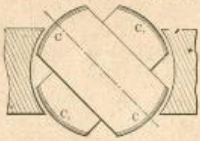


Сл. 63.

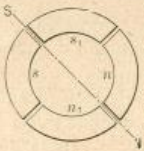


Сл. 63a.

Слика 64 показује арматурне калемове CC у положају у коме је арматура извршила три осмине обрта. У том тренутку кроз жицу C пролази струја истог смисла као и раније али слабија, изазивајући сразмерно слабије полове *ns* у слици 64a. Струја у жици C_1 исте је јачине али супротног смисла. Њено је дејство дакле такво да изазове на прстену полове $n_1 s_1$; резултујући су пак полови $N_1 S_1$ који су се, као што се види, помакли за три осмине целога обима прстена.



Сл. 64.



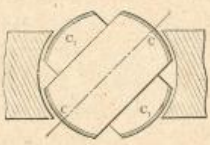
64a.

У слици 65, арматура је извршила половину обрта а резултујуће магнетско стање на прстену показује сл. 65a. Сад струје у спроводнику C нема, јер кроз спроводник C_1 пролази најјача струја, која је истога смисла као и мало час; магнетизам производи сад само жица $c_1 c_1$ и као што показује слика 65a магнетски полови NS помакли су се за половину прстенског обима.

Сл. 65.

Сл. 65a.

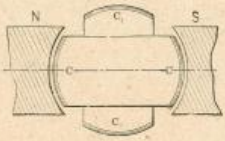
Док арматура доврши идућу половину обрта, сви се досадањи појави наизменце понављају, као што се види на сликама 66, до 68а.



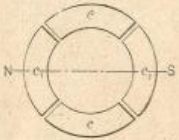
Сл. 66.

Сл. 66а.

У том премештању магнетских полова по периферији прстена лежи тежиште Теслиног мотора са алтернативним струјама. С тога ћемо се још мало око

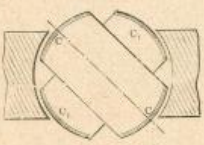


Сл. 67.

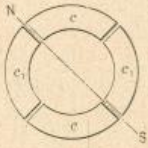


Сл. 67а.

тога задржати, да би само што боље објаснили то ротирање или обртање магнетских полова па дакле и магнетских поља.



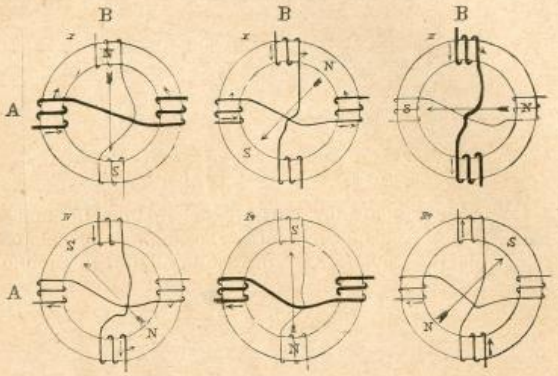
Сл. 68.



Сл. 68а.

Замислимо око гвозденог прстена сл. 69 два пара калемова А и В намотана жицом и спојена међу собом као што слика показује, али да је сваки пар за се изолован. Најпре ћемо пропустити струју кроз А, а кроз В не пролази никаква струја. По правилима о прстенастим електромагнетима, северни ће пол бити с

леве стране струје т. ј. на више; доњи део прстена биће јужно намагнетисан. Тако ће постати у прстену



Сл. 69.

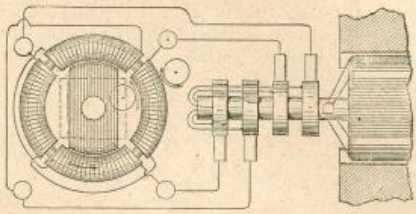
полови N и S; покретна магнетска игла, која би била у прстену заузела би правац уцртане стрелице. — Сад нека се ма којим начином у А струја ослаби а кроз В исто толика струја пропусти (једнако дебеле извучене жице у положају II показују, да кроз обе пролазе струје исте јачине); онда ће и жица В терати северни магнетизам на своју леву страну као год и жица А и резултујући полови NS, скренуће за 45°. — Нека се за овим, у спроводнику А струја са свим прекине (жица А у положају III сасвим је танка, што значи да нема струје) а кроз жицу В пропусти најјача струја, онда ће полови NS лежати положено као што се у положају III види. У идућој периоди (IV), кроз А пролази опет слаба струја али јој је смисао други; кроз В пролази струја у пола слабија но мало час Обе ће жице утицати на образовање магнетских полова и изазваће их код NS. Ако тако још даље продужимо, видићемо да ће се тим наизменичним јачањем и слабљењем струја, које око гвозденог прстена протичу, изазвати преме-

штање — обртање, ротирање — магнетских полова по прстену, који опет могу обртати магнетску иглу која би се у њиховом пољу нашла. —|

Пропуштање струје час кроз један а час кроз други калем као и прелазно слабљење њено у оба калема изазива се, као што смо раније сликама показали, просто обртањем индукционог цилиндра или арматуре у каквом магнетском пољу. Исте нам слике још показују, да док се арматура један пут у свом магнетском пољу окрене, дотле се и магнетски полови обрну један пут по периферији гвозденог прстена. Па како сваки обрт арматуре изазива исте последице, тако ће и обртање полова ићи сасвим хармонично са обртањем арматуре. Ако се веза спроводника око прстена изврне, магнетски ће се полови премештати по прстену на исти начин али у изврнутом смислу. У место два пара спроводника, могу се употребити само три спроводника тако да један од њих враћа струју остала два ланца.

То обртање или ковитлање магнетских полова по прстену изазива са своје стране врло занимљиве појаве. Ако се прстену приближи кружна плоча од челика или каквог другог магнетског метала, плоча ће се стати окретати а смисао тога окретања зависиће од положаја те плоче. Ако на пример уочимо смисао којим се та плоча окреће кад је ван прстена, видећемо, да ће се она окретати са свим супротним смислом кад је у прстену, док на против, прстен на њу ни у колико не утиче, ако је положена симетрички према њему. То се да лако разумети. Увек, кад се један магнетски пол приближује, он изазива супротан пол на најближој тачки плоче, у след чега настаје привлачење те тачке; и како се тај магнетски пол по плочи премешта, плоча ће се брже или спорије око своје осе окретати. Пошто се то привлачење поглавито тиче онога дела плоче, који је најближи прстену, окретање ће бити у једном или другом смислу, како кад плоча буде у прстену или ван њега (сл. 70). Ако је плоча симетрично положена према прстену, обртања нема јер је привлачење с обе стране једнако и супротно. Свом

том дејству је узрок магнетска инерција гвожђа; због тога је утицај на плочу од тврдога челика много јачи, него на плочу од меканога гвожђа, пошто се у меканом гвожђу магнетизам врло брзо мења. Таква се плоча



Сл. 70.

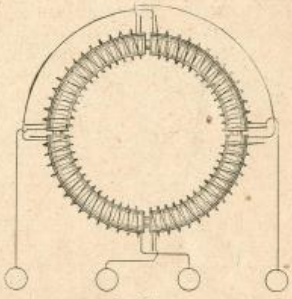
показала као врло корисна справа у свим тим истраживањима и служила ми је да уђем у траг извесним неправилностима тих појава. Интересно је било дејство и на гвоздене опиљке. Држећи извесну количину опиљака на листу хартије споља и близу прстена, опиљци су почели треперити остајући на истом месту ма се хартија премештала напред или натраг; али ако се хартија подигне до извесне висине, (која изгледа да зависи од јачине пола као и од брзине обртања), опиљци се растуре и то у правцу, који је супротан с правцем којим се крећу полови. Ако се хартија са опиљцима положи на прстен па се струја напрасно изврне, онда се може лако видети магнетски вијор.

Да се покаже потпуна сличност између прстена и каквог обртног магнета, окретан је један врло јак електромагнет маханичким путем и са њим су опажени појави у свему исти са овима, које смо горе споменули.

По себи се разуме, да ће обртање магнетских полова имати извесно индуктивно дејство, и да се може употребити на индукцију струја у каквом затвореном спроводнику, који би био изложен дејству тих полова. Тога ради згодно је намотати око прстена два слоја жице тако, да један од њих представља примарни а други секундарни ланац као што се види на сл. 71.

Да би се постигли најекономнији резултати треба да буде магнетски ланац са свим затворен, и са тим напоменама, може се конструкција мењати како се хоће.

Индукционо дејство у секундарном спроводнику долази у главноме од премештања или кретања магнетског дејства; али се струје могу изазвати и мењањем интензитета магнетских полова. Међу тим, ако згодно удесимо генератор и одредимо магнетско дејство примарног спроводника, последњи се елеменат може свести на најмању меру. Кад се интензитет полова одржава сталан, дејство ће бити такво исто као да је премештање полова извршено помоћу комутатора са бескрајним бројем ребара*). У таком случају, теоријски однос између утичућег дејства сваког слоја примарног калема и резултујућег магнетског дејства, може се изразити једначином круга, кога је средиште у почетку правоуглог координатног система и у коме полупречник представља резултанту а кординате обе компоненте. Те су компоненте одређене синусом и косинусом угла α, који лежи између полупречника и једне осе (о x). Из слике 72 имамо $r^2 = x^2 + y^2$, где је $x = r \cos \alpha$ и $y = r \sin \alpha$.



Сл. 71.

Претпоставимо да је магнетско дејство сваког слоја у трансформатору, сразмерно струји — што се сме узети за слаб ступањ магнетисања — дакле да је $x = kc$ а $y = kc'$ где је k константа а c и c' одговарајућа струја у оба слоја спроводника. Ако још претпоставимо, да је магнетско поље генератора једноставно, онда имамо за сталну брзину $c' = k' \sin \alpha$ и $c = k' \sin (90 + \alpha) = k' \cos \alpha$ где је k' опет једна константа (види сл. 73).

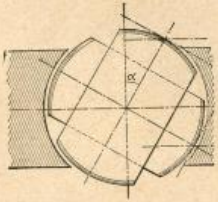
*) Ребрима се зову елементи 1—4 на сл. 55, као и одговарајући делови на сл. 48, 53 и 54, са којих сисаљке сишу струју — Ст.

Према томе:

$$x = kc = kk' \cos \alpha$$
$$y = kc' = kk' \sin \alpha, \text{ и}$$
$$kk' = r.$$

То ће рећи, да у једноставном магнетском пољу, два спроводника намотана под правим углом, испуњавају теоријске односе и интензитет покретних полова

Сл. 72.



Сл. 73.

остаје сталан. Али из $r^2 = x^2 + y^2$ излази да је за $y = o$, $r = x$, то значи да су сабрана магнетска ефекта оба слоја равна ефекту само једнога слоја, кад је његово дејство максимум.

Кад се тај принцип примени на конструкцију мотора, два се основна облика мотора могу отуда извести. Први облик има сразмерно малу обртну снагу али задржава савршно једнак ход или брзину ма како било терећење и такви се мотори зову синхронични. Друга врста има велику обртну снагу али му ход зависи од терета.

Ових мотора може бити три врсте: 1. Мотори само са наизменичном струјом. 2. Мотори са комбинованим дејством тих и индуцираних струја. 3 Мотори са укупним дејством наизменичних и једносмислених струја.

Најпростији облик синхроничног мотора добија се, кад се око гвозденог прстена намотају четири спроводника па се они међу собом споје као што је раније речено. Гвоздена кружна плоча, којој је са сваке стране скинут један одсечак, може се употребити као

арматура. Такав је мотор представљен на сл. 70. Пошто је плоча тако намештена, да се слободно окреће у прстену, то је очевидно, да ће плоча, (кад се полови преместе), тежећи да се тако намести, како би обухватила што већи број магнетских линија, неизоставно ићи за половима те ће и кретање њено бити синхронично са кретањем арматуре генераторове; то се у самој ствари види на сл. 70, на којој арматура производи једним обртом два струјна импулса у сваком спроводнику. Очевидно је, да кад би се једним обртом изазвао већи број импулсâ, да би ход мотора сразмерно порастао. Па како је привлачење на плочу највеће, кад је она најближе половима, то следује, да ће такав мотор задржати сасвим исти ход при свима теретима у границама његове снаге.

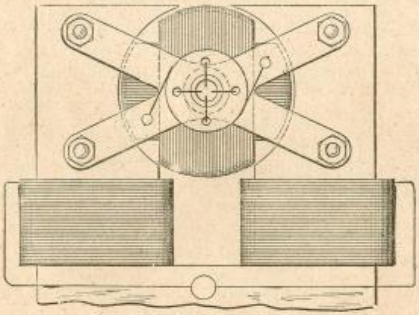
Да би олакшали почетак окретања, плоча се може снабдети једним калемом, који је у самом себи затворен. Корист која се постиже тиме је очевидна. У самом почетку, кад струја пројури кроз тај калем, јако ће намагнетисати плочу и ојачати привлачење, које наступа између ње и прстена; а пошто се струје производе у калему све дотле, док је брзина или ход арматуре спорији од хода полова, то се таквим мотором може извршити врло велики рад и ако је његова брзина испод нормалне брзине. Кад мотор постигне своју нормалну брзину или ход онда се у том спроводнику не ће рађати никаква струја пошто је интензитет полова сталан.

У место да се крајеви калема међу собом споје, могу се они спојити са два изолована клизала*) па ће једносмислена струја заменити ону из генератора. Најбољи начин да се крене такав мотор био би, да се крајеви калема међу собом споје све док се нормални ход или са свим или приближно не постигне, па да се онда вежу са једносмисленом струјом. Јер ако се плоча сувише јако намагнетише једносмисленом струјом, мотор се не ће моћи кренути, а ако се слабо

*) Клизала код мотора одговарају сисалицама код генератора — Ст.

намагнетише или у опште тако, да је магнетско дејство прстена јаче, онда ће се кренути и достићи нормалан ход. Такав ће мотор одржати савршено исту брзину при свима теретима. Даље се нашло да ако покретна снага генераторова није сувише велика, кад се мотор зауставља, ход се генератора успори синхронично са мотором. Што је још карактеристично код те врсте мотора јесте то, да се окретање мотора не може изврнути, кад се изврне смисао једносмислене струје у калему.

Синхронизам тих мотора може се експериментима доказати на разне начине. Најзгодније је тога ради употребити мотор са непокретним магнетом и арматуром, која је удешена да се у њему окреће као што показује сл. 74. У том случају премештање полова арматуре чини, те се она окреће у супротном смислу.



Сл. 74.

Из тога следује, да кад се нормални ход постигне, полови арматуре заузму сталне положаје према магнету, који се намагнетише индукцијом, имајући нарочити пол на сваком поларном крају. Ако се магнету принесе комад меканог гвожђа, њега ће магнет у почетку тако привући да ће брзо затреперити у след брзог извртања поларности магнета; кад ход арматуре стане расти, треперења постају слабија и слабија и нај-

зад их са свим нестане. Јер је сад гвожђе истина слабо али стално привучено доказујући да је синхронизам постигнут и да је магнет намагнетисан индукцијом.

И плоча се може употребити за тај експеримент. Ако се држи врло близу арматуре, она ће се окретати све док брзина окретања полова буде већа од брзине арматуре; али кад се нормална брзина или са свим или приближно постигне, онда престане окретање јер је сада плоча стално привучена.

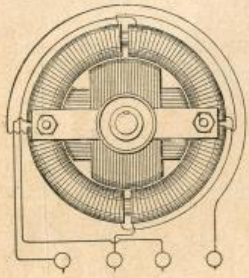
Груб али врло очигледан експеримент се може извршити са лампом сијалицом. Кад се у електрични ланац, како генератора тако и магнетског калема, унесе таква лампа, одма се у почетку опази брзо треперење светлости у след индукционих струја у калему; у колико брзина расте, треперења су ређа док најзад са свим не престану показујући да је мотор постигао свој нормални ход.

Телефон се у том погледу понаша такође као врло осетљив апарат; кад се споји са ма којим ланцем моторовим, синхронизам се може лако константовати, кад исчезну индуковане струје.

Обртна снага тих мотора, била је предмет многих напора и због тога је било потребно, да се такав распоред направи, да док се полови једног елемента моторског премештају у след наизменичних струја, које долазе са извора, да се полови изазвати на другим елементима одрже непрестано у потпуном односу са њима и без обзира на ход мотора. Такав услов постоји и код мотора са једносмисленом струјом; код синхроничног мотора, као што је горе описан тај је услов испуњен само кад је ход мотора нормалан.

Тај се резултат постиже кад се намести у самом прстену згодно подељено цилиндрично гвоздено језгро, омотано са више засебних калемова. Два таква калема под правим углом као што показује сл. 75 довољна су, али се и већи број може згодно употребити. Из таког распореда следује, да кад се магнетски полови на прстену преместе, струја се појави у затвореним калемима арматуре. Те су струје најјаче код или близу

оних тачака, где су линије магнетских сила најгушће; оне сад изазивају на арматури магнетске полове, који стоје под правим углом према половима на прстену, бар тако је теоријски; па како је то дејство са свим независно од хода, — бар у колико се то тиче положаја полова — онда следује, да на периферију арматуре дејствује непрекидно привлачење. У многом погледу ти су мотори слични моторима са једносмисленом струјом. Кад се мотор оптерети, ход његов па дакле и отпор се смањи у след чега више струје пролази кроз електромагнетски калем те му је и дејство



Сл. 75.

јаче. Кад се терет скине, супротна електромоторска снага порасте и мање струје протиче кроз примарну или електромагнетску спиралу. Кад нема никаквог терета, ход мотора врло приближно је раван брзини с којом се полови у магнету премештају.

Обртни ефект тих мотора потпуно је једнак ефекту мотора са једносмисленом струјом. Изгледа да је тај ефект највећи, кад су и арматура и магнет без икаквих полних крајева или пројекција, али пошто се на тај начин магнетско поље не може концентрисати, вероватно ће се најбољи резултат постићи, кад се полне пројекције задрже само на једном елементу. У опште се може рећи да пројекције смањују колебање и производе тенденцију за синхронизмом.

Карактеристична је црта мотора те врсте у томе, што се врло брзо могу извртнути; што лако постају реверзивни. Та особина излази из саме радње мотора. Замислимо да се арматура окреће и да је правац окретања полова извртнут. Таква справа представља онда динамо машину, код које је снага, која ту машину тера, нагомилани моменат арматуре а код које је брзина, равна збиру брзина арматуре и полова.

Ако се хоће да осигура постојан, константан ход и у исто време извесна обртна снага или ефект у самом почетку кретања, онда се тај резултат може лако постићи на разне начине. На пример, могу се две арматуре, једна за колебање а друга за синхронизам утврдити на истом стаблу па се једној од њих може дати превага каква се хоће; или се једна арматура може обавити за обртни ефект, а више или мање прононсирана тенденција ка синхронизму, може се дати арматури згодном конструкцијом гвозденог језгра, и тако даље.

Да би се постигла жељена фаза струје у оба ланца, најзгодније је употребити два калема под правим углом јер је онда дејство најједноставније; али се та фаза може постићи и на више других начина, што све зависи од употребљене машине. Неке се динамо машине, које су данас употребљене, могу лако удесити за тај циљ, кад се споје генераторски калеми на згодним местима. Код арматура са затвореним ланцем, као што су оне код једносмислених машина, најбоље је извести струју са четири, једнако раздаљене комутатореве тачке или ребра па их спојити са четири изолована клизала на стаблу. На тај је начин сваки моторов ланац спојен са два супротно положена ребра комутаторова. Таким распоредом мотор може радити са половином потенцијала и трожичним системом, кад се споје његови ланци згодним редом са три додирна прстена.

Код многополних динамо машина, фаза се постиже обавијањем арматуре, двема серијама калемова тако, да кад једна серија производи највише струје онда је друга серија или са свим или приближно у неутралном положају; тиме се обе серије калемова могу или у исти мах или наизменце изложити индуктивном дејству магнета.

У опште узев, електрични се ланци мотора могу разно удешавати и разним се путем може доћи до истог резултата; али би и пак најпростије било, да се примарни ланци наместе на непокретном делу мотора, како би се избегла, бар у извесним облицима, употреба клизала. У том случају, магнетски калеми спојени су

наизменце у оба ланца, т. ј. 1, 3, 5... у један а 2, 4, 6... у други ланац а калеми сваке серије, посебице могу се спојити сви на исти начин или наизменце и супротно један другом; у последњем се случају добија мотор са преполовљеним бројем полова па је и дејство његово у том односу промењено. Сл. 76. 77, и 78 показују три разне фазе кад су магнетски калеми у сва-

Сл. 76. Сл. 77. Сл. 78.

ком ланцу спојени наизменце и супротно. У том случају биће свуда четири пола као у сл. 76 и 78, четири полна краја или пројекције биће неутралне (сл. 78) а у слици 77 два суседна полна краја имаће исту поларност. Ако су сви калеми спојени на исти начин, онда ће бити осам наизменичних полова као што је то обележено писменима n' s' на сл. 76.

Многополним моторима у овом (наизменичном) систему, постижу се извесни веома важни резултати, који се у једносмисленом систему мотора не могу постићи и то: што се такав мотор може израдити да се окреће са напред одређеном брзином и без обзира на непотпуности у самој конструкцији, без обзира на терете а у извесним границама без обзира и на електромоторску снагу и јачину струје.

Говорећи у опште о употреби мотора тога система, ваљало би усвојити следећи план: У централној станици треба да се намести генератор са врло великим бројем полова. Мотори, које ће тај генератор кретати треба да су синхроничког типа али да имају довољно обртне снаге да осигурају почетак обртања. Пазећи на извесна правила у конструкцији, може се узети, да ће брзина свакога мотора бити у неком извесном извртнутом односу са величином а број полова треба у истој

размери да буде изабрат. Само ванредне потребе могле би изменити то правило. Тога ради било би корисно, снабдети сваки мотор са већим бројем полних крајева или калема, пазећи при томе, да њихов број буде производ од два и три. На тај начин а самом променом спајања појединих калемова, може се мотор прилагодити ма за какву употребу.

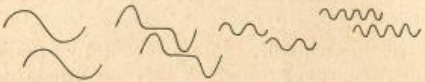
Ако је број полова на мотору истоветан са бројем полова на генератору, радња ће им бити хармонична и тражени је резултат постигнут; ако то није случај, онда је најбоље направити мотор са двогубим бројем полова и спојити их међу собом као што је горе поменуто тако, да се добије у пола мањи број полова. Рецимо, да генератор има дванајест полова, па се тражи да ход моторов буде $\frac{12}{7}$ хода генераторова. Такав мотор треба да има седам полних крајева или магнета, али се он може унети у ланац само ако буде у њему четрнајест арматурних калемова, због чега опет ваља употребити клизеће контакте. А да се то избегне, мотор се мора снабдети са четрнајест магнета, седам у сваком ланцу повезаних наизменце међу собом. Арматура треба да има четрнајест затворених калемова. Рад таквог мотора не ће бити тако потпун као кад је број полова једнак али недостатак неће бити озбиљне природе.

У осталом недостатак, који постаје у след тог несиметричног облика, биће у толико мањи у колико број полова буде био већи.

Ако генератор у опште има n а мотор n_1 полова, ход мотора биће раван ходу генератора, помноженом разломком $\frac{n}{n_1}$.

Говорећи у опште, брзина мотора зависи од броја полова и ако може бити изузетка од тога правила. Брзина се може изменити самом фазом струје у појединим ланцима или карактером струјиних импулса или интервалом (размаком) између појединих или између група импулса. Неколико таких могућих случајева пред-

стављено је сликама 79 до 82, које се саме собом објашњују. Слика 79 представља најобичнији случај и који даје најбоље резултате. У том случају, ако се употреби основни (типски) облик мотора, као што је представљен сликом 70 онда ће један потпун талас у



Сл. 79. Сл. 80. Сл. 81. Сл. 82.

сваком ланцу произвести један обрт мотора. У сл. 80 исти ће се резултат постићи кад се заврши један талас у сваком ланцу, пошто су импулси сукцесивни, долазе један за другим; у сл. 81 то ће бити кад се заврше четири а у сл. 82 осам таласа.

На тај се начин може постићи свака жељена брзина код мотора, бар у границама практичних потреба. При пуном терету, ови мотори имају исту моћ као и мотори са једносмисленом струјом. Трансформатори им још већма подижу ту добру страну. И они се могу на сличан начин мењати у конструкцији и олакшаће увођење мотора и њихову примену за практичне потребе. Њихова је издашност већа него код садањих трансформатора а та тврђења оснивам на овим основама:

Код трансформатора као што се они сада праве, ми производимо струју у секундарном ланцу мењајући интензитет или јачину примарне или индуцирајуће, изазивајуће струје. Ако узнемо да постоји сразмерност према гвозденом језгру, онда ће индуктивно дејство, које се врши на секундарни калем бити сразмерно бројном збиру промена у интензитету примарне струје и у јединици времена; одакле следује, да ће при датом броју промена, сваком продужењу примарне струје одговарати сразмеран губитак. Да би се добиле учестане промене у јачини струје, што је неопходно потребно за издашну индукцију, употребљава се велики број трептаја, а то је везано са многим штетним последи-

цама. Јер у след тога нарасте цена а опадне издашност генератора, велики се део енергије троши на загревање језгра, због чега опет опадне дејство трансформатора, јер језгро не дејствује свом својом снагом, кад су извртања врло честа. Индуктивно дејство је такође врло слабо у извесним фазама, као што се то види из графичких представака, а осим тога ту може да буде и неактивних периода ако има интервала или времених размака између узастопних струјних импулса или таласа. Премештањем пак полова у трансформатору, и изазивањем индуктивних струја тим премештањем, индукција има идеалан карактер јер за све време задржава своје максимално, најјаче дејство. Из тога се дакле може сасвим природно закључити, да се премештањем полова много мање енергије губи него кад се полови или струја изврћу. — —

Као што се из досадањега излагања види, Тесла је направио електрични мотор са наизменичним струјама, који има све добре стране мотора са једносмисленом струјом и који је у извесном погледу још и бољи од њих. Тиме је питање о преносу снаге на даљину ушло у са свим нову фазу, т. ј. сад се природне снаге, којих нарочито има много у водопадима, могу много лакше преносити помоћу електрицитета него до сада. Пошто је та ствар од огромне важности по будућу индустрију, ми ћемо се још мало задржати код употребе једносмислених и наизменичних мотора за пренос снаге, нарочито кад се ствар тиче преноса великих снага и на велику даљину.

Видели смо напред, да динамо машине, биле оне једносмислене или наизменичне, дају електричну струју својим брзим окретањем. У највише случајева, за окретање динамо машина употребљена је водена пара, која тера парне машине. Али има врло много случајева где би се, у место водене паре, могле употребити турбине, које окрећу водопади те тако би се том природном снагом могле произвести тако рећи бесплатно, велике количине електричне струје. Али обично ти водопади ни су у варошима, где би се струја коју они производе

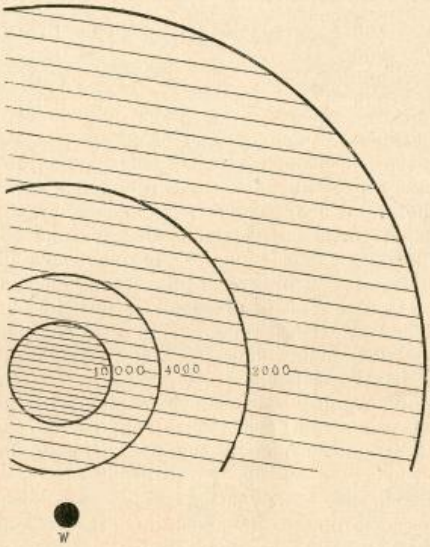
могла одма утрошити, него би требало ту струју пренети више десетина или стотина километара. Ту сад настаје тешкоћа око преноса.

По себи се разуме, да се електрична струја добрим спроводницима на пр. бакарним жицама може спровести ма на какву даљину, као на пример код телеграфских жица, где струја преноси кретање тастера са једне штације на другу. Али ако је снага коју хоћемо да пренесемо велика, на пример више десетина или стотина а можда и хиљада парних коња, онда питање већ није тако просто као код телеграфа, где су струје врло слабе. Јер за тако јаке струје ваља употребити нарочите спроводнике.

Овде се питање може решити на два начина; или се могу употребити струје слабога напона а велике количине или обратно, количина струје може бити мала а напон јак. Спроводници у оба та случаја не ће бити исти. Ако употребимо струје слабог напона, онда спроводници треба да су врло дебели; обратно спроводници ће бити у толико тањи, у колико пренесена струја буде имала већи напон. И пошто се то питање мора на првом месту посматрати са економског гледишта, то се по себи разуме, да неће бити све једно да ли ћемо преносити струју високог или ниског напона.

Да би нам ствар била јаснија узнимо један практичан пример: пренос водопадне снаге из Лауфена у Франкфурт, који је извршен 1892 године приликом електричне изложбе у Франкфурту. Даљина преноса износила је 175 километара а пренесена снага око 200 парних коња. Претпостављамо да ће се на том преносу у самом спроводнику изгубити 10% од целе снаге. Пита се колике дебљине треба да буду бакарне жице, ако струја буде имала 100, 200, 1000 и т. д. волата? Рачун показује, да ако струја буде од 100 волата, онда би спроводници били тако дебели да би их једва тројица могли обухватити; па и за струју од 1000 волата спроводници би били три пут дебљи од човечије мишице.

На сл. 83 виде се нацртани пресеци спроводника за струје разних напона и то за 2000, 4000 и 10000 волата. Мали пак црни круг W представља пресек спро-



Сл. 83.

водника који је употребљен за Лауфенски пренос а за струју од 27000 волата.

Према томе са економског гледишта, а то је најважније гледиште кад преноса снаге, ваља употребити што тање спроводнике, дакле струје што вишег напона.

Али се овде сретамо са другим озбиљнијим тешкоћама. Данас је свима позната ствар, да се из једносмислених динамо машина не може добити струја, која би имала знатно већи напон од 2000 волата. Тешкоћа лежи у томе што се такве струје тешко могу изоловати. Ваздух је најбољи изолатор за електрицитет. Али

његова изолаторска моћ има својих граница. Кад напон пређе неку извесну вредност, онда електрицитет пробије ваздушни слој у виду варнице. Те су варнице краће или дуже према напону струје; тако

напон од	700	волата	даје	варнице	од	0·1	мм.	дуж.
» »	2200	»	»	»	»	0·5	»	»
» »	4000	»	»	»	»	1·0	»	»
» »	31000	»	»	»	»	10·0	»	»

Жице динамо машина изоловане су разним смолама и кад производе струју високих напона може да се деси, да струја ма на ком месту пробије изолатор и тиме поквари целу машину, јер кад постане само једна варница онда се она више не гаси све док оптиче струја кроз спроводнике. Та је опасност још већа код машина које се окрећу и за то се може рећи да се окретне машине за врло високе струје не могу довољно изоловати. Изоловање је само онда сигурно, кад се спроводници, који спроводе струју високог напона не крећу, кад су мирни.

Економија дакле захтева струје што већег напона јер се онда могу употребити врло танки спроводници; с друге стране практика са динамо машинама не дозвољава високе напоне јер су изолатори несигурни.

Једносмислену струју ваља непосредно пренети из генератора у мотор и за њу вреде онда горње тешкоће. Наизменична струја може бити ниска у генератору али се може трансформаторима претворити пре поласка на даљину, у струје врло високог напона и као таква пренети танким спроводницима на даљину. Стигав на место опредељења, тој се струји такође трансформаторима може спустити напон и употребити као струја ниског напона. Али је тешкоћа била до проналаска Теслиних мотора у томе, што није било електричних наизменичних мотора, који би имали практичне вредности. Сад се тек може схватити огроман значај Теслиних електричних мотора за индустрију, јер се њима може преносити наизменична струја врло високог напона на даљину, што се са једносмисленим струјама не сме ни поку-

шати. Генератор производи струју ниског напона те према томе, пошто се његови спроводници окрећу, нема опасности да се изолација може покварити. Таква струја прошав одма после генератора кроз трансформатор излази из њега са врло високим напоном, али како се ни један део у трансформатору не креће, то је искључена и опасност да ће тако висока струја покварити изоловање. Струју пак врло високог напона проводимо кроз танке спроводнике, чиме су задовољени и економски захтеви.

Једносмисленим се моторима може згодно преносити снага мање вредности и на мале даљине. На против за преносе великих снага и на велике даљине морају се употребити мотори са наизменичном струјом. А таких мотора није било, до Теслиних наизменичних мотора са обртним или ротаторним магнетизмом, па дакле са обртним или ротаторним струјама.

Пошто је Тесла извео на чисто питање о својим моторима са наизменичном струјом, као што смо то напред изложили, он је скренуо своју пажњу на другу страну. Имајући прилике да се ради својих мотора упозна са извесним дејствима електричних струја високог напона, Тесла је ставио себи у задатак да у том правцу оде даље но и ко пре њега, да производи и проучава струје веома високих, тако рећи огромних напона или потенцијала. Такав задатак и ако је био занимљив, и ако је могао обећавати врло важне резултате, био је у исти мах и врло опасан, јер струје од преко 2000 волата су опасне и по сам живот људски. И најмања непажња експериментатора у раду са тим струјама, могла га је стати живота. Због тога никоме није ни падало на памет, да са тако опасним струјама експериментише, и да какве нове њихове особине истражује, кад се у напред знала њихова основна особина: да су смртоносне.

Тесла је за своје студије изабрао оне исте струје за које је и свој мотор направио а то су *наизменичне* струје. Али и наизменичних струја има разних врста. Видели смо напред, да код наизменичних струја, смисао струје се у жици врло брзо мења: струја час иде кроз жицу с лева на десно час с десна на лево, (код једносмислених струја тих промена смисла нема, него струја тече непрестано једним истим смислом). Овако мењање смисла код наизменичних струја може бити ређе и учестаније а по томе се мери *учестаност* или *фреквенција* наизменичних струја. Може наизменична струја само пет пута променити смисао у једној секунди, а може и десет и двадесет пута. Онда ће каже, да су то

наизменичне струје од 5, 10 или 20 фреквенција у секунди или струје од 300, 600, или 1200 фреквенција у минуту. Није све једно да ли ћемо имати посла са струјама веће или мање учестаности или фреквенције.

Код обичних динамо машина са наизменичном струјом, учестаност је у опште слаба. И за обичне потребе то је са свим довољна учестаност за то нико није ни тражио да учестаност наизменичних струја повећа. Само је Тесла хтео да прозведе струје врло високе учестаности и да види да ли те, тако рећи нове струје, задржавају исте особине као и кад им је учестаност слаба или може бити скривају у себи особине о којима ми и не сањамо.

Ето тако је постала читава серија експеримената, које је за последње две године Тесла извршио са наизменичним струјама велике учестаности и високих потенцијала. Он је од један пут скочио од струја од две или три хиљаде волата на струје од пола милијуна волата. У место да ради са наизменичним струјама од сто или две стотине фреквенција у секунди, он је направио струје од више десетина и стотина хиљада фреквенција у секунди. И резултати постигнути тим путем превазишли су свака па и најфантастичнија очекивања; експерименти са таким струјама изазвали су дивљење и у Америци и у Европи, како код неуких тако и код најученијих посматрача. Шта више може се рећи, што су посматрачи експеримената били ученији, у толико је дејство на њих било снажније и веће.

О тим својим експериментима Тесла је држао два предавања; једно у Њу-Јорку $^{5}/_{20}$ Маја 1891 год. пред америчким друштвом инжињера електричара, а друго $\frac{23\ \text{Јануара}}{4\ \text{Фебруара}}$ 1892 у Лондону пред енглеским друштвом инжињера електричара. Тесла је држао још предавање и пред енглеском Академијом Наука и француским друштвом електротехничара, али су само прва два предавања штампана. И у место да у кратко изнесемо само садржину тих предавања, ми ћемо изнети пред читаоце оба та предавања, како би што потпуније схва-

тили ток мисли самога аутора. Почећемо најпре са америчким предавањем које гласи:*)

Ништа није примамљивије и важније за проучавање од природе. Схватити тај велики механизам, пронаћи силе, које у њему раде и законе, који њиме управљају, јесте најузвишенији задатак ума човечијег.

Природа је нагомилала у васељени неизмерну енергију. Вечити прималац и спроводник те неизмерне енергије јесте етар. Сазнање да етар постоји, као и упознавање његове радње јесу најважнији резултати модерног научног испитивања. Потпуно напуштање идеје о дејству на даљину, усвајање једне средине, која испуњава цео простор и спаја међу собом свуколику материју, ослободило је мислиоце од једне вечите сумње и отварајући нов хоризонат — нових и неочекиваних могућности — пробудило је живље интересоване за појаве, које су нам већ из раније биле познате. То је био велики корак к схватању природних сила као и њихових многоструких утицаја на наша чула. То је било за просвећеног ученика физике оно исто, што и разумевање механизма пушке или парне машине за дивљака. Појаве, које смо навикли да сматрамо као чуда, које нисмо могли објаснити, сада гледамо сасвим другојаче. Варница индуктивног калема, сијање лампе сијалице, механичка дејства електричних струја и магнета, нису више ван нашег домашаја; посматрајући их данас, оне нам не изгледају неразумљиве као пређе, она се представљају нашем уму као прост механизам па и ако нисмо на чисто са њиховом правом природом, ми данас знамо, да права истина не може бити још за дуго скривена те инстинктивно осећамо, као да је схватање свега тога већ почело у нама свитати. Ми се и данас дивимо тим лепим појавама, тим чудноватим силама, али нисмо више немоћни; ми их можемо донекле објаснити, ми можемо

*) Оригинални наслов предавања гласи: *Experiments with alternate currents of very high frequency und their application to metods of artificial illumination, by Nikola Tesla.* A lecture delivred before the American Institute of Electrical Engineers at Columbia College N. Y May 20th 1891. Vice President Loskwood in the Chair.

и рачунати с њима и надамо се да ћемо најзад успети, да откријемо тајну, која их још за сад од нас скрива.

Сваки ученик природе, ваља да се стара да позна и разуме свет, који је око нас. Несавршеност наших чула не дозвољава нам да упознамо унутрашњи састав материје; и астрономија, и ако спада међу највеличанственије и најпозитивније природне науке, може да нас поучи само о ономе, што се дешава у нашој најближој околини; о удаљенијим деловима бескрајне васељене као и о њеним безбројним звездама и сунцима, ми не знамо готово ништа. Али тамо, где нам чула не могу допрети, може нас одвести наш дух па се с тога можемо надати, да нам и ти, данас непознати светови — бескрајно и велики и мали могу донекле бити познати. Па и онда кад и то све дознамо, истражујући ум наићиће на препоне, мож'да на свагда не прелазне, ка *правом* познавању онога што нам *се само чини*, и чега је просто *привиђање* једина и несигурна основа целе наше философије.

Од свију облика неизмерљиве и свуда разастрте енергије природне, која непрестаним променама и кретањем својим као каква душа оживљава трому васељену, облици електрицитета и магнетизма су мож'да најзанимљивији. Појаве гравитације (теже), топлоте и светлости опажамо сваким даном па се брзо на њих привикнемо, и брзо изгубе за нас сваку занредност и чудноватост; али електрицитет и магнетизам са својим засебним сродством, са својим привидно двоструким карактером какав не налазимо код осталих природних сила, са својим привлачењем, одбијањем и обртањем, које као да су чудне манифестације неких непознатих узрока, све то изазива и подстиче наш ум на размишљање и испитивање. Шта је електрицитет а шта магнетизам? То су питања, која се још једнако понављају. Најспособнији су се умови бавили тим питањима: али се на њих ни до данас није потпуно одговорило. Али и ако ми ни данас нисмо у стању рећи шта су и какве су те особене силе, ми смо се ипак знатно приближили решењу тога проблема. Ми смо данас уверени

да се електричне и магнетске појаве могу приписати етру па смо с тога мож'да у праву да кажемо, да су појаве статичког електрицитета последице етра под притиском а појаве динамичког електрицитета и електромагнетизма да постају кретањем етра.

На првом се месту питамо шта је то електрицитет и имали у опште чега, што би се могло назвати електрицитетем? Објашњавајући електричне појаве ми можемо говорити о електрицитету, или о електричној особини, о његовом стању или дејству. Ако говоримо о електричним дејствима, морамо разликовати два таква дејства супротног карактера, која се узајамно потиру, пошто нам посматрања показују да таква два супротна дејства постоје. У осталом то тако мора и да буде, јер ми не можемо у средини или медијуму као што је етар произвести никакав притисак, никакво премештање или ма какво кретање а да у исти мах не изазовемо у околној средини исто толико али супротно дејство. Али ако говоримо о електрицитету као о некој *ствари*, онда морамо, ја мислим, напустити мисао о два електрицитета, пошто је опстанак двеју таквих ствари врло невероватан. Јер како можемо и замислити да постоје две ствари са свим једнаке по количини, сличне по особинама а супротног карактера, обе везане за материју обе привлаче али једна другу потиру? Таква се претпоставка истина намеће код извесних појава, она истина може често да послужи, да се те појаве објасне али се ипак не може препоручити. Ако дакле таква ствар као што је електрицитет *постоји*, онда може постојати само *једна* таква ствар и онда је врло могуће, да сувишност или недостатак такве ствари или још вероватније њена извесна својства, дају јој час положан час одречан карактер. Стара Франклинова теорија, и ако нас у неким приликама издаје, са извесне тачке гледишта међу свима је најзгоднија. Па ипак, поред свега тога, теорија о постојању два електрицитета је данас у опште свуда примљена, јер привидно објашњава електричне појаве врло задовољним начином. Али теорија, која извесна факта боље објашњује не мора

за то бити и истинита. Генијални умови измишљају теорије, које се слажу са посматрањем и обично сваки независан мислилац има својих погледа на извесан предмет.

Узимајући слободу да вам у неколико речи изнесем погледе и убеђења, која су ме довела до извесних резултата, није ми намера да вам наметнем какво мишљење. већ ми је само жеља, да вас боље упознам са неким резултатима које ћу описати, да вам покажем назоре, којима сам се руководио, и путеве којима сам ишао

Ја остајем при томе, да постоји таква ствар, коју смо ми навикли да зовемо електрицитетом. Питање је само, каква је то ствар? или коју од свију ствари за које знамо, можемо с највећим право назвати електрицитетом? Знамо да се понаша као нестишљива течност, да је има у природи у сталној количини; да се не може ни створити ни уништити; и што је још важније, електромагнетска теорија светлости и сва посмотрена факта уче нас. да су електрични и етарски појави слични. Према томе сама нам се намеће помисао да се електрицитетом може назвати етар. У осталом то је мишљење у извесном погледу већ изнео Др. Лоџ (Lodge). Многи су читали његово интересно дело, и многи су били убеђени његовим разлозима; његова велика способност и занимљива природа самога предмета очарала је читаоце, али кад утисци ослабе, онда читалац види да је имао посла само са вештим тумачењима. Ја морам признати да не верујем у два електрицитета а још мање у двогубо састављен етар. Заплетено понашање етра као чврстог тела према таласима светлости и топлоте а као течног према кретањима која се у њему дешавају, објашњено је на најприроднији и најзадовољнији начин претпоставком да се сам етар креће као што је то учинио Сер Уиљем Томсн; али и поред тога, нема ничега што би нам дало права да са сигурношћу закључимо, да кад једна течност није у стању да спроведе попречна (трансверзална) трептања од неколико стотина или хиљада у секунди, да

не би била у стању спровести таква трептања ни онда кад се оне броје на стотине милијуна у једној секунди. Нити може и ко доказати, да су таласи, које шаље наизменична електрична машина са малим бројем фреквенција у секунди трансферзални таласи етарски; спрам тако лаганих поремећаја, етар, ако је у миру, може се понашати као права течност.

Враћајући се самом предмету, а имајући пред очима да је опстанак два електрицитета тако, да рекнем, врло невероватан, ми се морамо сетити да ми немамо никаквих позитивних доказа о електрицитету самоме за се нити се можемо надати да ћемо их имати, осим кад се јавља са каквом другом материјом. Према томе, електрицитетом се не може назвати етар у ширем смислу речи; али нам ништа не смета да електрицитетом назовемо са материјом спојени етар или везани етар; или другим речима можемо рећи, да је тако звани статички наелектрисан молекил, етар на неки начин везан са молекилом. Посматрајући тако саму ствар можемо рећи, да електрицитет суделује у свима молекилским радњама.

Али се сад може само нагађати шта је тај етар што омотава молекиле и у чему се он разликује од етра у опште. Тај се етар не може разликовати по густини пошто је нестишљив; он дакле мора бити под неким притиском или у кретању и ово последње је највероватније. Да би схватили и разумели његове радње, потребно би било да имамо праву представу о физичком склопу материје а о томе у осталом можемо имати само умну слику.

Од свију погледа на састав природе, онај је најнаучнији па и највероватнији који узима, да је једна материја и једна сила и да свуда влада савршена сагласност (униформност). Ја држим да би било највероватније и да би најбоље објаснили највећи број посмотрених појава, кад би узели, да се бескрајно мали свет, са молекилима и њиховим атомима ковитла и креће по путањама, које у многоме личе на путање небеских тела носећи са собом а по свој прилици и ковитлајући са собом и етар или другим речима носећи са собом

статички електрицитет. Ковитлање молекила и њиховог етра одговорило би етарском напону или електростатичком притиску; једначење етарских напона одговарало би етарском кретању или електричном струјању; а кретање по затвореним путањама изазвало би перманентни ила електромагнетизам.

Пре петнаест година, проф. Роуленд (Rowland) изнео је врло занимљив и важан факт, да кад се статичким електрицитетом напуњен спроводник окреће, онда изазива иста дејства као и електрична струја. Остављајући на страну праву природу механизма, који производи привлачење и одбијање струја, ми ћемо узети у обзир само електростатички пуне молекиле у кретању па да нам тај експериментален факт да праву слику о магнетизму. Ми можемо схватити линије или цеви магнетских сила, које физички постоје, образоване од низова покретних молекила; ми можемо увидети да те линије морају бити затворене, да се морају скраћивати и ширити и т. д. На исти се врло разумљив начин објашњава најзаплетенији међу свима појавама, перманентни магнетизам, и тај начин у опште има у себи све лепоте Амперове теорије али без основног недостатка њеног, без претпоставке молекилских струја. Не улазећи даље у тај предмет, хоћу да кажем, да сматрам све електростатичке струје и магнетске појаве као последице електростатичких молекилских сила.

Горње сам примедбе сматрао као потребне ради потпуног схватања предмета онако, како се он у мојој памети представља.

Међу свима електричним појавама најважније за проучавање су појаве електричних струја, ради њихових већ сада великих и сваким даном растућих примена на индустријске циљеве. Сто година је прошло од како је први практични извор електричне струје пронађен и од тог доба су непрестано и марљиво проучаване појаве, које прате ту струју, и неуморним трудом научара пронађени су прости закони који њима владају. Али се у исти мах нашло да ти закони вреде само ако су струје сталног и непроменљивог карактера.

Јер ако се струје брзо мењају по јачини, са свим се различите и често неочекиване појаве јављају и за њих вреде са свим други закони, који још ни данас ни су потпуно одређени као што би се то желело; међу тим, радовима нарочито енглеских научара, стечено је довољно знања на основу кога можемо радити с неким простијим случајевима с којима се сретамо у нашем свакодневном животу.

Појаве, које постају у след промена карактера електричних струја много су очигледније кад број промена порасте, па с тога је и проучавање таквих струја знатно олакшано, кад имамо згодно конструјисане апарате. Имајући те и друге неке околности на уму, ја сам конструјисао наизменичне динамо машине, које су кадре дати више од два милијуна фреквенција у минуту и само тим околностима имам да захвалим, што сам у стању изнети пред вас неколико ванредних резултата који ће нас, надам се, помаћи за један корак ближе ка решењу од најважнијих задатака: практичном и корисном произвођењу светлости.

Проучавање тако брзих наизменичних струја, врло је занимљиво. Скоро се у сваком експерименту наиђе на што ново. Многи се резултати дају из раније предвидити али многи долазе неочекивно. И за самог експериментатора има занимљивих призора. Ето на пример узнемо комад гвожђа и принесемо га магнету. Почев са струјама слабих фреквенција па повишавајући их, осећамо потресе све брже и брже, који поступно бивају све слабији и слабији па најзад са свим ишчезну. На послетку се осећа неко непрекидно вучење; али то вучење очевидно није непрекидно; оно нам само тако изгледа јер је наше чуло пипања несавршено.

За тим можемо пустити да између електрода прескаче светла варница па ћемо уз растење фреквенција чути све оштрији и оштрији звук који поступно слаби док га са свим нестане. Очевидно је, да трептана ваздушна ни су престала, али су сувише слаба да би се могла чути — наше нас чуло слуха изневерило.

За тим, кад пролази струја кроз индукциони калем високог напона, осећамо извесне слабе физиолошке појаве, опажамо брзо загревање гвоздених језгра и спроводника, занимљиве индукционе појаве, интересне конданзационе феномене, и многе још друге занимљиве светлосне појаве. Сви су ти експерименти и призори од највећег интереса за експериментатора, али би ме опис њихов одвео сувише далеко од главног предмета. Нешто због тога а нешто опет, због много веће важности самога предмета, ограничићу се само на светлосне појаве, које те струје производе.

На тај се циљ употребљава индукциони калем или какав други сличан апарат, којим се струје сразмерно ниског напона претварају у струје високог напона.

Ако вас буду довољно занимали резултати, које ћу да опишем; ако хоћете да се осведочите о истини појединих аргумената, које ћу да изнесем, ви ћете и сами хтети производити високе фреквенције и високе потенцијале — другим речима снажна електростатичка дејства. Ви ћете онда наићи на многе тешкоће, које ако буду потпуно савладане, бићете у стању да дођете до заиста чудноватих резултата.

На прво место долази тешкоћа да се добије потребна фреквенција механичким апаратима, а ако се та фреквенција постигне на какав други начин, онда се јављају сметње друге природе. За тим биће тешко постићи довољно изоловање апарата а да их прекомерно не увеличамо јер кад су потенцијали високи а фреквенције врло честе, онда се изоловање (осамљивање) јавља као особита врста тешкоће. Тако на пример, ако у изолаторском материјалу има гаса, онда ће електрични напон у след бомбардовања гасних молекила па дакле у след загревања изолатора, пробити и кроз читав палац дебео слој најбољих чврстих изолатора као што је стакло, тврда смола, порцелан, печатни восак и т. д. дакле кроз сваки познати изолатор. Најважнија дакле ствар код изоловања апарата јесте, да се пре свега искључи свака гасна материја.

У опште узев, из мојих експеримената излази, да тела, која имају највећи специфични индуктивни капа-

цитет као што је стакло, показују слабију изолаторску моћ него тела, која ако су само добри изолатори, имају мањи специфични индуктивни капацитет као што је уље; без сумње с тога, што су диелектрични губитци већи код првих тела. У осталом та тешкоћа изоловања постоји само кад су потенцијали сувише високи, јер за струје које, рецимо имају 20000 фреквенција у секунди, али код којих потенцијал не прелази неколико хиљада волата, нема великих тешкоћа у спровођењу. Поменути број фреквенција је истина премален за многе практичне примене. Та тешкоћа у изоловању на срећу није таква да се не би могла мимоићи; она се више тиче величине апарата јер ако се употребе струје врло високог потенцијала, онда справа, која има светлост давати не сме бити далеко од апарата а често би морала бити на њему самом. Пошто ваздушно бомбардовање изоловане жице зависи од кондензаторског дејства њеног, то ће се губитак свести на минимум кад се употреби веома танка али добро изолована жица.

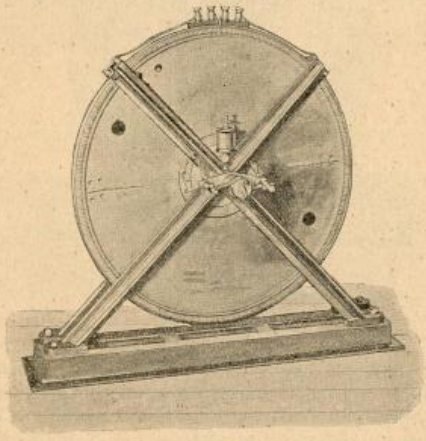
На другу се тешкоћу наилази код капацитета и самоиндукције, која мора постојати у калему. Ако је калем велики, — т. ј. ако му је намотана жица врло дугачка, онда се у опште он не може употребити за врло високе фреквенције; ако је калем мали, он се истина може употребити за такве фреквенције, али се не може имати тако високи потенцијал као што би се желео. Добар изолатор а нарочито такав, који има слаб специфички индуктивни капацитет, ваљало би употребити из два разлога. Прво, таким би изолатором били у стању да направимо врло мали калем, који би издржао огромне потенцијалне разлике и друго, такав би малени калем, имајући мали капацитет и самоиндукцију могао брже и јаче треперити. Па како сматрам као врло важну ствар конструкцију калема или ма каквог индукционог апарата, који би имао горње особине, с тога сам се тим питањем врло дуго и бавио.

Сваки онај, који би био рад да понови експерименте које ћу описати, са наизменичном машином која би била у стању дати струје жељене френквенције, и

индуктивним калемом, добро ће учинити, да извади примарни калем и да намести секундарни калем тако, како би могао гледати кроз цев, око које је секундарна жица намотана. Тако ће он моћи посматрати струјања, која иду од примарног калема ка изолованој цеви и по њиховом интензитету моћи ће знати колики напон сме дати калему. Ако на то не пази он ће сигурно покварити изолацију. Осим тога, таквим се распоредом може лако променити примарни калем, као што је то врло потребно код тих експеримената.

Избор самог типа машине, који ће најбоље одговорити постављеном циљу, мора се оставити увиђавности експериментаторовој. Овде су насликана три разна типа машина, који су, поред осталих типова служили за моје експерименте.

Слика 84 представља машину, којом сам се већ служио у мојим експериментима пред овим Институтом.

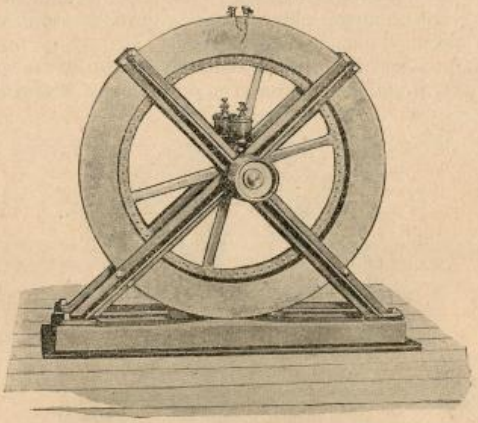


Сл. 84.

Индукциони или фелд магнет састоји се из прстена од кованог гвожђа са 384 полних крајева. Арматуру са-

ставља једна челична плоча, за коју је утврђен танак обруч од кованог гвожђа. По обручу намотано је више слојева танке, добро ужарене гвоздене жице, која се при намотавању провлачи кроз шелак. Арматурне жице намотане су око месинганих чивија, омотаних свиленим концима. Дебљина арматурских жица код овог типа машина не сме бити већа од једне шестине дебљине полних крајева иначе би локално дејство било сувише велико.

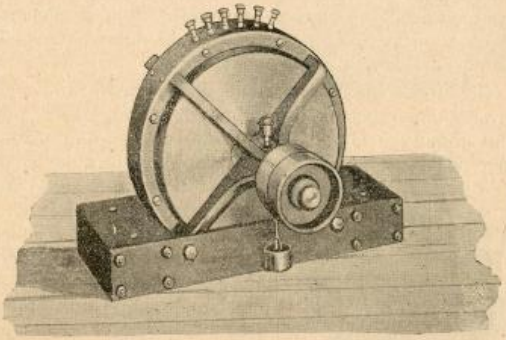
Сл. 85 представља већу машину другог једног типа. Индукциони или фелд магнет ове машине састављен је од два слична дела од којих сваки има по један индукциони



Сл. 85.

калем. Сваки део има 480 полних крајева намештених једни спрам других. Арматуру саставља точак од тврде бронзе носећи кондукторе, који се окрећу између полних крајева фелдмагнета. Кондуктори код таквог типа машина праве се од бакарних плоча, којих дебљина у осталом зависи од дебљине полних крајева; иначе би морали употреби плетене танке жице.

Сл. 86 представља мању машину у многом погледу сличну пређашњој, само су ту арматурни спроводници и индукциони калем непомични а окреће се само један комад кованог гвожђа.



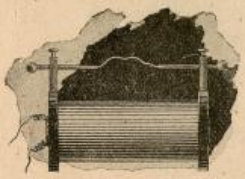
Сл. 86.

Кад би се упуштао у детаљно излагање конструкције тих машина, значило би само бескорисно продужавати овај опис. У осталом оне су мало опширније описане већ у „Electrical Engeneer“ од 18 Марта 1891. Али ипак сматрам да је потребно обратити пажњу експериментатора на две ствари, чију важност, и ако је сама по себи довољно очевидна, они обично подцењују, и то на локало дејство спроводника, које се мора брижљиво избегавати, и на почетну инерцију, која мора бити мала. Пошто је потребно имати великих периферних брзина, имао би још додати, да арматура треба да буде великога пречника, како би се избегле непрактичне угловне брзине. Међу разним типовима тих машина, које сам конструисао, нашао сам, да ми је тип представљен у сл. 84. задавао најмање муке при конструкцији, као и при радњи са њим и остао је у опште добра експериментална машина.

Међу светлосним појавама, које се очажају на индуктивном калему са врло честим фреквенцијама, на

прво место долазе наравно оне, са врло високим напоном. Кад се број фреквенција у секунди повишава или — ако су већ фреквенције врло високе — ако се струја у примарном калему мења, и пражњење се поступно по изгледу мења. Било би тешко описати ситније промене на које наилазимо као и околности које их изазивају, али се у главноме пет разних начина електричног пражњења могу нарочито истаћи.

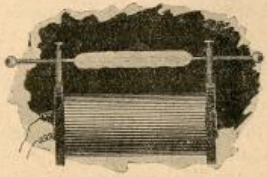
На првом се месту може приметити слабо и врло осетљиво пражњење, које личи на танак, слабо обојадисан конац (сл. 87). Оно постаје, кад је број фреквенција у секунди висок а струја у примарном калему врло слаба. На супрот тој веома слабој струји, број промена је велики а потенцијална разлика на крајевима секундарног калема врло знатна, тако да варница може на велику даљину прескакати; али „количина електрицитета" која се креће је незнатна и једва довољна да одржи, као конац танку варницу. Та је варница веома осетљива и може се тако осетљивом начинити, да и само дисање близу калема утиче на њу, а ако се са свим добро не заклони од ваздушних струја, она се непрестано прекида. Али поред свег тога, варница је у том облику врло издржљива јер кад се та варница до на трећину скрати, тешко се може одувати. Та ванредна издржљивост варнице кад је кратка, у многоме долази отуда, што је веома танка, те врло малу површину излаже дувању. Њена пак велика осетљивост кад је дугачка долази по свој прилици од кретања ситних делића прашине, који у ваздуху лебде.



Сл. 87.

Кад струја у примарном калему порасте, пражњење постаје шире и јаче а дејство калемског капацитета изађе на видик тако, да најзад под извесним околностима гледамо белу пламену варницу, (сл. 88.) често дебелу као прст, како скаче преко целог калема. Ова је варница здраво топла и карактерисана је још и тиме,

што уз њу не чујемо онај високи тон, који обично прати слабије пражњење. Дотаћи се калема у тим околностима не би било саветно; док на против у другим околностима и ако је потенцијал много виши, дотицање калема није опасно. Да се добије варница те врсте, није потребно употребити струју са сувише великим бројем фреквенција, али у опште говорећи, мора се водити рачун о извесном односу између капацитета, самоиндукције и фреквенције.



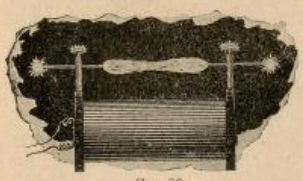
Сл. 88.

Важност тих елемената код наизменичних струја, сад је добро позната и у обичним приликама вреде општи закони. Али код индукционог калема, превлађују ванредне околности. Пре свега самоиндукција је од слабе важности све док нема варнице, јер је тек она изазове, али она овде мож'да никад не достиже толику важност, као код обичних алтернативних струја а то с тога, што је капацитет разастрт по целоме калему а и због тога, што се калем обично празни кроз врло велике отпоре; због тога су струје изванредно слабе. С друге стране, капацитет расте у колико се потенцијал пење а то због апсорпције која се јавља у врло великој мери. Према томе, ту не постоји никакво критично сродство између тих количина те изгледа да се обични закони не могу применити. Кад потенцијал порасте, било у след растења фреквенција или у след растења струје у примарном калему, онда и множина накупљене енергије постаје већа и већа а капацитет постаје од све веће и веће важности. До неког степена капацитет је користан али после тога почиње бивати од велике штете. Одатле следује, да сваки калем даје најбоље резултате са извесном фреквенцијом и извесном примарном струјом. Врло велики калем кад кроза њ' пролазе струје врло велике учестаности не даје варницу већу од $^1/_4$ палца. Ако на половима увећамо ка-

пацитет, услови се могу до некле поправити, али шта управо калему треба, то су слабије фреквенције.

Кад је пражњење пламенасто, онда су прилике очевидно такве, да кроз ланац протиче најјача струја. Те се прилике могу постићи мењањем фреквенције у врло широким границама али највећа фреквенција, с којим се може пламенаста варница добити, одређује за извесну дату примарну струју, максимални размак полова, између којих варница може прескочити. Код пламенасте варнице, не може се приметити никакав утицај капацитета на *сјајност*. Брзина, са којом се сад енергија гомила, управо је равна брзини с којом се она може распрострети кроз ланац. Та врста пражњена је најбоља проба за калем; ако се деси прелом он је исте природе као и код прекуњене лајденске боце. Да би приближно дао појма о тим односима напоменућу, да се са обичним калемом, рецимо од 10.000 ома отпора, најјача варница може добити од прилике са 12.000 фреквенција у секунди.

Кад учестаност пређе ту меру, потенцијал очевидно расте, али и поред тога, дужина пражњена може опасти, што изгледа парадоксно. Кад потенцијал расте, калем задобија све више и више особине статичке машине док се најзад не угледа врло леп феномен пражњења у млазевима, који може да се рашири преко целог калема (сл. 89). У том стању млазеви искачу са свију тачака и крајева. Исто ће се тако видети обилати млазеви у простору између примарног калема и изоловане цеви. Кад је потенцијал сувише висок, ти ће се млазеви појавити, па ма фреквенција била ниска и ма да је примарни калем омотан, за читав палац дебелим слојем воска, тврде смоле, стаклета или ма каквог другог изолатора. Та околност (неиздржљивост изолатора) знатно ограничава употребу калема, али ћу ја доцније показати

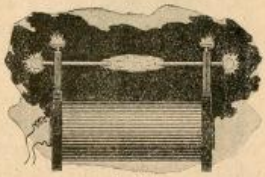


Сл. 89.

како ми је испало за руком да обиђем ту незгоду код обичног калема.

Интензитет млазева зависи поред потенцијала још и од фреквенције; али ако је калем врло велики, млазеви постају и ако је број фреквенција слаб. Као пример навешћу један врло велики калем, који сам пре кратког времена конструјисао, код кога отпор износи 67000 ома, и код кога је секундарни калем изолован ебонитним слојем од $^3/_4$ палца дебљине па се на њему јављају млазеви са само 10 фреквенција у секунди. Кад су млазеви јаки, онда се чује шум сличан ономе код Холцове машине само много јачи и одају јак мирис на озон. Што су фреквенције слабије у толико се лакше може повредити изолација. Са врло високим фреквенцијама, струја пролази слободно не изазивљући у изолацији никакав други ефект до загревајући је слабо и свуда подједнако.

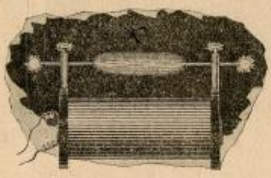
У оном стању, кад се млазевито пражњење дешава, или са нешто вишим фреквенцијама, може се зближавањем полова и згодним регулисањем капацитета, изазвати права киша ситних, сребрнасто белих варница или читав сноп веома танких сребрнастих конаца (сл. 90) који праве јаку светлу четку — где свака варница или конац по свој прилици одговара једној алтернацији. Кад се та појава изазове под згодним околностима, она спада међу најлепша електрична пражњења а кад се још на њ' управи ваздушна струја, онда је ванредно лепог изгледа. Кад се та киша од варница пропусти кроз тело, изазива извесне непријатности док на против, кад пражњење просто струји, такво осећање не постоји, само ако се велики спроводници држе у руци да се тело од ситних изгоретина обезбеди.



Сл. 90.

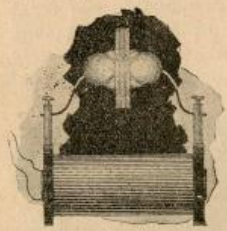
Ако се фреквенција још већма ојача, онда калем даје варнице само на сразмерно малим даљинама и онда

се види пети тип пражњења (сл. 91). Тенденција за струјањем и распипањем сад је тако велика, да четка која се на једном полу појави, нема никаквих засебних варница па ни онда, кад се, као што сам више пута констатовао, рука или ма какво друго спроводно тело држи у самом струјању; а што је још значајније, светло се струјање приближавањем каквог спроводног тела не да тако лако скренути у страну.



Сл. 91.

У том стању, пролазе струјања најлакше кроз врло дебеле изолаторе и веома је интересно студирати њихово понашање. Тога ради згодно је спојити са половима калема две металне лопте, које се могу наместити ма како далеко једна од друге. (сл. 92). Лопте су згодније од плоча је се пражњење може лакше посматрати. Кад се између лопата уметну диелектрична тела, лепи се феномени пражњења дају посматрати. Кад су лопте врло близу једна другој и варница одскаче између њих, па се између лопата умете танка ебонитска плоча, на један пут варница престане прескакати и пражњење се рашири у врло интензиван светао прстен од више



Сл. 92.

палаца у пречнику, наравно, само ако су лопте довољно велике. У след тога струјања се ебонит загреје а после извесног времена толико размекша, да се две ебонитске плоче могу на тај начин једна уз другу слепити. Кад се кугле толико размакну, да између њих варница не може да прескочи па и кад су још даље, уметнувши дебелу стаклену плочу, пражњење ће се онога тренутка појавити и као светао млаз прелазити са кугле на плочу. Рекао би човек, као да то пражњење пролази

кроз сам диелектрик. У самој ствари није тако, јер то струјање изазивају ваздушни молекили, који се са великом брзином крећу између супротно наелектрисаних површина лоптиних. Кад нема никаког другог диелектрика сем ваздуха, бомбардовање постоји и онда али је сувише слабо да се може видети; уметањем каквог диелектрика, индуктивно дејство порасте, и пошто одбијени молекили наилазе на отпор, бомбардовање постане тако јако, да млаз постане светао. Кад би ма каквим механичким путем могли произвести такво јако кретање молекила, изазвали би исти феномен. Ваздушни млаз, који под огромним притиском избија из узаног отвора каквог суда и удара о какву изолаторску материју као на пример стакло, може се усијати у мраку; на тај би се начин могло фосфорисати стакло или какав други изолатор.

Што је већи специфички индукциони капацитет уметутог диелектрика у толико је ефект већи. У след тога, јављају се млазеви са веома високим потенцијалом па ма стаклена плоча била један или један и по па и два палца дебела. Али осим загревања које долази од бомбардовања, један део топлоте постаје и у самом диелектрику и изгледа као да је та топлота у стаклету већа него у ебониту. Ја то приписујем већем специфичком индукционом капацитету стакла у след кога стакло поред исте потенцијалне разлике већи део енергије у себе узима но ебонит. То је од прилике онако исто, као кад би спојили са неком батеријом једну бакарну и једну месингену жицу истих димензија. Бакарна ће се жица, и ако је бољи спроводник, јаче загрејати јер више струје у себе прима. У другим приликама сматра се то као добра страна стаклета; овде је недостатак. Стакло се обично мање оштре електричној варници но ебонит; јер кад се до неког извесног степена загреје, пражњење га на један пут ма на ком месту пробије и изгледа онда као обична варница.

Топлотно дејство, изазвано молекилским бомбардовањем диелектрика у толико више опада у колико ваздушни притисак расте и на огромним притисцима

могло би се то дејство са свим занемарити све док учестаност сразмерно не порасте.

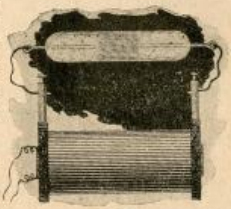
Често се код тих експеримената опажа, и то кад су лопте размакнуте на већу даљину од оне на којој варница обично прескаче, да се приближавањем на пример какве стаклене плоче може учинити, да варница између лопата почне прескакати. То се дешава кад се капацитет лопата налази нешто испод критичке му вредности, која даје највећу потенцијалну разлику на половима калема. Приближавањем диелектрика, специфички се индукциони капацитет простора између кугала повећава и последице су исте, као да је капацитет самих кугала порастао. Потенцијал на половима може онда толико порасти да варница прескочи. Најбоље се тај експеримент да извести лискуном.

Друга је једна интересна појава у томе, што диелектричку плочу кад пражњење кроз њу прође, јако привлачи она кугла која је ближа; томе је очевидно узрок, мање механичко дејство бомбардовања са те стране а мож'да и јаче електрисање.

Према понашању диелектрика у тим експериментима можемо закључити, да је најбољи изолатор за тако брзе напзменичне струје онај, који има најмањи специфични индукциони капацитет, и који је у исти мах у стању да издржи највеће потенцијалске разлике; тиме су пак отворена два сасвим супротна пута којима се потребно изоловање сигурно може постићи, а то или савршено празним простором или гасом под високим притиском; први би пут свакако био бољи. Али на несрећу ни један се од та два пута не може лако у практици извести.

Врло је поучно напоменути понашање високог вакуума у тим експериментима. Кад се обична пробна цев, снабдевена спољашњим електродама и до највишега ступња испражњена, споји с половима калемовим, (сл. 93). електроде се цеви на један пут здраво загреју а стакло на оба краја цеви стане јако фосфорисати али средина остане сразмерно тамна и неко време ладна. —

И поред тога факта, што је потенцијална разлика огромна, врло се мало што од ње осећа, кад се струја кроз тело пропусти, само ако су руке наоружане. То се у неколико има приписати високој фреквенцији али поглавито том факту, што много мање енергије дејствује ван калема кад потенцијална диференција постигне огромну вредност; ово опет долази отуда, што са растењем потенцијала, у калему апсорбована енергија расте са квадратом потенцијала. До неке извесне границе, енергија, која ван калема, дакле на поље доспе, расте с растењем потенцијала, али за тим почне нагло падати. Отуда излази тај чудновати парадокс код обичних индукционих калема високог напона, по коме нека извесна струја, пролазећи кроз примарни калем, може изазвати ударац чак и смртоносан, док иста та струја, неколико пута јача, може бити са свим безопасна па ма фреквенција остала иста. Кад су струје високих вреквенција и ванредно високог потенцијала, а полови нису спојени с телима извесне величине, онда ће сву енергију, која се шаље примарном калему, утрошити сам калем и онда нема варнице нити какве месне повреде, већ се само сав изолаторски и спроводни материјал једноставно загреје.

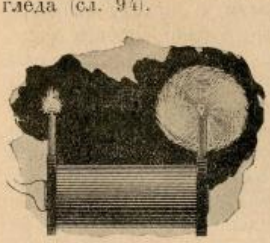


Сл. 93.

Да би се избегао неспоразум у погледу физиолошког дејства наизменичних струја врло високих фреквенција, држим да је потребно напоменути, да и ако је то неоспорна истина, да су оне несразмерно безопасније него струје слабих фреквенција, ипак не треба мислити да су оне сасвим невине. Што је мало час речено, тиче се само струја са обичних индукционих калемова високог напона, које су струје по самој природи ствари врло мале; али ако се то тиче струја из динамо машина, или из секундарног калема, кога је отпор слаб, онда оне производе више или мање снажна

дејства и могу изазвати озбиљне повреде, нарочито ако се употребе са кондензаторима.

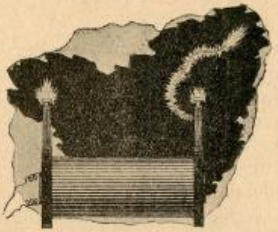
Струјно или млазевито пражњење индуктивног калема високог напона у многоме се разликује од таквог пражњења на статичкој машини. Нити је оно љубичасте боје на положном нити онако сјајно на одречном полу, него његова боја лежи од прилике у средини, пошто је смисао струје наизменичан, час положан час одречан. Али како је струјање јаче на крају, који је положно наелектрисан, то следује да врх млаза или четке више личи на положно а корен више на одречно статичко пражњење. У мраку, и кад је четка врло јака, корен изгледа готово бео. Ветар, који у след, таког струјног пражњења постаје и ако може да буде врло јак — често тако јак, да се и на приличном остојању од калема може осетити — ипак је, према количини пражњења, слабији од онога, који постаје на положној четки статичке машине и утиче на пламен у много мањој мери. По самој природи феномена можемо закључити, да у колико је учестаност већа у толико ветар, који у след струјања постаје, мора бити слабији, и кад би учестаност довољно велика била, никаквог ветра не би било на обичном атмосферском притиску. Учестаношћу, коју дају наизменичне машине добија се довољно јако механичко дејство за окретање (огромном брзином) великог игластог точка (pin-wheels), који у след обилатог струјања, у мраку врло лепо изгледа (сл. 94).



Сл. 94.

У опште узев, врло велики број експеримената, који се обично изводе електростатичком машином, може се извести и индукционим калемом, само ако се употребе врло брзе наизменичне струје. И те су појаве сада много јаче пошто их изазивљу несравњено снажније струје. Кад се кратка жица,

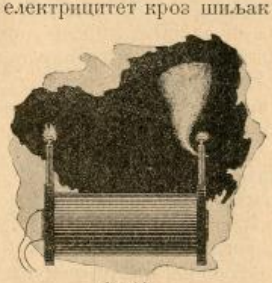
омотана обичним памуком, прикачи за један пол калемов, млазеви, који са свију тачака жице струје, могу да буду тако интезивни, да произведу изванредно јак светлосни ефекат. (сл. 95.) Кад је потенцијал и учестаност врло висока, жица изолована гутаперком или каучуком и прикачена за један пол калемов, изгледа покри вена светлом облогом. Кад се врло танка и гола жица привеже за један калемов крај, читав сноп млазева истиче из ње а она трепери на једну и другу страну или се у наоколо окреће, што изванредно лепо изгледа (сл. 96.)



Сл. 95.

Друга једна особитост брзих наизменичних пражњења у индукционом калему лежи у са свим различитом понашању њиховом према шиљцима и заокругљеним површинама.

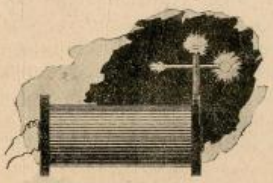
Кад се дебела жица, која је на једном крају зашиљена а на другом се свршује куглом, споји са једним полом статичке машине, сав ће се електрицитет кроз шиљак изгубити због огромног напона, који зависи од полупречника кривине. Али ако се таква жица споји са једним полом индукционог калема, видиће се, да ће густи светли млазеви истицати како са шиљка тако и са кугле. (сл. 97.)



Сл. 96.

Тешко се да замислити, да би тако што и у истом степену могли постићи статичком машином а то из тог простог разлога, што електрични напон расте као квадрат густине, а густина је опет изврнуто сразмерна полупречнику кривине. С тога је потребна, код постојаног потенцијала, огромна

количина електрицитета, па да електрицитет струји из углачане кугле, која би била спојена са шиљком. Међу тим код индукционог калема, код кога се пражњења наизменички и врло брзо мењају, ствар стоји са свим друкчије. Овде имамо посла са двема разним тежњама: прва тежња, која постоји у равнотежном стању и која зависи од полупречника



Сл. 97.

кривине јесте тежња електрицитета да се са спроводника испразни; друга је тежња електрицитета, да се у след кондензаторског дејства, које опет зависи од површине, распе у околни ваздух. Кад је једна од тих тежња највећа друга је најмања. На шиљку постаје светло отицање електрицитета у главноме у след непосредног додира ваздушних моликила са шиљком; њих шиљак привуче и одбије, они се електрицитетом пуне и празне и пошто се тиме њихово атомско електрично стање ремети, они трепере и дају светлост. На против нема сумње да код кугле, цело дејство постаје у главноме индукцијом. А да би се о томе уверили, потребно би било да повећамо само кондензаторско дејство кугле, на пример тиме, што ћемо на извесном остојању омотати куглу бољим спроводником, (који је, по себи се разуме изолован) но што је околна средина; или ћемо куглу омотати бољим диелектриком и приближити јој изолован спроводник. У оба случаја је струјање обилатије. Исто тако, што је при датој фреквенцији кугла већа или што је код исте кугле фреквенција већа, у толико је кугла у повољнијим приликама од шиљка. Али пошто се тражи извесан интензитет, да би се млазеви видели, то се по себи разуме, да се кугла у горњим експериментима не може узети сувише велика.

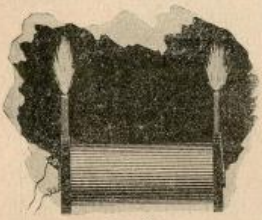
Због те двојаке тежње, могу се шиљцима извести ефекти слични оним ефектима, који постају у след капацитета. Ако на пример прикачимо за један пол индуктивног калема кратку савијену жицу, на којој има

много тачака згодних за отицање електрицитета, потенцијал ће калема до исте висине порасти као да је за пол калемов привезана била углачана кугла много веће површине но што је површина жице.

Занимљив експеримент, који показује дејство шиљака може се на овај начин приредити: прикачи се за један крај калемов, памуком обавијена жица, од прилике две стопе дугачка, и удеси се тако, да млазеви истичу из жице. У том се експерименту примарни калем тако намести, да само мало преко половине у секундарном калему лежи. Сад се додирне слободни крај секундарног калема каквим спроводником који се држи у руци, или се тај крај споји са каквим изолованим телом извесне величине. Тим се путем потенцијал жице огромно попне. Дејство таког високог потенцијала биће, да млазеви или порасту или опадну. Ако порасту, жица је сувише кратка, ако опадну она је сувише дугачка. Удешавањем дужине жице налази се једна тачка, код које се ни у колико не утиче на струјање кад се други крај додирне. У том се случају растење потенцијала потре опадањем његовим у калему. При томе се види да кратке жице производе знатне разлике како у величини тако и у светлосном интензитету струјања. Примарни калем се из два разлога извуче у страну: 1 да подигне потенцијал жице и 2, да повећа пад у калему. Тиме се повећава осетљивост.

Има још једна и то много уочљивија особитост код четкастог пражњења или пражњења у млазевима, која дају брзе наизменичне струје. Да би се то видело, најбоље је заменити оба обична краја калемова са два метална стубића изолована дебелим слојем ебонита. Исто је тако добро све пукотине и празнине испунити воском тако да млазеви нигде на другом месту не могу постати сем на крајевима поменутих стубића. Ако се сви услови добро испуне — што се у осталом мора оставити умешности експериментатора — тако да потенцијал до огромне вредности порасте, онда ће на крајевима постати две велике светле четке више палаца дугачке, које су при дну са свим беле и у мраку

јако личе на два гасна пламена који под високим притиском гору. (сл. 98). Али оне не *личе* само него су прави пламенови јер су топли. Истина ни су тако топли као гасни пламенови *али би били да су и учестаност и потенцијал довољно високи*. Ако струје имају рецимо 20.000 фреквенција у секунди, топлота се лако осети па ма и не био потенцијал здраво висок. Та топлота постаје очевидно у след судара ваздушних молекила о полове као и између себе. Како је на обичном притиску средња слободна путања молекила врло мала, могуће је, да се и поред огромне почетне брзине, коју сваки молекил има кад се са половима судара, даље кретање молекила, — у след судара са другим молекилима — толико спречава, да се од полова не могу далеко удалити, те се с њима више пута сударају. Што је већа фреквенција, у толико се теже молекил може удалити и то у толико теже у колико је за дато дејство тражени потенцијал мањи; тако се може замислити — а може бити и постићи — једна извесна фреквенција, при којој једни исти молекили о полове ударају. Под таквим приликама измена ће молекила бити врло спора и топлота произведена на полу и поред њега врло велика. Али ако фреквенција стално расте, топлота ће почети опадати и то из разлога, који се лако схватају. На положној четки статичке машине измена је молекила врло брза, струјање иде увек истим смислом те су и судари ређи; због тога је и топлотно дејство врло слабо. Све што измену молекила спречава, тежи да локалну топлоту повећа. Тако ако над полом калемовим држимо стаклену куглу и њом затворимо четку, то ће се ваздух који је у кугли затворен врло брзо угрејати. Ако над четком држимо стаклену цев тако да се четка промајом може на више подићи, онда ће на горњем крају цеви отицати усијано врућ ваздух. Све



Сл. 98.

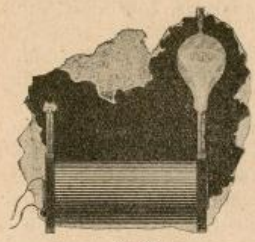
што се у четку унесе, врло ће се брзо угрејати те према томе, сама нам се намеће мисао да такво загревање на разне циљеве употребимо.

Кад из ближе промотримо тај особити феномен топлог електричног млаза или пламена не можемо а да не помислимо, да се тако нешто слично мора дешавати и код обичног пламена, и изгледа нам чудновато, да после толиких векова од како за обичан пламен знамо, тек сада, у добу електричног осветљења и загревања дознајемо, да смо се ми и до сад увек само „електричном светлошћу и топлотом“ служили. Исто тако није мање важна и друга једна помисао: да би ми могли другим којим путем — а не хемијским — произвести прави пламен, који даје светлост и топлоту а да се никакав материјал том приликом не троши, а да се никакав хемијски процес при томе не развија; да би то постигли не треба нам ништа друго, него да усавршамо начине за добијање електричних струја високих фреквенција и потенцијала. Ја не сумњам, да кад би могли успети да потенцијал постигне довољно брзе фреквенције и енергију, да би онда четка или пламен што постаје на крају жице изгубио своје електричне особине и постао би са свим сличан обичном пламену. Мора бити да и обичан пламен постаје у след електростатичког молекилског дејства.

Тај феномен објашњава сад готово на несумњив начин честе несреће, које се дешавају при бурама. Сваки добро зна, да се многе ствари често запале и ако у њих гром не удари. Сад ћемо видети како се то може десити. На каквом слободном таванском клину или ма на каквом другом шиљастом телу, које боље или лошије спроводи електрицитет, или које може постати спроводљиво влагом, може да се појави електрични пламен. Ако гром ма где у близини удари, онда може огромни потенцијал такав да буде, да више милијуна пута у секунди најзменце затрепери. Ваздушни молекили биће снажно привучени и одбијени и, како у след узајамног сударања тако и у след сударања о то тело, толика ће се топлота произвести, да се предмет на

коме се то дешава запали. Лако се може схватити како се на морској лађи може појавити ватра на више тачака у исти мах. Јер кад само помислимо, да су, и сразмерно слабим фреквенцијама које обичним динамо машинама постижемо и са потенцијалом, који ни су већи од сто или двеста хиљада волата, топлотна дејства доста велика, онда можемо схватити колико она морају бити јача са фреквенцијама и потенцијалима више пута већим, те према томе излази да су горња објашњења у најмању руку речено, врло вероватна. Може бити да су таква објашњења и другима падала на памет, али ми није познато, да је до сад, топлотно дејство једног електричног млаза или пламена, који постаје у след брзих наизменичних потенцијала експерименталним путем доказано; бар не на тако приметан начин.

Кад се измена ваздушних молекила са свим спречи, локално загревање може да буде тако јако, да се дотично тело усија. Тако на пример, ако мали грумен или још боље врло танку жицу или угљени конац затворимо у стаклену лопту из које ваздух није извучен и спојимо је са једним полом калемовим, конац ће се усијати. Сама појава постаје још лепша, због брзог ковитлања слободног краја конца, који сад изгледа као светао левак, који се рашири кад потенцијал ојача (сл. 99). Кад је потенцијал слаб, крај конца се неправилно креће прелазећи напрасно из једног кретања у друго, или описујући елиптичне путање. Али ако је потенцијал врло висок, онда се крај окреће у наокруг и тако се у опште понаша сваки танак прав конац или жица кад се за пол калема привеже. То кретање постаје очевидно у след притиска молекила и у след неправилне расподеле потенцијала због непотпуне углачаности или несиметрије жице



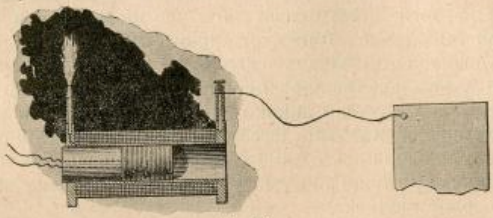
Сл. 99.

или конца. Кад би конац био потпуно симетричан и сасвим гладак, по свој прилици таквих кретања не би било. А да том кретању није никакав други узрок, излази из тога, што правац тога кретања није ни правилан ни одређен и што тога кретања са свим нестане кад се из кугле ваздух извуче. Та могућност, што се неко тело у неиспражњеној кугли може усијати па још и онда кад то тело никако није затворено, изгледа да може бити згодан пут, да се светлосна дејства, постигнута усавршеним методама за произвођење брзих наизменичних потенцијала, могу врло корисно на разне циљеве применити.

Кад се употребе калемови, који се у трговини налазе, постајање јаких електричних млазева или четака скопчано је са многим тешкоћама, јер кад се ради са тим високим фреквенцијама и огромним потенцијалима онда и најбољи изолатори пропуштају електрицитет. Обично је калем доста добро изолован да издржи напон од једног свог завоја до другог, пошто две жице обложене двогубим свиленим омотачем и парафином, могу да издрже напон од више хиљада волата. Главна је тешкоћа изолисати нарочито прелаз од примарног ка секундарном калему, који је прелаз знатно олакшан струјањем које са примарног калема полази. Прва је онда потреба, спречити млазеве између примарног калема и цеви не само због загревања и могуће повреде, него и због тога, што у след таквих млазева јако опадне потенцијална разлика на половима. Неколико напомена, на које би ваљало пазити при експериментисању са обичним калемовима, не ће бити на одмет.

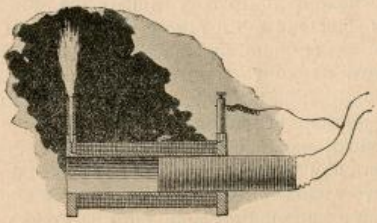
Једна је таква напомена да се узме кратак примарни калем (сл. 100) тако да потенцијална разлика при тој дужини не буде толика, да млазеви могу пробити кроз изолаторску цев. Дужину примарног калема ваља одредити експерименталним путем. Оба краја калемова ваља кроз запушач од изолаторског материјала извести на поље, као што је то у слици представљено. У исти мах се један пол секундарног калема споји са каквим телом, кога се површина најбрижљивије одреди,

како би се тиме највећи потенцијал постигао. На другом полу појави се јак млаз или четка с којим се може експериментисати.



Сл. 100.

Ради горњега распореда потребан је сразмерно мален примарни калем али се лако загреје кад се од њега траже јака дејства за неко дуже време. С тога је боље употребити дужи калем (сл. 101) и само га с једне стране дотле увући у цев док се млазеви не појаве. Сад се може ближи пол секундарног калема спојити или са примарним калемом или са земљом што је у практичном погледу једно исто, кад је примарни калем непосредно са машином спојен.



Сл. 101.

За онај случај где се секундарни калем споји са земљом, веома је потребно путем експеримената одредити фреквенцију, која је најзгоднија за постављени циљ. Други начин, да се више или мање избегну млазеви, био би, да се примарни калем подели у одељке и споји одвојеним и добро изолованим изворима електричне струје.

У многим експериментима, где су потребни јаки ефекти а за кратко време, може се врло корисно употребити у примарном калему гвоздено језгро. У таком

случају, ваља навити врло велики примарни калем и поставити га са стране секундарног калема; за тим спојити ближи пол секундарног калема са примарним па гвоздено језгро, састављено из самих плоча, кроз примарни калем у секундарни толико увући, колико то млазеви дозволе. Сад ће се на другом полу секундарног калема појавити врло јак светао млаз више палаца дугачак, који ванредно изгледа и који се може назвати ватром „Светога Елма“ или „Св. Николе“. У исти мах тај млаз производи велике количине озона, јер се за неколико минута сва соба испуни озонским мирисом и без сумње има особине које хемијски афанитет изазивају.

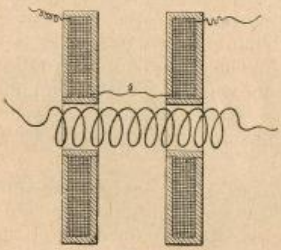
За производење озона, веома су згодне алтернативне струје врло високих фреквенција не само због добрих страна, које те струје имају при трансформацији или претварању него и с тога, што озонско дејство електричног пражњења зависи како од фреквенције тако и од потенцијала, као што је то посматрањем доказано.

Ако се при тим експериментима употреби гвоздено језгро, на њ се мора брижљиво мотрити јер се у невероватно кратком року јако загреје. Да би имали појма о брзини тога загревања, напоменућу, да кад се јака струја пропусти кроз калем са много завоја, танка гвоздена жица, уметнута у калем, загреје се брже од једне секунде на 100° ц.

Али то брзо загревање, не треба на буде разлог да избегавамо гвоздена језгра са учестаним наизменичним струјама. Ја сам се већ одавна осведочио, да би у индустријском гранању струја помоћу трансформатора овакав распоред практичан био. Ми можемо употребити сразмерно мало гвоздено језгро састављено или мож'да и не из појединих делова. То језгро можемо омотати дебелим слојем каквога материјала, који у ватри не сагорева а топлоту врло слабо проводи и преко свега тога наместити примарне и секундарне завоје. И кад употребимо, било високе фреквенције, било веће магнетске силе, онда ће се гвоздено језгро хистерезијом и вијорима толико загрејати, да ћемо га скоро до максимума његовог пермеабилитета довести,

који је — као што је Хопкинсон показао — шеснајест пута већи него на обичним температурама. Кад је гвоздено језгро са свим затворено, оно се загревањем не ће покварити, а ако је слој у ватри несагорљивог материјала довољно дебео, онда ће се и поред високе температуре један врло мали део енергије зрачењем пренети. По том плану конструјисао сам трансформаторе, које због оскудице времена ни сам још до сад могао подробније проучити.

Све горе поменуте напомене тичу се само трговинских калема обичне конструкције. Али ако се жели конструјисати калем специјално за такве експерименте, као што сам их ја напред описао или који ће у опште бити у стању да издрже врло високе потенцијалне разлике, онда се може препоручути конструкција представљена у сл. 102. Онда се калем прави од два засебна дела, који се у супротном смислу намотају, и оба се дела споје међу собом близу примарног калема. Пошто је у средини потенцијал раван нули, то је и тенденција да варница прескочи на примарни калем врло мала, па дакле и нарочито изоловање непотребно. У неким случајима може се на против средња тачка спојити са примарним калемом или са земљом. Код таквог калема, су места највећих потенцијалних разлика удаљена и калем је у стању да издржи огромне напоне. У осталом оба дела могу бити покретна, како би се у неколико могло регулисати и дејство капацитита.



Сл. 102.

Што се тиче изоловања калема, показало се, да је најзгодније извршити га на овај начин. Најпре се жица мора кувати у парафину док се сав ваздух не истера; за тим се жица навија на калем провлачећи

је кроз растопљен парафин, коме је главни задатак да жицу утврди. За тим се намотана жица скине са калема, па се спусти у цилиндричан суд напуњен чистим растопљеним воском и у њему се кува све док престану ваздушни мехури избијати. Све се то сад остави, да се добро охлади, па се онда из суда извади и на тоцилу (lathe, Drehselbank) изради. На тај начин и брижљиво израђен калем може издржати огромне потенцијале.

Исто се тако може калем замочити у парафинско или ма какво друго уље; то је врло добар начин изоловања нарочито због тога, што је ваздух са свим искључен, само ће се може бити наћи, да такав суд напуњен уљем није згодан за руковање у лабаторији.

Ако се обичан индукциони калем може да растави, онда ваља примарни калем извући из своје цеви, затворити цев на једном крају, напунити је уљем па опет увући у њу примарни калем. На тај се начин добија изврсно изоловање, које не пропушта електричне млазеве.

Међу свима експериментима са брзим наизменичним струјама, најинтересније су они, који се односе на практично произвођење светлости. Не може се порицати, да садашње методе и ако сјајно напредују, веома много расипају електричну струју. Морају се пронаћи боље методе и савршеније справе. Модерна истраживања показала су нове могућности за произвођење практичних светлосних извора и пажња свију била је скренута на ту страну, коју су показали вешти испитивачи. Многи су били поведени одушевљењем и страшћу за открићем, али у својој ревности да до резултата дођу, наишли су на погрешан пут. Полазећи са мишљу да произведу електромагнетске таласе, обратили су своју пажњу мож'да у сувише великом степену проучавању електромагнетских дејстава а са свим су занемарили електростатичке појаве. По себи се разуме, да се готово сваки испитивач служио каквим апаратом, који је био сличан раније већ употребљеним апаратима. Али

док су код тих апарата електромагнетска индукциона дејства огромна, електростатичка су ванредно слаба.

У Херцовим експериментима на пример, са полова једног индукционог калема високог напона одскаче варница кроз врло слаб отпор; у колико је тај отпор мањи у толико је већи капацитет на половима; потенцијалска пак разлика је на њима веома смањена. С друге стране, кад варнице између полова нема, статичка дејства могу бити огромна али само квалитавно а не и квантитативно пошто она расту и опадају напрасно а учестаност им је слаба. Према томе ни у ком случају нема јаких електростатичких дејстава. Слични односи постоје и код неких интересантних експеримената Др. Лоџа (Dr. Lodge), које је он извршио пражњењем лајденске боце. Држало се — чини ми се и тврдило се — да у тим случајевима највећи део енергије одзрачи у околину. Али према подацима добијеним из експеримената које сам напред описао, то се не да замислити. Ја сам сигуран кад тврдим, да се у таквим случајевима, највећи део енергије претвара у топлоту, која се у самој варници као и у спроводном и изолаторском материјалу налази; при томе један део енергије однесе и наелектрисан ваздух; али количина непосредно одзрачене енергије веома је мала.

Ако се полови индукционог калема високог напона, кроз који пролазе наизменичне струје од само 20.000 фреквенција у секунди ма и са малом лајденском боцом саставе, онда ће сва енергија проћи кроз диелектрик боце, који се у след тога загреје, а спољашња електростатичка дејства јављају се тек у врло слабој мери. Спољашњи ланац лајденске боце, т. ј. варница и спој облога може се сматрати као један струјни ланац, који производи наизменичне струје врло високе фреквенције и потенцијала и који је затворен облогама и диелектриком који је између њих, те с тога излази, да спољашња електростатичка дејства морају бити врло мала па и онда, кад се изврнути струјни ланац употреби. Све нам то показује, да се јака електростатичка дејства, ни су могла постићи апаратима, који су нам

обично при руци, а што се експериментима у том правцу постигло, има се приписати великој умешности самих експериментатора.

Теорија нам казује, да су јака електростатичка дејства безусловно потребна за произвођење светлости. Електромагнетска се дејства с тога не могу употребити јер смо принуђени, да би постигли жељени ефекат, спровести електричне импулсе кроз спроводник, који, престане да их спроводи много пре него што се постигне потребна учестаност импулса. С друге стране изгледа, да се електромагнетски таласи, који су много пута дужи од светлосних таласа и који постају напрасним пражњењем кондензатора, не могу употребити осим оних случајева, где се користимо њиховим дејством на спроводнике као у садашњим методама, при којима се у осталом сувише много струје расипа. Таким таласима нисмо у стању да утичемо на молекилски и атомски статички електрицитет гасова, па дакла не можемо их принудити да трепере и да светле. Дугачки трансферзални таласи не могу очевидно така дејства да произведу, јер веома мала електромагнетска ремећења оду читаве миље далеко кроз ваздух. Такви тамни таласи док ни су исте дужине са правим светлосним таласима, не могу као што изгледа, подстаћи светљење Гајслерових цеви а за светлосне појаве, које се могу изазвати индукцијом у каквој цеви без спроводника, склон сам да мислим, да су електростатичке природе.

Да се таква светлосна дејства произведу, потребни су јаки електростатички потреси; ма каква била њихова фреквенција, они ремете молекилску електричну равнотежу и производе светлост. Па како струјни импулси потребних фреквенција не могу проћи кроз спроводник мерљивих димензија, ми морамо радити са гасовитим телом и онда је произвођење јаких електростатичких дејстава неопходна последица.

То ми је дало повода да мислим, да се електростатички ефекти на разне начине дају применити на произвођење светлости. Тога ради можемо на пример затворити једно тело од несагорљивог или рефакторног

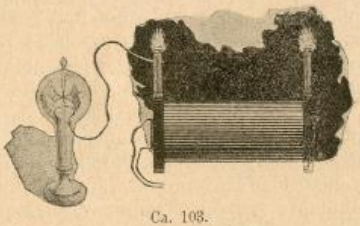
материјала у стаклену лопту у којој смо више или мање ваздух разредили и спојили га са извором брзих наизменичних потенцијала; тиме ћемо принудити ваздушне молекиле да много пута у једној секунди а са огромним брзинама о то тело ударају, другим речима, да на тај начин трилијуни невидљивих чекића дотле о то тело куцају, док га бело не усијају; или можемо какво тело да затворимо у куглу из које смо скоро са свим ваздух извукли, т. ј. у вакуум кроз који варница не пролази па преносимо помоћу врло високих фреквенција и потенцијала довољно енергије са њега на друга тела у његовој близини или у опште на његову околину те да га тако одржимо на сваком ступњу усијаности; или можемо још таким брзим и наизменичним високим потенцијалима пореметити сам етар, који гасни молекили са собом носе или њихов статитички електрицитет и тиме их побудити да трепере и да светлост дају.

Па како електростатичка дејства зависе и од потенцијала и од фреквенције, то ако хоћемо најјача таква дејства да постигнемо, треба оба та чиниоца дотле повећати докле је то практички могуће. Можда би било могуће добити врло лепе резултате и на тај начин, што би једног тог чиниоца узели малог, претпоставши да је други довољно велики; али у оба правца наилазимо на границе. Моји експерименти показују да се испод неке извесне фреквенције не може сићи, јер је онда 1) потенцијал тако висок да постаје опасан, и 2) произвођење светлости је слабије.

Радећи са обичним, ниским фреквенцијама нашао сам, да су физиолошка дејства струје, која је у стању до извесног ступња усијати једну цев од четири стопе дужине обложену на крајевима с поља и изнутра кондензаторским облогама, да су физиолошка дејства такве струје толика, да би, чини ми се, оним особама знатно нашкодила, које на такве ударце ни су навикнуте; на против са двадесет хиљада фреквенција у секунди цев се до истог степена може усијати, али се при том ништа не осећа. То долази поглавито отуда што је потребан много нижи потенцијал, да произведе исти ступањ уси-

јања па дакле да изазове јачи светлосни ефект. По себи се разуме да је дејство у таким случајима у толико веће, у колико је већа учестаност јер у колико је процес електричног пуњења и пражњења молекила бржи, у толико ће се мање енергије изгубити на тамном зрачењу. Али на несрећу, ми не можемо ићи изнад извесне учестаности, због тешкоћа у производњењу и претварању дејстава.

Напоменуо сам мало час, да се једно тело, затворено у неиспражњеној лопти, може интензивно загрејати простим спајањем за извором врло брзих наизменичних потенцијала. Загревање у том случају по свој прилици долази у највећој мери од бомбардовања гасних молекила затворених у лопти. Кад је лопта са свим празна, загревање тела је много брже и нема никакве тешкоће жицу или угљени конац ма до ког ступња усијати, простим спајањем са једним полом каквог калема одговарајућих димензија. Ако дакле, свима познати апарат проф. Крукса састављен од савијене платинске жице са крилима на жици утврђеним (сл. 103) спојимо са једним полом калемовим — при чему су или један или оба краја платинске жице спојена — жица ће се готово тренутно усијати а крила ће се тако окретати, као да кроз жице пролази струја из обичне батерије. Танак конац од угљена или боље још, једна куглица од несагорљивог материјала (сл. 104.) који може и не бити са свим добар спроводник, затворена у испражњену лопту, јако ће се усијати; на тај је начин направљена проста лампа која је у стању дати ма како интензивну светлост.



Сл. 103.

Сл. 104.

Успех лампа те врсте зависиће у главноме од избора светлећег тела што је у кугли

затворено. Пошто се под описаним околностима могу употребити несагорљива тела — која су рђави спроводници и могу врло дуго издржати високе ступње температурске — то ће се без сумње таква врста осветљења моћи врло успешно употребити.

Могло би се у први мах мислити, ако се из лопте у којој је конац или куглица несагорљивог материјала потпуно ваздух извуче, — т. ј. толико колико се то може најбољим данашњим шмрковима учинити, — да ће загревање бити много слабије и да ће га са свим нестали у савршеном вакууму. То се није потврдило мојим експериментима. Већ на против; што је потпунији вакуум, у толико се та тела лакше могу усијати. Тај је резултат у разном погледу занимљив.

У самом почетку овога рада пала ми је на ум мисао, да ли се не би два тела од несагорљивог материјала, затворена у једну толико испражњену куглу да варница каквог већег обичног калема не може проћи, да ли се не би та два тела усијала простим кондензаторским дејством. Да се то постигне, потребне су огромне потенцијалне разлике и врло високе фреквенције, као што се то простим рачуном може показати.

Таква лампа стајала би много боље спрам обичних сијалица у погледу њихове издашности. Познато је, да издашност једне лампе у извесној мери зависи од ступња усијања и да смо у стању конац на већем усијању одржати, та би издашност била још већа. Код обичних се лампа то не може извести, јер би уништили угљени конац па за то је експерименталним путем одређено докле се усијаност сме терати. Није могуће казати, колика би се већа издашност могла постићи, кад би конац свако усијање могао издржати, јер испитивања, која би се у том циљу предузела, не би могла преко извесне границе прећи; али има разлога да се мисли, да би та издашност била знатно већа. Код обичних би се лампа могла ствар поправити употребом краћих али дебљих угљенова, али би онда и жице, које струју доводе, морале бити дебље а осим тога има и других разлога, ради којих је таква модификација

са свим непрактична. На против код лампе као што је горе описана, могу спроводне жице бити врло танке, а усијани и несагорљиви материјал могао би бити грудвастог облика, са малом зрачном површином тако да би врло мала количина енергије била потребна да га до жељеног ступња усија; поред тога, није потребно да тај несагорљиви материјал буде угљен, већ то може бити смеса оксида на пример са угљеном или каквим другим материјалом, или би се на то могла употребити тела, која у ствари ни су спроводници а која су у стању издржати огромне температуре.

Све то указује, да би се таквом лампом могла постићи већа издашност но са обичним лампама. Мојим се експериментима показало, да су се грудве несагорљивог материјала јако усијале са много нижим потенцијалом но што то рачун показује. Ми можемо дакле одма претпоставити а то је и вероватно, да је молекилско бомбардовање главни узрок томе загревању, па и онда кад се из кугле до највећег ступња ваздух извуче, јер и ако је број молекила сада сразмерно незнатан, ипак, због тога, што су средње путање молекилске велике, дешава се мање међусобних судара и молекили постижу много већу брзину у след чега је произведена топлота већа као што то бива и у експериментима Крукзовим са зрачном материјом.

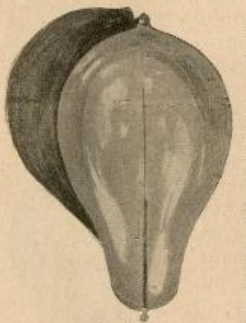
Сл. 105.

Према горе описаном принципу конструисао сам разне облике лампа са несагорљивим материјама како са концима (сл. 105) тако и са грудвама (сл. 106). Није никаква тешкоћа постићи толики ступањ усијања, да се обичан угљен по свима опаженим знацима растопи и испари. Кад би се могао постићи апсолутни вакуум, такве би лампе, и ако неупотребљиве за обичне апарате, спојене са струјама потребног карактера, биле такво

средство за осветљење, које се никад не би кварило, и које би било много издашније од обичних сијалица. Али тај савршени вакуум се никад не може постићи, па с тога наступа увек врло споро трошење и поступно опадање пресека конаца као и код обичних сијалица; међу тим овде је искључена свака могућност да се напрасно и пре времена лампа исквари, (као што то код обичних сијалица бива ломљењем конаца), нарочито ако усијана тела имају грудваст облик.

Сл. 106.

Са брзим наизменичним потенцијалима, у осталом није потребно узети две грудве у једној лопти, него се може узети или само једна грудва (сл. 104) или један конац (сл. 107). Потенцијал сада мора бити виши али се да лако постићи и поред тога није опасан.



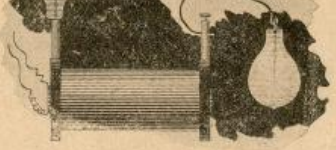
Сл. 107.

Лакоћа с којом се грудва или конац у таквој лампи усија, при иначе једнаким околностима, зависи од величине кугле. Кад би се савршен вакуум могао постићи, величина кугле била би без икаква утицаја, јер би сво загревање зависило од нагомиланог електрицитета и сва би се енергија зрачењем трошила по околини. То се пак у практици никад не може десити. Увек ће нешто мало гаса остати у кугли и ако се пражњење тера и до највећег степена, ипак се простор у самој кугли мора сматрати као спроводник кад се ради са тако високим потенцијалима; ја држим, да

водећи рачуна о енергији, коју може конац предати околини, ми можемо сматрати унутрашњу површину кугле као једну кондензаторску облогу а ваздух или друга тела, која су с поља око кугле, као другу облогу. Кад је фреквенција слаба, онда нема сумње, да се један и то знатан део енергије електрисањем преноси на околни ваздух.

Да би тај предмет боље проучио, извео сам неколико експеримената са веома високим потенцијалима а са ниским фреквенцијама. Том сам приликом опазио, да кад се приближи рука лопти — које је конац био спојен са једним полом калемовим — да се онда осећа јако треперење, које долази од привлачења и одбијања ваздушних молекила, наелектрисаних индукцијом кроз стакло. У извесним случајима, кад је то дејство било врло снажно, био сам у стању да чујем и извесан звук, који се мора приписати истом узроку.

Кад су фреквенције слабе, онда се може добити врло јак ударац од кугле. У опште ваља, док се спаја кугла или ма какво друго тело извесне величине са половима калема, посматрати прираштај потенцијала, јер се може десити, да се простим спајањем стаклене кугле или какве плоче са полом, потенцијал попне на вишегубу своју првашњу вредност. Кад се спајају лампе са половима, као што показује сл. 108 онда мора капацитет кугала бити такав, да под датим околностима, највећи прираштај потенцијала покаже. На тај се начин може потребни потенцијал постићи са малим бројем жичних савијутака.



Сл. 108.

Трајање таквих лампа, као што су горе описане, зависи у главном од степена до ког је ваздух разређен а у неколико и од облика грудве несагорљивог материјала. Теоријски би изгледало, да се

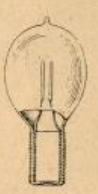
мала угљена кугла, затворена у стакленој лопти, не би искварила у след молекилског бомбардовања, јер пошто је материја у лопти зрачна, сви се молекили крећу по правим линијама, и ретко ће куглу косим правцима ударати. Интересна мисао, у вези са тим лампама била би, да се у њима и „електрицитет" и електрична енергија привидно морају кретати по истим линијама.

Употреба алтернативних струја врло велике учестаности дозвољава нам, да електростатичком и електромагнетском индукцијом пренесемо кроз стакло од лампе довољно енергије да конац одржимо усијан те да на тај начин избегнемо спроводне жице Такве су лампе биле предложене, али пошто није било згодних апарата за њих, оне се нису могле успешно употребити. Многе сам ја лампе по том принципу са непрекидним и испрекиданим концима конструјисао и испитао. Кад се употреби секундарни калем затворен у самој лампи, онда се може корисно комбиновати један кондензатор са секундарним калемом. Кад се пренос врши електростатичком индукцијом, онда су употребљени потенцијали врло високи а фреквенције су као и код машине Ако је на пример кондензаторска површина четрдесет квадратних сантиметара што није сувише а стакло доброг квалитета и 1 мм. дебело, онда ако број фреквенција износи 20000 у једној секунди, потенцијал ће приближно изнети 9000 волата. То може изгледати много, али како се свака лампа може унети у секундарни калем каквог трансформатора врло малих димензија, онда то није никаква незгода, нити се може изазвати тиме каква по живот опасна повреда. Трансформатори се могу најбоље спојити у низу. Регулисање не би правило никакве тешкоће пошто је код струја таквих фреквенција врло лака ствар одржати их постојане.

На приложеним сликама представљено је неколико типова лампа те врсте. Сл. 109 показује такву лампу са прекинутим концем, а сл. 110 и 111 показују лампе са по једном простом спољашњом и унутрашњом облогом, и једним концем. Правио сам лампе и са по две унутрашње и спољашње облоге и унутрашње сам об-

логе спојио међу собом. Такве сам лампе палио струјама са огромним фреквенцијама које се добијају дисруптивним пражњењем кондензатора.

Дисруптивно пражњење кондензатора врло је згодно за паљење таквих лампа — које с поља немају никакве електричне везе — помоћу електромагнетске индукције, пошто су електромагнетска индукциона дејства веома велика; ја сам био у стању да добијем жељену усијаност, само са малим бројем жичних савијутака. Тим се путем може усијати и један просто затворен конац.



Сл. 109.

Остављајући на страну сада практичност таквих лампа, хоћу да напоменем да имају ту лепу и важну особину, што се могу јаче или слабије усијати простом променом положаја спољашње и унутрашње кондензаторске облоге или индукционог и индуцираног ланца.

Сл. 111.

Сл. 110.

Кад је лампа такве природе да светли кад се једним само полом споји са извором, онда се то може олакшати тиме, што се кугла обложи с поља једном кондензаторском облогом, која служи у исти мах као рефлектор, па се та облога споји са каквим изолованим телом извесне величине. Такве су лампе представљене на сл. 112 и 113. Сл. 114 показује начин спајања. Сјајност се лампе може онда регулисати у доста широким границама једино променом величине изоловане металне плоче с којом је облога спојена.

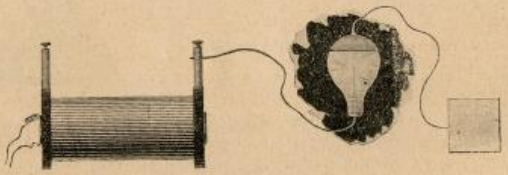
Исто се тако могу упалити једним само спроводником и такве лампе, као што су оне представљене на сл. 105 и 106 просто на тај начин, да се један пол лампе споји са једним полом извора а други пол са каквим изолованим телом потребне величине. У свима

случајевима изоловано тело служи на то, да преда енергију у околни простор и са свим замењује други спроводник. Очевидно је, да се у последња два случаја може лампа спојити и са земљом у место са каквим изолованим телом.

Сл. 112.

Сл. 113.

Међу свима експериментима они су најзанимљивији и најлепши за експериментатора, што се врше са безваздушним цевима. Још ћу овде да напоменем да је извор са врло брзим наизменичним потенцијалима у стању да утиче на цеви на великој даљини и светлосни ефекти, који се на тај начин изазову веома су значајни.



Сл. 114.

За време мојих испитивања у том правцу, тежио сам да утичем на цеви без икаквих електрода једино електромагнетском индукцијом, направивши од цеви секундарни спроводник индукционог апарата и пропуштајући кроз примарни калем електрицитет из лајденске боце. Те су цеви биле разних облика и мени је испало за руком да их расветлим што сам ја онда приписивао једино електро-магнетској индукцији. Али проучавајући ствар из ближе, нашао сам, да је то дејство више електростатичке природе. Тој се околности има приписати, што је тај начин осветљавања цеви са свим

неекономичан јер кад се примарни ланац затвори онда потенцијал а с њим и индуктивно дејство јако опадне.

Кад се употреби индуктиван калем на начин који је горе описан, онда нема сумње, да се цев расветли у след електростатичке индукције и да је електромагнетско дејство, ако га у опште има, врло слабо.

Тај се закључак да извести из многих експеримената. Ако се на пример узме таква цев у руку а посматрач је близу калема, цев ће се расветлити и остаће осветљена па ма какав њен положај био према посматрачевом телу. Да је то дејство електромагнетско, цев не би могла светлити кад се између ње и калема налази посматрачево тело, или би бар морала сјајност цеви знатно опасти. Ако се цев држи изнад саме средине калема — који је намотан у секције и код кога је примарни калем намештен симетрички према секундарном — цев ће остати тамна; међу тим, јако ће се осветлити чим се помакне на десну или леву страну од средине калема. Цев с тога не светли, што се у средини, дејства обе половине калема узајамно потиру и електрични је потенцијал раван нули. А да је дејство електромагнетско, цев би морала најјаче светлити у равни, која пролази кроз средину калема јер би електромагнетско дејство било ту најјаче. Кад између полова прескаче варница, све ће се лампе и цеви које се налазе близу калема погасити али се поново упале чим се варница прекине јер онда потенцијил скочи. Електромагнетско би дејство било исто у оба случаја.

Кад се цев намести на извесну даљину од калема и ближе једном полу — најбоље у какву тачку калемове осовине — онда се цев може усијати кад се даљи пол додирне каквим изолованим телом неке извесне величине или руком, јер онда потенцијал на ближем полу порасти. Кад се цев јаче приближи калему тако да се расветли утицајем ближега пола, она се може угасити кад се крај жице, која је везана за даљи пол држи близу ближега пола, изолованим машицама, јер се онда дејство ближега пола на цев, оним даљим потире. То су очевидно електростатичка дејства. Исто

тако, кад се цев налази доста далеко од калема, посматрач, стојећи на изолованој столици између цеви и калема, може цев расветлити, кад јој само руку приближи; или још, он је може расветлити просто ако између ње и калема тамо амо хода. Све би то било немогуће са електромагнетском индукцијом, јер би се посматрачево тело понашало као заклон.

Кад кроз калем пролазе врло слабе струје, експериментатор може угасити цев кад њоме додирне један пол калемов а може је за тим опет упалити кад је од пола калемовог толико одвоји да између ње и калема прескаче варница. По себи се разуме да је томе узрок респективно опадање и растање потенцијала на том полу. Ако се у горњем експерименту цев расветли малом варницом, она ће се угасити чим се варница прекине јер је електростатично дејство и сувише слабо и ако потенцијал може да буде много виши; али ако се варница успостави онда је електрисање тога краја цеви много веће у след чега наравно светли.

Ако цев светли у след тога што се једном руком држи близу калема, па се цев другом руком ма где ухвати, онда ће се онај део цеви што је између руку угасити и нарочито је утисак врло занимљив, кад се руком по цеви брзо повлачи, и у исто се време цев полако удаљава од калема, удешавајући згодну даљину на којој ће се цев угасити.

Ако је примарни калем намештен са стране, на пример као у сл. 101 па се једна цев из које је ваздух извучен унесе с друге стране у шупљину калема, цев ће јако засветлити због пораслог кондензаторског дејства, и у том положају су светле бразде оштро ограничене. У свима тим описаним експериментима као и у многим другим, дејство је несумњиво електростатичко.

Дејство заклона указује такође на електростатичку природу феномена и показује у неколико особине електрисања кроз ваздух. На пример ако се каква цев намести у правцу калемове осе, па се између ње и калема мете изолована метална плоча, дакле заклон, онда ће сјајност цеви порасти; или ако је цев сувише да-

леко да би могла светлити, она ће засветлити, кад се између ње и калема умете изолована метална плоча. Јачина тога дејства у неколико зависи од величине плоче. Али ако се метална плоча једном жицом споји са земљом, онда, кад се таква плоча умете између цеви и калема, цев ће се увек угасити па ма била и врло близу калема. У опште узев, уметање каквога тела између цеви и калема, повећава или смањује сјајност цеви или могућност њеног светљења према томе, да ли тиме електрисање расте или опада. Кад се експериментише са изолованом плочом, та плоча не сме бити сувише велика, јер онда изазива слабљење тога дејства, чему је узрок велика лакоћа с којом се енергија растура у околину.

Ако се каква цев усија на извесној даљини од калема па се умете једна плоча од тврде гуме или друге какве изолаторске материје, цев ће се угасити. Уметање диелектрика у том случају врло слабо повећава индукционо дејство али јако смањује електрисање кроз ваздух.

У свима оним случајевима, где изазивамо светљење испражњених цеви таквим калемом, дејство долази само од брзог наизменичног електростатичког потенцијала; осим тога још, то се дејство има приписати хармоничној наизменичности коју непосредно призводи сама машина а никако каквом трептању за које би се могло мислити да постоји. Такво је трептање немогуће кад имамо посла са наизменичним машинама. Кад се каква еластична опруга поступно затеже и пушта, она не може независно треперити, јер је за то потребан какав напрасан удар. Исто је тако и са наизменичним струјама динамо машина; средина се хармонички затеже и пушта а у след тога постаје само једна врста таласа; напрасни додир или прекид, или напрасно попуштање диелектрика као код дисруптивног пражњења лајденске боце, неопходно је потребно да се какво ново таласање појави.

Код свију, на послетку описаних експеримената, могу се употребити цеви без икаквих спроводних жица

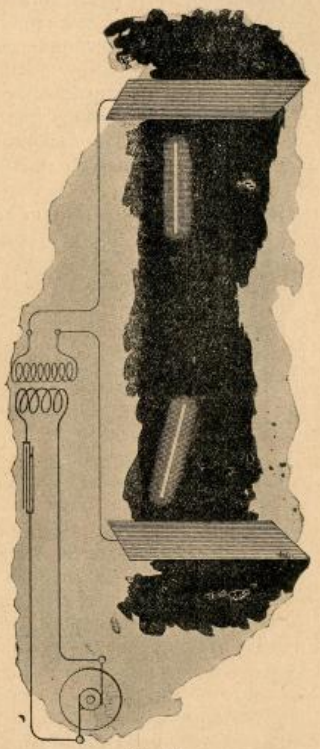
и није никаква тешкоћа њима произвести толико светлости да се према њој може читати. Светлосно се пак дејство знатно ојача, кад се употребе фосфораста тела као што је итријум, уранско стакло и т. д. Кад се употребе фосфораста тела наилазимо на једну тешкоћу, што се она тим јаким дејствима поступно разнесу и с тога је боље употребити таква тела у чврстом стању.

Идеални начин осветљења какве собе или дворане био би, да се у том простору произведе такво електрично стање, да се једна лампа, ничим не спојена са електричним телима, може кретати и премештати ма где по том простору, па да светли. Мени је испало за руком да произведем такво електрично стање, што сам у соби створио учестано наизменично електростатичко поље. Тога ради сам обесио једну металну плочу, на извесној даљини од тавана, изолованим жицама и спојио је са једним полом индукционога калема; други пол калемов одведен је у земљу. Или још, обесио сам две такве плоче као што показује сл. 115, и сваку сам од њих спојио са по једним полом калемовим, али сам величину тих плоча тачно одредио. Цев из које је ваздух извучен може се држати у руци ма где између тих плоча, па чак и на извесном остојању и изван њих; цев ће увек светлити.

У таквом електростатичком пољу, могу се разни феномени опажати а нарочито ако су фреквенције ниске а потенцијал ванредно висок. Поред појава светлости, може се још опазити, да сваки изоловани спроводник, пушта варнице кад му се рука или какав други предмет приближи, и те варнице могу често пута бити врло јаке. Кад се какав велики спроводљив предмет утврди за изолован носилац, па му се рука приближи, осећа се треперење, које долази од ритамског кретања ваздушних молекила и светли се млазеви могу појавити кад се рука држи спрам каквог шиљастог дела тог предмета. Кад се телефоном додирне, било једним или са оба његова пола, какав изолован спроводник извесне величине, телефон ће дати јасан звук; он ће звучати и кад се једна жица извесне дужине утврди за један

или оба његова пола, а кад је поље врло јако, звук се чује и без икаквих жица.

У колико се тај принцип даје практички применити, показаће будућност. Могло би се мислити, да се електростатичка дејства не могу употребити као дејства на даљину. Кад би електромагнетска индукциона дејства, била у стању да производе светлост, могла би се сматрати као згоднија за то. Истина је да електростатичка дејства опадају скоро са трећим степеном остојања од калема, док електромагнетска индукциона дејства опадају просто са остојањем. Али кад произведемо електростатичко поље сила, онда је однос са свим други, јер у место разлике дејстава која долазе са оба пола, ми имамо збир тих дејстава. Осим тога. морам скренути вашу пажњу још на једну околност и то, да један спроводник, као на пример цев



Сл. 115.

из које је ваздух извучен, и која се у наизменичном електростатичком пољу налази, тежи, да највећи део енергије у себе прими, док на против спроводник, који би се налазио у електромагнетском наизменичном пољу,

тежи, да најмањи део енергије у себе прими, пошто се таласи са врло малим губитком од њега одбијају. То је један између осталих разлога, зашто се тешко може једна безваздушна цев усијати на неком извесном остојању а под упливом електромагнетске индукције. Ја сам се служио калемима врло великих пречника и са многобројним завојима, крајеве калема спајао сам са Гајслеровом цеви у намери да цев на даљини осветлим; али и са најјачим индукционим дејствима, каква се могу постићи пражњењем лајденске боце, није се могла цев усијати осим на врло малом растојању, и ако су димензије калема биле за постављени циљ одређене. Ја сам још нашао, да су и најјача пражњена лајденске боце једва слаба осветљења изазивала у затвореним безваздушним цевима и кад сам подробније те појаве проучио, био сам принуђен да закључим, да је и том слабом осветљењу узрок електростатичке природе.

Како се онда можемо надати, да електромагнетским утицајем изазовемо потребна дејства на даљину, кад смо једва у стању и у непосредној близини калемовог пола и под најповољнијим околностима изазвати врло слабе светлосне ефекте? Истина је, да код дејства на даљану имамо и резонанцију, која нам помаже. Ми можемо безваздушну цев или ма какву другу направу, која може светлити, спојити са каквим изолованим системом згоднога капацитета, те на тај начин повећати ефект квалитативно и то само квалитативно, јер тиме се не ће ни у колико количина енергије повећати. Истина, можемо служећи се резонанцијом, постићи потребну електромоторску силу у безваздушној цеви и изазвати слабе светлосне ефекте, али не можемо добити довољну количину енергије те да се светлост практички може употребити, јер ји прост рачун, основан на експерименталним подацима показује, да и кад би се сва она енергија, коју неки извор са извесног остојања шаље у цев, претворила у светлост, та би светлост тешко могла одговарати захтевима практике. Због тога је и потребно, нарочитим спроводним ланцем спровести електричну енергију до места на коме

ће се претворити у светлост. Али радећи тако, ми се не можемо много одвојити од садашњих метода, и све што би још могли урадити, било би само усавршавање наших садашњих апарата.

Из тих посматрања излази, да би се то идеално средство за осветљење само онда практички могло извести, кад би се електростатичким ефектима користили. За тај циљ, потребна су најјача електростатичка индукциона дејства; апарати употребљени за тај циљ морали би бити у стању да производе високе електростатичке потенцијале, чија се вредност ванредно брзо мења. Нарочито је потребна врло велика учестаност, јер је са практичких обзира боље да потенцијал не буде висок. Машинама или у опште говорећи ма каквим механичким справама, постигну се само ниске фреквенције; морају се дакле употребити друга средства. Пражњење кондензатора даје нам већ једно средство да много већу учестаност постигнемо него што их можемо постићи механичким путем, и ја сам се служио кондензаторима у мојим, експеритентима, приређеним у поменутом циљу.

Кад се полови индукционог калема високог напона (сл. 116) споје са лајденском боцом, која се у

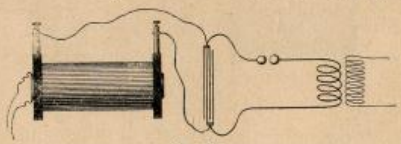
Сл. 116.

једном електричном ланцу дисруптивно празни, онда можемо сматрати варницу, која прескаче између куглица, као извор наизменичних или општије говорећи трепереħих струја, и онда имамо посла са нама са свим познатим системом, који је састављен од генератора тих струја, електричног ланца спојеног са њим, и у ланац унесеног кондензатора. Кондензатор у овом случају врши дужност трансформатора, па како је фреквенција

врло велика, то се може у ланцу остварити готово сваки однос јачина струја у обе гране спроводника. У самој ствари, аналогија није са свим потпуна јер у дисруптивном пражњењу имамо са свим у опште основну тренутну промену сразмерно ниских фреквенција и истовремено хармонично трепереље а закони који управљају протицањем струја ни су исти за оба та случаја.

Код те врсте претварања струја, однос тога претварања не сме бити сувише велики, јер губитак у варници која постаје између куглица расте са квадратом струје, а ако се боца празни кроз врло дебеле а кратке спроводнике, (што је потребно кад се хоће да постигну врло брзе осцилације) онда се врло велики део сакупљене енергије губи. С друге стране опет, сувише мали односи претварања не практични су са многих лако појмљивих разлога.

Кад претворене или конвертиране струје теку кроз ланац, који се практички може сматрати као затворен, њихово електростатичко дејство је очевидно слабо, и ја их претварам онда у струје или у ефекте потребног карактера. Таква сам претварања извршио на разне начине. Најзгоднији начин тога претварања представљен је на сл. 117. Самим тим начином поступања могу се малим и јевтиним апаратом остварити огромне потенцијалске разлике, које би се иначе могле постићи само великим и скупим калемима. За тај је циљ по-



Сл. 117.

требно само узети обичан мали индукциони калем, додати му један кондензатор и један ланац за пражњење, који је у исти мах примарни калем једног помоћног малог индукционог калема. Пошто је индуктивно дејство примарне струје врло велико, други калем може

имати сразмерно само мало завоја. Кад се све то згодно удеси, могу се врло значајни резултати сигурно постићи.

Тежећи да тим путем постигнем потребна електростатичка дејства, наилазио сам, као што се у осталом могло и очекивати, на многе тешкоће, које сам истина поступно савладао али за сад још нисам у стању да говорим о експериментима изведеним у том смислу.

Ја држим, да ће дисруптивно пражњење кондензатора играти у будућности врло важну улогу јер отвара многе могућности не само у произвођењу светлости на много издашнији начин и у правцу који је назначила теорија, него и у многим другим погледима.

Пре извесних година, проналазачи су тежили да добију електричну енергију из топлоте помоћу термичких елемената. Можда ће изгледати накосно ако се примети, да мало њих знају на какве се тешкоће наилази код термоелемената. Није то само њихово слабо дејство или слаба издашност — и ако су то врло озбиљне мане — већ сам тај факт, да термобатерија има своју филоксеру — то јест да се при непрестаној употреби квари, јесте озбиљна сметња због које се она не може употребити за индустријске циљеве. Па како изгледа, да се сва модерна истраживања своде на употребу електрицитета веома високих напона, онда се многима само собом намеће питање, да ли не би било могуће, ту врсту енергије на какав практичнији начин из топлоте добијати. Ми смо се навикли да сматрамо електростатичку машину као играчку, и са њом смо спојили идеју о недовољном дејству и практичкој неупотребљивости. Али сад морамо мислити другојаче јер знамо, да свуда имамо посла са истим силама и да је то просто питање проналаска згодних метода или апарата па да се оне могу корисно употребити.

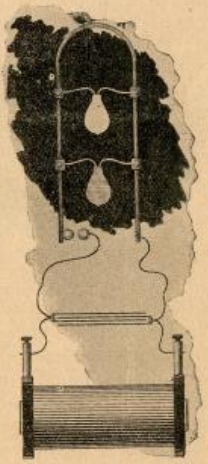
У садашњим системима електричног гранања, употреба гвожђа са његовим чудноватим магнетским особинама дозволила нам је, да знатно сведемо величину наших апарата; али поред тога гвожђе је још врло незгодно. Што више улазимо у проучавање електричких и магнетских појава, у толико више увиђамо, да

су садашње методе краткога живота. За производење светлости бар изгледа, да је тако гломазна машинерија непотребна. Потребна енергија врло је мала и кад би се светлост могла производити онако као што то теоријски изгледа могуће, онда би се апарати могли свести на врло узане границе. Како је врло вероватно, да ће се за осветљење у будућности узимати струје врло високих потенцијала, то је веома потребно пронаћи пута и начина, како ће се топлотна енергија моћи згодно претварати у ону врсту енергије, која нам буде била потребна. Ништа се не може казати о ономе што је до сад у том смислу рађено јер и сама помисао, да је електрицитет од 50.000 или 100.000 волата или још већег напона баш и кад би га било могуће добити, за практичне циљеве неупотребљив, заплашила је проналазаче да што у том правцу предузимљу.

На слици 117 изложен је план по коме се могу струје високог напона претварати у струје ниског напона помоћу диспрутивног пражњења кондензатора. Тај сам распоред често употребљавао да палим неколико сијалица у мојој лабораторији. На неке сам тешкоће наишао у самој варници која у след пражњења постаје, и које сам у главноме успео да савладам; осим тога и осим удешавања око правилног функционисања справа, других тешкоћа није било, и врло су се лако могле тим начином палити обичне лампе па и мотори окретати. Пошто је цела линија била спојена са земљом, свака се жица могла руком ухватитити без икакве опасности, без обзира на висину потенцијала на половима кондензатора. У тим експериментима за пуњење кондензатора употребљен је био индукциони калем високог напона, у који је долазила струја из батерије или из наизменичне динамо машине; али се индукциони калем може заменити ма каквим другим апаратом, који би био у стању давати струје тако високог напона. На тај се начин могу претварати једносмислене или наизменичне струје и у оба случаја могу струјни импулси бити ма какве жељене фреквенције. Кад су струје којима се кондензатор пуни једносмислене, па се тражи

да конвентиране струје буду такође једносмислене, онда се мора отпор ланца, у коме се кондензатор празни тако изабрати, да у њему не постане никакво трепперење, или осциловање.

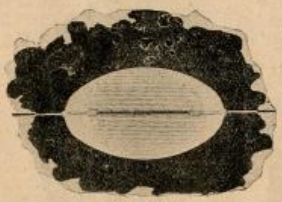
Радећи са апаратима по горе обележеном плану наишао сам на врло интересне појаве импеданције или привидног отпора (impedance, resistance apparente, anscheinender Widerstand а то је однос између ефективне електромоторске снаге и ефективног интензитета струје. Прев.). Ако се на пример савије једна дебела бакарна шипка као што показује сл. 118 па се за њу утврде обичне сијалице лампе, оне ће се усијати, кад се варница између куглица појави. Кад се на тај циљ употреби, велики индукциони калем, онда се могу лако образовати чворови на бакарној шипки, који се могу распознати по разном сијању лампа као што показује сл. 118. Чворови ни су никад оштро ограничени него су то само места највећег и најмањег потенцијала дуж шипке. Томе је по свој прилици узрок у неправилности варница између куглица. У опште ако се горе описани распоред употреби на претварање струја са вишег на нижи потенцијал, онда се особине дисрутивног пражњења могу из ближе проучавати. Чворови се могу испитивати обичним Кардјуовим (Cardew) волтметром, који мора бити добро изолован. Исто се тако могу усијати и Гајслерове цеви, кад се споје са наспрамним тачкама шипке. У том је случају боље употребити мање капацитете. Ја сам још нашао да се може на тај начин усијати лампа па и сама Гајслерова цев, кад се какав кратак дебео метални комад унесе у споредан ланац лампе или цеви (т. ј. кад се, технички говорећи, лампа или



Сл. 118.

цев „шентира“, „премости“, од енгл. „shunt“ — п.); тај феномен изгледа на први поглед врло чудноват. У самој ствари, што је бакарна шипка у сл. 118. дебља, у толико боље, јер онда експерименти више падају у очи. Кад се употребе лампе са дугачким и танким концима онда се често примећава, како конци с времена на време јако затрепере, и то је трепереље најмање на чворовима. Изгледа да то трепереље долази од електростатичког дејства између конца и дувара стаклене лопте.

Код неких горњих експеримената показало се, да је боље употребити нарочите лампе са правим концем као што показује сл. 119. Кад се таквим лампама ради, онда се јавља још чудноватији феномен од онога, што смо горе описали. Лампа се попречно мете на бакарну шипку и запали, и ако се узме мало већи капацитет, или другим речима слабија фреквенција, или слабија импеданција, конац се може усијати до ког се хоће степена. Ако се импеданција повећа, достигне се један ступањ, на коме сразмерно мало струје пролази кроз угљен а највећи део струје пролази кроз разређен гас, или ће можда бити правилније рећи, да се струја и поред огромне разлике у отпору, скоро подједнако подели што може бити истина све док се гас и конац различито не понашају. Онда се види, да је цела стаклена лопта светла, крајеви се спроводне жице усијају а често и варнице испуштају у след јаког бомбардовања: али угљени конац остане неусијан. То се све види на сл. 119. У место угљеног конца, може се узети обична метална жица која кроз целу лопту пролази, само ће сада феномен бити још интересији.



Сл. 119.

Из свију горњих експеримената очевидно излази, да кад се обичне лампе пале преображеним или конвертираним струјама, да је боље узети такве лампе код

којих су платинске жице раздалеко, а ваљало би пазити да и фреквенције ни су сувише велике, јер ће онда варница прескакати на самим крајевима конца или на дну лампе између жица, које струју доводе, а тиме би се лампа искварила. — —

Износећи пред вас резултате мојих истраживања која се односе на предмет о коме је говор, ја сам само наговестио факта о којима би се могло још много више говорити, и међу многим посматрањима пробрао сам само она, за која сам држао, да ће вас највећма интересовати. Поље је широко и са свим не испитано и на сваком се кораку каква нова истина открива, какав нов факт угледа.

У колико изложени резултати могу практичне примене наћи, показаће будућност. Што се тиче производења светлости, неколики већ постигнути резултати храбре ме и дају ми повода да наговестим, да практично решење питања лежи у оном правцу, који сам се старао да вам покажем. У осталом, ма каква била непосредна последица тих експеримената, ја сам пун наде, да ће они бити један корак у напред према идеалном, крајњем савршенству. Могућности, које су модерним истраживањем отворене, тако су велике, да и онај који се у највећој резерви држи, мора сангвиничким осећајима гледати у будућност. Велики научари, сматрају онај проблем као рационалан, који тежи да употреби само једну врсту зрачења без мешавине са другим врстама. С апаратом, у коме постаје светлост преображајем ма које врсте енергије у светлост, такав се резултат никад не може постићи па ма какав био начин којим се тражена енергија добија; јер био тај начин, електричан, хемијски или ма какав други, није никако могуће добити виша, светлосна треперења, а да се не прође кроз нижа, топлотна треперења. То би био проблем: саопштити телу неку извесну брзину а не проћи кроз ниже брзине. Али постоји могућност да се добије не само енергија у облику светлости, него и покретна снага и енергија ма у ком облику, мало непосреднијим путем, из саме средине. Доћи ће време кад ће се то

моћи остварити а време је дошло, кад се таке речи у једном наученом скупу смеју изговорити и да се говорник не сматра за сањалицу. Ми јуримо кроз бескрајњи простор са непојмљивом брзином, све што је око нас окреће се и ковитла, свуда видимо само кретање, свуда налазимо само енергију. *Мора* бити ма каквог пута, којим се можемо непосредније том енергијом користити. Са светлошћу коју из саме средине узимамо, са силама које у њој црпемо, са сваким обликом енергије коју без напора добијамо из неисцрпног слагалишта природног, човечанство ће џиновским корацима напредовати. И сама помисао на такве величанствене могућности уздиже наш ум, јача наше наде и испуњује наша срца највишим уживањем.

Пратећи пажљиво предавање Теслино у Америци видели смо, како он сам напомиње, да је само један део својих експеримената изнео пред своје учене слушаоце. Истом приликом видели смо, како он напомиње извесан низ тек почетих а не довршених експеримената. Скоро годину дана доцније, почетком 1892 год. држао је Тесла предавања у Лондону и Паризу као што смо то у самом уводу напоменули и предмет тих предавања, били су готово искључиво са свим нови експерименти. И овим новим експериментима су основица наизменичне струје високих потенцијала и велике учестаности. И колико је први низ експеримената био интересан за слушаоце и важан са научног и теоријског гледишта, јер је показао са свим нове особине електричне струје, у толико овај други низ износи још занимљивије и важније стране наизменичних струја, које у првом низу ни су ни дотакнуте. С тога држимо да ће читаоци имати праву слику о свима тим разним особинама електричних струја, кад се буду упознали и са овим новим експериментима, које је Тесла пред европске гледаоце изнео.

Да би представили верну слику, коју је сам аутор хтео пред своје учене слушаоце да изнесе, држимо да ћемо најбоље учинити ако упознамо читаоце са предавањем и експериментима онако, како је то у главноме изложено у лондонском предавању. За то доносимо то предавање у потпуном изводу:*)

Госпође и Господо, — Пре извесног времена имао сам част изнети пред наш амерички институт инжињера електричара неколике резултате, које сам онда био постигао у новом једном правцу. Није потребно

*) Оригинални је наслов предавања овај: Experiments with Alternate currents of high potential and high Frequency, by Nikola Tesla, foreign member. — Wednesday 3 rd February 1892.

да вас уверавам, да су многи докази особитог интересовања енглеских научара и инжињера за тај рад, били за мене велика награда и да су ме одушевила да у своме раду истрајем. Ја се нећу задржавати код тих експеримената већ описаних, осим што ћу у неколико допунити или јасније изложити неке извесне мисли, које сам тамо изнео, и што ћу се старати да се тамо изнесене примедбе сложе са предметом вечерашњег предавања.

Моја истраживања, по себи се разуме, тичу се наизменичних струја и то још, наизменичних струја високог потенцијала и фреквенције. У колико управо, врло високе фреквенције утичу на резултате до којих сам дошао, то је питање, на које ја за сад не бих био у стању одговорити. Неки се експерименти могу извршити и са ниским фреквенцијама, али су високе фреквенције потребне не само ради извесних ефеката који од њих зависе, него и као згодно средство, за добијање, (у употребљеним индукционим справама) високих потенцијала, који су са своје стране потребни за извођење већине експеримената о којима је овде реч.

Међу свима разним врстама електричних испитивања мож'да су најинтересније и непосредно најобилније она, која се тичу алтернативних или наизменичних струја. Напредак у тој грани примењене науке био је тако велики у последњим годинама, да се са свим оправдавају и најсангвиничније наде. Тек што смо се упознали са једним фактом, а ми изводимо нове експерименте и нови нам се изгледи отварају. Многи резултати о којима се пређе није ни сањало, употребом тих струја су у неколико остварени. Па како је све у природи као прилив и одлив, како је све у природи у таласању, то изгледа да ће и у свима гранама индустрије наизменичне струје — електрично таласање — имати првенство.

Један разлог, зашто се та грана науке тако нагло развила, може се наћи у маљивости, којом се приону експерименталном њеном проучавању. Ми омотамо један прост гвозден прстен жицом, ту жицу спојимо са

генератором и са изненађењем и уживањем гледамо дејства чудноватих сила, које излазе на видик, и помоћу којих можемо по вољи енергију претварати, преносити и гранати. Ми само згодно уредимо струје па гледамо како се гвоздене масе и жице понашају као да су живе, како невидљивим везама окрећу тешке арматуре, великом брзином и снагом — енергијом, која долази мож'да са врло велике даљине. Ми гледамо са чуђењем шта све врши енергија наизменичних струја прошав кроз жицу, узимајући на се облик топлоте, светлости, механичког рада и што је још најизненадније, и хемијског афинитета. Све нас то очарава и испуњује неодољивом жељом, да из ближе упознамо природу тих појава. Свакога дана полазимо на посао с надом да ћемо што открити — с надом да ће неко, био то ма ко, моћи наћи решење каквог од нерешених великих проблема — и сваког идућег дана враћамо се на наш посао са обновљеним одушевљењем; па и онда кад нам што не испадне за руком, наш рад није био узалудан, јер у тим жудњама, у тим напорима, ми смо провели сахате небројених задовољстава, и утрошили свој труд на срећу човечанства.

Можемо узети — са свим без избора — ма који од многих експеримената, који се могу извршити наизменичним струјама; само ће мало њих и то не најлепши бити предмет вечерашњег предавања: сви су они једнако интересни сви једнако утичу на наш ум.

Ово је обична стаклена цев из које је до некле ваздух исцрпен. Ја је узимам у једну руку, а другом руком додирујем жицу која доводи наизменичну струју високог потенцијала; цев се у мојој руци усија. У ма какав положај поставио ја цев, ма како је ја овуда кретао толико далеко докле могу да достигнем, она ипак благо и пријатно светли истом сјајношћу.

Овде имам безваздушну лопту обешену о једну жицу. Ако станем на изоловану столицу и лопту ухватим руком, једна ће се платинска куглица у тој лопти интензивно усијати.

Овде је обешена опет о једну жицу, друга једна лопта; ако само додирнем њен метални оквир, она ће се испунити красним бојама фосфораста светлости.

Овде опет друга једна, коју кад само прстом дирнем она баца сенку — такво звану Крукзову сенку ове дршке што је у њој.

Овде ћу, стојећи на изолованој столици додирнути један пол секундарне жице овога индукционог калема — додирнућу крај једне жице, више миља дугачке — и ви видите како на другом њеном крају који брзо трепери, избијају лепи, светли млазеви.

Најзад овде ћу да спојим ова два комада металног платна са крајевима калема, одвојићу их један од другог и пропустићу кроз калем струју. Ви видите малу варницу где између тих комада прескаче. Ја ћу да уметем између њих једну дебелу плочу од најбољег диелектрика, и у место да варницу угасим као што би се могло очекивати, ја сам на против олакшао варници пролаз, јер се она сад, кад сам уметнуо плочу знатно променила у изгледу и изгледа као светао млаз.

И ја вас питам, има ли занимљивијег предмета за проучавање од алтернативних струја?

У свима тим испитивањима, госпође и господо, у свима тим експериментима, који су као што видите веома, веома интересни, имали смо још од пре више година — управо још од оног доба, како је највећи експериментатор, који је предавао у овој сали, пронашао његове принципе — имали смо сталног пратиоца, свакоме добро познатог, који је био играчка *некада*, а који је ствар од особите важности *сада* — имали смо идукциони калем. За електричара нема драгоценије справе од калема. Почев од највештијег међу вама, ако смем рећи, па до највештијег ученика, до вашег предавача, ми смо сви провели многе задовољне часове експериментишући са индукционим калемом. Ми смо сви гледали његова дејства и размишљали о лепим појавама, који су излазили на наше зачуђене очи. Та је справа тако добро позната, сви су ти феномени тако фамилијарни свима, да већ губим храброст кад поми-

слим, да сам се усудио да говорим тако извежбаним слушаоцима, да сам се усудио да говорим вама о тако познатом предмету. У самој ствари то су исти апарати, исти феномени, само је апарат овде израђен мало другојаче, а феномени су представљени у мало измењеном облику. Неки нам се резултати јављају онако како смо их очекивали, други нас опет изненађују али сви привлаче нашу пажњу, јер у сваком научном испитивању, сваки нов резултат може да буде центар нових полазних тачака, сваки нов факат може одвести до врло важних закључака.

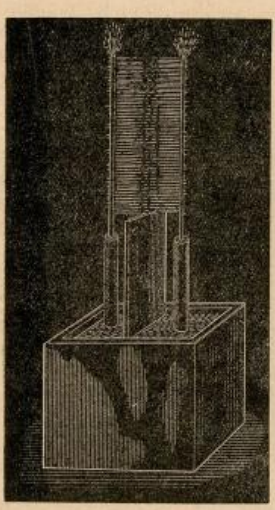
Обично кад радимо са индукционим калемом, ми проводимо кроз примарну његову жицу електрично таласање умерене фреквенције, било срествим нарочитих прекидала (интеруптора) било употребом готових наизменичних струја. Ранији енглески физичари, да спомењем само Спотисвуда и Гордона, служили су се брзим прекиданьима на калемима. Према нашем данашњем знању и искуству ми смо у стању да јасно видимо, зашто ти калеми под поменутим условима ни су дали никаквих важних резултата и зашто ти вешти експериментатори ни су могли опазати многе интересне појаве, које смо ми доцније видели.

У експериментима који су спремљени за вечерас, пропуштаћемо кроз калем струју, која долази из нарочито конструјисане наизменичне машине, која је у у стању дати више хиљада фреквенција у секунди, или ћемо дисруптивно празнити један кондензатор кроз примарну калемску жицу, чиме ћемо кроз секундарну његову жицу слати електричне вибрације, којих учестаност износи више стотина хиљада или милијуна у једној секунди ако хоћемо; у оба та случаја улазимо у сасвим ново, неиспитано поље електричних појава.

Ево овде је индукциони калем, кроз који пролазе струје, које ванредно брзо трепере, а које постају дисруптивним пражњењем лајденске боце. Неће никога изненадити ако кажем, да је секундарни калем намотан кратком а сразмерно дебелом жицом, нити ће се ко год зачудити кад напоменем, да и поред тога, калем

може дати такав потенцијал, који је у стању само најбољи изолатор да издржи; али и ако је сваки спреман па мож'да и индерфенентан према објављеним резултатима, њега ће изглед саме варнице изненадити и заинтересовати. Сваки зна како изгледа варница на обичном индукционом калему; али њу нећете овде видити. У место ње, ево овде пражњење индукционог калема, кроз чију примарну жицу протиче струја од неколико стотина хиљада вибрација у секунди. Варница обичног калема изгледа као проста светла линија или свежањ. Варнице пак код овог калема изгледају као јаке светле четке или млазеви, који истичу из сваке тачке ове две праве жице утврђене на половима секундарног калема (сл. 120).

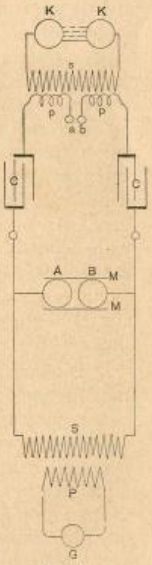
Сравнимо овај феномен који сте сад видели са пражњењем Холцове или Вимсхурстове машине — тим другим интересним справама, тако драгим експериментаторима. Па каква је разлика између оба феномена! И да сам спремио што је требало — а то би се могло лако извршити, кад не би било других експеримената — ја бих могао произвести овим калемом варнице, које би, да сам калем сакрио и показао само две куглице, и највештији посматрач међу вама, тешко да не речем никако, разликовао од варница, које постају на инфлуентној или обичној електростатичкој машини. То би се дало постићи на разне начине, — на пример, кад би кроз индукциони калем



Сл. 120.

проводили струју из кондензатора, који је везан са наизменичном машином слабијих фреквенција а сам ланац удесили тако, да у њему не буде никаквих осцилација; онда би добили у секундарној жици, ако су куглице потребне величине и згодно намештене, бржи или спорији низ варница јаког интензитета, а мале количине, које су исто тако сјајне, и које прати исти оштар и јак звук, као да те варнице постају на обичној (фрикционој) или инфлуетној електростатичкој машини.

Други би начин био, спровести кроз две примарне жице, које имају исту секундарну жицу, две струје са врло мало различном периодом, и они ће у секундарном калему произвести варнице у сразмерно дугим интервалима. Па и са средствима којима вечерас располажем, могао бих да имитирам варницу Холцове машине. Тога ради изазваћу између полова калема, који пуни један кондензатор, дугачку непостојану варницу, која се периодички гаси ваздушном струјом, коју сама варница производи. Да би појачао ту ваздушну струју, метућу с обе стране варнице и близу ње, по једну широку плочу од лискуна. Кондензатор, који се овим калемом пуни, празни се даље кроз примарну жицу другог једног калема, прескачући кроз мали слој ваздуха, који је потребан да се у примарној жици изазову нагли и брзи падови струје. Појединости тога експеримента представљене су на слици 121.



Сл. 121.

Из обичне наизменичне динамомашине G долази струја у примарну жицу P, једног индукционог калема; индукционе струје из секундарног калема S пуне кондензатор или боце C, C. Полови тог секундарног калема спојени су са унутрашњим облогама боца а спољашње су облоге у вези с половима p p примарне жице другог једног

индукционог калема. Између тих полова $p\ p$ налази се танак ваздушни слој ab.

Секундарна жица s овог другог калема, свршује се куглицама или лоптама $k'\ k$ извесне одређене величине и растављене једна од друге према условима експеримента.

Дугачка варница постаје између полова A и B првог индукционог калема. $M,\ M$ су лискунске плоче.

Кад год се варница између A и B угаси, боце се нагло напуне и испразне кроз примарну жицу $p\ p$, производећи јаку варницу између кугала $k\ k$. Кад се варница између A и B успостави, потенцијал опадне и кондензатори немају довољно висок потенцијал да могу пробити ваздушни слој $a\ b$, све док ваздушна струја по ново варницу $A\ B$ не прекине.

На тај начин постају испрекидани импулси у другим интервалима у примарној жици $p\ p$, који опет са своје стране изазивају у секундарној жици s одговарајући број импулсâ јаког интензитета. Ако су секундарне кугле $k\ k$ згодно одређене величине, варнице у многоме наличе на оне варнице, које даје Холцова машина. Али у место да уносимо струју у индукциони калем као у последња два експеримента, ми можемо узети струју из наизменичне машине са високим фреквенцијама, као што ћемо то учинити код идућег експеримента; онда систематско проучавање феномена постаје много лакше. На тај начин, мењајући напон и фреквенцију струје што пролази кроз примарни калем, можемо разликовати пет разних врста пражњења, које сам описао у мом првом предавању пред америчанским институтом инжињера електричара од $\frac{8}{20}$ Маја 1891.

Требало би нам сувише много времена, а то би нас одвело далеко од вечерашњег предмета, кад би хтели да поновимо све те разне облике пражњења; али би ипак желео да вам покажем један само. То је четкасто или млазевито пражњење, које је занимљиво у разном погледу. Гледано из близа, изгледа као гасни пламен који гори под високим притиском. Ми знамо да тај феномен постаје у след молекилске агитације близу пола и већ у напред закључујемо да ту мора

постајати топлота бомбардовањем молекила о сам пол или између себе. И заиста ми налазимо да је млаз топао, и ако само мало размислимо, доћићемо до закључка, да ако смо у стању да произведемо довољно високе фреквенције, ми можемо произвести млаз, који ће дати интензивну светлост и топлоту и који ће у многоме наличити на обичан пламен, осим, што може бити оба феномена не изазива исти узрок, — осим што може бити, хемијски афинитет није *електричне* природе.

Пошто постајање топлоте и светлости у овом случају долази од судара ваздушних молекила или атома и пошто смо у стању да ојачамо енергију судара просто повишавањем потенцијала, ми можемо и са фреквенцијама, које даје обична динамо-машина ојачати то дејство до такога степена, да доведемо пол до топљења. Али тако споре фреквенције опоминьу нас већ на обичну електричну струју. Јер ако томе млазу са слабим фреквенцијама принесемо какав спроводник, одскочиће на њ' танка мала варница. На против, ако употребимо струје веома високих фреквенција и с претпоставком да електричне импулсе тако високих фреквенција можемо спровести кроз кондензатор, електрични ће карактер млаза потпуно ишчезнути — никаква варница не ће проћи, никакав се удар не ће осетити — и ми ћемо и сад имати посла са *електричним* феноменом, али у широком, модерном смислу те речи. У мом првом предавању, које сам мало час споменуо, ја сам указао на занимљиве особине таквога млаза, и описао најзгоднији начин, како се она може произвести.

Међу свима појавама, које постају електричним пражњењем, најлепше су за око и најпоучније су оне, које постају на калему у који улазе струје дисруптивним пражњењем кондензатора. Јачина млазева, обилатост варница, кад се сви услови пажљиво удесе, веома су занимљиви. И са врло малим калемом ако је само добро изолован, да издржи потенцијалну разлику од више хиљада волата, варнице могу бити тако обилате, да цео калем може изгледати као једна ватрена маса.

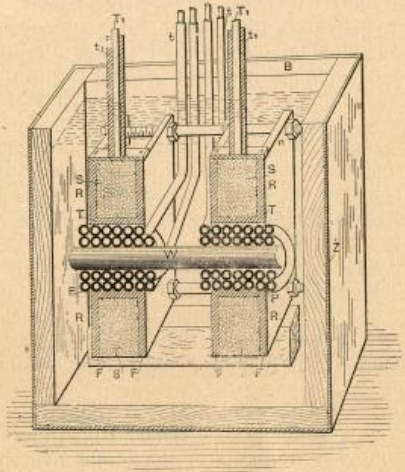
Ако су полови калемови далеко један од другога, варнице искачу из сваког пола у свима могућим правцима тако, да изгледа да су ти полови са свим независни један од другог. Но како варнице могу брзо да покваре изолацију, потребно је да се то избегне. То се најбоље постиже потапањем калема у добар течан изолатор, као на пример у проврело уље. Потапање у течност може се сматрати као неопходна потреба за непрекидно и поуздано дејство сваког калема.

У осталом нема сумње да је у експерименталном предавању, где располажемо са врло малим бројем минута за сваки експеримент, пробитачније показати те појаве пражњења, него заустављати се на сваком феномену за чији је исход врло пажљиво удешавање потребно. Па и ако се непотпуно изведу, као што ће то по свој прилици бити вечерас, они ће ипак бити довољно занимљиви за тако интелигентан скуп.

Пре него што пређем на излагање тих занимљивих ефеката, потпуности ради хоћу да изнесем кратак опис калема, и других апарата потребних за вечерашње експериментисање са дисруптивним пражњењем.

Калем се налази у дрвеном сандуку B (сл. 122) дебелих дуварова који је обложен с пола цинканим плочама Z, са свију страна добро залемљеним. Калем се мора наместити симетрички према металној облози и простор између калема и дуварова не сме бити сувише мали. Сам калем састављен је из два калемска скелета $R\,R_1$ од ебовита или тврде смоле, који су за 10 сантиметара растављени пречагама c и завртњима n такође од ебовита. У сваком се скелету налази по једна цев T и за ту су цев пришрафљене две четвртасте даске F F. Секундарни калем S S — направљен од најбоље, гутаперком изоловане жице, има 26 слојева са по 10 завоја у сваком слоју, што даје 260 завоја за сваку половину. Обе су половине у супротном смислу намотане и спојене у низу; спајање између обе половине врши се изнад примарног калема. Такав распоред, поред тога што је згодан има и ту добру страну, што кад је калем добро еквилибрисан, — а то ће бити кад

су оба његова пола T_1 T_1, спојена с телима или направама једнаког капацитета — онда нема велике опасности да варница може скочити на примарни калем,



Сл. 122.

те према томе и изолациони слој између примарне и секундарне жице не мора бити дебео. Кад се ради с калемом, добро, би било привезати за *оба* пола тела приближно једнаког капацитета, јер кад капацитети полова ни су једнаки, може се десети да варница прескочи на примарну жицу.

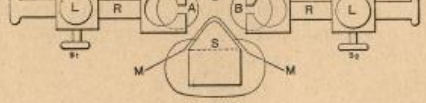
Примарна жица P P намотана је у два дела и у супротном смислу, око дрвеног калема W, и њихова четири краја изведена су кроз уље на поље пролазећи кроз цеви од тврде смоле t t. И крајеви секундарне жице T_1 T_1 изведени су кроз уље и кроз дебеле цеви t_1 t_1 од каучука. Слојеви жица како у примарном тако и у секундарном калему изоловани са памучним платном, а дебљина изолације стоји у извесном односу са по-

тенцијалном разликом између појединих завоја разних слојева. Свака половина примарне жице има четири слоја са по 24 завоја, свега дакле 96 завоја. Кад су оба дела у низу или једно за другим спојена, онда је однос претварања од прилике 1 : 2·7 а кад су паралелно или упоредо спојена, онда 1 : 5·4. Цео је калем потопљен у уље и лежи на дрвеним подлогама тако да је са свију страна окружен слојем уља од 5 сантиметра дебљине.

Конструкција овде изложена у осталом не одговара баш најбоље општим принципима, али држим да је добра и згодна за производење ефеката, за које је потребна струја слаба по количини али изванредно високог потенцијала.

Поред калема, служим се и обарачем и то или са свим обичним или једном мало измењеном конструкцијом. Код првог облика учинио сам две промене, које имају извесне добре стране. Спомињем их само ради тога да би се и други експериментатори могли њима послужити.

Једна је промена у томе, што су кугле A и B (сл. 123) смештене у шупљине $J\,J$ од месинга и притиснуте еластичном опругом тако, да се могу окретати у разним правцима; тим се избегава тако досадно често глађење.



Сл. 123.

Друга је промена у томе, што је узет јак електромагнет $N\,S$, који је својом осом намештен под правим углом са линијом, која спаја кугле A и B и који производи јако магнетско поље између тих кугала. Полни делови магнета покретни су и тако удешени, да се могу увући између месингених кугала и тиме знатно ојачати

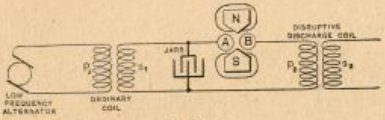
магнетско поље; али да не би варнице скакале на магнет, полни су делови заклоњени по једним листом лискуна $M\ M$ довољне дебљине. Жице се утврђују завртњима $s_1\ s_1$ и $s_2\ s_2$. Са сваке стране, један је завртањ за дебеле а други за танке жице. $L\ L$ су завртњи за утврђивање шипака $k\ k$ на којима су кугле.

У једном другом распореду удесио сам, да се пражњење дешава између самих заокругљених магнетских полова, који су у том случају изоловани и још превучени углађеним месинганим љускама.

Јако магнетско поље, од велике је важности нарочито онда, кад кроз индукциони калем или трансформатор, који пуни кондензатор, пролазе струје слабе учестаности. У таком случају, број основних пражњења између кугала може бити тако слаб, да изазове у секундарном калему струје неупотребљиве за многе експерименте. Интензивно магнетско поље служи онда, да одува варницу између кугала чим се она појави, у след чега основна пражњења брже једна за другим долазе.

У место магнета, може се врло корисно употребити и ваздушна дуваљка или мехови. Варница која сад постаје између кугала A и B у сл. 121 (куглице a и b могу се или спојити или са свим уклонити), дугачка је и непостојанија, и ваздушна струја јаче на њу утиче.

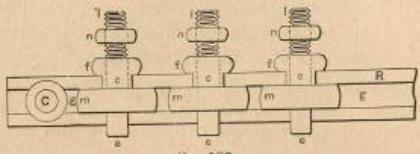
Ако се употреби магнет за прекидање варнице, онда је боље усвојити распоред представљен на сл. 124 јер су у том случају струје које дају варницу, много снажније и магнетско поље има јачи утицај.



Сл. 124.

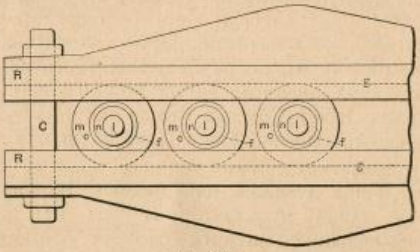
Друга врста обарача употребљена у овим сличним експериментима представљена је на сл. 125 и 126. На њему има више месинганих комада $c_1\ c_1$ (сл. 125); сваки

тај део има у средини један лоптасти део m, који носи стубић e, са дугметом f и завртњем l и n за утврђивање жица. Дугме f служи да држи месингани комад



Сл. 125.

кад се жица утврђује а такође и за обртање ма у ком правцу, кад је потребно, да се окрене нова по-



Сл. 126.

вршина за пражњење. Два дебела комада од ебонита $k\,k$ са углађеним јамама $g\,g$ (сл. 126) у које улазе средњи делови комада $c\,c$, служе да те делове непомично учврсте стезањем два завртња $C\,C$ (од којих се само један види) који пролазе кроз крајеве ебонитских комада.

Служећи се овом врстом обарача нашао сам, да је са три разлога бољи од обичних обарача. Прво што су мањи губитци и мање кварење метала; друго, што се варница цепа на мање варнице и што углађене површине много дуже трају, а треће што се таким апаратом могу и извесна мерења предузети. У осталом, потребно је да напоменем, да се даљина на коју варница прескаче смањује кад фреквенција расте. На тај

начин експериментатор има извесан појам о електромоторној снази струје и може лакше поновити експеримент, јер не мора сваком приликом по нова наместати кугле. Са том врстом обарача био сам у стању да одржим осцилацијоно кретање дуже времена без икакве, голим оком видљиве варнице између кугала и без знатног загревања.

А сад да покушам, да вам неколико најважнијих тих пражњења покажем.

Овде сам кроз собу затегао две обичне, памуком омотане жице од по седам метара у дужину. Те су жице утврђене за изоловане конопце на растојању од 20 сантиметра од прилике. Саставићу са сваким полом индукционог калема по један крај жице и пропустићу струју. Кад у сали угасим лампе, ви видите те жице јако осветљене млазевима, који избијају из целе њихове површине и ако су памуком обложене и ма колика била дебљина тога облога. Кад се експеримент приреди под згодним околностима, светлост тих жица може бити довољно јака, да се поред ње могу распознати предмети у соби. Да се постигне најбољи резултат, потребно је, да се брижљиво удеси капацитет боца, дужина варнице између кугала, и дужина жица. Из мога искуства излази, да рачунско одређивање дужине жица не води у овом случају никаквом резултату. Експериментатор ће најбоље учинити да у почетку узме врло дугачке жице, па да сечењем најпре дужих па за тим све краћих и краћих комада сведе жице на праву дужину.

Згодно би било узети за те и сличне експерименте уљани кондензатор малога капацитета, са две металне плоче које се могу удешавати. У том случају најзгодније је узети најпре кратке жице, и одвојити кондензаторске плоче на највеће растојање. Ако млазеви, који из жице избајају расту приближавањем плоча, дужина жица је од прилике добра; ако ли опадају, жице су сувише дугачке за ту фреквенију и потенцијал. Ако се за експерименте са калемом употреби кондензатор, онда треба да је то уљани кондензатор, пошто се у

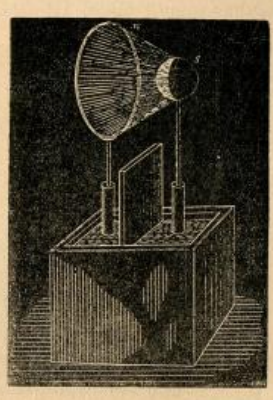
ваздушном кондензатору врло много енергије растура и губи. Жице које стоје у вези са плочама у уљу, морају бити врло танке, омотане добрим изолатором и покривене спроводним поклопцем — који би требало спустити испод површине уља. Тај спроводни поклопац не треба да буде близу полова или крајева жица, како не би могла варница прескочити из жице у њега. Спроводни поклопац узет је да смањи губитак у ваздуху јер дејствује као електростатички заклон. Што се тиче величине суда у коме је уље као и величине плоча, експериментатор их може одредити са свим грубим пробањем.

У горе поменутим експериментима, веома је важно дознати, какав однос постоји између количине произведене светлости и фреквенције потенцијала електричних импулса. По моме мишљењу је произведена топлота, исто тако као и светлост, сразмерна (под иначе једнаким околностима) производу из фреквенције и квадрата потенцијала, али експериментална потврда тога закона, па ма какав он био, веома је тешка. Једна је пак ствар сигурна а то је, да растењем потенцијала и фреквенције врло брзо расте интензитет млазева; и, ма да ће вам то изгледати сувише поетично, није не основано надати се, да ће се у том правцу извршити усавршење практичног осветљења. Ми ћемо се онда просто служити пламеновима у којима не ће бити никаквог хемијског процеса, никаквог трошења материјала, већ ће то бити прост пренос енергије, при коме ће се, према свима изгледима, добијати више светлости а мање топлоте него у обичним пламеновима.

Светлосни интензитет млазева врло јако порасте, кад се млазеви сведу на малу површину. То се може показати овим експериментима.

За један пол калемов везаћу у круг савијену жицу *w* (сл. 127) од 30 сантиметара у пречнику а за други пол утврдићу малу месингану лопту *s*.; површина жице је приближно једнака површини лопте, а средиште лоптино, налази се на линији, која стоји управно на раван кружне жице и која пролази кроз средиште тога круга.

Кад се струја пропусти под згодним околностима, појавиће се светао шупаљ конус и у мраку ће једна половина кугле бити јако осветљена, као што то сама слика показује.



Сл. 127.

Згодним удешавањем могу се млазеви концентрисати на мале површине и дати врло јаке светлосне ефекте. Две танке жице могу се на тај начин јако усијати.

Да би интензитет млазева био што већи, морале би жице бити врло танке и кратке, ну како је у том случају капацитет њихов у опште врло мали, то је потребно повећати капацитет до потребне вредности, али да у исти мах површина жица остане мала. То се може постићи на разне начине.

Овде на пример имам две плоче $k\ k_1$ од ебонита (сл. 128), за које сам залепио две врло танке жице $w\ w$ саставивши од њих једно име. Жице могу бити голе или покривене најбољим изолатором, — ништа то не утиче на исход експеримента. Али добро изоловане жице су боље. По зади сваке плоче (као што показује на слици осенчени простор), налази се по један лист стањола $t_1\ t$. Плоче су намештене у једној равни али довољно далеко да не би варница прескочила из једне у другу жицу. Обе стањолске облоге спојене су спроводником C а жице са половима калема. Сад је лако, мењањм јачине и фреквенције струје, што пролази кроз примарни калем наћи тачку, код које ће капацитет система најзгодније одговарати постављеном услову и жице ће се толико расветлити, да кад осветљење у сали угасимо, написано се име појави у врло сјајним писменима.

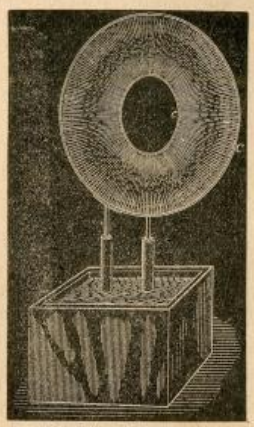
Можда би било боље извести тај експеримент са калемом, који добија струју из алтернативне машине високих фреквенција, јер онда, у след хармоничног ра-

Сл. 128.

стења и опадања, млазеви су врло једнолики и ако су мање обилати. У осталом, експеримент се може извести и са слабим фреквенцијама али и са слабијим успехом.

Кад се две жице, наместе на згодном растојању, млазеви између њих могу бити тако интензивни, да направе непрекидну светлу површину. Да би то показао, наместио сам овде два круга C и c (сл. 129) од јаке жице, један од 30 а други од 80 сантиметара у пречнику. Сваки је круг спојен са по једним полом калемовим. Жице, које те кругове носе, треба да су тако удешене, да се оба круга могу довести у једну раван. Кад се лампе у сали погасе, и кроз калем пропусти струја, ви видите цео простор између жица подједнако испуњен млазевима, те изгледа као светла плоча која се са врло велике даљине може видети јер је тако јак интензитет млазева. Спољашњи је круг могао бити много већи од овога: јер сам ја са истим калемом

осветљавао површине веће од једног квадратног метра што јако пада у очи код тако малог калема. Да би избегао неизвесност, круг је направљен много мањи и ова је површина нешто мања од пола квадратног метра (0·43 кв. м).



Сл. 129.

Учестаност у вибрацијама и брзина са којом варнице између кугала избијају, утичу знатно на изглед млазева. Кад је фреквенција слаба, изглед је више или мање исти као и код постојане потенцијалне разлике и млазеви су састављени од појединих конаца, обично помешани са танким варницама, које по свој прилици одговарају сукцесивном пражњењу, које се збива између кугала. Али ако је фреквинција веома висока и варнице дају *јасан* али *мек* тон — што обоје показује да има осцилација и да варнице једна за другом избијају веома брзо — онда су светли млазеви са свим једноставни. Да се до тог резултата дође, ваља узети мале калемове и боце малог капацитета. Овде су две цеви од дебелог чешког стакла од 5 сантиметара у пречнику и 20 сантимет. дужине. У сваку од њих увучена је једна дебела бакарна примарна жица. На крају сваке цеви намотана је секундарна врло танка, гутаперком изолована жица. Обе секундарне жице спојене су у низу а обе примарне паралелно или упоредо. Обе се цеви налазе у великом стакленом суду, 10 до 15 сантиметара једна од друге, на изолованим подлогама, и суд је напуњен провреним уљем толико, да дође за један палац изнад цеви. Слободни крајеви секундарне жице излазе из уља тако, да су један од другога од прилике 10 сан-

тиметара далеко. Две од по четири литра велике лајденске боце, спојене су у низу и празне се кроз примарну жицу. Кад се све што је потребно односно дужине и раздаљине жица изнад уља као и односно саме варнице, удеси како треба, онда ће се цела површина између жица, расветлити и то са свим једноставно као да обична варница, пролази кроз непотпуно испражњену цев.

Ја сам се намерно задржао код описа овога, привидно незнатног експеримента. Изводећи таке врсте експеримената, експериментатор долази до тог важног закључка, да за произвођење светлих пражњења кроз гасове, није потребно да се цеви нарочито празне, него се шта више оно може извршити и кроз гасове обичнога па и већега притиска. Да се то изврши, неопходно је потребна врло висока фреквенција; исто је тако потребан висок потенцијал, али је он од споредније значаја. Ови нас експерименти поучавају, да тежећи да пронађемо нове методе за произвођење светлости, треперењем гасних атома или молекила, није потребно да ограничимо наша истраживања на безваздушне цеви, него да можемо озбиљно гледати на могућност, да остваримо светлосне ефекте са ваздухом на обичном притиску и не служећи се у опште никаквим судовима.

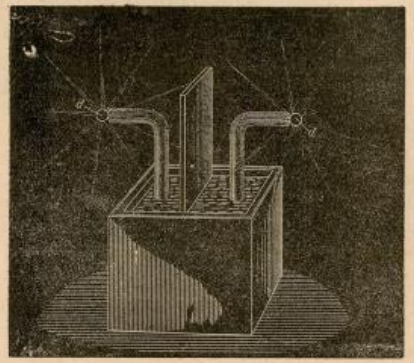
Таквих пражњења, врло високих фреквенција, која усијају ваздух на обичном притиску, имамо без сумње често прилике да видимо и у природи. Ја не сумњам — као што многи држе — да ако *поларна светлост* постаје напрасним космичким ремећењем, као што су на пример ерупције на сунчевој површини, које врло брзо усталасају и електростатичко стање земљино, да црвенкасто светлуцање које се онда види, није ограничено само на горње, разређење слојеве атсмосферске, него да електрична пражњења допиру, у след њихове високе фреквенције и у гушће слојеве атмосферске и јављају се као слаба светлуцања, налик на она, која ми обично изазивамо у недовољно испражњеним цевима. Ако је фреквенција слаба или ако пражњење не прате никакве вибрације, онда ће кроз густ ваздух пробити

права муња. Знаци таких наглих пражњења кроз гушће слојеве ваздушне, често су били опажени приликом тих чудноватих природних појава, и могу се приписати само таквим поремећајима, којих је мало на броју јер су вибрације и сувише брзе, да могу изазвати дисруптивно пражњење. То су онда карактеристични и неправилни импулси, који се и на нашим инструментима јављају, док споредне вибрације сигурно прођу неопажене.

Кад обично пражњење, са слабим фреквенцијама прође кроз умерено разређен ваздух, онда он светли црвенкастом светлошћу. Ако ли на један или други начин повећамо интензитет молекилског или атомског треперења, онда светлост добије белу боју. Слична се промена дешава на обичном притиску са електричним импулсима врло високе фреквенције. Ако су ваздушни молекили око жица умерено узнемирени, млаз који онда постаје, изгледа црвенкаст, ако се вибрација довољно повећа, млаз постане бео. То можемо остварити на разне начине. У експерименту напред показаном са две жице кроз собу провучене, старао сам се, да осигурам резултат подизањем и фреквенције и потенцијала до високих вредности; у експерименту пак са танком жицом, прилепљеном за ебонитску плочу, концентрисао сам радњу на врло малу површину — другим речима, радио сам са врло великом електричном густином.

Веома се интересан облик пражњења добија, са калемом, кад се потенцијал и фреквенција доведу до крајње границе. Да се тај експеримент изврши, сваки део калема треба да буде добро изолован, и само две мале куглице — или још боље два оштро засечена метална колута d, d (сл. 130) од само неколико сантиметара у пречнику — треба да су изложена ваздуху. Калем за овај експеримент треба да је потопљен у уљу и да су крајеви секундарне жице, који излазе ван уља, покривени дебелим слојем тврдог каучука, кроз који ваздух не може проћи. Све пукотине ако их буде било, ваља брижљиво затворити тако да се пражњење

ни на ком другом месту не може извршити до на куглицама или колутима изложеним ваздуху. У том стању,



Сл. 130

калем може веома брзо да трепери, ако само нису спојене са половима никакве широке плоче или друга тела великог капацитета. Потенцијал се дотле може подизати, докле експериментатор сам налази да је потребно. Кад се све удеси онда се види како магловити бели млазеви избијају са ивица колутова и зракасто се расипљу на све стране. Са овим калемом, ти зраци могу бити 25 до 30 сантиметара дугачки. Кад се приближи рука тим зрацима, ништа се не осећа, али кад се прст сувише близу принесе до колута, онда одскочи варница и осети се удар. Ако се осцилација у примарној струји с времена на време прекида, било на овај или онај начин, онда се исто тако и истицање млазева прекида а рука или какво друго спроводно тело, може се још више полу приближити па да варница ипак не прескочи.

Међу многим лепим феноменима, који се могу произвести оваким калемом, ја сам пробрао овде само оне, који имају на себи нечега новог и који нас до-

воде до извесних важних закључака. Не ће се наћи на никакве тешкоће изводити у лабораторији оваким калемом и многе друге појаве, које се оку много више од ових допадају, али немају ничега новог на себи.

Новији експериментатори описали су светлосне ефекте које су добили и са обичним индукционим калемом. Ту скоро Сименс је извео неколике експерименте у којима су постигнути лепи ефекти и које су многи са интересом гледали. Нема сумње да су велики калеми, кад се кроз њих пропусти струја ниских фреквенција, у стању дати лепе ефекте. Али и са највећим до сад израђеним обичним калемом, не могу се ни из далека добити тако ванредно лепи млазеви и варнице као оваким калемом за дисруптивна пражњења, само кад је згодно удешен. Да би имали појма о његовој моћи навешћу, да се читава кружна површина од једног метра у пречнику може савршено покрити млазевима. Најбољи пут за такав експеримент био би, узети врло танку стаклену или ебонитску плочу и прилепити с једне стране узан прстен од стањола врло великог пречника, а с друге стране опет металну кружну плочу тако да средишта прстена и плоче падну заједно и да им површине буду приближно једнаке како би се калем одржао у равнотежи. Плочу и прстен ваља спојити са половима, добро изолованим танким жицама. Онда се види како капацитетска дејства покрију целу површину једноставним млазевима, или фином мрежом танких сребрастих конаца или гомилом самих сјајних варница.

Од како сам у мом предавању пред америчанским институтом електричких инжиньера почетком прошле године, изнео мисао о претварању струја дисруптивним пражњењем, интересовање изазвато у том смислу било је огромно. Јер се тиме дошло до начина, којим се могу производити ма какви потенцијали јевтиним калемима и обичним струјама и — што је још важније — нашли смо, како ваља претварати струје било каквих фреквенција, у струје ма какве друге ниже или више фреквенције. Али најважнија вредност тих струја биће мож'да у томе, што помоћу њих можемо ући у про-

учавање појава фосфорности, које калем са дисруптивним пражњењем на небројене начине може изазвати, док на против обични ма и највећи калем никаква трага не показује.

Узевши у обзир вероватну употребу калема на многе практичне циљеве и његово могуће увођење у лабораторије за научна испитивања, неколико још примедаба односно конструкције таквога калема не ће бити сувишне.

Неопходно је потребно узети за такав калем жице што је могуће боље изоловане.

Добри се калемови могу правити жицама обложеним са више слојева памука, кувајући их дуже времена у чистом воску и лађећи их под умереним притиском. Добра страна таких калемова у томе је, што се њима може лакше руковати, али по свој прилици никад не могу дати тако добре резултате као калем потопљен у уљу. Осим тога, изгледа, да велика количина воска утиче некорисно на калем, док код уља као да то није случај. Може бити томе је узрок, што су диелектрични губитци у течностима мањи.

У почетку сам се служио свилом и памуком омотаним жицама потопљеним у уљу, али сам поступно дошао до жица гутаперком изолованих јер су се оне много боље показале. Гутаперком изоловане жице повећавају капацитет калема а то је (ако је само калем велики) слаба страна калема кад се ради са високим фреквенцијама; с друге стране гутаперка је издржљивија него иста дебљина уља а то се по сву цену мора узети у обзир. Кад је калем једном у уље потопљен, не сме се никако више вадити на поље нарочито не на дуже време, јер иначе гутаперка испуца и калем не вреди ни пола толико колико је пре тога вредио. Могуће је, да гутаперку врло слабо нагриза уље, али после осам до девет месеци потапања, нисам нашао никаквих рђавих знакова.

Ја сам нашао у трговини две врсте гутаперком изолованих жица: код једне врсте је гутаперка непосредно уз метал, код друге није. Па како се на-

рочито тражи, да се сав ваздух истера, сигурније је узети прву врсту жица. Ја навијам калем у самоме уљу, тако, да се свака празнина њиме испуни. Између појединих слојева мећем платно кувано у уљу, кога дебљину одређујем рачуном према потенцијалској разлици између завоја. Изгледа да разлика није велика па ма каква врста уља била; ја узимам парафинско или ланено уље.

Да би се и најмања количина ваздуха што потпуније искључила, врло добар начин, који се нарочито лако може употребити код малих калемова, био би овај: — Ваља направити кутију или сандуче од тврдих дебелих дрвених дасака, и дуже га времена прокувати у уљу. Поједине даске треба да су тако спојене, како би сигурно издржале спољашњи ваздушни притисак. Кад се калем у ту кутију намести и утврди, онда се кутија затвори јаким поклопцем и покрије металним плочама које се на саставцима добро залеме. На горњој се страни отворе две рупе кроз метал и дрво и у њима се утврде две стаклене цеви пазећи при том да се оне тако наместе да између њих и дувара не може ваздух пролазити. Једна се цев споји са шмрком за извлачење ваздуха, а друга са судом у коме има довољно прокључаног уља. Последња цев има на дну мали отвор који је славином затворен. Кад се сав ваздух извуче, онда се славина отвори и уље полако улази. Радећи тако, није могуће да између завоја заостану ваздушни мехурићи, који су главна опасност за калем. Ваздух се на тај начин савршено истера, по свој прилици боље него и самим кључањем, које се у осталом не може ни употребити кад се за калем узму, гутаперком изоловане жице.

За примарни калем узимам обичне равне жице са дебелом памучном изолацијом. Плетенице од врло танке изоловане жице, згодно исплетене биле би најбоље за примарни калем, али се не могу добити.

Код калема за експериментисање, дебљина жица није од велике важности и може се по вољи мењати;

само ако се други услови тачно испуне, пресек не ће ни у колико утицати на резултат.

Ја сам се мало дуже задржао код разних врста четкастог или млазевитог пражњења нарочито с тога, што студирајући их, ми не само посматрамо феномене лепе за око, него нам они дају повода да размишљамо и доводе нас до важних закључака од практичне вредности. У раду са алтернативним струјама врло високог напона, не могу се предузети довољне мере да се спречи четкасто пражњење. У самом спровођењу тих струја, кроз индукциони калем или трансформатор, или кроз кондензатор, четкасто је пражњење извор највећих опасности за изолацију. Нарочито се код кондензатора мора истерати и најмања количина гаса, јер су ту напуњене површине близу једна другој; и ако је потенцијал висок, онда као год што какво тешко тело пада кад се пусти, исто ће се тако изолација покварити ако само једног гасног мехура буде било па ма какве величине он био, док на против, ако је сав ваздух брижљиво истеран, кондензатор ће сигурно издржати и врло високе потенцијалске разлике. Па и сам спроводник неизменичних струја врло високога напона, може се оштетити каквом шупљиком или малом пукотином у изолационом слоју јер у такој шупљики може бити гаса под слабим притиском; и пошто изгледа, да је готово немогуће са свим избећи таке мале непотпуности, ја сам дошао на мисао, да ће се, за наше будуће преношење електричне енергије помоћу струја врло високог потенцијала, употребљавати течни изолатори. Цена је ту врло велика препона, али ако употребимо уље као изолатор, онда се електрична енергија од рецимо 100000 или још више волата и врло високих фреквенција може пренети лако и са свим сигурно на индустријској основи на даљине и од хиљаде миља.

Права особина уља и течних изолатора у опште кад су изложени учестаним променама електричних сила јесте у томе, што растерају сваки гасни мехур, који би се у њима десио и растуре га по целој својој маси обично много пре, него што се каква повреда

може десити. Тај се процес може лако опазити са обичним индукционим калемом кад се примарна жица извади, а један крај цеви, око које је секундарна жица намотана затвори, па цев напуни каквим провидним изолатором, као што је на пример парафинско уље. Примарни калем, кога би пречник био од прилике 6 милиметара мањи од унутрашњег пречника цеви, сад се замочи у уље. Кад се кроз жицу пропусти струја, онда се гледајући озго кроз уље, виде многе светле тачке — ваздушни мехурићи, који су постали увлачењем примарног калема, и који су се усијали услед врло јаког бомбардовања. Затворени ваздушни молекили ударајући о уље загревају га; уље почне циркулисати носећи са собом и ваздушне мехуриће, док се најзад ти мехурићи растуре и светлих тачака нестане. На тај начин, ако само ни су у уљу затворени велики ваздушни мехури, који спречавају циркулацију, штетних варница нема пошто се сво дејство струје своди на умерено загревање уља. На против, ако би се у место течног употребио чврст изолатор, па ма како дебео он био, пробијање изолатора и кварење апарате било би неизбежно.

Истеривање гасних материја из свију апарата, у којима су диелектрици изложени бржем или споријем мењању електричних сила, потребно је не само да се избегне могуће кварење апарата већ и са економског гледишта. На пример док је у кондензатору, употребљен чврст или само течан диелектрик, губитак је слаб; али ако се узме гас под обичним или слабијим притиском, губитак може да буде врло велики. Ма каква била природа сила, које на диелектрик дејствују, изгледа, да је код чврстих и течних тела, молекилско кретање, које те силе изазивају врло мало: према томе производ из силе и пута, т. ј. рад је незнатан и ако су силе врло велике. На против, код гасова је то кретање па дакле и њихов рад велики: молекили се слободно крећу и прелазе велике путове и енергија тога кретања се губи у облику топлоте или иначе. Ако је

гас под јаким притиском, кретања у след електричких сила су мања па дакле и губитци слабији.

Готово за све вечерашње експерименте нарочито због правилног и сигурног рада, употребио сам наизменичну машину, коју сам раније описао. Она има 384 полних крајева и у стању је да да струје од једно 10000 фреквенција у секунди. Та је машина описана у мом ранијем предавању пред америчанским институтом инжињера електричара о коме сам већ говорио. Подробнији опис, довољан да по њему сваки конструктор направи сличну машину, може се наћи у многим електричним журналима тога доба.

Индукциони калеми у које улази струја из те машине мали су и имају од 5000 до 15000 завоја секундарне жице. Потопљени су у прокључалом лаженом уљу у дрвеним кутијама обложеним цинкеним плочама.

Нашао сам, да је пробитачније да изврнем обичан распоред жица и да навијем у тим калемима примарну жицу с поља; на тај се начин може узети много дебља примарна жица, чиме се избегава опасност од прегревања и добија већа корисност калема. Примарни је калем са сваке стране за један сантиметар краћи од секундарног, да би се избегло искакање варница на крајевима, што би се сигурно десило, кад не би изолација секундарног калема била врло дебела.

Кад је примарни калем покретан, што је потребно код неких експеримената а више пута је то згодно и за удешавање, онда покријем секундарни калем слојем воска, и састружем га на тоцилу тако, да му пречник буде мало мањи од унутрашњег пречника примарног калема. За овај калем утврдим једну ручицу која излази ван уља, и која служи за премештање примарног калема дуж секундарног.

Хоћу да узем слободу, па да у погледу опште манипулације индукционог калема учиним неколико напомена односно оних тачака, на које се није обраћала довољна пажња у ранијим експериментима са таким калемима и које се још и данас занемарују.

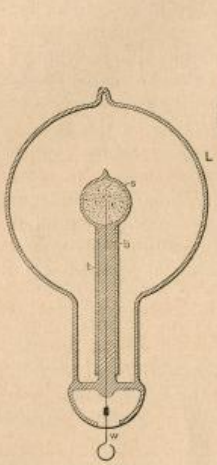
Секундарна жица калема обично има тако велику самоиндукцију, да је струја у жици неприметна. Ако се половима прида више капацитета, он ће дејствовати супротно самоиндукцији, те ће и јача струја протицати кроз секундарну жицу. За некога, који није познат са особинама наизменичних струја, ништа не ће изгледати чудноватије. То се лепо види на експерименту изнесеном још у почетку са плочама од жичног платна привезаним за полове. Кад су плоче од жичног платна биле близу једна другој, и мала варница прескакала између њих, она је *спречавала* да јака струја пролази кроз секундарну жицу; кад је ебонитска плоча уметута између жичних плоча, капацитет кондензатора супротно је дејствовао самоиндукцији секундарне жице, у след тога је јача струја протицала кроз калем и пражњење је било много јаче.

Први је дакле посао, радећи са индукционим калемом, комбиновати капацитет са секундарном жицом тако, да се избегне самоиндукција. Ако су учестаност и потенцијал врло високи, гасовитѣ се тела веома брижљиво морају истерати са свију површина. Ако се употреби лајденска боца, ваља је потопити у уље јер ће се иначе много изгубити електрицитета, кад буде боца у великом напону. Кад имамо посла са високим фреквенцијама, онда је исто тако важно спојити један кондензатор и са примарном жицом. Најбољи би начин без сумње био, спојити кондензатор у низу и са примарном жицом и са генератором, и удесити капацитет тако, да се уништи самоиндукција у оба последња дела. Кондензатор се мора поступно удешавати, а за врло фина удешавања, ваља узети мали уљани кондензатор са покретним плочама.

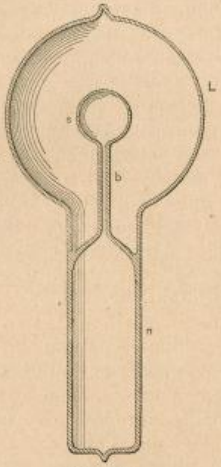
Држим да је најбоље да вам сад изнесем један феномен, који сам пре извесног времена опазио, и који је за строго наученог испитивача може бити интереснији, него ма који други експеримената, који ћу имати задовољство да изнесем пред вас вечерас.

За проучавање тога феномена употребићемо кугле као што показују слике 131 и 132.

На сл. 131 видимо стаклену лопту од лампе сијалице L, у чији је грлић затопљена барометарска цев b а крај те цеви издуван је у малу лоптицу s. Лоптица



Сл. 131.



Сл. 132.

се мора наместити што је могуће боље у самом средишту веће лопте. Пре затопљивања, може се у барометарску цев увући цев од алуминијума, премда се може експеримент извршити и без ње.

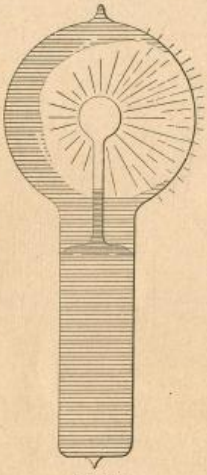
Мала шупља куглица s напуни се ма каквим спроводним прашком и једна жица w, затопљена у грлић, служи да споји прашак са генератором.

Конструкција представљена на сл. 132 изабрана је да уклони свако спроводно тело, које би могло утицати на пражњење. С тога ту видимо шупљу куглу L са грлићем n и цеви b на врху које налази се мала куглица s тако, да се тим добију два са свим одељена простора, као што сам цртеж показује. Лоптин грлић n_1 обложи се облогом од стањола, који се споји са генератором и дејствује индуктивно на умерено разређен и веома

спроводљиви гас затворен у грлићу. Одатле струја пролази кроз цев b у лоптицу s и одавде индуктивно дејствује на гас, који је затворен у лопти L. И овде је врло важна ствар да куглица s буде у средишту лопте L.

Сл. 133, 134 и 135 показују разне облике или ступње светле четке. Сл. 123. показује четку како у

Сл. 133.

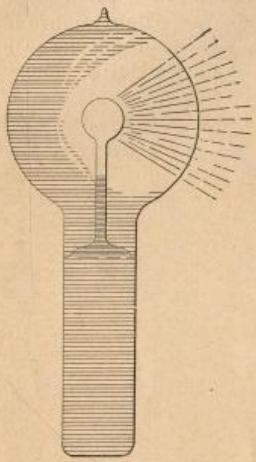


Сл. 134.

почетку изгледа у кугли са спроводним полом; али пошто четка у таквој кугли врло брзо ишчезне — често после неколико минута — ја ћу да опишем ту појаву онако, како се она види у кугли без спроводних електрода. Она се опажа под следећим условима:

Кад се лопта L (сл. 131 и 132) испразни до врло великог степена, обично се ништа не опажа кад се споји жица w (Сл. 131) или стањолска облога кугле (сл. 122) са полом индукционога калема. Да би се феномен изазвао, довољно је обично ухватити лопту руком. У почетку се појави интензивна фосфорност а мало после у место ње види се бела магловита светлост.

Мало за тим, може се приметити, како светлост није подједнако разастрта по лопти, и пошто струја буде пролазила неко извесно време, лопта изгледа као у сл. 134. Са тог ступња, феномен поступно прелази у ступањ представљен на сл. 135 после неколико минута, сати, дана или недеља, према томе како је лопта израђена. Загревањем лопте или повишавањем потенцијала, тај се прелаз убрзава.



Сл. 135.

Кад четка изгледа као у сл. 135 онда се може довести у врло осетљиво стање према електростатичком и магнетском упливу. Ако обесимо лопту о једну жицу и ако све околне предмете уклонимо, приближавање посматрача до на неколико корака од лопте учиниће, да ће се четка окренути на супротну страну; ако би стали обилазити око лопте, четка ће се увек обртати у супротном смислу. Четка може почети да се окреће око пола много пре но што достигне горе поменуто осетљиво стање. Кад се четка стане окретати и на њу се утиче магнетом, показаће се веома осетљива према магнету. Мали перманентан магнет, не већи од два сантиметра, утиче са свим приметно на четку са даљине од два метра успоравајући или убрзавајући њено обртање према томе, како се држи према четки. Чини ми се да сам приметио, да у оном стању, кад је четка најосетљивија за магнетске, да није у исти мах и најосетљивија за електростатичке упливе. Ја то објашњавам тиме, што електростатичко привлачење, које постоји између четке и стаклета саме лопте и које успорава обртање четке, расте много брже од магнетског утицаја, кад интензитет струјања расте.

Кад се лопта обеси да виси, обртање четке бива као што иду казаљке на сату. У јужној хемисфери обртање би ишло у супротном смислу а на екватору не би га било никако. Обртање би се могло извртнути приближавањем магнета до на извесно остојање. Изгледа да се четка најбоље обрће, кад заклапа прав угао са магнетским линијама земљиним. Обртање се може успорити или убрзати приближавањем или удаљавањем посматрача или ма каквог спроводног тела, али се не може извртнути променом положаја кугле. Кад је четка најосетљивија па се потенцијал или фреквенција промени, осетљивост ће се брзо смањити. На осетљивост утиче и температура. Да би постигли велику осетљивост, потребно је имати малу куглу s у средини велике лопте L, иначе ће електростатичко дејство стаклене лопте, тежити да заустави обртање. Лоптица s мора да буде мања и једнаке дебљине: у опште свака несиметрија или неједнакост тежи да смањи осетљивост.

Сам тај факт, да се четка у перманентном магнетском пољу окреће у извесном смислу, доказује да код наизменичних струја врло високих учестаности положни и одречни импулси ни су једнаки. него да су једни јачи од других.

Што се тиче оних узрока, који производе четку или млаз, држим да то долази од електростатичког дејства лопте и несиметрије појединих делова. Кад би лоптица s и лопта L биле савршено концентричне, и кад би стакло свуда било једне исте дебљине и квалитете, држим да четка не би постала пошто би тенденција за прелаз била једнака на све стране. Да је постанку четке узрок неправилност појединих делова следује из факта, што четка остављена самој себи, тежи да остане у једном положају а да обртање четке долази махом, кад се из тог положаја изведе електростатичким или магнетским упливом. Кад четка у ванредно осетљивом стању остане на једном месту, врло се занимљиви експерименти могу њоме извести. На пример, експериментатор може, изабрав згодан положај, приближити руку лопти и може изазвати премештање четке

просто јачим напрезањем мишића руке. Кад се четка стане полако обртати а рука се држи на згодној даљини, не могуће је ма какав па ма и најмањи покрет извршити а не изазвати видљив утицај на четку.

Ја сам са свим уверен, да кад се проучи како се најзгодније таква четка или млаз може произвести, да ће она бити од велике користи за проучавање природе оних сила, које дејствују у електростатичком или магнетском пољу. Ако би било ма каквог кретања које би се дало измерити, такав би га млаз показао. То је тако рећи светла казаљка, без отпора и без инерције.

Држим да би се таква четка могла применити и у телеграфу. Помоћу ње било би могуће на пример слати телеграме кроз атлански океан са ма каквом брзином, само ако јој је осетљивост толика да би на њу свака и најмања промена утицала. Кад би било могуће направити интензивнију и ужу четку, њена би се скретања могла лако фотографисати.

Мене је занимало да дознам, да ли се то сама четка обрће, или се само истицање по лопти премешта. Тога ради наместио сам лака крила од лискуна тако, да плочице тих крила падну у путању четке. Ако се сама четка обрће она ће са собом повући и крила. Ја нисам могао изазвати никакво јасно обртање крила и ако сам експеримената више пута поновио; али пошто сама крила знатно утичу на четку и пошто обртање четке у том случају није било са свим одлучно, експеримент није био такав да би се из њега могло што поуздано извести.

Нисам био у стању да произведем тај феномен са дисруптивним пражњењем калема, и ако се сваки други феномен могао лепо произвести — шта више неки још и боље него са калемом, који добија непосредну струју из генератора.

Било би можда могуће произвести такву четку и једносмисленим импулсима или и са постојаним потенцијалом у ком би случају била она још осетљивија према магнетизму.

Узевши за индукциони калем струје врло брзих фреквенција, долазимо до врло важних и у први мах чудноватих односа између капацитета, самоиндукције и фреквенције. Дејства капацитета јако падају у очи јер је у тим експериментима, пошто су и самоиндукција и фреквенција високи, критички капацитет врло слаб и довољно би било да се врло мало промени па да произведе врло важне последице. Експериментатор би могао спојити своје тело са половима секундариног калема, или спојити са једним или са оба пола калемова, тела врло мале масе на пример куглице, па да произведе врло велики прираштај или опадање потенцирала, и да знатно измени бујност струје кроз примарни калем. У напред изведеним експериментима, код којих се млаз покаже на жици утврђеној за један пол калемов и код којих жица трепери кад експериментатор својим изолованим телом додирне други пол, напрасно растење потенцијала било је очевидно.

Ја вам могу показати понашање калема и у другом, исто тако занимљивом погледу. Ево овде су лака крилца од алуминијума намештена на једној игли тако да се могу слободно окретати, а спојена су са једним калемовим полом. Кад се струја кроз калем пропусти, ваздушни молекили буду ритмички привучени и одбијени. Пошто су силе којима су молекили одбијени веће од оних којима су привучени, следује, да на стране крилаца постоји неки извесан притисак. Ако су крила направљена просто од метала, притисак ће бити исти с обе стране и не ћемо имати никаквог дејства. Али ако се једна страна заклони или ако се у опште говорећи, бомбардоване с једне стране ослаби било то на овај или онај начин, онда ће притисак с друге стране бити већи и крила ће се почети обртати. То заклањање може се најлакше извршити, кад се с једне стране крила прилепи изолована спроводна облога или, ако су крила направљена у облику извитоперених површина као код обичних пропелера, онда, кад се с једне стране, и то што ближе, утврди изолована метална плоча.

То окретање крила бива ако кроз калем пролазе струје високе фреквенције. Кад је потенцијал постојан а и кад су струје наизменичне али врло слабе фреквенције нема обртања, а то због врло слабог ремећења ваздуха па дакле и слабог бомбардовања; међу тим у последњем случају, крила ће се окретати ако је потенцијал врло висок. Са крилима од шиљака или од игала биће са свим обрнуто; она се најбоље окрећу кад је потенцијал постојан а што је фреквенција већа у толико је дејство слабије. И сад је врло лако удесити поједине околности тако, да је потенцијал у нормалном стању толики, да се крила не могу обртати, али кад са другим полом калемовим спојимо какво изоловано тело, онда ће потенцијал толико нарасти, да се крила стану одма обртати као што се на исти начин могу крила зауставити, спајањем пола са телима разне величине, која смањују потенцијал.

У место крила, могли смо у том експерименту и са истим успехом употребити „електрички радиометар". Али у том случају се види, да ће се крила обртати само у савршено безваздушном простору или на обичном притиску; она се неће обртати под слабим притисцима, кад ваздух добро спроводи. Ја држим да то долази отуда, што у том стању велике спроводљивости, ваздушни молекили не дејствују као поједини независни носиоци електрицитета, него као просто спроводно тело. У том случају ако и буде каквих одбијања молекила са крила, она су врло слаба. Могуће је такође да то долази у неколико и отуда, што већи део пражњења пролази са спроводних жица кроз спроводљив гас и пре него што дође до крила.

Изводећи напред поменути експеримент са електричним радиометром, потенцијал не сме прећи извесну границу јер иначе електростатичко привлачење између крила и стаклета може да буде тако велико, да заустави обртање.

Веома интересна особина наизменичних струја високих фреквенција и потенцијала, јесте у извођењу из-

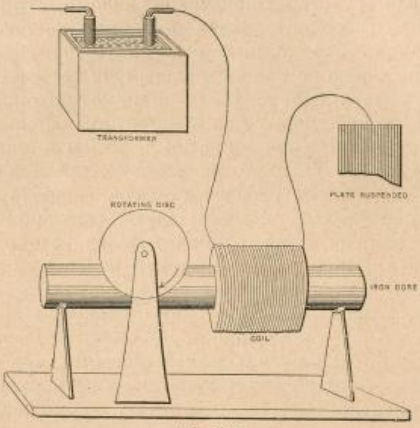
весних експеримената само са једном жицом. Та је особина са разнога гледишта врло важна.

У једном типу алтернативних динамо мотора, који сам ја пре извесног времена пронашао, произвео сам обртање просто тиме, што сам индукцијом, једне наизменичне струје која је протицала кроз моторове жице, изазвао у маси или у другим жицама моторовим секундарне струје, које су са првобитном или индуцирајућом струјом створиле покретно поље магнетских сила. Врло прост али груб модел таког мотора може се направити кад се око гвозденог језгра навије примарна жица па се близу ње намести друга, секундарна жица, њени се крајеви споје и намести један, слободно покретан котур који ће бити изложен утицају магнетских поља обеју жица. Гвоздено се језгро употребљује из познатих разлога, прем' да није неопходно потребно.

Ја сам у осталом нашао, да се обртање може изазвати и само једним калемом и језгром; моје објашњење тога феномена као и мисао, која ме је руководила у овом експерименту била је, да ту мора бити правог задоцњавања у магнетисању калема. Нарочито истичем задовољство које сам имао кад сам, у једном спису професора Ајртона, који ми је пре кратког времена дошао до руку, нашао то задоцњавање споменуто. Да ли је овде право задоцњавање или то задоцњавање долази од споредних, паразитских струја које полако циркулишу, то ће остати отворено питање, али је неоспоран факат, да калем, намотан око гвозденог језгра, и пун алтернативних струја, производи покретно поље магнетских сила, које може једну арматуру ставити у обртање. Ево овде је мотор (шематички представљен на сл. 136), са индукционим калемом, (coil) гвозденим језгром (iron core) и једним слободним покретним бакарним колутом (rotating disc) поред језгра.

Да би показао једну нову и интересну појаву, ја сам из разлога који ћу објаснити, изабрао тај тип мотора. Кад се крајеви калема споје са половима генератора, котур се стане окретати. Али то није онај експеримент, сада свима познат, који ја хоћу да изве-

дем. Шта ја управо хоћу да покажем то је, да се тај мотор окреће и кад је спојен са генаратором само



Сл. 136.

једним спроводником то ће рећи, један је пол моторов спојен са једним полом генераторовим — у овом случају са једним полом секундарне жице индукционог калема високог напона (на слици: transformer) — а други пол моторов и генераторов су остали изоловани. Да окретање постане, обично је (али не неопходно) потребно, да се споји слободни крај моторовог калема са каквим изолованим телом извесне величине. Исту улогу може да изврши и експериментаторово тело. Ако би експериментатор додирнуо слободни пол калема каквим телом које држи у руци, струја пређе кроз калем и бакарни се котур стане окретати. Ако се безваздушна цев споји у истом низу са калемом, цев ће се јако усијати одајући тиме пролаз јаке струје. У место човечијег тела, мала метална плоча обешена о какав конац може испунити исти задатак (на слици: plate suspended). У том случају плоча дејствује као кондензатор спојен у истом низу са калемом. Она дej-

ствује супротно самоиндукцији калема те онда јача струја пролази. У тој комбинацији, у колико је већа самоиндукција калема, у толико мања треба да буде та плоча а то значи, да је слабија фреквенција или евентуално нижи потенцијал потребан за окретање мотора. Само један калем намотан око језгра има јаку самоиндукцију; и управо тога ради је тај тип мотора и узет за експеримент. Кад би другу једну, секундарну жицу намотали око језгра, она би тежила да смањи самоиндукцију и онда би било потребно узети много више фреквенције и потенцијале, што се овом приликом не би могло препоручити.

Ваља приметити, да кад се око језгра намота секундарна жица, да се не може тако лако добити обртање са сувише високим фреквенцијама пошто секундарна жица потире скоро потпуно магнетске линије примарне жице — и то у толико више, у колико је фреквенција већа. — У таком случају, док је секундарна жица у вези са кондензатором, готово је главна ствар, да би се добило обртање, да примарна и секундарна жица једна другу више или мање обухватају.

Има још једна важна страна тога мотора, која је у томе, што није потребно имати никакву везу између мотора и генератора изузевши мож'да кроз земљу; јер је једна изолована плоча у стању не само да растури енергију по простору, већ је исто тако у стању и да је изведе из алтернативног електростатичког поља, премда је у последњем случају корисна енергија много слабија. Према томе, један се моторов пол спаји са изолованом плочом намештеном у алтернативном електростатичком пољу а други пол са земљом.

Било би са свим могуће, да се такав „безжични" мотор, као што би га могли назвати, окреће спровођењем електрицитета кроз разређен ваздух на врло великим даљинама. Наизменичне струје а нарочито струје високих фреквенција, пролазе чудновато лако кроз слабо разређен ваздух. Горњи су ваздушни слојеви врло ретки. И да би пренели електричне импулсе више миља далеко, имали би да савладамо тешкоће више механичке но

електричне природе. Нема сумње, да би се са огромним потенцијалима, који се могу добити високим фреквенцијама и уљаним изолацијама, светла пражњења могла пренети на више миља далеко кроз разређен ваздух па дакле могли би спроведеном енергијом од више стотина или хиљада парних коња, окретати моторе или палити лампе на великим даљинама од сталног електричног извора. Али је тај план споменут више као могућност. Нама не ће бити потребно да преносимо снагу тим путем. Нама неће бити потребно да је *преносимо никако*. Јер пре него што преживи неколико генерација, наше ће машине кретати сила, коју можемо добити ма на којој тачки васељене. Та мисао није нова. Људи су били доведени до тога већ давно инстинктом или размишљањем. Та је мисао изречена на разне начине и на разним местима и у старом и у новом веку; сви је налазимо у лепој басни Антеусовој, где се силе ваде из земље; ми је налазимо у суптилним спекулацијама једног од ваших великих математичара и у многим напоменама и закључцима чувених мислилаца нашега времена. Цео је простор испуњен енергијом. Јел' та енергија, статичка или кинетичка? Ако је статичка наше су наде узалудне; ако је кинетичка — а ми на сигурно знамо да је таква — онда је само питање времена, када ће људи успети да своје справе привежу за машинерију природну. Међу свима и живима и мртвима, Крукз је најближе дошао тој мисли. Његов ће се радиометар окретати на дневној светлости и ноћној тами; он ће се обртати свуда где год има топлоте, а топлоте има свуда. Али на несрећу та мала и лепа справа прелазећи на наше потомство, однеће са собом и глас најнепрактичније машине, која је икада направљена.

Горе поменути експеримената само је један међу многима другим, исто тако интересним експериментима, који се дају извршити само једном жицом и са наизменичним струјама високог потенцијала и фреквенције. Ми можемо спојити изоловану линију са извором таких струја, и пропустити струју по тој линији, и на сваком месту њеном, ми смо у стању добити таку струју, која

може да стопи дебелу бакарну жицу. Или, ми можемо, извесним путем разложити какав раствор у електролитској ћелији спајањем само једног пола те ћелије са линијом или извором енергије. Или ми смо у стању спајањем са том линијом или још и самим приближавањем, расветлити сијалицу лампу, безваздушну цев или фосфоресту куглу.

Ма колико изгледао непрактичан тај начин рада у многом погледу, он је извесно практичан и шта више врло користан за произвођење светлости. За усавршану ће лампу требати само мало енергије и ако у опште буду жице потребне, ми ћемо бити у стању служити се енергијом без повратне жице.

Сад је већ позната ствар, да се једно тело може усијати или фосфорном светлошћу расветлити, кад се или додирне или само приближи извору електричних импулса згодног карактера; на тај се начин може произвести довољно светлости за практично осветљење. И заиста, да се најмање каже, вредно је потрудити се и одредити најбоље услове и пронаћи најзгодније начине те да се тај задатак постигне.

Неки су резултати већ постигнути у том правцу и ја ћу их у кратко споменути с надом да ће бити од какве користи.

Загревање спроводног тела затвореног у лопти и спојеног са каквим извором брзих наизменичних електричних импулса, зависи од тако многих околности различите природе, да је тешко изрећи једно опште правило под којим је то загревање најјаче. Што се тиче величине саме лопте, нашао сам, да на обичном или само мало слабијем атмосферском притиску, док је ваздух још добар изолатор и дакле док тело испушта практички исту количину енергије извесног потенцијала и фреквенције па била лопта велика или мала, да ће се тело јаче загрејати ако се затвори у малу лопту јер се топлота у том случају боље очува.

Кад је притисак слаб и кад ваздух постане бољи или гори спроводник или кад се ваздух довољно за-

греје те да постане спроводљив, тело се јаче усија, кад је затворено у већој лопти.

Кад се врло јако ваздух извуче, кад материја у лопти постане „зрачна“ (радијална) велика је лопта у нешто мало бољим околностима од мале лопте.

Најзад кад се постигне највиши ступањ разређености до кога се у осталом долази ванредним средствима, изгледа да изнад извесних нарочито мањих лопата, нема приметне разлике у загревању.

До тих се резултата дошло многим експериментима од којих се могу показати само неки, који су мало интересњији и који показују утицај величине лопте на ступањ разређености. Узете су три лопте, од 2, 3 и 4 палца (5, 7·5 и 10 сантиметара) у пречнику; у средишту сваке те лопте утврђен је по један угљени конац обичних сијалица, свуда једнаке дебљине. У свакој је лопти један део конца утврђен за платинску спроводну жицу затворену у стакленој цеви или дршки, затопљеној за саму лопту; по себи се разуме да ваља пазити да се у сва три случаја све појединости у колико је могуће на један начин изведу. На сваку стаклену цев или дршку у лопти навучена је јако углачана цев од алуминијума, која се држи за дршку својим еластичним притиском. Задатак те алуминијумске цеви објасниће се доцније. У свакој лопти једнака дужина угљеног конца вири изнад те металне цеви. Довољно је да се сада каже, да се под тим условима, исте дужине конца исте дебљине — или другим речима, тела исте масе — загревају до усијања. Све се три лопте затопе за једну стаклену цев која је у вези са Шпренгеловим живиним шмрком. Кад се на тај начин висока разређеност постигне, стаклена цев која носи лопте, затопи се. Сад се пропусти струја једно за другим кроз сваку лопту и нашло се да се конци од прилике до истог ступња усијају, осим што би се могло додати, да се најмања лопта, намештена између обојих лопата, мало нешто јаче усија. Тај се резултат и очекивао, јер кад се ма која лопта споји са калемом, сјајност се са ње преноси и на друге две те тако све три кугле

сачињавају у самој ствари један суд. Кад се све три лопте споје са калемом, у највећој је лопти конац најсјајнији, у средњој је мало мање сјајан а у најмањој је конац досшео тек до црвеног усијања. Лопте су за тим свака за себе затопљене и засебно испитиване. Сјајност конца беше сад таква као што се очекивало према претпоставци да је енергија била сразмерна површини лопте јер је та површина у сваком случају играла улогу кондензаторске облоге. Према томе разлика је била мања између највеће и средње него између средње и најмање лопте.

Врло се занимљива ствар опазила код тог експеримента. Три су лопте биле обешене о једну праву жицу спојену са полом калемовим тако, да је највећа лопта дошла на крај жице, мало даље од ње утврђена је најмања а исто толико још даље средња. Угљени се конац усијао у обема већим куглама, као што се и очекивало а најмања ни из далека није толико била усијана. То ми је дало повода да променим положаје кугала па сам нашао, да ма како биле кугле намештене, увек је она у средини најмање светлила. Тај чудновати резултат, долази од електростатичког дејства између кугала. Кад су кугле намештене далеко једна од друге, или кад се вежу за темена једностраног жичног троугла, сјајност кугала је сразмерна њиховим површинама.

И сам је облик суда од извесног уплива, нарочито код високог ступања разређења. Међу свима разним облицима, изгледа, да је кугласт облик са несагорљивим (рефракторним) телом утврђеним у његовом средишту, најпробитачнији. Експериментом се доказало, да се у кугли, рефракторно тело извесне масе може много лакше усијати него ма у ком суду другога облика. С тога је очевидно такође боље дати и телу које има да се усија, облик лоптаст. У сваком случају тело се мора наместити у средини, где се сви атоми одбијени са дуварова сусрећу. То се најбоље постиже код лопте; али се исто тако може постићи и код цилиндричног суда са једним или два права конца, који се налазе у оси

цилиндра, а може бити и у параболском или другом каквом сферном суду са рефракторним телом или телима намештеним у жижи или у жижама тих површина; ово последње не изгледа вероватно, јер се наелектрисани атоми морају одбијати нормално са површине о коју ударају, осим ако им је брзина здраво велика, у ком се случају морају по свој прилици владати по општем закону и одбијању. Али ма какав облик имао суд, ако је разређеност у њему слаба, конац ће се усијати до истог ступња у свима својим деловима; ако ли је разређење велико, а суд је лоптаст или крушкаст, као обично, појавиће се извесне жижне тачке и конац се више усија на тим или близу тих тачака.

Да би ту разлику показао, спремио сам овде две мале лопте са свим једнаке, само је у једној ваздух до некле а у другој са свим разређен. Кад се обе споје са калемом, конац ће се у првој лопти по целој својој дужини једноставно усијати док ће у другој онај део конца, што је ближи средишту кугле, бити много интензивнији. Интересна је ствар коју тај феномен показује онда кад се два конца у лопти утврде, и сваки се од њих споји са по једним полом калема а нарочито је ствар занимљива ако су конци врло близу један другоме, а разређеност је врло јака. Ја сам приметио, да се у тим експериментима усијају конци само у појединим тачкама, и у први мах сам мислио, да то долази од неједнаке структуре угљена. Али кад сам се боље са појавом упознао, наишао сам на њен прави узрок.

Да би се рефракторно тело, затворено у лопти што јаче усијало, добро је из економских обзира, да се сва енергија која се са извора уноси у куглу, донесе без губитака до тела које се загрева: само одатле и ни од куда иначе она мора зрачити. По себи се разуме да се тај теоријски захтев не може са свим испунити, али је могуће згодном конструкцијом појединих делова приближити се више или мање том теоријском захтеву.

Са више се разлога несагорљиво или рефракторно тело намести у средишту лопте и утврди за стаклену

цев у којој је у исти мах и спроводна жица. Пошто је потенцијал струје наизменичан, он утиче индуктивно на разређен гас који је око цеви, у след чега гасни молекули снажно ударају о цев и загрејују је. На тај се начин, врло велики део енергије, која се уноси у лопту — а нарочито кад су струје врло високих фреквенција — може изгубити. Да би избегао тај губитак, или да би га бар свео на најмању меру, ја сам заклонио разређени ваздух около цеви, од индуктивног дејства спроводне жице, обложивши стаклену цев једном цеви или облогом од спроводног материјала. Изгледа да је ван сваке сумње, да је алминијум за те циљеве најзгоднији метал ради својих разних и важних особина. Једна је само незгода код тог метала, што се лако топи, и за то га ваља наместити на згодном одстојању од усијаног тела. Обично се узме танка алминијумска цев, које је пречник мало мањи од пречника стаклене цеви па се њом обложи цев. Сам еластички притисак је довољан да је одржи да се не смакне, или се ради веће сигурности може још направити на крају и изнутра и једна ивица. Горњи и унутрашњи рогаљ плочице — т. ј. онај што је најближи рефракторном усијаном телу — треба да се исече дијагонално пошто се често дешава, у след јаке топлоте, да се тај рогаљ савије и дође или врло близу или се још и додирне са жицом или концем, који носи рефракторно тело. Велики се део енергије која долази у лопту троши онда ван употребе. Алуминијумска цев треба да буде мало дужа од стаклене цеви — јер иначе, ако је стакло сувише близу усијаног тела, оно се може јако загрејати, и постати више или мање спроводљиво, у след чега се може или разбити или може својом спроводљивошћу спојити металну цев и спроводну жицу те се на тај начин врло велика количина енергије може изгубити у загревању цеви. Да би се још боље избегла опасност од загревања стаклене цеви, као и да би се спречио електрични спој између металне цеви и електроде (спроводне жице), ја обично омотам стаклену цев са

неколико слојева танког лискуна, који допиру дотле докле и метална цев.

Претходне су напомене наведене да помогну експериментатору у његовим првим пробама јер за остале тешкоће, на које ће иначе наићи, он ће већ сам наћи средстава да их савлада на свој начин.

Да би показао дејство заклона, као и корист коју он даје, ево овде две лопте исте величине, са својим стакленим цевима, спроводним жицама и угљеним концима обичних лампа сијалица; обе су и у свему што је могуће сличније међу собом. Стаклена цев или дршка једне лопте обложена је алуминијумском цеви, док друга није. У почетку су обе лопте биле спојене једном цеви, која је била у вези са Шпренгеловим шмрком. Кад је сав ваздух извучен, затопљена је најпре спајна цев а за тим лопте; према томе се обе налазе на истом ступњу разређења. Кад се свака лопта за се споји са калемом који даје један извесан потенцијал, угљени се конац, у лопти са алуминијумским заклоном, јако усија, док се конац у оној другој лопти, са истим потенцијалом не може ни црвено усијати и ако последња лопта има у себи више енергије од прве. Кад се обе у исти мах споје са полом калемовим, разлика је још очигледнија показујући важност заклона. Метална цев која облаже стаклену дршку у којој је спроводник, врши у ствари две одређене функције: на првом месту дејствује више или мање као електростатички заклон, и тиме економише енергију која долази у лопту; с друге стране, ма колико било електростатичко дејство тога заклона, он дејствује још и механички, спречавајући бомбардовање па дакле и јако загревање као и могуће кварење слабог носиоца рефракторног усијаног тела или и саме стаклене дршке у којој је спроводна жица. Ја кажем *слабог* носиоца, јер је очевидно, да би концентрисали топлоту што потпуније на усијано тело, његов носилац мора бити врло танак, како би одвео што је могуће мању количину топлоте спровођењем. Међу свима другим носиоцима, нашао сам, да је најбољи обичан угљени конац лампе сијалице, нарочито због тога, што међу

спроводницима, он може да издржи највише ступње топлотне.

Дејство металне цеви као електростатичког заклона зависи у многоме од ступња разређености.

На ванредно високим ступњима разређења — које се постиже особитом пажњом и нарочитим направама спојеним са Шпренгеловим шмрком — кад је гасна материја у лопти у ултразрачном стању, онда заклон дејствује најбоље.

На нешто нижем ступњу разређености, која је од прилике обични вакуум кроз који „варница не пролази", и у опште док се молекили гасне материје у главном крећу по правим линијама, заклон још добро дејствује. Ради објашњења горње примедбе потребно је напоменути, да онај вакуум, кроз који „не пролази варница" са обичног калема кроз који протичу импулси или струје слабих фреквенција, није ни из далека то исто, што и кад кроз калем протичу струје високих фреквенција. У овом случају варнице врло лако пролазе кроз разређени гас, кроз који струје са слабим фреквенцијама никако не пролазе, па ма потенцијал и био висок. На обичном пак притиску, са свим изврнуто правило вреди: што је виша фреквенција, у толико теже варница прелази између полова а нарочито ако су кугле или лопте неке извесне величине.

Најзад на врло ниским ступњима разређења, кад је гас добар спроводник, метална цев не само не дејствује као електростатички заклон, него шта више потпомаже растурање енергије са спроводне жице. То се у осталом и могло очекивати. Сад је метална цев у доброј електричној вези са спроводном жицом, и највећи део бомбардовања је управљен на цев. Докле год електрична веза није добра, спроводна је цев увек од неке извесне користи, јер и ако не може много да уштеди енергије, ипак штити носилац рефракторне куглице а тиме помаже да се што више енергије на саму куглицу концентрише.

Ма колико био обим у коме алуминијумска цев врши улогу заклона, њена је корисност ограничена на

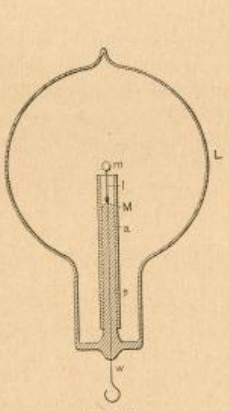
врло високе ступње разређења, кад је изолована од електроде, т. ј. кад гас, узет као целина не спроводи и кад молекили или атоми дејствују као независни носиоци електрицитета.

Поред поменутог дејства као јачи или слабији заклон у правом смислу речи, спроводна цев или облога може још дејствовати, у след своје спроводљивости и као једна врста егализатора или као штит који ублажава бомбардовања молекилска о стаклену цев. Да би био јаснији, ја то дејство схваћам на овај начин: — замислимо једно ритамско бомбардовање молекила о спроводну цев; без сумње се може десити да једни молекили или атоми ударају чешће од других. Они ће први доћи у додир са цеви, предати јој свој сувишни електрицитет и цев је наелектрисана тако, да ће се електрицитет распрострти по целој њеној површини. Тако наелектрисана цев јако смањује ону енергију, која се губи у бомбардовању и то са два разлога: прво електрицитет коју дају атоми, разастре се сразмерно великој површини цеви те је према томе густина електрицитета на свакој њеној тачки слаба, атоми се одбијају са мањом енергијом него кад би ударали о какав добар изолатор; с друге стране, пошто се цев наелектрише у след додира првих атома који су до ње дошли, напредовање следећих атома према цеви је више или мање спречено одбијањем, којим наелектрисана цев мора утицати на атоме наелектрисане истим електрицитетом. То одбијање може више пута да буде довољно па да спречи један велики део атома да дође до цеви, код другог пак дела оно опет може знатно да смањи енергију њихових судара. Очевидно је, да кад је разређење врло слабо и разређен гас добро спроводи, да ни један од горњих дејстава не може да наступи и да је све мање атома који се слободно могу кретати; другим речима, што је ступањ разређења до извесне границе виши, то је и већи значај оба горња дејства.

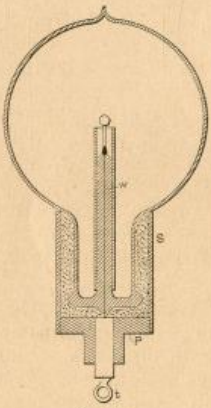
То што сам сад казао, може да објасни онај феномен који је опазио проф. Крукз и по коме се праж-

њење кроз какву куглу много лакше врши кад у њој има какав изолатор него спроводник. По моме мишљењу, спроводник овде умерава кретање атома на два горе показана начина; према томе да би постала видљива варница кроз лопту, потребан је много виши потенцијал ако у њој има какав спроводник и нарочито ако је његова површина велика.

Ради објашњења онога што сам до сад казао, морам упутити на сл. 137., 138 и 139, које представљају разне распореде појединих делова у лоптама обичног облика.



Сл. 137.

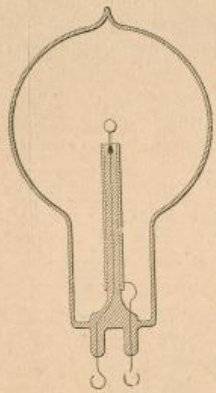


Сл. 138.

Сл. 137. представља пресек лопте L, са стакленом дршком s у којој је спроводна жица w, са угљеним концем l утврђеним за њу, који у исти мах служи као носилац рефракторне куглице m у средишту лопте. M је слој танкога лискуна, омотан више пута око дршке s а a је алуминијумска цев.

Сл. 138 представља такву лопту са нешто савршенијом конструкцијом. Метална цев S утврђена је каквим год цементом за грлић цеви. У тој је цеви

уврнут комад P од изолаторског материјала a у његовој средини утврђена је дршка t која служи као пол и за коју се спаја спроводна цев w. Тај се пол мора добро изоловати од металне цеви S. па за то, ако је цемент по себи спроводљив, — обично то тако и бива — онда се простор између комада P и грлића цеви испуни каквим добрим изолатором, као што је на пример прашак од лискуна.

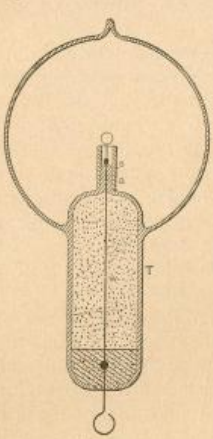


Сл. 139.

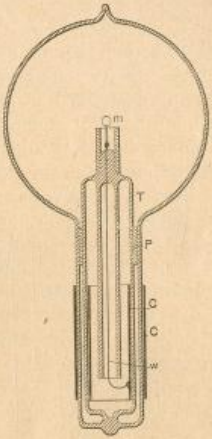
На сл. 139 види се кугла спремна за експериментисање. Код те кугле, алуминијумска цев снабдевена је једним спроводником, који излази на поље и који служи за испитивање дејства цеви у разним околностима.

Пошто бомбардовање молекила о стаклену цев или дршку, у којој је спроводна жица, долази од индуктивног дејства те жице кроз разређен ваздух, потребно је, да се то дејство, што је могуће више сведе, па за то треба узети што тању жицу и обавити је врло дебелим слојем изолатора од стакла или каквог другог материјала и удесити да онај део жице, што пролази кроз разређен ваздух буде што краћи. Да би све те услове испунио, узео сам дугачку цев T, сл. 140 која допире до у саму куглу и носи на крају врло кратку стаклену цев или дршку s у којој је затопљена спроводна жица w; врх стаклене дршке обезбедио сам од топлоте малом алуминијумском цеви a и слојем лискуна испод ње, као обично. Жица w пролазећи кроз широку цев до изван кугле, треба да буде добро изолована, за то се та цев у којој је жица, испуни каквим добрим изолатором. Међу разним изолаторским прашковима који су ми до руку дошли, нашао сам, да је најбољи прашак од лискуна. Ако се тако не учини, цев T, сигурно ће се разбити у след топлоте млазева, који обично постају на горњем делу цеви близу

испражњене лопте а нарочито ако је вакуум што потпунији, те према томе кад је и потенцијал, потребан за лампу, врло висок.



Сл. 140.



Сл. 141.

Сл. 141 представља сличан распоред са широком цеви T, која продире у саму куглу у којој је рефракторна куглица m. Овде нема спроводне жице, јер потребна електрична енергија, долази у куглицу из кондензаторских облога c, c. Изолаторски слој P мора у тој конструкцији да буде тачно изведен и што је могуће шири јер иначе, пражњење може мимоићи жицу w која је у вези са унутрашњом кондензаторском облогом.

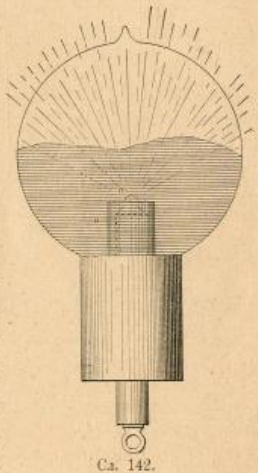
Молекилско бомбардовање о стаклену дршку у лопти извор је многих тешкоћа и сметња Примера ради навешћу само један феномен, који се врло често и ако не радо опажа. Тога ради може се узети једна кугла и то што већа, а за платинску жицу, затопљену у дршки те лопте ваља утврдити какав добар спроводник, на пример комад угљена. Из лопте се сад извуче ваздух до врло високог ступња, и скоро до тачке кад се јавља фосфорност. Кад се лопта споји са калемом, комад

угљена, ако је мали, може се у почетку јако усијати, али његова усијаност одма стане опадати и онда ће ма где, кроз стакло дршке пробити широка варница и ако је платинска жица у доброј електричној вези са разређеним ваадухом лопте, средством комада угљена или метала. Прва варница је веома светла, и опомиње на ону што искаче са чисте живине површине. Али пошто врло брзо загреје стакло, она поступно губи од своје сјајности и престане са свим кад се стакло на пробијеном месту усија или кад се довољно загреје да добро спроводи. Кад се тај феномен први пут види, изгледа врло чудноват и показује на врло очигледан начин, колика је основна разлика између алтернативних струја или импулса високих фреквенција и једносмислених или струја ниских фреквенција. Са тим струјама — нарочито са последњим — то се не би десило. Кад се ради струјама таквих учестаности као што су оне, које се добијају механичким путем, ја мислим да је ломљење стакла више или мање последица бомбардовања које га загреје и ослаби његову изолаторску моћ; али са фреквенцијама, које добијамо кондензаторима, не сумњам да стакло може попустити без претходног загревања. И ако то изгледа доста чудновато у почетку ипак у ствари тако треба и да буде. Енергија која долази до спроводне жице, потиче делом од непосредног дејства са угљене куглице а делом од индуктивног дејства кроз стакло, које ту жицу омотава. Случај је са свим аналог с оним кад се кондензатор, сведен (shunted) спроводником слабога отпора, споји са извором наизменичних струја. До год су фреквенције слабе, спроводник прима највећи део струје у себе и кондензатор је здрав; али кад је учестаност здраво висока, улога спроводника је готово незнатна. Сада може потенцијалска разлика на половима кондензатора да буде толика, да пробије изолатор, ма да су полови спојени спроводником слабога отпора.

У осталом кад хоћемо да усијамо какво тело затворено у лопти тим струјама, није потребно да то тело буде спроводник, јер се и прави неспроводник може

исто тако загрејати. Тога ради, ваља окружити спроводну електроду са неспроводним материјалом као на пример, у лопти описаној на сл. 140 у којој је танак угљени конац омотан неспроводником и носи на свом крају куглицу од истог материјала. У почетку се бомбардовање изазива индуктивним дејством кроз неспроводник све док се он довољно не загреје да постане спроводник, па се за тим бомбардовање продужи на обичан начин.

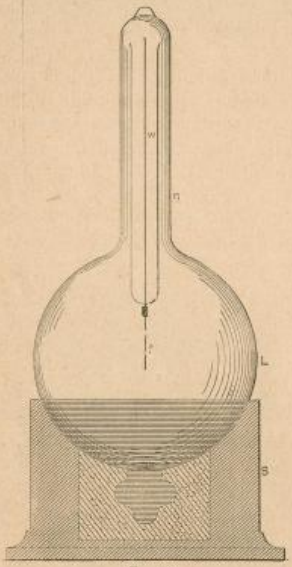
Мало је другојачи распоред усвојен код неких кугала као на слици 142. Овде је узет неспроводник m и утврђен за комад угљена из обичних пламених електричних лампа, тако да вири нешто мало изнад угљена. Комад угљена је спојен са спроводном жицом, која пролази кроз стаклену дршку омотану са више слојева лискуна. Алуминијумска цев a узета је као обично као заклон. Она је тако удешена да допире готово до исте висине до које долази и угљен, и само неспроводник m вири на поље. Бомбардовање бива најпре о горњу површину угљена, пошто су остали делови заклоњени алуминијумском цеви. Чим се за тим, не спроводник m загреје те у след тога постане и сам добар спроводник, он постане средиште бомбардовања јер им је највише изложен.



Сл. 142.

Ја сам у току тих експеримената конструјисао и неколико таквих једно жичних кугала са или без унутрашње електроде, у којима се зрачна материја одбија према телу, које треба да се усиња. На сл. 143 представљена је једна таква кугла. То је лопта L са дугачким грлићем n, који служи да у извесним случаје-

вима повећа дејство кад се с поља прилепи спроводна облога. На основици лопте L издува се још једна мала брадавица b, која служи да се цела лопта сигурније цементом утврди у постоље S од изолаторског материјала. Танак угљени конац f који носи жица w пролази кроз средиште лопте L. Конац се у средини усија, где је бомбардовање, долазећи са доње унутрашње површине најинтензивније. Доњи део лопте, све докле захвата постоље S, начињен је спроводљивим било стањолском облогом, било иначе а спољашња електрода спојена је са полом калемовим.



Сл. 143.

Распоред, као на сл. 143 био би непотпун, кад би било у питању да се конац или куглица усија у средишту лопте, али би био згодан, кад би само било стало за тим да се изазове фосфорност.

У извесним експериментима, у којима су тела разне врсте била утврђена у кугли, као што је то на пример изложено у сл. 142 многе су се важне појаве опазиле.

Тако нађено је између осталога, да док се висока температура не достигне, обично једно извесно тело, највише бомбардовање на себе прима, а друго или друга тела су од тога била поштеђена. Изгледало је као да то у главноме зависи од тачке топљења и од лакоће с којом та тела „испаравају“ или у опште говорећи распадају, — подразумевајући у последњем изразу не само растурање атома, него исто тако и већих

делова. Такво се посматрање слагало са општте усвојеним појмовима. У веома испражњеној лопти, електрицитет са електроде, односе независни носиоци, који су делом атоми или молекили од заоставшег атмосферског ваздуха, а делом атоми, молекили или комади одвојени од саме електроде. Ако је електрода састављена од тела разног карактера, и ако се које од тих тела лакше распада, онда ће се највећи део донесеног електрицитета растурити са тог тела, које се онда јаче загреје него остала тела и то тим више у колико се растењем температуре то тело још лакше распада.

Изгледало ми је готово вероватно, да се тако нешто дешава и у лопти са хомогеним електродама и ја држим да је то главни узрок њиховом распадању. Свакако је пак та појава тесно везана са неправилношћу у конституцији па и онда, кад су површине до највећег ступња углачане, што је у осталом немогуће извршити са врло многим рефракторним телима, која се употребљују за електроде. Рецимо да се једна тачка електроде мало јаче загреје, што није немогуће, одма ће много већи део електрицитета пролазити кроз ту тачку и врло се мали комад вероватно растопи и испари. Исти се процес сад јавља и на другим местима што значи да у електроди, која на око изгледа свуда једноставно сјајна, у самој ствари има тачака, које су нехомогене и које на температурама далеко изнад средње температуре, материјално убрзавају процес распадања и кварења. Да се тако што дешава и кад је електрода на нижој температури, довољна експериментална очевидност се може постићи на овај начин: — Ваља испразнити једну лопту до врло високог ступња, тако да и високо потенцијално пражњење кроз њу не може да прође — то јест да не буде *светлог* пражњења јер се по свој прилици слабо и невидљиво пражњење увек дешава. Сад ваља лагано и поступно пењати потенцијал пропуштајући примарну струју само по један тренутак. У извесном ће се тренутку, две, три или више фосфорних пега појавити на лопти. Та се појава на стакленој лопти очевидно јаче била бомбардовала но

УНИВЕРЗИТЕТСКА БИБЛИОТЕКА БЕОГРАД

остала, што долази од неједнако расподељене електричне енергије чему су у осталом, узрок извесна оштрија места или у опште говорећи, неправилност конституције. Те светле пеге непрестано мењају своје положаје што се нарочито добро опажа, ако се удеси да их буде врло мало, а то показује, да се електрода брзо мења.

Експериментима те врсте дошао сам до закључка, да рефракторном телу треба дати облик кугле и добро га углачати, ако хоћемо да траје што дуже. Таква се куглица може направити од дијаманта или каквог другог кристала, али би најбољи начин био, стопити, на врло високим температурама гдекоје оксиде, — на пример циркон — у малу кап и унети је у куглу на температури нешто нижој од температуре топљења.

До врло се интересних и корисних резултата без сумње може доћи, радећи са високим ступњима топлотним. Али како да се дође до тако високих температура? на који начин постају највише температуре у природи? — Сударом звезда, великим брзинама и сударама. Сударом се сваки ступањ температурски може постићи. Код хемијског смо процеса ограничени. Кад се кисеоник и водоник једине они падају, метафорски говорећи са неке извесне висине. Са меховима и затварањем топлоте у фуруну, не можемо ићи врло далеко, али у испражњеној лопти можемо концентрисати сваку количину енергије на врло малу куглицу. Не водећи рачуна о практичности, ја мислим, да ће то бити једино средство којим ћемо моћи постићи највише температуре. Али се на једну велику тешкоћу наилази на том путу: у више случајева, тело се распе, нишчезне пре, но што се стопи и направи од њега кап. Та тешкоћа постоји нарочито код оксида, као што је циркон, због чега се он не може сабити у тако тврду масу да се брзо не распадне Ја сам више пута покушавао, да стопим циркон у јамици на угљену електричне пламене лампе, као што показује сл. 142. Он је сијао са најинтензивнијом светлошћу и млазеви комадића растурени на све стране били су необичне сјајности; али

нити се он згрудвао у чвршћу масу, нити се смешао са угљеном; он се расуо пре но што се стопио. Угљена јамица у којој је био циркон, спуштена је врло ниско у грлић велике лопте тако да је загревање стаклета у след растурених комада оксида било тако брзо, да се при првој проби, кугла распрсла готово у тренутку, кад је струја пропуштена. Нашло се да је загревање стаклета расутим деловима било увек веће кад је у угљеној јамици било тело, које се брзо расипало. Ја мислим да то долази отуда, што се у том случају са истим потенцијалом веће брзине постигну, па дакле, што се у јединици времена више материје распе — т. ј. већи број делића удара о стакло.

Горе поменута тешкоћа не постоји кад се тело намештено у угљеној јамици тако лако не распада. На пример кад се оксид најпре растопи у струји кисеоника, па се онда унесе у лопту, онда се брзо стопи у капљицу.

Обично за време топљења постају ванредни светлосни ефекти о којима је тешко дати ма и приближан појам. Сл. 142 је ту да покаже ефекат опажен са једном рубинском капи. У почетку се види узан левак беле светлости одбијен према горњем делу лопте, на којој изазове неправилно ограничену фосфорну негу. Кад се рубинска кап растопи, фосфорност постане врло јака; али кад атоми стану одлазити са много већом брзином са површине капи, онда се и стакло угреје и „очисти“ и сад светли само спољашња ивица пеге која се поступно рашири по лопти у колико се и растопљена кап шири. Кад маса почне кључати појаве се мале бешичице и шупљике које чине те црно бојадисане пеге пролазе кроз лопту. Сад се лопта може изврнути а кап се не ће просути пошто та маса има врло јаку лепљивост.

Овде би могао споменути још једну интересну ствар, коју држим да сам приметио у току експеримената, и ако опажање није изведено са свом сигурношћу. *Изгледа*, да под молекилским ударцима, изазваним брзим наизменичним потенцијалима, тело се

растопи и одржи у том стању, на нижој температури у јако разређеној лопти, него на нормалном притиску или топљењем обичним путем; — до тог ме закључка довела количина емитиране светлости. Један би се експериментат могао навести у потврду тога Мали комад бимсштајна, ухваћен је платинском жицом и најпре растопљен у гасном пламену. За тим је жица намештена између два комада дрвеног угљена и гасним се пламеном толика топлота произведе да се бимсштајн стопи у малу стакласту куглицу. Платинска жица треба да буде мало дебља, како се и она не би у тој ватри растопила. До год се куглица држи у угљеној ватри или кад се мете у гасни пламен, да би се бољи појам добио о ступњу топлоте, куглица светли врло великом сјајношћу. За тим се жица са куглицом унесе у стаклену лопту, и пошто се лопта испразни до високог степена, струја се полако пусти да се куглица не би разбила. Куглица се загрева до тачке топљења и кад се растопи изгледа да не светли истом сјајношћу; што би свакако указивало на нижу температуру. Остављајући на страну у овом случају посматрачеву могућу па и вероватну погрешку, могли би у се у опште питати, може ли се једно тело под тим условима превести из чврстог у течно стање са *мањом* количином испуштене светлости.

Кад се потенцијал некога тела брзо мења, извесно је да му се структура раздрма. Кад је потенцијал врло висок, и ако су вибрације слабе, — рецимо 20000 у секунди — ефекат на структуру може да буде врло велики. Рецимо на пример да се комад рубина растопи у кап сталним утицајем топлотне енергије. Кад се кап направи, она ће испуштати из себе видљиве и невидљиве таласе који ће бити у одређеном односу и кап ће се оку појавити у извесној сјајности. За тим, претпоставимо, да смо смањили до неког извесног степена енергију коју стално приносимо, па у место тога приносимо енергију која по извесном закону расте и опада. Сад, кад се кап образује, она ће емитирати три разне врсте вибрација — обичне видљиве, и две врсте не-

видљивих таласа и то: обичне тамне таласе свију дужина, и осим тога, таласе извесног сасвим одређеног карактера. Ови послѣдњи не ће постојати код сталног приноса енергије, него само код промењивог јер они помажу да се раздрма и ослаби структура. Ако то заиста тако буде, онда ће рубинска кап емитирати сразмерно мало видљивих а више невидљивих зракова. То ће по свој прилици бити узрок, што на пример усијана платинска жица, кад се растопи наизменичним и врло брзим струјама, она при топљену издаје мање светлих а више невидљивих зракова него кад се топи једносмисленом струјом, и ако је тотална количина енергије, употребљена у оба случаја иста. Или, да наведем други један пример, обичан угљени конац код сијалица ни је у стању да издржи тако дуго струје високих фреквенција као једносмислене струје, претпоставивши, да у оба случаја даје исти светлосни интензитет. То значи, да за брзе наизменичне струје конац мора да буде краћи и дебљи. Што је већа учестаност — то ће рећи, што је већа разлика те струје од једносмислене струје, — то горе по жицу. Али ако се докаже истинитост ових примедаба, било би погрешно извести отуда, да ће се рефакторна куглица као што се у тим лоптама употребљује, брже искварити употребом струја врло високих фреквенција, но једносмисленим или наизменичним струјама слабије учестаности. На основу експеримената могу рећи да баш супротно бива: куглица издржи бомбардовање молекила боље кад су струје врло високе фреквенције. То пак долази отуда, што пражњење високих фреквенција пролази кроз разређен гас много слободније него једносмислено или слабо учестано наизменично пражњење а то ће рећи, да у првом случају ми можемо радити нижим потенцијалом или слабијим ударима. Све дотле, док се ствар не тиче гаса, боље је узети једносмислену или слабо учестану наизменичну струју; али чим се тражи дејство гасних молекила и кад оно игра главну улогу, онда је боље употребити наизменичне струје високих фреквенција.

У току тих експеримената, врло су многе пробе чињене са свима врстама угљених куглица. И електроде направљене од обичних угљених куглица показале су се трајније него куглице од јако компримованог (збијеног) угљена. Електроде прављене наслагањем угљена по добро познатом начину, ни су се показале корисне: врло су брзо оцрниле стаклену лопту. Многи су ме експерименти довели до закључка, да се угљени конци обичних лампа, могу корисно употребити само са струјама слабих потенцијала и ниске фреквенције. Многе врсте угљена издржавају топлоту тако добро, да је потребно, да би се растопиле употребити врло мале куглице. У том случају је посматрање врло тешко због веома интензивне светлости, која том приликом постаје. Али поред свега тога, нема сумње, да се све врсте угљена могу растопити под ударцима молекилског бомбардовања, само течно стање њихово мора бити веома непостојано. Међу свима опробаним телима има два која су најбоље топлоту издржала — то су дијаманат и карборунд. Оба су се та тела скоро једнако понашала, премда је ипак ово последње боље и то из разних разлога. Па како је више но вероватно, да то тело није, још довољно познато, ја ћу узети слободу да на њ' обратим вашу пажњу.

Карборунд је ту скоро направио Г. Е. Т. Ахезон, из Моноигахела у Пенсилванији. Задатак му је, да замени обичан дијамантски прашак, за глађење драгоценог камења и т. д. и дознао сам да се у том погледу врло добро понаша. Ја не знам зашто му је дато име „карборунд" (carborundum), ако томе није може бити дало повода сам начин справљања тога тела. Љубазношћу самога проналазача, добио сам пре кратког времена неке податке, који су ми били потребни односно његових особина у погледу фосфорности и издржавања високих ступања топлотних.

Карборунд се може добити у два облика — у облику „кристала" и прашка. Први облик изгледа на очи црн, али врло сјајан; други облик је скоро исте боје као и дијамантски прашак, само је много ситнији

и финији. Кад се под микроскопом гледа, кристални егземплари које сам добио, ни су ми изгледали да имају какав одређен облик, већ су више личили на комаде разбијеног угљена бољих квалитета. Врло велики део тих кристала био је непозрачан, а било их је неколико прозрачних и обојених. Кристали су једна врста угљена са извесним примесама; веома су тврди и за дуго издрже пламен у струји кисеоника. Кад се пламен управи на само тело, од њега постане компактна маса, сигурно у след топљења оних примеса које су у њему. Та компактна маса издржи сада врло дуго ватру а не истопи се; мало за тим појави се лагано распадање или горење и најзад остане мала количина стакласте материје. Кад се јако сабије, тело постане добар спроводник али не тако добар као обичан угљен. Прашак који се из кристала добија, практички је неспроводљив. Тај је прашак ванредно добар материјал за глачање драгог камења.

Нисам имао довољно времена да свестрано проучим особине тога тела, али сам ипак за неколико недеља извршио довољно експеримената да могу рећи, да то тело има ванредних особина у разном погледу. Оно издржава врло добро високе ступње температурске, мало се квари под молекилским бомбардовањем и не гарави стаклену лопту као обичан угљен. Једина тешкоћа на коју сам наишао у току експеримената била је у томе, што нисам могао наћи згодан спајни материјал, који би могао издржати ефекте бомбардовања молекилског тако добро као сам карборунд.

Овде имам неколичо лопата, у којима су куглице од карборунда. Да направим такву карборундску куглицу, поступао сам овим путем: — узнем обичан угљени конац и замочим један његов крај у катран или какву другу густу материју, која се може угљенисати. За тим провучем тај крај конца кроз кристале и то све држим вертикално над једном врелом плочом. Катран се распусти и направи капљицу на врху конца а кристали се држе за капљицу. Удешавајући дужину

капи над плочом катран се полако осуши и куглица чврсне. За тим поново замочим ту куглицу у катран и држим је над плочом док опет катран не испари, остављајући само једну чврсту масу, која спаја кристале. Ако би била потребна већа куглица, ја понављам тај процес више пута и обично покријем конац кристалима мало и изнад куглице. Сад се то све затвори у стаклену лопту из ње се што потпуније ваздух извуче па се онда пропусти најпре слаба за тим јака струја, која угљенише катран и истера све гасове; на послетку се куглица јако усија.

Кад се употреби прашак, нашао сам да је боље поступити на овај начин: — Ја направим густо тесто од карборунда и катрана, и провучем угљени конац кроз то тесто. Уклонивши сувишак теста простим трењем о комад меке коже, држим га над врелом плочом све док катран не испари и док облога конца не постане чврста. То поновим више пута док не постигнем извесну дебљину облога. На врху тако обложеног конца правим куглицу истим начином.

Нема сумње, да ће таква куглица, — згодно направљена под јаким притиском — од карборунда а нарочито од прашка његовог, издржати дејство бомбардовања исто тако добро, као ма каква друга за коју ми знамо.

Тешкоћа је само у томе, што спајни материјал, изчезне и карборунд се полако распе после извесног времена. Па како изгледа да карборунд не гарави стаклену лопту, могао би се он корисно употребити за облагање конаца обичних лампа сијалица, и ја мислим да је могуће правити танке конце или штапиће од карборунда, које ће заменити обичне угљене конце у сијалицама. Карборундска облога изгледа много трајнија но ма која друга, не само с тога, што карборунд може да издржи високе ступње температурске, него и због тога, што изгледа да се боље једини са угљеном, него ма који други материјал, који сам ја пробао. На пример облога од циркона или ма каквог другог оксида, много се брже искварн. Ја сам правио куглице

од дијамантске прашине и оне су се по трајању највећма приближиле карборундским куглицама, само је спајно тесто брже ишчезавало у дијамантским куглицама: мислим због величине и неправилности зрнаца дијамантских.

Било је важно дознати, која од две врсте карборунда има фосфорних особина. И још одма у почетку сретамо се са двема тешкоћама: прво у погледу сировог материјала, „кристали" добро спроводе а зна се да спроводници немају фосфорних особина; с друге стране, пошто је прашак веома ситан, не изгледа да може имати тих особина у знатној мери с тога, што знамо, да кад се кристали па и такви као што је дијаманат или рубин спраше, они изгубе фосфорну особину до врло знатног степена.

Питање које нам се сад намеће јесте ово: Може ли један спроводник фосфорисати? Шта је то на пример у металу што га лишава фосфорних особина ако то не буде баш та особина која га карактерише као спроводник? јер је позната ствар да највећи део фосфорних тела, губи ту особину кад се довољно загреје да постане бољи или гори спроводник. Према томе ако се неки метал до некле или мож'да са свим лиши те особине, (т. ј. спроводљивости) он треба да буде фосфоран. С тога је са свим могуће да на крајње високим фреквенцијама, кад се метал може практички сматрати као неспроводник, да такав метал или друго спроводно тело показује знаке фосфорности и ако је било без икакве фосфорности под ударцима пражњења ниских фреквенција. У осталом има и другог пута да се какав спроводник *покаже* као фосфоран.

Врло велика сумња постоји још о томе, шта је у самој ствари фосфорност и какви разни феномени, обухваћени тим називом, долазе од истих узрока. Рецимо да у испражњеној лопти, под молекилским ударцима површина каквог метала или другог ког спроводног тела јако засветли али да је у исти мах то тело сразмерно ладно; да ли ће се то светљење назвати фосфорношћу? Такав је резултат, бар теоријски могућ јер

је ту више у питању потенцијал или брзина. Претпоставимо да је потенцијал електроде па дакле и брзина покретних атома довољно висока, онда ће се површина метала о коју атоми ударају јако усијати јер је процес произвођења топлоте несразмерно бржи од процеса зрачења или испуштања са површине, на којој се судари дешавају. У оку посматрача један ће судар атома изазвати тренутну светлост; али ако се судари понове са довољном брзином они ће изазвати трајан утисак на мрежњачу. Њој ће се онда показати површина метала једноставно осветљена, и постојаног светлосног интензитета, и ако ће у ствари светлост бити или испрекидана или ће периодички мењати свој интензитет. Металу ће се температура повишавати све док се равнотежа не успостави, — то јест, док не буде енергија непрекидно одзрачена једнака оној, која прекидно долази. Али принесена енергија може под тим околностима бити само толика, да тело загреје тек до неке са свим умерене средње температуре а нарочито ако је фреквенција атомских удараца врло спора. Тело ће сада, према начину како му енергија долази, издавати јаку светлост, и бити на сразмерно врло ниској температури. Питање је сад како ће посматрач назвати светлост тако произведену? И ако му анализа те светлости покаже што одређено, ипак ће је он по свој прилици уврстити у фосфорне феномене. По себи се разуме да се на тај начин и спроводна и неспроводна тела могу одржати на извесном ступњу светлосног интензитета али ће за то потребна енергија бити веома различна, према природи и особинама тела.

Те као и раније поменуте примедбе спекулативне природе учињене су највише с тога, да изнесу на видик куриозне особине наизменичних струја или електричних импулса. Помоћу њих може нам неко тело дати *више* светлости, на некој извесној средњој температури, него што може дати загрејано до истог ступња једносмисленом струјом; а исто тако можемо неко тело довести до тачке топљења и принудити га да даје *мање* светлости него кад се топи обичним путем. Све то зависи

од начина како енергију доносимо и какву врсту таласања изазивамо: у једном ће случају таласање више а у другом мање утицати на наше чуло вида.

Неке извесне појаве, које раније нисам видео, а које сам у првим пробама са карборундом добио, приписао сам фосфорности, али сам у доцнијим експериментима видео да се са том особином не слажу. Кристали се при том врло интересно понашају. У лопти која је имала само једну електроду у облику малог металног колута, на извесном степену разређености, електрода је била превучена једном као млеко белом покожицом, која је била одељена црним простором од сјаја, који испуњава лопту. Кад се метални колут покрије карборундским кристалима, покожица је много светлија и као снег бела. Доцније сам дознао, да је то био ефекат усијане површине кристала јер кад се алуминијумска електрода добро угладн, она више или мање показује исти феномен. Многе сам експерименте чинио и са кристалима нарочито с тога да се види да ли они и поред своје спроводљивости могу бити фосфорни. Ја ни сам могао са свим несумњиво произвести фосфорност али морам приметити, да се ништа одлучно не може рећи све док други експериментатори не буду пошли истим путем.

Карборундски се прашак у извесним експериментима понашао као да садржи алуминијум, али ипак није довољно јасно давао његово црвенило. Његова тамна боја сијала се јако под ударцима молекилским, али сам сад уверен, да то није фосфорност. Међу тим те пробе са прашком ни су још довољне, пошто се по свој прилици спрашени карборунд не понаша као фосфорни сулфиди, који се могу врло ситно спрашити и не изгубити своју фосфорност, већ више као спрашен рубин или дијаманат, па с тога да би се дошло до одлучног резултата, потребно би било направити велику грудву и углачити јој површину.

Ако се карборунд покаже користан у овим и сличним експериментима, његова ће главна примена бити за облагање танких спроводника, куглица или

других електрода, које могу издржати врло високе температурске ступње.

Ја сматрам да је од највеће важности за произвођење светлости, направити малу електроду, која је у стању да издржи огромне температуре. Онда ћемо моћи, помоћу струја врло високих фреквенција, насигурно добити двадесет пута ако не и више светлости но што се добија у садањим сијалицама а са истом количином енергије. То може изгледати и претерано, али ја држим да није. Па како се та тачка може још и рђаво разумети, држим да је потребно, да јасно изложим проблем с којим се у том правцу сретамо и начин на који се, по мом мишљењу може он решити.

Сваки онај, који почиње проучавање тога проблема биће склон да мисли, да се код електричне лампе са електродом, поглавито тражи врло висок ступањ усијаности те електроде. Али ће се преварити. Јака усијаност куглице је нужно зло, а шта је у самој ствари потребно, то је висока усијаност гаса који ту куглицу омотава Другим речима, код таквих се лампа тражи да се гасна маса до што вишег ступња усија. Што је више усијање, брже је средње таласање и јача економија у произвођењу светлости. А да се каква гасна маса одржи на високом ступњу усијања у стакленом суду, неопходно је потребно, држати усијану гасну масу далеко од стаклета — то јест, свести је што је могуће више у средишњи простор лопте.

У једном вечерашњем експерименту, произведена је била једна светла четка на крају једне жице. Та је четка била прави пламен, извор топлоте, и светлости. Она није давала веома осетљиву топлоту нити је сијала интензивном светлошћу; али зар она за то није пламен што ми не пече руку? Зар она за то није пламен, што ми не засене очи? Задатак се управо своди на то, да се у лопти произведе такав пламен, много мањи по величини али несравњено јачи. Кад би било начина да се електрични импулси довољно високих фреквенција произведу и пренесу, лопта би могла са свим отпасти, осим ако се не би употребила за чу-

вање електроде или ради уштеде енергије ограничавањем топлоте. Али док се ти начини не пронађу, потребно је, да се електрода затвори у стаклену лопту и да се из ње ваздух извуче. То се ради понајвише с тога, да би справа могла вршити извесан посао који није у стању вршити на обичном ваздушном притиску. У лопти можемо појачати дејство до ма ког степена — дотле док четка не стане давати јаку светлост. Интензитет емитиране светлости зависи поглавито од фреквенције и потенцијала импулса, и од електричне густине на површини електроде. С тога је од највеће важности узети куглицу што је могуће мању еда би се постигла што већа густина. Под снажним ударцима молекилским околнога гаса, мала се електрода веома јако загреје, али се око ње налази извесна маса исто тако јако усијанога гаса, један пламен или фотосфера више стотина пута већа од запремине саме електроде. Са дијамантском, карборундском или цирконском куглицом фотосфера је више од хиљаду пута веће запремине од саме куглице. На први поглед изгледало би, да ће електрода у след тако јаког усијања тренутно испарити. Али пошто се мало боље промисли, наћиће се да се то, из теоријских разлога не може десити и да баш у томе факту — који је у осталом експерименталним путем доказан — лежи главна будућа вредност такве лампе.

У први мах, кад бомбардовање отпочне, највећи део рада врши се на површини куглице, али кад се јако спроводљива фотосфера образује, куглица је сразмерно мање ангажована. Што је више усијање фотосфере, у толико се она у спроводљивости више приближује електроди и у толико више, чврсто и гасовито тело заједно образују једно спроводно тело. Последица тога биће таква, да што је већа усијаност, више се рада сразмерно врши на гасу а мање на електроди. Постанак јаке фотосфере је дакле право средство за чување електроде. То заклањање или чување електроде је само релативно и не треба мислити, да ако се усијаност још више тера, да ће се електрода мање ква-

рити. Теоријски би се још могло доћи до тога, изванредно високим фреквенцијама, али сигурно на температури, која је сувише висока за већи део сада познатих рефракторних тела. Код лампе сијалице са свим другојаче ствар стоји. Овде гас никако не улази у рачун: цео се посао врши на самоме концу и трајање лампе опада тако брзо са растењем ступња усијања, да нас економски разлози гоне, да радимо са ниским усијањем. Али ако се лампа пали наизменичним струјама врло високе учестаности, дејство се гаса не може занемарити и правила за најекономнију светлост морају се знатно изменити.

Да се таква лампа са једном или две електроде знатно усаврша, потребно би било узети импулсе врло високих фреквенција. Високе учестаности имају између осталога, две главне користи, које су врло важне за економско произвођење светлости. На првом месту кварење електроде је смањено због тога, што сад имамо велики број слабих судара у место малога броја јаких судара, који брже раздрмају структуру електроде; с друге стране око електроде се сада лакше прави широка фотосфера.

Да би се кварење електрода свело на најмању меру, потребно је да таласање буде хармонично, јер напрасни ударци убрзавају процес кварења. Једна ће електрода издржати много дуже, кад је успављају струје или импулси који долазе непосредно из алтернативне динамо машине и који расту и падају хармонички него импули који постају дисруптивним пражњењем калема.

Један од главних губитака код таких лампа долази од бомбардовања стаклене лопте. Кад је потенцијал врло висок, молекили се крећу великом брзином; они ударају о стаклене дуварове и изазивају јаку фосфорност. Ефекат који тиме постаје леп је, али са економског гледишта било би мож'да боље, да се спречи или бар да се сведе на најмању меру бомбардовање стаклене кугле, јер онда фосфорности не би било па дакле ни губитка енергије у след бомбардовања. Тај губитак у кугли поглавито зависи од потенцијала им-

пулса и од густине електрицитета на површини електроде. Употребом врло високих фреквенција, губитак се енергије бомбардовањем знатно смањује, јер прво, потенцијал потребан да изврши извесну количину рада је много мањи, и друго, пошто се око електроде образује веома спроводљива фотосфера те се до истог резултата долази као да је електрода много већа што одговара много мањој густини електрицитета. Али било то смањивањем максималног потенцијала или смањивањем густине електрицитета, до добитка се долази на исти начин и то, спречавањем јаких удараца који напрежу стакло изнад граница његове еластичности. Кад би фреквенција била довољно велика, губитак који долази од несавршене еластичности стаклета могао би се са свим запемарити. Губитак који долази од бомбардовања стаклених дуварова могао би се смањити употребом две електроде у место једне. У том случају свака би се електрода могла спојити са по једним полом, или ако би било боље употребити само једну жицу, једна би се електрода могла спојити са једним полом, а друга са земљом или са неким изолованим телом извесне површине као што је на пример рефлектор лампе. У последњем случају једна би електрода могла бити светлија.

Према свему томе, ипак налазим да је боље узети једну електроду и једну жицу кад се ради са високим фреквенцијама. Ја сам уверен да ће у блиској будућности електричне лампе имати само један спроводник а по свој прилици и без икакве жице, пошто се потребна енергија исто тако може спровести и кроз стакло. За такве ће лампе бити потребне струје врло високих потенцијала а то би у очима практичара могла бити једна озбиљна замерка. Сада се пак високим потенцијалима не може ништа замерити, — свакако не бар у колико се то тиче сигурности справа.

Има два начина да се једна електрична справа осигура. Један је начин да се употребе ниски потенцијали, а други је, да се одреде димензије потребних справа тако, да сигурност не дође у питање па ма како

висок потенцијал био употребљен. Од та два начина, чини ми се да је овај последњи бољи, јер је онда сигурност апсолутна, независна од сваке могуће комбинације разних околности, које могу учинити да и низак потенцијал постане опасан по живот и имање. Али практички услови не траже само тачну одредбу димензија апарата; за њих треба такође и енергија нарочите врсте. Истина лако би било направити трансформатор, који би био у стању, кад радимо са обичним наизменичним машинама ниског напона, да нам да рецимо 50000 волата, колико би било потребно па да се усија веома разређена фосфорна цев, и да, и поред високог потенцијала буде са свим сигурна, пошто ударци који отуда долазе нису опасни. Међу тим такав би трансформатор био скуп и сам по себи незгодан; а с друге стране, енергија, коју би он давао не би се могла економски употребити за произвођење светлости. Економија захтева, да се употреби енергија у облику веома брзих вибрација. Проблем произвођења светлости био је упоређен са изазивањем тона, извесне висине код звона. Требало би казати тона, који се само *може чути*. Јер ми можемо произвести у дугим размацима јаке ваздушне ударе, који троше врло много енергије па да ипак не постигнемо оно што нама треба; с друге стране можемо добити извесан тон слабим али учестаним ударима и приближити се више траженом задатку, а са много мање енергије. Код произвођења светлости, и у колико се то тиче саме справе за светљење, постоји само једно правило — а то је, да се употребе што више фреквенције; само средства за произвођење и спровођење импулса такога карактера стављају нам бар за сад многа ограничења. Кад се једном решимо за високе фреквенције, повратна жица постаје излишна и све справе простије. Јер се употребом згодних средстава исти резултати постижу као и са повратном жицом. Тога ради довољно је спојити са лоптом или само приближити јој какво изоловано тело извесне површине. Та површина у осталом треба да је у толико мања у колико је употребљена фреквенција и потенцијал виши

па дакле и економија на лампама или другим справама већа.

Тај се план рада могао распознати у многим приликама овога вечера. Тако на пример кад је једна куглица усијана простим додиром руке саме лопте, тело експериментатора служило је да ојача електрично дејство. Узета лопта била је налик на ону представљену на сл. 138 а калем је имао слаб потенцијал, који није био довољан да усија лопту док је сама висила о жици; а да би се експеримент извео на згоднији начин, електрода је била тако велика, да је неко извесно време морало протећи, док се у след додира лопта усијала. Додиривање лопте било би у осталом са свим непотребно. Лако би било, узевши већу лопту са довољно малом електродом, удесити поједине услове тако, да се лопта јако усија самим приближавањем експериментатора до на неколико стопа од лопте и да усијаност опадне кад се он од ње удали.

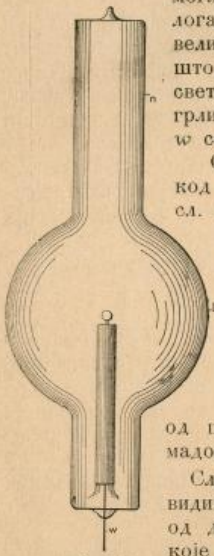
У другом једном експерименту, где је изазвата била фосфорност, употребљена је била слична лопта. И овде у почетку, потенцијал није био довољан да изазове ту фосфорност све док се дејство није ојачало — у овом случају, да би се показао други начин поступања, — додиром грлића лопте једним металним телом у руци. Електрода је била угљена куглица тако велика, како се не би могла усијати и тиме смањити ефект који изазива фосфорност.

Исто тако, у другом једном ранијем експерименту узета је лопта представљена у сл. 131. Овом приликом додиром лопте једним или са два прста, јавља се на стаклету једна или две сенке стаклене дршке, пошто додир прстима има овде исто дејство као и обична спољашња негативна електрода под обичним околностима.

У свима тим експериментима, дејство је ојачано повећањем капацититета на крају онога спроводника што је спојен са полом. По правилу није потребно прибегавати тим срествима и била би са свим непотребна код струја високих фреквенција али ако би се она на-

рочито тражила могла би се лопта или цев лако за тај циљ удесити.

На сл. 144 видимо на пример експерименталну лопту L са грлићем n на горњој страни како би се могла споља прилепити стањолска облога, која се споји са каквим телом велике површине. Таква лампа, као што је представљена на сл. 144 може светлити спајањем стањолске облоге на грлићу n са полом, а спроводне жице w са изолованом плочом.



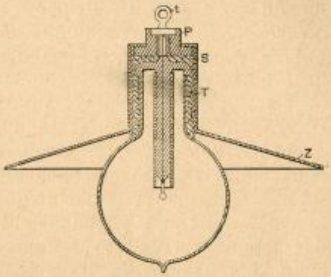
Сл. 144.

Савршенији распоред, употребљен код неких лампа, престављен је на сл. 145. Овде је конструкција лопте иста као и горе са обзиром на сл. 138. Цинкена плоча Z са цевастим продужењем T натакнута је на метални прстен S. Лопта виси на ниже обешена о пол t и цинкена плоча Z служи сем ојачавања дејства још и за одбијање светлости. Рефлектор је одвојен од пола t, једним изолаторским комадом P.

Сличан распоред са фосфорастом цеви видимо на сл. 146. Цев T састављена је од две кратке цеви разног пречника које су залемљене на крајевима. На доњем крају утврђена је изнутра једна спроводна облога C, која се спаја са жицом w. Жица на горњем крају носи једну куку за вешање и пролази кроз средину унутрашње цеви, која је набијена каквим добрим изолатором. На спољашњој страни и на горњем крају цеви T налази се друга облога C_1 на коју је натакнут метални рефлектор Z, који треба да буде раздвојен дебелим изолатором од краја жица w.

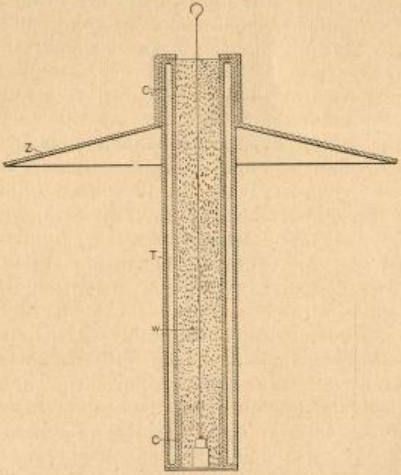
Економска употреба таквог рефлектора или дела за ојачавање, захтевала би да се сва енергија унесена у ваздушни кондензатор, поново изда или другим ре-

чима да ту не сме бити никаквих губитака нити у гасном медијуму или средини нити у ма каквом његовом дејству. У самој ствари далеко смо од тога, премда на срећу губитци се могу свести до извесне мере. Неколике су напомене потребне по тој ствари, да би експерименте, сакупљене у току тих испитивања, потпуно објаснили.



Сл. 145.

Замислимо малу спиралну жицу од више добро изолованих завоја као у експерименту сл. 136 па да је један крај њен спојен са једним полом индукционога калема а други са металном плочом или да би ствар била простија, са лоптом изолованом у



Сл. 146.

простору. Кад се струја кроз калем пропусти, потенцијал је лопте наизменичан и мала се спирална жица понаша сад као да је њен слободни крај, спојен са другим полом индукционог калема. Ако се гвоздена шипка унесе у малу спиралну жицу, брзо ће се угрејати показујући тиме, да кроз ту жицу пролази јака струја. Како дејствује у овом случају изолована лопта? Она може да буде кондензатор, који прикупља и враћа енергију, која му се доноси, или може да буде као нека врста канала за енергију и услови ће експеримента одредити да ли је више једно или друго. Лопта напуњена високим потенцијалима, дејствује индуктивно на околни ваздух или у опште на онај гас у коме је. Молекили или атоми, који су близу лопте, јаче су привучени, и брже се крећу но они даљи. Кад најближи молекили ударе о лопту, они се одбију и сударају са свима оним молекилима са којима се сретају у границама индукционог дејства лопте. Сад је јасно да ако је потенцијал постојан, само ће се мало енергије изгубити тим путем, јер молекили, који су најближи лопти доћу до ње, напуне се електрицитетом и од ње одбију и више се ка лопти не враћају све док сав свој електрицитет не изгубе што се може десити тек после великог броја судара са другим молекилима. Према томе факту, са свим је природно закључити, да се са постојаним потенцијалом само мало електрицитета губи у сувом ваздуху. На против, ако потенцијал лопте не буде постојан већ наизменичан, услови су са свим други. Сад се дешава ритамско бомбардовање без обзира на то, да ли молекили после додира са лоптом губе саопштену количину електрицитета или не; шта више, ако се електрицитет не изгуби, судари су силнији. Ако је фреквенција импулса врло мала, губитци изазвани сударима, не ће бити озбиљни док је потенцијал висок. Али кад се употребе ванредно високе фреквенције, и више или мање високи потенцијали, губитак може да буде врло велики. Целокупна енергија изгубљена у јединици времена, сразмерна је производу из броја судара у секунди или фреквенције, и

енергије изгубљене при сваком судару. Али енергија једног судара, мора да буде сразмерна квадрату електричне густине лопте, пошто је количина електрицитета саопштена молекилу, сразмерна густини. Из тога изводим, да целокупна изгубљена енергија, мора да буде сразмерна производу из фреквенције и квадрата електричне густине; али тај би закон ваљало експерименталним путем потврдити. Са претпоставком, да су претходни обзири истинити, може се брзим наизменичним мењањем потенцијала некога тела, потопљеног у какву изоловану гасну средину, ма каква количина енергије расути по простору. Највећи део енергије, држим не растура се у облику дугачких етарских таласа, који иду на велике даљине као што се то обично мисли, него се троши — у случају изоловане лопте на пример — у сударима и сударним губитцима — т. ј. у топлотним вибрацијама — на лопти и у околини лопте.

Пошто се, на основу горње претпоставке, губитак смањује са квадратом густине, и пошто је са струјама врло високих фреквенција скопчано огромно расипање кад пролазе кроз кондукторе, то следује из свега тога, да је боље употребити једну жицу него две. Свакако пак, ако се мотори, лампе или друге справе усавршају тако да се могу употребити струје веома високих фреквенција, економски ће разлози диктирати, да се употреби само једна жица а нарочито ако су даљине велике.

Кад се енергија апсобује у каквом кондензатору он се онда понаша тако, као да је његов капацитет порастао. Апсорпције има више или мање свуда, али је она у опште слаба и без икаквих последица, све док фреквенције нису сувише високе. Кад се ради са ванредно високим фреквенцијама, па дакле кад су потребни и високи потенцијали, апсорпција — или што се овде нарочито разуме под тим изразом, губитак енергије у гасовитој средини — јесте важан чинилац, који ваља узети у обзир. Према томе изгледа, као да је врло тешко говорити о правом капацитету или вибрационом периоду каквог ваздушног кондензатора, према његовом измереном или израчунатом капацитету,

а нарочито, ако је кондензатор врло мале површине а напуњен је међу тим врло високим потенцијалом. Па како многи важни резултати зависе од тачне процене вибрационог периода, то тај предмет захтева много брижљивије проучавање других научара. Да би се вероватна погрешка у експериментима о којима је реч, свела на што мању меру, потребно је служити се лоптама или плочама великих површина, тако да густина буде што мања. Иначе, ако се само може, ваља употребити уљани кондензатор. У уљу или другим течним диелектрицима, губитци ни су толики као у гасовитој средини. Па како је немогуће савршено истерати гас из кондензатора са чврстим диелектрицима, такав кондензатор ваља потопити у уље са економског гледишта ако не ради чега другог; он се онда може пунити до крајњих граница и остаће ладан. Код лајденских боца, губитци изазвани ваздухом, сразмерно су слаби, пошто су стањолске облоге широке, свуда затворене и напуњене површине ни су непосредно ваздуху изложене; или ако су потенцијали врло високи, губитци могу бити више или мање знатни на или близу горње ивице стањолских листова, где нарочито ваздух утиче. Ако се боца потопи у прокључало уље, она је у стању издржати четири пута већи рад него у обичним приликама, и губитци су незнатни.

Али не треба мислити да су топлотни губитци у ваздушном кондензатору увек скопчани са постанком *видљивих* млазева или четака. Ако се мала електрода, затворена у неиспражњену лопту, споји са једним полом калемовим, могу се видити млазеви како избијају из електроде и ваздух се у лопти загреје. Ако се у место мале електроде, затвори у лопту велика кугла, не ће бити млазева али се ваздух ипак загрева.

Нити треба мислити да температура ваздушног кондензатора може дати приближну идеју о губитку, који се у облику топлоте јавља, а то нарочито с тога што се овде топлота на више начина губи. Јер поред обичног зрачења, врло активно односе топлоту и многи независни носиоци а тако исто се загревају не само

апарати већ и ваздух на извесној даљини у след молекилских судара који се у њему дешавају.

Према свему томе, у експериментима са таким калемом, растење температуре може се приметно опазити само онда, кад је тело, спојено са калемом, врло мало. Али се апаратима већега размера могу загрејати тела и великих маса као на пример тело какве особе; и ја држим, да би извежбани лекари могли имати занимљивих посматрања у тим експериментима, који, не могу бити ни најмање опасни, само ако су апарати тачно одмерени.

Једно интересно питање, нарочито за метеорологе истиче се овде. Како се земља у том погледу понаша? Земља је ваздушни кондензатор, али да ли је савршен или са свим несавршен — прост регулатор енергије? Овде се може мало сумњати да се при слабом ремећењу, као што се то може изазвати у каквом експерименту, земља понаша готово као савршен кондензатор. Али ствар може бити са свим другојача, кад се њен електрицитет усталаса каквим напрасним ремећењем, које се десило на небу. У таком случају, као што је већ напред напоменуто, вероватно се само мали део вибрационе енергије изгуби у простору у облику дугачких етарских зрачења; највећи се део енергије држим, троши на молекилске сударе и одлази у простор у облику кратких топлотних а мож'да и светлосних таласа. Па како је и фреквенција таласања и потенцијал по свој прилици веома висок, енергија претворена у топлоту може да буде врло велика. Пошто густина може бити неједнака на разним местима, било у след неправилности земљине површине, било због разних околности у атмосфери, учињени ефекти ће с места на место бити другојачи. Врло велике промене у температури и притиску атмосферском могу се тим путем изазвати на свакој тачки земљине површине. Те промене могу бити постепене или са свим нагле, према природи првобитног ремећења и могу изазвати кишу и олују или локално мењати непогоду на све могуће начине.

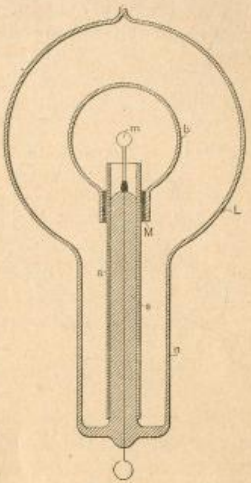
Према примедбама горе учињеним, може се видети какав важан чинилац, — у погледу губитака — може постати ваздух у околини какве електрицитетом напуњене површине, кад је електрична густина велика и фреквенција импулса веома висока. Али овака радња, као што смо је изложили, подразумева, да је ваздух изолатор — то јест да је састављен од независних носилаца, који плове по изолаторској средини. Такав је случај само кад је ваздух од прилике на обичном или мало већем или још на веома слабом притиску. Кад је ваздух слабо разређен и спроводљив, онда наступе обични губитци у след спровођења. Сад се може у осталом огромна енергија растурити по простору и са једносмисленим потенцијалом или са импулсима слабих фреквенција, ако је густина врло велика.

Кад је гас на врло ниском притиску, електрода се јаче загрева, јер су онда веће брзине гасних молекила. Кад је гас око електроде јако згуснут, кретања па дакле и брзине су врло слабе и загревање је незнатно. Али и у том случају, ако се фреквенције довољно уздигну, електроде ће се јако угрејати исто тако као да је гас на врло ниском притиску. У самој ствари, разређивање ваздуха у каквој лопти потребно је само с тога што не можемо произвести (а можда ни спровести) струју потребних фреквенција.

Враћајући се лампама са електродом, ваља напоменути, да је важно да се у таквој лампи ограничи топлота што је могуће боље само на електроду и то спречавањем циркулације гаса у лопти. Ако се узме врло мала лопта, она ће боље ограничити топлоту него велика, али она може не бити довољног капацитета за калем па с тога се може јако загрејати. Најпростије би дакле решење било, узети једну лопту згодне величине, која у свом средишту носи другу малу лопту, које величину ваља тачно одредити, и у којој је затворена рефракторна куглица. Такав је распоред представљен на сл. 147.

Лопта L има, у том случају широк грлић n да се кроза њ' може провући мала лопта b. Иначе је кон-

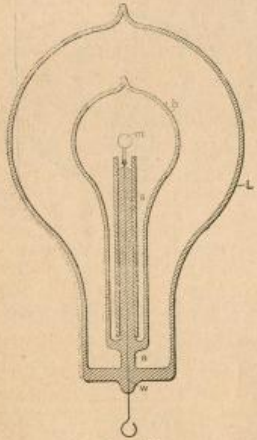
струкција иста као и у сл. 147. Мала се лопта посади на дршку s, која носи рефракторну куглицу m. Она је одвојена од алуминијумске цеви a са више лискунских слојева M, да се не би загревање пренело на алуминијумску цев, кад се напрасно струја пропусти, и да се дакле стаклени стубић не би разбио. Унутрашња лопта мора бити што је могуће мања, ако се жели да светлост постане само усијавањем електоде. Ако се жели произвести фосфорност, лопта треба да буде већа, иначе ће се сувише загрејати и фосфорност престати. Код таквог распореда обично само мања лопта показује фосфорност јер практички нема бомбардовања о спољашњу лопту. Код неких лопата, конструјисаних по сл. 147, мала је лопта била обложена фосфорним слојем и врло су лепи ефекти постигнути. У место да се унутрашња лопта направи већа те да се спречи загревање, боље ће бити, да се електрода m узме већа. Сада је бомбардовање ослабљено у след мање електричне густине.



Сл. 147.

Неке су лопте конструисане по сл. 148. Ту видимо малу лопту b са рефракторном куглицом m; из лопте је извучен ваздух до врло високог степена па је онда лопта затопљена у велику лопту L, која се за тим умерено испразни и затопи. Добра страна те конструкције у томе је, што се на тај начин може постићи врло висока разређеност, и у исти мах употребити велика кугла. Често се спољашња лопта разређивала управо онолико, колико је потребно да пражњење прође скроз и простор између лопата је изгледао као

кармин црвен што је производило врло куриозан ефекат. По неки пут, кад је разређење у лопти L било врло слабо, а ваздух добар спроводник, било је потребно, да би се куглица *m* загрејала до високог усијања, наместити на горњи део грлића лоптиног стањолску облогу, која је била спојена или са каквим изолованим телом, или са другим полом калема, пошто јако спроводљив ваздух слаби у неколико ефекат, сигурно у след индуктивног дејства жице *w*. Друга тешкоћа — на коју у осталом наилазимо увек, кад је рефракторна куглица затворена у врло малој лопти — постоји код конструкције представљене на сл. 148 у томе, што се вакуум у кугли *b* квари после сразмерно кратког времена.



Сл. 148.

Главни задатак последње конструкције био је, да се загревање ограничи на средишни део лопте спречавањем циркулације ваздуха. Тај је задатак истина осигуран, али у след загревања унутрашње лопте и лаганог испаравања стаклета, вакуум се тешко може очувати па и онда кад се употреби конструкција представљена на сл. 147 у којој обе лопте комуницирају.

Али би много бољи пут — прави идеални пут — био, да се употребе довољно високе фревкенције. Што је више фреквенција, у толико је слабија циркулација ваздуха, и ја држим, да би се могло доспети то такве фреквенције, да не би било никакве циркулације ваздушних молекила око пола. Ми би онда добили пламен у коме се материјал не би кретао, и то би био чудноват пламен, јер би био непомичан, укрућен. Са таким фреквенцијама инерција појединих делића дошла

би на прво место. Пошто би се светли млаз или пламен укрутио у след инерције појединих делића, циркулација би тих делића била спречена. То очевидно мора наступити јер кад се број импулса повећа, потенцијална енергија сваког импулса посебице ће се смањити, тако да ће најзад остати само атомско треперење а поступно транслаторно ће кретање кроз мерљиви простор престати.

Ја држим, да кад се једна електрода потопи у какву флиудну изолаторску средину и окружи независним носиоцима електрицитета, који могу дејствовати индуктивно, довољно висока фреквенција импулса ће без сумње изазвати гравитацију или окретање гаса око електроде. Тога ради ваља само претпоставити да су они независни носиоци електрицитета неправилног облика: они ће окренути електроди ону страну, на којој је густина електрицитета највећа, и то ће бити положај у коме ће се флуид мање опирати приближавању него удаљавању.

Не сумњам, да је опште мишљење такво, да се не можемо надати да ћемо остварити такве фреквенције како би могли — претпоставивши да су горе изнесени погледи истинити — произвести оне резултате које сам ја нагласио као могуће. То може бити и тако, али у току тих испитивања, и посматрањем разних појава, ја сам стекао уверења, да су те фреквенције много ниже него што би се могло у први мах држати. У пламену изазивамо светлосна треперења сударањем молекила или атома. Питање је сад, какав је однос између фреквенција судара и произведених или испуштених вибрација? Сигурно тај однос мора бити несразмерно мањи него однос, који постоји између удара у звоно и звучних треперења или између пражњења и осилације кондензатора. Ми смо у стању да доведемо гасне молекиле до судара служећи се алтернативним електричним импулсима високе учестаности, и тако можемо имитирати процес који се дешава у пламену. Према експериментима изведеним фреквенцијама, које смо у стању сада да добијемо, држим да се тај резултат може постићи

и са таким импулсима које можемо спровести и кроз спроводник.

У вези са мислима сличне природе изгледа ми врло важно да докажем укруженост трепереће ваздушног стуба. И ако је изгледало немогуће извести тај задатак тако ниским фреквенцијама, као рецимо 1000 на секунду, какве сам био у стању добити без икаквих тешкоћа помоћу специјалних машина, ипак, своје експериментисање у том смислу нисам прекидао. Покушаји са ваздухом на обичном притиску били су без успеха, али са ваздухом, умерено разређеним, постигао сам оно што сам држао да је несумњива експериментална очевидност. Па како те врсте резултати могу довести извежбане испитаче до важних закључака, хоћу да опишем један такав експеримент.

Познато је свима, да кад се цев мало испразни, онда електрично пражњење пролази кроз њу у облику танког светлог конца. Кад се ради струјама ниских фреквенција, које долазе са обичног индукционог калема, тај је конац инертан. Ако му се приближи магнет, онај део конца, који је ближе магнету биће привучен или одбијен према томе, какав је правац магнетских линија. Учинило ми се да би такав конац, произведен струјама врло велике учестаности био више или мање укруђен и пошто је био видљив, могао би се лако испитивати. Према томе спремио сам једну цев од једног палца у пречнику и једног метра дугачку и обложио је с поља облогама на оба краја. Цев сам толико испразнио, да се у њој конац лако може добити. Морам овде приметити, да општи изглед цеви као и степен разређења није исти, као кад се узму обичне струје ниских фреквенција. Пошто се нашло да је згодније радити са једним полом, спремљена је цев обешена о једну жицу, спојену са полом калемовим тако да се горња стањолска облога споји са жицом а доњој се облози прида мала изолована плоча. Кад се конац појави, он полази са горњег краја цеви и изгуби се на доњем. Ако је конац крут, он ће наличити на конац обешен горњим крајем, а на доњем затегнут малим

теретом. Кад се прст или магнет приближи горњем крају светлога конца, он ће се повити из свог положаја у след електростатичког или магнетског дејства; а ако се прст или магнет брзо одмакне изазваће се слично дејство као кад би какав обешен и затегнут конац, близу његове тачке вешања повукли па нагло пустили. Радећи тако светао се конац заталаса и врло се јасно виде два оштро ограничена и трећи недовољно јасно обележен чвор. Таласање конца, једном почето, траје пуних осам минута поступно опадајући. Брзина таласања често се знатно мења, и може се опазити, да електростатичко привлачење стаклета утиче на таласање конца; али је са свим јасно, да то електростатичко дејство није узрок таласању, јер је конац обично миран и може се увек заталасати тек кад се прст нагло приближи горњем делу цеви. Магнетом се може конац поделити на два дела и оба се таласају. Кад се приближи рука доњој облози цеви, или изолованој плочи ако је има, таласање се убрза; исто такав резултат даје бар у колико сам могао приметити, растење потенцијала и фреквенције. Растење фреквенције или пропуштање јаче струје кад фреквенција остаје иста, одговара овде затезању конца. Са кондензаторским пражњењем ни сам могао доћи до истог резултата. Светла пантљика изазвата у лопти поновљеним пражњењем лајденске боце, мора бити крута, а ако се поремети па нагло пусти, она ће треперити. Али је вероватно количина трепереће материје тако мала, да се и поред велике брзине, инерција не може довољно показати.

Констатовање тога факта — који треба још боље потврдити — да је усталасан гасни стуб крут, може знатно променити назоре мислилаца. Јер кад се са тако ниским фреквенцијама и незнатним потенцијалима могу постићи таки резултати, како се тек мора понашати гасовита средина под утицајем огромних електростатичких сила, које могу дејствовати у међу звезданим просторима, и који се могу најзменце мењати са непојмљивим брзинама? Егзистенција таквих електроста-

тичких, ритмички промењивих сила, — усталасаног електростатичког поља — може показати, како су могла чврста тела постати из ултрагасовитог стања и како се могу трансверзална (попречна) као и све врсте таласања преносити кроз гасовиту средину, која целокупни простор испуњава. Онда етар може бити права течност и не мора бити укрућен, пошто је он у осталом потребан више као спајна средина за пренос дејстава. Јер шта одређује укрућеност? Брзина као и количина покретне материје. У гасу брзина може да буде велика, али је густина веома мала; код течности може на исти начин бити брзина мала, док густина може да буде велика; и у оба случаја инертни отпор који се противи премештању, практички је раван нули. Али метимо гасни (или течни) стуб у јако и брзо наизменички променљиво електростатичко поље, изазовимо да поједини делићи са огромном брзином трепере, онда ће се инертни отпор јавити сам по себи. Једно се тело може са већом или мањом слободом кретати кроз усталасану масу, али као целина оно ће бити круто.

Има једна ствар, коју морам да доведем у везу са тим експериментима: то је висока разређеност или вакуум. То је предмет кога је проучавање не само интересно него и корисно, јер може довести до резултата од велике практичне важности. У трговачким апаратима, као на пример у електричким сијалицама, употребљеним на обичан начин, много веће разређење од овога, које се сада постиже, не ће донети великих користи. Овде се цео рад врши на концу а гас мало улази у ранун: усавршеност би у осталом била незнатна. Али ако станемо употребљавати струје врло високих фреквенција и потенцијала, дејство гаса постаје од највећег утицаја и степен разређења знатно мења резултате. Док се год радило обичним индукционим калемом, па ма и највећим, проучавање тог предмета било је ограничено, јер управо онде где оно постаје најинтересније, оно се прекидало због „непролазног вакума“ Али сада, ми смо у стању да доби-

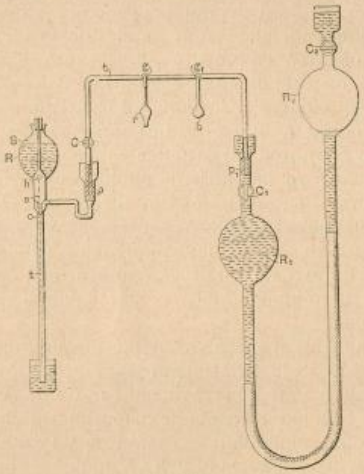
јемо малим калемима са дисруптивним пражњењем потенцијале много више него и са највећим обичним индукционим калемовима, а што је још значајније, можемо успети да се ти потенцијали наизменички веома брзо мењају. Оба ова резултата помажу нам сада, да проведемо светло електричко пражњење кроз ма какав вакуум па с тога се поље наших истраживања знатно проширило. Међу свима разним правцима, у којима се практички могу справе за светљење усавршавати, изгледа као да правац према високим разређењима за сад највише обећава. Али да се постигну висока разређења, средства се морају много знатније усавршати и крајња се савршеност све дотле неће постићи, док са свим не одбацимо механички ваздушни шмрк и док не усавршамо *електрични* шмрк за вакуум. Молекили и атоми могу се истерати из какве лопте утицајем огромних потенцијала: *то* ће бити принцип шмрка за вакуум у будућности. За данас морамо што је могуће боље усавршити наша механичка средства. У том смислу, не ће бити на одмет да са неколико речи изнесем метод и апарате, којима се може остварити врло велика разређеност и којима сам се и сам служио у току ових испитивања.

Справа је представљена на цртежу како га показује сл. 149. S је ту Шпренгелов шмрк који је био на специјалан начин конструјисан, да би боље одговарао потреби. Обична славина је изостављена и у место ње један шупаљ запушач s утиснут је у грлић резервоара R. Тај запушач има малу рупу h кроз коју силази жива; величина отвора o је тачно одређена према пресеку цеви t која је затопљена за резервоар у место да буде с њим на обичан начин спојена. Оваквим се распоредом избегавају незгоде на које се често наилази, код славина на резервоару и код спајања тога резервоара са цеви t.

Шмрк је спојен виластом цеви t са врло великим резервоаром R_1. Парочита је пажња била скренута при израђивању површина на запушачима p и p_1 и оба та запушача као и живине чашице над њима су направљене ванредно дугачке. На тој цеви има једна славина

C и два споја g и g_1, један са малом куглом b, у којој је обична каустичка поташа а други са судом r, из кога се ваздух извлачи.

Резервоар R_1 споји се једном цеви од каучука са исто толиким резервоаром R_2 и сваки резервоар има своју славину C_1 и C_2. Резервоар R_2 може се подизати и спуштати нарочитим механизмом и то тако, да кад се он напуни живом и славина C_2 затвори па се из-



Сл. 140.

диже да би у њему постала Торичелијева празнина, да се толико може подићи, да жива у резервоару R_1 дође нешто изнад славине C_1; а кад се та славина затвори и резервоар R_2 спусти да Торичелијева празнина постане у резервоару R_1, да се спусти толико, да се резервоар R_1 са свим испразни и да жива напуни резервоар R_2 до мало изнад славине C_2.

Капацитет шмрка и његових додатака направљен је што је могуће мањи према запремини резервоара

R_1, пошто у осталом степен разређења зависи управо од размере тих количина.

Са тим апаратом комбиновао сам обична средства која су назначила други експериментатори за произвођење врло високих вакуума. У многим експериментима било је згодно употребити каустичку поташу. Ваља још да напоменем, да се много времена уштеди и да се много савршенији резултат постиже кад се растопи и ускључа поташа за време или и пре дејствовања шмрка. Ако се тако не ради влага ће толико сметати, да се и после више сати рада, не ће постићи високи ступањ разређења. Поташа се греје било шпиритуском лампом било пропуштањем електричних варница кроз њу или електричне струје кроз жицу која је у њој. У последњем се случају загревање може много брже понављати.

У опште поступак око пражњења био је овај. — У почетку кад су славине C и C_1 отворене а сви други спојеви затворени, резервоар R_2 подигне се толико, да жива испуни резервоар R_1 и један део узане виласте цеви. Кад шмрк отпочне да ради, жива ће се брзо пењати у цеви и резервоар R_2, мора се толико спустити да жива дође од прилике на исту висину.

Кад Шпренгелов шмрк сврши свој рад, резервоар се R_2 још ниже спусти, и жива силази из R_1 и пуни R_2 при чему је славина C_1 затворена. Ваздух који се ухвати за дуварове резервоара R_1 и који је жива апсорбовала, изађе на поље, и да би се жива са свим ослободила од ваздуха, резервоар се више пута пење и спушта. За то време извесна количина ваздуха, која ће се накупити испод славине C_1 истера се из R_2 довољним спуштањем тога резервоара и отварањем славине, коју опет треба затворити пре него што се резервоар подигне. Кад се сав ваздух истера из живе, и никакав се више ваздух не скупља у R_2 кад се он спусти, онда се каустачка поташа употреби. Резервоар се R_2 понова подигне док жива у R_1 не дође изнад славине C_1 каустичка се поташа растопи и ускључа, и влага се једним делом испрпе шмрком, а други

се део понова апсорбује; тај се процес загревања и лађења понови више пута и свакад, кад би се влага испрпла или апсорбовала, резервоар се R_2 подиже и спушта. На тај се начин сва влага истера из живе, и оба су резервоара спремна за употребу. Сад се резервоар R_2 по нова подигне до врха и шмрк пусти да ради на дуже време. Кад се највиши вакуум, који шмрк може дати, постигне, лопта са поташом се омота памуком наквашеним етером да се поташа спусти на врло ниску температуру, за тим се резервоар R_2 спусти и пошто се резервоар R_1 испразни, суд се r брзо затопи.

Кад се нова лопта намести, жива се попне до изнад слевине C_1 која је била затворена тако да увек држи живу и оба резервоара у добром стању и жива се никад не празни из резервоара R_1 осим кад шмрк достигне највиши ступањ разређења. Потребно је да се на то правило пази, ако се хоће извесна корист да постигне тим апаратом.

Таким распоредом био сам у стању да радим врло брзо и кад је апарат био у потпуном реду, било је могуће доћи до фосфорног стања у малој лопти за мање од 15 минута, што је извесно врло брзо за малу лабораторију која располаже свега са једно 100 фуната живе. Са обичним малим лоптама, однос између капацитета шмрка, суда и спајних цеви с једне и резервоара R с друге стране био је од прилике 1:20 и степен постигнутог разређења био је врло висок, и ако нисам у стању да прецизирам и тачно одредим до ког је степена то разређење терано.

Што највише утиче на експериментатора у току тих експеримената јесте особито понашање гасова кад се изложе веома брзим наизменичном дејству електростатичких сила. Али највећу сумњу изазива код њега питање, да ли ефекти који се виде, долазе само од гасних молекила или атома које нам хемијска анализа показује или ту игра извесну улогу каква друга средина гасне природе, заједно са атомима или молекилима који плове по тој средини и која испуњује простор. Таква средина сигурно мора постојати и ја сам

уверен, да на пример и кад би ваздуха нестало, да би се површина и околина некога тела ипак загрејала брзим наизменичним променама потенцијала; али таквог загревања површине или околине не би могло бити, кад би се сви слободни атоми уклонили, и остали само хомогени нестишљиви и еластични флуидум — такав, као што се замишља да је етар — јер онда не би било бомбардовања ни судара. У таком случају имали би посла само са губитцима услед трења.

Непобитан је факат, да се електрична пражњења кроз гас врше са толико већом лакоћом, у колико је фреквенција импулса већа. Та се пражњења у томе погледу понашају са свим изврнуто према металним спроводницима, јер овде самоиндукција игра врло важну улогу кад фреквенције порасту, док на против у разређеној цеви, па ма била и дугачка, и без обзира на јачину струје, самоиндукције нема у великом степену. Кад би се могле остварити довољно високе фреквенције, дошли би до чудноватог система електричног гранања, који би у исти мах интересовао и гасна друштва; металне цеви, напуњене гасом — метал би био изолатор а гас спроводник — спроводиле би струју у фосфорасте лоште или можда у неке справе за сад још непознате. Могао би се исто тако узети шупаљ бакаран прстен са разређеним ваздухом па пропуштајући електричне импулсе довољно високих фреквенција кроз жице намотане око тог прстена, могли би гас у њему довести до усијања; али пошто у природи тих сила има врло многих неизвесности, то се не зна, да ли ће са таким импулсима бакарни прстен дејствовати као статички заклон. Таких парадокса и привидних немогућности наилазимо на сваком кораку у том правцу и у томе управо и лежи велика привлачност за проучавање тога предмета.

Ево овде једна кратка и широка цев која је до високог степена разређена, и покривена бронзаном облогом кроз коју тешко може светлост проћи. Један металан прстен са куком за вешање те цеви, обухвата ту цев по средини, тако да прстен додирује бронзану

облогу. Требл само да обесим цев о жицу спојену са калемом, па да се гас у њој усија. Сваки онај који би хтео да изведе тај експеримената први пут, и немајући претходног искуства, ваљало би да га изводи са свим сам, јер га иначе његови асистенти могу исмејати. Исто тако светли и ова лопта — и ако је обложена металном облогом — и светлост се са свим разговетно кроз облогу види. Дугачка цев, покривена алуминијумском бронзом јако светли кад се држи у једној руци, — а кад се другом ухвати пол калемов. —

Без обзира на притисак, гас постаје врло важан чинилац у загревању спроводника, кад је електрична густина велика и фреквенција врло висока. Да у загревању спроводника код грома, ваздух игра врло важну улогу, извесан је експериментален факат. То дејство ваздуха може се показати овим екеперименто: — узимам кратку цев, која је до умереног степена разређена и има платинску жицу, која пролази кроз средину цеви од једног до другог краја. Кад се кроз жицу пропусти једносмислена или наизменична струја ниске учестаности, она ће се равномерно угрејати у свима деловима. Загревање долази овде од спроводљивости или од губитака у след трења, али гас око жице — све док се може видети — нема никаква удела, у загревању. На против, пропустимо напрасна пражњења или струје високих фреквенција кроз жицу. И сад ће се жица угрејати али махом на крајевима и нешто мало у средини; и ако је фреквенција импулса довољно висока, жица се може пресећи у средини па да се ништа не измени, пошто загревање долази од разређеног гаса. Овде гас дејствује као спроводник без самоиндукције и загревање крајева жице долази од њиховог опирања пролазу пражњења. Али није никако потребно, да гас у цеви буде спроводљив; он може бити на веома слабом притиску па ће се ипак крајеви жице угрејати — као што је у осталом то потврђено експериментом. — Шта се са тим фреквенцијама и потенцијалом дешава у разређеној цеви, дешава се код грома на обичном притиску. Треба у осталом само да се сетимо једнога факта,

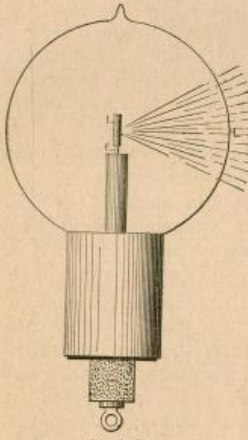
који смо нашли у току ових испитивања и то, да се према импулсима врло високих фреквенција, гас на обичном притиску онако понаша као да је умерено разређен. Ја држим да код грома жице или спроводни предмети испаре махом у след присуства ваздуха и да би спроводник био сигурнији кад би био потопљен у какву изолаторску течност. У след таквог понашања гасова према напрасним импулсима високих потенцијала, ја сам дошао до закључка, да не би било сигурнијег пута за уклањање грома, него кад би му се спремио пролазак кроз извесну запремину гаса, само кад би се то на практичан начин могло извести.

Има још два предмета о којима мислим да је потребно говорити у вези са овим експериментима и то, о „зрачном стању“ и „непролазном вакууму.“ т. ј. о вакууму кроз који електрична варница не може да прође.

Сваки онај, који се бавио Крукзовим експериментима дошао је до уверења, да је „зрачно стање“ извесна особина гаса, нераздвојно спојена са веома високим ступњем разређења. Али треба се сетити, да су појави опажени у испражњеном суду ограничени на карактер и капацитет употребљених апарата. Ја држим, да се у таквој лопти, један молекил или атом креће по правој линији не с тога што не налази ни на какву сметњу, већ што му је саопштена количина кретања толика, да га тера по скоро правој линији. Средња слободна путања је једна ствар, али количина кретања, — енергија спојена са самим телом — је друга, и под обичним приликама, држим, да се ту ствар тиче само потенцијала или брзине.

Ја сам спремио једну лопту да би показао истинитост тих тврђења. У лопти L сл. 150, наместио сам над лампиним концем f комад креча l. Конац од лампе спојен је са жицом, која допире до у лопту и општа конструкција је иначе изведена као у сл. 138. Кад се лопта споји са жицом која је у вези са полом калемовим, и кад се кроз калем струја пропусти, комад креча и изложени делови конца су бомбардовани. Ступањ је разређења управо такав, да је са тим потенци-

јалом калем у стању да произведе на стаклету фосфорност која ишчезне чим се вакуум поквари. Јер у кречу има увек нешто влаге и пошто та влага одлази са топлотом, фосфорност траје само неколико минута док влага вакуум не поквари. Кад бомбардовање отпочне, једна се тачка кречног комада јаче загреје од осталих и резултат је такав, да ће најзад практички сво пражњење проћи кроз ту тачку, која се интензивно угреје и бела струја кречних делића (сл. 150.) избија из те тачке. Тај је млаз састављен из „зрачне“ материје, и ако је ступањ разређења низак. Кречни се делићи крећу по правим линијама због велике количине кретања, која им је саопштена, и то из три узрока — због велике електричке густине, због високе температуре мале тачке и због тога, што се делићи креча лако одвајају — много лакше но делићи угљени.



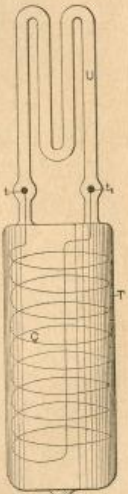
Сл. 150.

Што се тиче „не пролазног“ или „непробојног“ вакуума ваља приметити да он може постојати само код ниских фреквенција јер са таким неучестаним импулсима није могуће унети довољно енергије у високи вакуум; оно мало атома што се налазе око пола, после додира са њим, биће одбијени и за сразмерно дуго време од њега одвојени па за то не могу дати довољно енергије, која би могла утицати на око. Кад потенцијална разлика између полова порасте, диелектрик попушта и ломи се. Али са врло високим фреквенцијама, таквог ломљења нема, пошто се свака количина рада може извршити непрестаном агитацијом атома у разређеном суду, само ако је фреквенција довољно висока. Лако је постићи — па и са фреквенцијама које даје овакав

генератор као што је овај овде — једно извесно стање, у коме пражњење не може проћи између две електроде у малој цеви, кад се свака од њих споји са једним полом калемовим али је тешко постићи такво стање на коме се светло пражњење не би појавило, око сваке електроде.

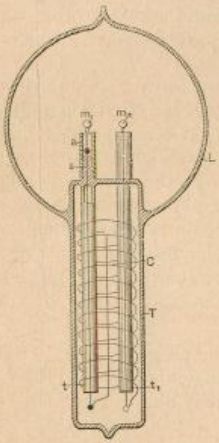
Очевидно се сад може појавити мисао, да се струјама високих учестаности и њиховим јаким електродинамским индуктивним дејствима могу изазвати светлосни ефекти у са свим затвореним стакленим куглама т. ј. у куглама без спроводних жица. Спроводне су жице једна од рђавих страна данашњих лампа сијалица и ако се у другоме чему не усавршају, свакако би ту несавршеност ваљало уклонити. Руковођен тим мислима, ја сам у том смислу извршио један низ експеримената од којих су неки поменути у мом ранијем предавању; неке ћу да наведем још и овом приликом.

Многи су апарати конструисани према сликама 151. и 152. У сл. 151, широка цев T, затопљена је за узану као W савијену цев u, од фосфорнога стакла. У цеви T увијена је спирала C од алуминијумске жице, која на својим крајевима носи мале лопте t и t_1 такође од алуминијума и увучене до некле у цев u. Кад се цев T увуче за тим у шупљину једног примарног калема кроз који протичу пражњења лајденске боце разређени се гас у узаној цеви u јако усија струјама јаких напона, индуцираних у спирали C. Ако се за индукцију струја у спирали C употребе пражњења лајденске боце, онда ваља напунити цев T каквим изолаторским прашком, пошто се често дешава да варница прескочи између појединих завоја спирале а нарочито ако је примарна жица дебела и ваздушни слој, кроз који се боца празни дебео, због чега настају не мале сметње у експерименту.



Сл. 151.

На сл. 152 представљен је други облик тога апарата. Овде је цев T затопљена за лопту L. У цеви је спирала c а њени крајеви пролазе кроз две стаклене цеви t и t_1. Обично је лопта L у вези са цеви T. Тога ради се крајеви узаних цеви t и t_1 толико у пламену загреју да држе жице које су у њима али да не прекину везу између цеви T и лопте. Најпре се спреми цев T са узаним цевима и жицама у њима као и са рефракторним куглицама m и m' па се онда затопи за лопту L; за тим се навуче спирала C и споји са жицама у узаним стакленим цевима. Цев T напуни се изолаторским прашком набијајући га што је могуће боље све до близу врха, за тим се цев затвори и остави једна мала рупа, кроз коју се још заостали простор прашком испуни па се онда цев са свим затвори. Обично код лампа конструисаних по сл. 152 алуминајумска цев a утврди се за горњи крај s сваке узане цеви t и t_1 тако да заклони те крајеве од топлоте. Куглице m и m_1 могу се до ма ког степена усијати, спроводећи пражњења лајденских боца око спирале C. У таквим лампама са две куглице могу се произвести врло занимљиви ефекти, изазивањем сенака сваке поједине куглице.



Сл. 152.

Други низ експеримената који је брижљиво извођен, био је, да се електродинамском индукцијом индуцира струја или светлосно пражњење кроз разређену цев или лопту. Без сумње је многи приметио, кад се узме дужа испражњена цев, да онда електромоторска снага, која је на јединицу дужине потребна, да изазове светлосно пражњење кроз такву цев, непрекидно опада; према томе ако се таква испражњена цев довољно продужи може се кроз њу и са ниским фреквенцијама

индуцирати светлосно пражњење нарочито кад се још крајеви њени међу собом споје. Таква се цев може наместити свуда около у каквој соби или на таваници и њоме цео простор јако осветлити. Али би таква лампа била веома незгодна и било би тешко њоме руковати. Кратке се цеви овде не би могле употребити јер би се са обичним фреквенцијама врло много струје губило у облогама. На против кад би узели струје врло високих фреквенција, дужина секундарног ланца — другим речма величина суда — могла би се по вољи редуцираги услед чега би издашност светлосних претварања знатно порасла. Према томе и са теоријског као и са практичког гледишта долазимо до закључка да ваља употребити струје високих фреквенција, то ће рећи, јаких електромоторских снага а слабих количина у примарном ланцу. Кад се ради са кондезаторима, — а то су за сад једина средства за добијање тих ванредних учестаности — онда се добија електромоторска снага од више хиљада волата на сваки завој примарног калема. Електродинамско се индуктивно дејство не може повећати повећавањем броја завоја у примарном калему, јер се у сваком случају долази до закључка да је још најбоље узети само један завој — и ако се по кад што може одступити од тог правила. — Али пре него што се дође до веома високих фреквенција, које су потребне да се у малу лопту пошље електромоторна снага од више хиљада волата, електростатички су ефекти достигли до велике важности јер ти ефекти расту онако као што расте учестаност.

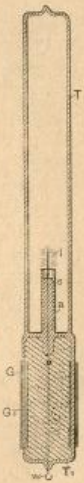
Али ако се и шта у овим експериментима жели, то је што виша учестаност; с друге стране што је учестаност виша, тим ће бити горе са електродинамским дејствима. Осим тога, електростатичко се дејство може ојачати докле се хоће умножавањем броја завоја на секундарном калему или комбиновањем самоиндукције и капацитета да порасте потенцијал. Ваља међу тим и то напоменути, да свођењем количине струја на најмању вредност и повишавањем потенцијала, електрични се импулси високих фреквенција могу лакше пренети кроз спроводник.

Такве и сличне мисли биле су повод, да скренем своју пажњу тим електростатичким појавама и да се старам да произведем што више потенцијале и фреквенције. На том путу нашао сам, да се могу испражњене цеви усијати врло далеко од спроводника спојених са згодно конструјисаним индукционим калемом и да се могу подизањем осцилаторске струје кондензатора на виши потенцијал, произвести наизменичка електростатичка поља, која дејствују кроз цео простор једне собе и усијавају цев, па ма где се она држала у том простору. Ја сам приметио да сам тиме пошао један корак у напред и остао сам на том путу; али сам рад да напоменем, да са свима пријатељима науке и напретка имам само једну и једину жељу, — да дођем до резултата који би били од користи по цело човечанство па ма какав био правац до кога ме, било закључци било експерименти буду довели. Ја држим да је горње схватање правилно, јер ја не могу да видим, посматрајући појаве који се јављају растењем фреквенције, шта може друго дејствовати између два ланца, који на пример проводе импулсе од више стотина милијуна на секунду, ако не електростатичке силе. Са таким фреквенцијама сва ће енергија прећи у напон, у потенцијал, и моје је уверење јако порасло да ма какве врсте кретања била светлост, ње производе страховити електростатички напони треперећи огромним брзинама.

Међу свима појавама, које се могу произвести електричним импулсима високе учестаности, најзанимљивије за слушаоце су без сумње оне, које се јављају у електростатичком пољу на великим даљинама; због тога је најбоље да неизвежбан предавалац отпочне и заврши своје предавање са тим чудноватим појавама. Ја држим цев у руци и кретњем је по околини она се расветли ма где је ја држао; кроз цео простор дејствују неке невидљиве силе. Кад узнем другу цев, она не ће светлити, јер је вакуум сувише висок. Али ако је тако рећи надражим дисруптивним пражњењем калема, она ће засветлити у електростатичком пољу. Ја је сад могу оставити више недеља или месеци, и она ће задржати своје

надражено стање. Шта се то десило са цеви тим изазивањем или дражењем? Ако је то какво атомско кретање, онда је тешко схватити, како је могуће да оно остане још тако дуго и да се не изгуби у след атомског трења; а ако је то какав напон, изазват у диелектрику на пример такав као што га обично електрисање изазива, онда се може лако разумети како тај напон може да остане на свагда, само се тешко може схватити, зашто ће таква околност олакшати горе поменуто дражење, кад имамо посла са потенцијалима који се брзо и наизменички мењају.

У даљим мојим експериментима, дошао сам до неколико другојаче интересних ефеката. Тако на пример могао сам усијати куглице, угљене конце или жице затворене у каквој цеви. Да се то тог резултата дође, било је потребно пренети енергију из електростатичког поља на оно тело које хоћемо да усијамо. У почетку је задатак изгледао тежак, али после неколико проба могао се тражени резултат лако постићи. У сл. 153 и 154. представљене су две цеви спремљене за тај циљ. На сл. 153 видимо кратку цев T_1 са дршком s и платинском жицом у њој, затопљену за другу, дужу цев T. За жицу је утврђен један угљени конац l а веза са спољашњошћу извршена је танком бакарном жицом w. Цев је с поља и из нутра обложена облогама C и C_1 и напуњена је све докле облоге допиру са спроводним, а изнад облога са изолаторским прашком. Те су облоге узете нарочито за то, да жељени ефекат изазовемо било непосредним спајањем експериментаторовог или каквог другог тела са жицом w, или индуктивним дејством кроз стакло. Око дршке s налази се алуминијумска цев a, којој је задатак горе изложен, и само један мали део конца вири изнад цеви. Кад се цев T_1 ма где унесе у електростатичко поље, конац се усија.



Сл. 153.

Још је интересија справа представљена на сл. 154. Конструкција је слична пређаш-

њој, само у место обичног угљеног конца, танка платинска жица p затопљена у дршки s и савијена изнад дршке у круг, спојена је са бакарном жицом w, која опет допире до унутрашње облоге C. Мала дршка s, носи једну иглу и на врху те игле удешено је да се може окретати са свим слободно, врло лако крило од лискуна v. Да не би то крило пало, танка стаклена дршка g савијена је и згодно утврђена за алуминијумску цев. Кад се цев држи ма где у електростатичком пољу, платинска се жица усија а лискунско се крило стане великом брзином обртати.

Сл. 154.

Интензивна се фосфорност може изазвати у каквој лопти, кад се само споји са каквом плочом у самоме електростатичком пољу, и та плоча не треба да је већа од обичног заклона за лампе. Фосфорност изазвана тим струјама је несразмерно јача него са обичним справама. Мала фосфораста лопта, спојена са жицом која долази са калема, даје довољно светлости да се може читати обичан слог 5 до 6 корака далеко. Било је занимљиво видети како ће се фосфорасте лопте проф. Крукса понашати према тим струјама, и он је био тако љубазан да ми их неколико пошаље за тај циљ. Ефекти су били величанствени нарочито са калцијум-сулфидом и цинкеним сулфидом. Са дисруптивним пражњењем калема оне интензивно светле, кад се просто држе у руци и телом додирне пол калема.

До ма каквих резултата довела истраживања те врсте, њихов главни интерес за данас лежи у томе, што помоћу њих можемо доћи до врло корисних справа за осветљење. Ни у једној се грани електричне индустрије не жели толико напредак као у справљању светлости. Сваки мислилац, посматрајући данашње варварске методе осветљавања, као и огромне губитке, који се дешавају код наших најбољих система за производњење светлости, мора се питати, какво ће бити будуће осве-

љење? Да ли ће то бити каквоj усијано чврсто тело као у садањим лампама, или усијан гас или какво фосфорасто тело или нешто налик на пламен али несразмерно издашније?

Веома су слаби изгледи, да се гасне лампе могу знатно усавршити; не због тога што се човечија досетљивост исцрпла на том већ вековном проблему не учинивши никакво радикално савршенство, — и ако и тај аргуменат није без значаја — него с тога, што се у гасном пламену не могу постићи виша треперења а да се протходно не прође кроз нижа. Јер каквим би иначе путем постао пламен, ако не падањем подигнутих тежина? Такав се пак процес не би могао одржати без обнављања, а обнављање се врши проласком са нижих ка вишим вибрацијама. Један само пут изгледа отворен за усавршавање гаснога пламена, а то је, да се постигне што већи ступањ усијања. Виша усијаност одговара бржем треперењу; то ће рећи више светлости од истог материјала а то опет значи већа уштеда. У том је правцу истина нешто постигнуто, али је даље напредовање спречено многим тешкоћама. Оставивши дакле гасни пламен на страну, остају нам за усавршавање осветљења три начина, напред поменута, који су сви електричне природе.

Претпоставимо, да ће светлост најближе будућности бити, електрицитетом усијано чврсто тело. Да ли не би било боље узети за то, малу куглицу него ли ломан угљени конац? Са разног гледишта, мора се закључити, да се куглицом већа економија постиже, узевши да су тешкоће спојене са справљањем таквих лампа савладане. Али да се таква лампа запали, потребан је висок потенцијал; а да се опет до њега дође ваља да узнемо струје високих фреквенција.

Са истим се разлозима сретамо и кад би хтели да произведемо светлост усијавањем гасова или фосфорношћу. У сваком су нам случају потребне високе учестаности и високи потенцијали. Одавно сам ја дошао до тих закључака.

Служећи се врло високим фреквенцијама, постижемо многе практичне користи. као што је на пример већа економија у производњењу светлости, за тим могућност да у лампи имамо само једну електроду, па дакле да се служимо само једном спроводном жицом и тако даље.

Питање је само, докле можемо ићи са фреквенцијама? Обични спроводници брзо изгубе способност да преносе електричне импулсе врло високих фреквенција. Рецимо да су средства за добијање импулса врло високих фреквенција доведена до крајњег савршенства; сваки ће очевидно питати, како ћемо их пренети с једног места на друго? Преносећи такве импулсе кроз спроводнике морамо се сетити да имамо посла са *притисцима* и *струјањем* у обичном смислу тих речи. Нека притисци порасту до огромне вредности, и нека струјање сразмерно опадне, онда се такви импулси — биле варијације притиска ма какве — нема сумње могу пренети кроз жицу па ма фреквенције биле и више стотина милијуна у секунди. Свакако овде не може бити ни говора о спровођењу таквих импулса кроз жицу потопљену у каквој гасовитој средини, јер и ако је жица на најбољи начин изолована, ипак се не може спречити гасно молекилско бомбардовање па дакле и загревање. Онај крај жице што је спојен са извором загрејаће се, а до другог ће краја проћи само мали део послате енергије. Прва ствар, коју дакле ваља код таких електричних импулса осигурати била би, да се нађу средства како да се тај губитак, што више смањи.

Прва би мисао била, употребити што тање жице, изоловане најдебљим изолаторима. Друга би била, употребити електростатичке заклоне. Изолација жице могла би се покрити танком спроводном облогом и та би се облога имала спојити са земљом. Али то не може бити тако, пошто би онда сва енергија прошла кроз спроводну облогу у земљу и ништа не би стигло до другог краја жице.

Ако је таласка дужина импулса много мања од дужине жице, одговарајући кратки таласи постаће и у спроводној облози и биће више или мање то исто као да је облога непосредно спојена са земљом. Потребно је дакле исећи облогу на комаде, краће од таласких дужина. Такав распоред не би истина дао савршен заклон, али је ипак десет хиљада пута бољи но ништа.

Кад би жица била снабдевена добрим електростатичким заклоном, то би било тако исто, као да су сви предмети од ње безкрајно далеко. Цео би се капацитет свео на капацитет саме жице, који је у осталом врло мали. Било би онда могуће послати по жици струјне вибрације врло високих фреквенција на огромне даљине, а да не изгубе од свог карактера. Савршени заклон у осталом не постоји, али држим да би се са таким заклоном, као што га мало час описах, могло телефонисати кроз атлански океан. Према овоме, гутаперком омотану жицу, ваљало би обложити танким спроводним материјалом подељеним на одсеке. По врх тога ваљало би превући нов слој гутаперке и остали изолаторски материјал и преко свега тога, дошао би слој за одбрану. Али такав се кабал неће направити, јер ће много пре, човечији ум — пренесен без жица — треперити по целој земљи као пулс у живом организму. Чудно је само, што се са садашњим стеченим знањем и искуством ништа не покушава, да се ремећењем електвостатичких или магнетских особина наше земље, не преноси ако ништа друго, а оно бар наш ум, наша интелегенција!?

Моја је главна намера била износећи вам показане резултате, да обратим вашу пажњу на феномене или појаве које имају нечега новога на себи и да изнесем извесне мисли које ће, надам се, служити као полазне тачке за нова открића. Моја је главна жеља била, да вас овога вечера упознам са неколиким новим експериментима. Ваше одобравање и пљескање, које сте ми тако често и тако обилато указивали, говоре ми да сам успео.

На завршетку, дозволите ми да вам од свег срца благодарим на вашој љубазности и пажњи и да вас уверим, да нећу никад смести с ума ни част, коју сам имао обраћајући се тако одличном скупу, ни задовољство које ме је пратило износећи ове резултате пред скуп тако одличних и способних људи.

И ако су многобројни и веома разноврсни резултати, које је Тесла у својим поменутим предавањима изнео пред учени свет, ни су с њима исцрпени и сви његови научни радови. И не одморен од силнога напрезања на свом путу кроз Европу, и не утешен за губитком, који је смрћу своје матере претрпео, Тесла вративши се у своју нову постојбину, наставља већ више месеци прекинути посао. Године 1893 припрема се светска изложба у Чикагу и за ту изложбу ваља спремити нових експеримената, ваља пронаћи нових чуда на пољу електричне науке. И за невероватно кратко време, Тесла долази до читаве гомиле нових ствари које износи у своја два предавања пред „Франклиновим Институтом“ у Филаделфији и „Електричном Заједницом“ у Сен-Лују у Фебруару и Марту 1893. Дошао нам је до руку онај број највећег америчког листа „New York Herald-a“ од 11 (23) Априла 1893, у коме се говори о тим предавањима Теслиним. И да би наши читаоци видели, какво мишљење влада о Тесли у Америци, у земљи препуној чувених људи, ево доносимо увод тога чланка. Чланак је написан по америчком обичају и ми га доносимо неизмењена:

Научењачка почаст,

Никола Тесла.

Многи га називају најзначајнијим електричаром овога века.

Његова чудновата открића.

Он држи да се земљин електрицитет може провести кроз ваздух.

Срцем је прави Американин

Шта он мисли о електротехници као занимању младих људи.

Николу Теслу називају научари, који иначе нису издашни својим похвалама, „највећим живим електричаром.“ На последњем збору инжињера електричара, који је држан у Сен-Лују, један веома познат електрични лист доносио је дневне извештаје или „изводе“ из програма и дневнога реда, објављивао је списак делегата и одличних чланова тога збора, као и нарочите чланке, који су се непосредно тицали дневнога реда самога збора.

Једно вече, а за време трајања тога збора, г. Тесла је држао предавање о својим последњим експериментима. Поменути је лист тај дан донео кратак нацрт његовога живота. И толико је било интересовање за тога младића, да је тога дана по улицама Сен-Луја продато више од четири хиљаде бројева новина, у којима је била његова биографија — нешто што се до данас није десило у историји електричног новинарства. Само предавање, које је то вече држао у великој музичкој дворници, било је тако похођено, како ни једно друго предавање те врсте, које је до данас држано у Здруженим Државама.

Интересно је, да нам је тај знаменити човек дошао из једне од најмањих и тек у последње време познатих држава европских, да је још млад (има тек тридесет и шест година) и да је он, по мишљењу најпризнатијих научара, тек отпочео да износи пред свет, резултате својих значајних истраживања.

Приликом једне скорашње електричне свечаности, појединци су спомињали његово име с неком врстом страхопоштовања, као име човека у чијим су рукама мађијске силе над највећим тајнама природним. Људи, који стоје у првим редовима научним, не само у Здруженим Државама него и у Европи, држе, да не ће дуго проћи па ће нам Тесла објавити таква открића, која према данашњем нашем знању о електрицитету стоје онако, ка што стоји телеграф спрам поштанских кола. Тесла је држао само три, четири предавања — једно у Филаделфији, друго у Сен-Лују, два у Паризу и Лондону — и свако је то у предавање слушао и аплаудирао прави crème de la crème научњачкога света.

Скромност, једна његова врлина.

Друга значајна карактеристика г. Тесле — нарочито ако се обазремо на доба у коме живимо — јесте његова скром-

ност. Због ње је он још већма уважен од својих познаника, она му још више подиже глас у свету. Његови пријатељи могу заиста рећи као онај стари драмски писац: „Твоја је скромност буктиња твоје вредности.“

Ми говоримо истину кад кажемо да је многе, веома велике похвале он примио неповољно. Он са свим искрено држи, да ни у колико није заслужио онолике хвале које се о њему непрестано доносе. Он је одушевљен радник у својој струци; он држи да је само један заставник у великом походу људскога напретка, и да је он толико дужан другим мислиоцима, који су на том новом пољу науке радили, колико опет сви други држе, да је све то само његова заслуга. У његовом чувеном лондонском предавању, по што је изјавио како веома цени част, које је удостојен да говори пред највећим научарима светским, ове речи показују карактер његов. Он вели:

„Резултате, које имам част да изнесем пред тако узвишене слушаоце, не могу назвати својима. Има међу вама више њих, за које могу рећи, да је пре њихова но моја заслуга за многе предмете вечерашњега предавања. Није потребно да спомињем многа имена која су свима позната — имена оних међу вама, који су признати као прваци у овој чаробној науци, али једно име морам споменути — име које се не сме прећутати у експериментима ове врсте. За то су име везана најлепша открића, која су икад учињена. То је Крука.“

А сад да пређемо на сама предавања која доносимо у само местимице скраћеном преводу. Оригинални наслов предавања гласи: *Светлосне и друге појаве са високим фреквенцијама.* (Light and other High Frequency Phenomena).

УВОД — НЕКОЛИКЕ МИСЛИ О ОКУ

Кад погледамо на свет око нас, на природу које смо и ми један део, изненађени смо њеном лепотом и величином. Свака ствар па била она и најмања, а за коју ми ма којим путем дознајемо, јесте једна целина за себе; али међу свима разноврсним и многобројним стварима, које дознајемо нашим чулима, најчудније је и најјаче утиче на нашу уобразиљу, високо развијен организам, једно свесно биће, биће које мисли — човек. Ако би било ма чега што би нам дало повода да се дивимо појединим природним творевинама, то би био свакако тај непојмљиви склоп, то ремек дело природино, које је од вајкада било најзанимљивији предмет за мислиоце и које је после неуморног испитивања и проучавања од више векова, толико проучено, да се у неколико могу схватити функције његових органа и чула. Па ипак, поред све хармоније појединих делова, делова који сачињавају материјалну, опипљиву страну нашега бића, међу свима његовим органима и чулима, око је рекао бих најинтересније и најчудније. Око је је најдрагоценији, најнеопходнији међу свима нашим органима, оно је она велика капија, кроз коју сва сазнавања улазе у нашу свест. Међу свима нашим органима, око је најинтимније везано за наш разум. Тако је тесан тај однос, да се врло често каже да се сама душа у очима огледа.

Може се сматрати као свршен факат, што се у осталом изводи из теорије виђења, да за сваки спољашњи утисак, то ће рећи за сваку слику, која постаје на нашој мрежњачи, врхови видног нерва (који имају да пренесу тај утисак до мозга), морају бити у неком

извесном надраженом, у извесном вибрационом, трепереħем стању. С друге опет стране, није невероватно, да кад у нашим мислима створимо какву слику, да се у исти мах не изазове рефлексно дејство, ма како оно било слабо, на извесне врхове оптичкога нерва па дакле и на мрежњачу. И да ли ће и када човек моћи аналисати и дознати стање мрежњаче, кад до ње дође рефлексно дејство из мозга; да ли ће икада наћи оптичких или каквих други метода, да створи себи јасан појам о стању тога органа, у свако доба? Кад би то било могуће, проблем читања мисли као у каквој отвореној књизи, био би много лакши него многи други проблеми позитивне физичке науке у чије решење многи и ако не већина научењака ħутке верује.

Има две ствари код ока, које морају да изазову пажњу физичара и ако он мисли или каже, да је око несавршен и непоуздан физички инструменат; на првом је месту тај факат што је, у колико ми знамо, око једини орган, на који *непосредно* утиче она суптилна средина, која као што нам наука тврди, испуњава цео васељенски простор; за тим око је наш најосетљивији орган, несравњено осетљивији спрам свију спољашњих утисака, но ма какав други орган нашега тела.

За чувење потребно је трептање мерљиве, пондерабилне материје; за мирис, преношење одвојених материјалних делића миришљавога тела, а укус и пипање не могу се ни појмити, ако нема непосредног материјалнога додира; то вреди чак и за оне организме код којих су по неки од тих чула до крајности савршени и осетљиви. Па кад је тако за та наша чула, онда је заиста чудновато, да је орган вида једини у стању да се надражи оним, што ни један други орган не може осетити, а што међу тим игра искључиву улогу у свима природним појавама; што преноси сву енергију и одржава сва кретања па и најзаплетенија, — живот, али што је опет таквих особина, да се мора одвојити од свега онога што се у обичном говору назива материја и чему је дато име *етар*. Имајући то све

на уму а и факат што око, својом ванредном моћи проширује границе нашега сазнања веома далеко ван узаног оквира нашега света, и што њиме видимо милијарде других сретова, сунаца и звезда, растурених по бескрајности васељене, имамо права да га назовемо органом вишега реда. Природа, у колико ми знамо, није ништа дивније произвела.

Кад етарски таласи допру до тела човековог, они изазивају у њему осећање топлоте и ладноће, пријатност или бол а може бити и какве друге утиске о којима ми себи не можемо дати рачуна: они изазивају у исти мах и све могуће ступње тих осећања, ступње бескрајне по броју па дакле и осећања бескрајна по броју. Али наше чуло пипања или чуло којим осећамо снагу, не може нам показати разлике у интензитетима сем ако су те разлике врло велике. Међу тим око је у стању да разликује и да саопшти мозгу за тренут безбројне особености тела било по облику, било по боји или ма у ком другом смислу. Та се моћ ока оснива како на приволинијском простирању самога кретања које га надражује тако и на његовој високој осетљивости. Али кад се каже да је око осетљиво, тим није још све речено. Сви остали органи упоређени са оком страховито су груби. Чуло мириса, које води ловачког пса по трагу дивљачи, чуло пипања које води инсекта у његовом кретању, орган за чувење, који осећа и најмањи потрес ваздушни, све су то органи осетљиви то је истина, али каква је њихова осетљивост сравњена са оком! Без икакве сумње око се одзива и на најслабији покрет средине; оно нас обавештава о осталим световима, бескрајно далеким али језиком, који не можемо увек да разумемо. А зашто не? Јер живимо у средини пуној ваздуха и других гасова, пуној пара и густе масе чврстих делића који се ковитлају око нас. Све то знатно утиче на многе појаве; они растуре вибрациону енергију пре но што она приспе у наше око; у њима је легло штетних клица, који се увлаче у наша плућа и друге наше органе, отежавају и сметају њиховим раду и најзад прекидају сам ток живота. Кад

би били у стању да уклоним свуколику пондерабилну материју из видног правца једнога дурбина, он би нам показао чуда о којима ми и не сањамо. Па и само око не наоружано, држим могло би разликовати у чистој средини ситне предмете, којих би се даљина мерила стотинама а мож'да и хиљадама километара.

Има нешто код ока што је важније од његовог ванредног склопа сматрано више са физичког него са оптичког гледишта, — има нешто што више изазива нашу пажњу него његова чудновата моћ, да може бити надражено таласањем етра, више но његова непојмљива осетљивост. То је његов значај за сам процес живота. Јер ма како се мислило о природи и животу, око остаје једини пут, којим ми долазимо до сазнања о свему што постоји. Шта је основ целокупног философског система старих и нових времена, у самој ствари целокупне философије о човеку? *Ја јесам, ја мислим; ја мислим дакле јесам.* Али како бих могао мислити и како бих знао да постојим да немам очију? Јер познавање претпоставља свест; свест претпоставља идеју, мисао; мисао претпоставља слику а слика чуло вида па дакле и орган вида. Али питаћете ме, како је са слепим човеком? Заиста слепац може описати у ванредно лепим песмама облике и сцене живота, дакле света који он физички не види. Слеп човек може руковати каквим инструментом без икакве погрешке, може проналазити и откривати нове ствари, може да рачуна и да конструише, може да чини још и већа чуда — али је сваки такав слеп човек потомак људи који су имали очњи вид, који су видели. И као год што један талас у физичком свету, у бескрајном океану оне средине, која испуњава васељену, тако и у свету организма, у животу, један импулс који једном постане продужује своје кретање, час брзином светлости а час тако споро да се за дуго и дуго држи да је изгубљен, да га нема, пролазећи кроз мене тако сложене да их човек не може схватити, али у свима својим ступњима, његова је енергија увек савршено иста. Један само зрак светлости павши са далеке какве

звезде у око тиранина из прошлих времена, могао је променити ток његовога живота, могао је изменити судбину читавог једног народа, могао је изменити површину земљину; ето тако су заплетени тако су непостижни и непојмљиви природни догађаји. Ни на који други начин не можемо себи створити тако потпуну слику о величанствености природе, него кад помислимо да је у сагласности са законом о конзервацији енергије, да су кроз целу васељену силе у потпуној равнотежи међу собом и да енергија само једне мисли може одредити кретање целе васељене. Није дакле потребно да сваки човек, па ни свака генерација или чак ни да више генерација морају имати физички инструменат за виђење те да могу себи створити слику и мислити; него ма кад у току еволуције око је сигурно морало постојати, иначе мисао, као што се то може разумети, била би немогућа, никаква свесност као дух, ум, памет или звала се ма како, не би могла постојати. Могуће је, да је у каквом другом свету, да је код каквих других бића, око замењено каквим другим органом, исто тако или још савршенијим али то биће не може бити човек.

И шта даје нама повода за сва наша својевољна кретања и делања расне врсте? Опет око. Ако сам свестан извесног кретања, морам имати идеју или концепцију, т. ј. слику, дакле око. Ако нисам потпуно свестан некога кретања то је само с тога јер су ми слике неодређене и нејасне, пошто су побркане гомилањем више њих. Али кад ја већ извршим неко извесно кретање, да ли онда импулс, који је у мени то кретање изазвао долази с поља или из нутра? И највећи су се физичари бавили тим и другим сличним питањима и ако се у опште сматра да не спадају у поље позитивних физичких наука, пошто да ће кроз кратко време сигурно спадати. Хелмхолц се без сумње највише међу модерним научњацима бавио са проблемом о животу. Лорд Келвин (Сер Уиљем Томсн. *Прев.*) изразио се већ да је процес живота електричне природе и да има неке силе спојене са самим организмом, која управља кретањима.

Што се мене тиче, ја сам исто тако, као ма о каквој другој физичкој истини, уверен, да импулс за кретање мора долазити с поља. Јер посмотримо најнижи организам, који нам је познат — а има их сигурно још и простијих — агрегат од само неколико ћелија. Ако је тај организам у стању да врши својевољна кретања, онда ће он моћи извршити неодређени број таких кретања и свако ће бити одређено и прецизно. Али један механизам састављен из одређенога, коначнога броја делова, не може вршити неодређени, неограничени број одређених кретања, те према томе импулс, који његовим кретањем управља, мора доћи из околине. Тако на пример један атом, крајњи елеменат у саставу васељене, тај је атом вечита играчка свију спољашњих утицаја као год оно чуњић на узбурканом мору. Ако престане да се креће — он је *мртав*. Мирна материја, кад би је у опште могло бити, била би мртва материја. Мртва материја! Никад пресуда од дубљег философског значаја није изречена. То је начин којим се изражава професор Ђуер (Dewar) у својим ванредним експериментима у којима рукује течним кисеоником као водом и у којима претвара ваздух на обичном притиску и веома великом ладноћом у течност па и у чврсто тело. То су експерименти који нам на свој начин, својим језиком показују последње и слабе манифестације живота, последњи ропац материје пред саму смрт. Али очи људске не ће видети ту смрт. Нема мртве материје јер по целој бескрајној васељени све се креће, све трепери, све живи.

Ја сам се овде упустио у извесна посматрања, (која би ме могла одвести у метафизику), једино с тога, што сам рад да моме предавању дам један увод, који није са свим без интереса. И враћајући се правом предмету, томе дивном органу вида, томе неопходном инструменту мисли и интелектуалног уживања, који износи пред нас чудеса васељене, помоћу кога смо стекли сва знања којима располажемо, и који изазива и који управља свом нашом физичком и умном активношћу, упитајмо се: шта је то што на њега дејствује? Светлост! Шта је дакле светлост?.

Ми смо били сведоци великих напредака извршених у свима гранама науке последњих година. И ти су напретци били тако велики, да се ми сами морамо питати, да ли је све то јава или сан? Али међу свима напретцима има један, кога смо ми такође сведоци, и који је нарочито важан за сваког пријатеља напретка. То није проналазак нити откриће ни усавршеност у неком извесном правцу. То је напредак у свима правцима научнога мишљења и експериментисања. Ја мислим на генерализацију природних сила и феномена, на појаву извесне шире идеје на научном хоризонту. То је идеја, којом су се врло дуго бавили најодличнији умови, идеја на коју сам рад да скренем вашу пажњу, да вечерашњим експериментима учиним први корак ка одговору на питање „шта је светлост?“ и да изведем модерно мишљење о тој речи.

Кад би претресао то питање у опште, ја би премашио границе овога предавања; ја ћу се ограничити само на извесну категорију светлосних ефеката и на известан број појава, на које сам наишао у току мога проучавања тих ефеката. Али ради доследности у мојим напоменама, потребно је да приметим, да је данас већина научњака усвојила као свршен резултат, основан на експерименталним и теоријским истраживањима: да разни облици оне енергије, која је у опште обележена као „електрична“ или још тачније „електромагнетска,“ да разни облици те исте енергије дају и зрачну топлоту и светлост. Према томе, феномени светлосни и топлотни као и многи други, могу се назвати електричним феноменима. Електрична је дакле наука постала мати свију наука и проучавање њено постаје веома важно. И онај дан, кога будемо тачно знали шта је то електрицитет, тај ће дан бити од много већега значаја но ма који други дан у историји људскога племена. Доћи ће време кад ће угодност а можда и сама егзистенција човекова зависити од тог чудноватног агенса. Јер за нашу егзистенцију, за нашу угодност у животу, нама треба топлоте, светлости и механичке снаге. Па како долазимо ми данас до тога? Горњем, троше-

њем материјала. Шта ћемо онда кад шума нестане, кад се сав угљен ископа? Само ће једна ствар, према данашњем знању остати; то је пренос снаге на даљину. Људи ће отићи водопадима, приливу и одливу у којима се налази бескрајно мали део природне неизмерне енергије. Та ће се енергија преносити и употребити на грејање на осветљење и механички рад. А како ће се пренети та енергија ако не електрицитетом? Судите по томе да ли неће људска угодност, шта више егзистенција зависити од електрицитета. И пренос снаге на даљину, који се данас још врши више ради интересности, постаће једнога дана права потреба.

За онога који хоће да проучи светлосне феномене, много је важније да се упозна са извесним општим модерним појмовима, него да прелистава читаве књиге писане специјално о светлости. И кад би имао да изводим те демонстрације пред ученицима, који траже поуке. ја би се старао да их убедим о тим појмовима, у овој серији експеримената.

Тога ради довољно би било да извршим само један прост и врло познат експеримент. Могао би узети обичну лајденску боцу, напунити је обичном статичком машином и испразнити је. Кад би вам објаснио њено перманентно стање кад је пуна, и прелазне услове кад се испразни, кад би обратио вашу пажњу на силе које ту дејствују и на појаве, које те силе изазивају мени би потпуно испало за руком, да вас убедим о тој модерној идеји. Али ово треба да буде експериментално предавање и то предавање у исти мах и поучно и забавно, и у таквом предавању, једним простим експериментом, као онај мало час поменути, не би предавач могао постићи свој постављени циљ. Морам дакле узети други начин извођења, који истина више пада у очи али је можда и поучнији. У место дакле да узнем електростатичку машину и лајденску боцу, служићу се у овим експериментима једним индукционим калемом специјалних особина, калемом, који сам подробније описао у једном предавању пред лондонским Институтом инжињера електричара у фебр. 1892. Тим се калемом

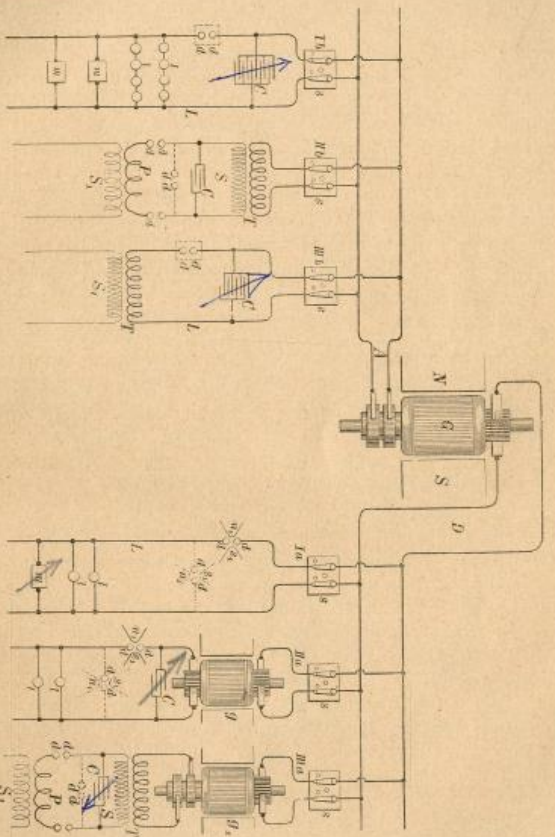
могу постићи струје огромних потенцијалских разлика и ванредно брзих учестаности. Тим ћу вам апаратом показати три разне врсте појава или феномена и моја је жеља, да сваки експеримент изнесе пред вас какву нову истину или да вам покаже извесне нове погледе на ту занимљиву науку. Али пре него што пређем на те експерименте, потребно ће и корисно бити да проговорим неколико речи о апаратима и методама, којима се могу постићи струје високих потенцијала и фреквеција, потребне за наше експерименте.

О апаратима и методама претварања струја.

Метода, којом се долази до потребних струја, изнесена је од прилике пре две године у мом експерименталном предавању пред америчанским Институтом инжињера електричара. На сл. 155 представљено је нек лико разних начина којима се могу добити поменуте струје, било из једносмислених било из наизменичних струја слабе учестаности. Главна је ствар напунити кондензаторе струјама било једносмисленим било наизменичним по могућству што виших напона, и празнити их дисруптивно, старајући се при том, да се испуне свима познати услови за одржање осцилације тих струја.

Због важности коју имају струје високих учестаности и ефеката, који се њима могу постићи, држим да неће бити без користи да се мало дуже задржим код метода претварања тих струја. И да би ствар била простија, претпоставићу, да имамо једносмислену струју. Та струја треба да буде већ под извесним напоном, како би могла дати варницу кроз танак слој ваздуха. Ако струја не буде била таква, онда се морају употребити друга помоћна средства; о извесним тим средствима биће говора мало доцније. Кад се таквом струјом напуне кондезатори до извесног потенцијала, ваздух или каква друга изолаторска средина попусти и кондензатори се дисруптивно испразне. Кондензатори се за тим по нова врло брзо напуне и испразне и то се

сад понавља са већом или мањом учестаношћу непрестано.



Сл. 155.

Да се постигну тако нагле промене, падови или бујице струја, ваља пазити на неке извесне услове. Ако је брзина којом се кондензатори пуне једнака брзини којом се они празне, онда очевидно кондензатори не играју никакву улогу. Ако је брзина пражњења мања од брзине пуњења, кондезатори ни онда не играју важну улогу. На против, кад пражњење буде брже од пуњења, онда се опажа сукцесивно падање струје и ако је брзина пражњења много бржа од брзине пуњења, падова нема много и понављају у интервалима доста дугим. То ће бити кад се пуни кондензатор врло великога капацитета сразмерно малом машином. Кад се брзина пуњена не разликује много од брзине пражњења, онда је падање струје брже и то тим брже, у колико је мања разлика између обеју брзина, наравно у колико су други услови испуњени. Према томе, можемо једносмисленим струјама добити тако брза пражњења каква хоћемо. У осталом, у колико је већи напон употребљене струје, у толико је мањи капацитет кондензатора потребан, и у томе је разлог, ради кога треба узети струју што већега напона. Осим тога, таквом се струјом може постићи већа брзина треперења.

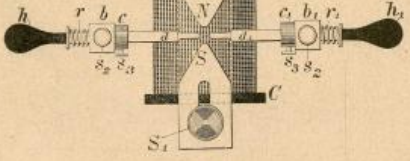
Струјне бујице или падови могу бити истога правца под условима горе поменутим, али се врло често поред основне вибрације струје појави једна секундарна — наметнута — осцилација. Кад су услови такви, да те секундарне осцилације нема, импулси су струје једносмислени и то би био начин за претварање једносмислених струја високог напона у такве исте струје ниског напона, што би се, држим, могло применити и у индустрији.

Тај начин претварања струја је веома интересан, и веома сам био изненађен његовом лепотом кад сам га прво пут остварио. За њега ни су потребна никаква нарочита механичка удешавања и њиме се могу добити струје свију могућих фреквенција па биле првобитне струје једносмислене или наизменичне. Фреквенција основнога пражњења, зависећи од односних брзина пуњења и пражњења кондензатора, може се

по вољи мењати у широким границама самим удешавањем тих брзина, а фреквенција наметнутих или секундарних осцилација, може се регулисати капацитетом, самоиндукцијом и отпором ланца. Потенцијал струја, може се поћети толико високо колико може издржати изолациони материјал и то било комбинацијом капацитета и самоиндукције, било изазивањем индуцираних струја у каквом секундарном калему, који тога ради може имати само мали број завоја.

У обичним приликама и кад се ради једносмисленом струјом, не могу се тако лако добити струјне вибрације, па с тога је потребно поред варнице употребити једно прекидало и ја сам пре извесног времена показао, како се на то може употребити или ваздушна дуваљка или магнет или каква друга слична направа. Магнет се корисно може употребити нарочито код трансформације једносмислених струја, јер онда врло добро дејствује. Кад је првобитна струја наизменична, онда би било боље, као што сам то већ на другом месту показао, да учестаност не буде велика и да струје које дају варницу буду јаке, како би и дејство магнета било јаче.

Таква једна врста прекидала представљена је на сл. 156 и магнети су нарочито удешени за претварање



Сл. 156.

једносмислених струја. N и S су полови једног врло јаког магнета у калему C, и могу се премештати за-

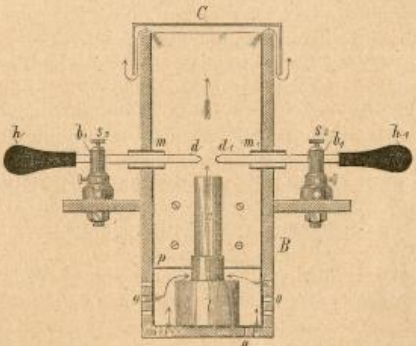
вртњима S и S_1. Варница прескаче између шипака d и d_1 којих се раздаљина може такође удешавати и мењати. Кад се хоће да варница почне прескакати, онда се руком удари о ебонитску дршку h или h_1; тиме ће се шипке d и d' саставити али само за тренут, јер ће их еластичне опруге r r, одма раставити. Тај начин паљења варнице врло је згодан у више случајева а нарочито кад електромоторска снага струје није довољно велика да сама варницу запали.

Брзина прекидања струје магнетом зависи од интензитета магнетскога поља и од потенцијалне разлике на крајевима где варница прескаче. Прекидања су та пак тако брза да произведу музички тон. Одавно се зна, да кад се јак индукцион калем празни између полова једнога магнета, да је онда праска тако јака, као да се пуца каквим мањим пиштољем. Онда се само тек у опште говорило, да магнетско поље ојачава варницу. Данас се зна, да магнет, небројено пута прекида струју која се празни и на тај начин изазива звук. Нарочито је тај феномен интересан кад се јака струја из динамомашине прекида у јаком магнетском пољу.

Кад је струја, која даје варницу, сразмерно јака, добро би било навући на врхове оних шипака између којих постаје варница, по комад врло тврдог угљена те да варница између њих прескаче. Тиме се чувају шипке и осим тога има ту добру страну, што је ваздух између угљенова топлији (јер угљен спорије проноси топлоту од метала) и онда се слабијом електромоторском снагом може одржати варница.

Друга врста прекидала које се у извесним случајевима може употребити представљена је на сл. 157. Као што слика показује, шипке d d_1 између којих постаје варница пролазе кроз дуварове једне дрвене кутије B, покривене изнутра дебелим слојем лискуна као што су лискуном обложени и отвори кроз које пролазе те шипке d d_1; дебље извучене линије представљају те лискунске облоге. Кутија је озго покривена поклопцем C. Слој ваздуха што је између шипака d и d_1 греје се

ламном *l*. Преграда *p* одваја доњи део лампе од горњега те на тај начин ваздух може из доњега дела прећи у горњи, само кроз цилиндар лампе *c*; ваздух потребан за горење лампе улази кроз отворе *o o*, као што показују стрелице. Кад апарат ради, онда се ку-



Сл. 157.

тија затвори да се светлост не види што је у осталом потребно у извесним експериментима. Ова врста прекидања је проста али врло добра, само кад се њоме рукује како треба. Загрејан ваздух изгуби нешто од своје изолационе моћи, постаје слаб диелектрик у след чега варница прескаче на много већој даљини. По себи се разуме да ваздух ваља још да буде довољан изолатор како би се могло остварити *дисруптивно* пражњење.

Варница која на тај начин постаје у том апарату, и кад је мало дужа може бити веома осетљива, те и слаба ваздушна струја кроз цилиндар лампе је довољна, да изазове врло брза прекидања струје. Та се брзина може регулисати удешавањем температуре и јачине саме ваздушне струје. У место лампе може се и на други начин изазвати струја топлога ваздуха. Исто се тако може ваздух диелектрички ослабити и разређивањем. Ја сам и по том принципу правио пре-

кидала узевши још и магнете. Тога ради провуку се кроз једну цев дебеле угљене или металне електроде, између којих има да прескаче варница и цев се мете у јако магнетско поље. Из цеви се извуче ваздух до тог степена да варница лако прескаче али свакако притисак ваздуха у цеви мора бити изнад 75 милиметара живиног стуба, јер на том притиску пражњење није више дисруптивно већ непрекидно.

Ваља приметити овде, да кад се служимо прекидалима ове врсте и кад струја пролази кроз примарну жицу каквога калема са дисруптивним пражњењем, није у опште корисно произвести већи број прекида за секунду но што је природна учестаност саме струје којом се служимо, и која је учестаност обично слаба. Исто тако ваља напоменути, да као год што су поменуте направе са дисруптивним пражњењем корисне под извесним условима, исто тако могу оне бити и извор многих сметња јер изазивају више пута извесне неправилности у треперењу што би свакако ваљало избећи.

Али морам на жалост рећи, има у овој лепој методи претварања струја једна мâна, која на срећу није битна и коју сам поступно успео да уклоним. Најбоље ћу скренути вашу пажњу на туману, и показати како се она може избећи, ако упоредим електрични са механичким начином прекидања струја. То се да најбоље овако представити. Замислите један суд и на дну један велики отвор који затвара каква челична опруга својим притиском тако, да се тај отвор *напрасно* отвори кад ниво течности у суду доспе до извесне висине. У суд ћемо доводити течност кроз цев извеснога пресека. Кад ниво течности доспе до критичне висине, опруга ће попустити и отвор ће се на дну суда отворити. За тренут ће течност истећи из суда и опруга ће из нова затворити отвор. Суд ће се опет пунити до исте висине и после извесног времена поновиће се оно исто што и мало час. И сад је очевидно, да ако доводна цев више донесе течности него што може кроз отвор суда да истече, отвор ће увек остати отворен и теч-

ност ће се толико нагомилати у суду да ће се преливати. Ако цев донесе исто толико течности, колико може кроз отвор истећи, отвор ће остати у неколико отворен, а затварач неће треперити. Али ако цев мање пропушта течности но што може кроз отвор истећи, онда ће се отвор час отварати, час затварати т. ј. трепериће. И онда кад год затварач затрепери, засебно ће затреперити и опруга као и течни стуб, ако је само еластичност опруге и инерција стуба згодно удешена. У овом упоређењу, течност се може сматрати као електрицитет, или електрична енергија, суд као кондензатор, опруга као диелектрик или изолатор, а доводна цев као спроводник који спроводи електрицитет у кондензатор. И да би упоређење било потпуније, ваља још узети на ум, да кад год затварач попусти, он удара о извесне нееластичне делове у след чега се извесан део енергије губи као што тога губитка има и у след трења. У том упоређењу претпоставило се да је течност под сталним притиском, али се исто тако може узети да се притисак мења на извесан правилан, ритамски начин што би онда одговарало наизменичним струјама. И ако сама појава у том случају није тако проста, ипак је дејство у опште узев, исто.

Да би треперење било у економском погледу боље, желело би се, да се удари и трење што већма смање. Што се тиче трења, које у електрицитету одговара отпору струје кроз ланац, оно се не може са свим избећи али се може свести на најмању меру кад се згодно удесе димензије ланаца и кад се узму спроводници танки и у форми плетенице. Али губитци енергије у след попуштања диелектрика — који у горњем примеру одговарају удару отвора о нееластични устављач — много су важнији и њих ваља нарочито избегавати. У тренутку кад диелектрик попусти, слој ваздуха има врло велики отпор, који се врло вероватно знатно смањи кад струја достигне известан интензитет и кад је ваздух на високој температури. И овај би се губитак енергије знатно смањио, кад би се ваздух непрестано одржавао на врло високој температури; али онда не

би било варнице, не би било дисруптивног пражњења. Грејући дакле тај слој ваздуха умерено, лампом или иначе, економија, у колико се тиче варнице је осетно порасла. Али магнет или ма какво друго прекидало не смањује губитак у варници. На исти начин и ваздушна струја само олакшава расипање или растурање енергије. Ваздух или гас у опште, понаша се врло занимљиво у том погледу. Кад се два тела напуњена електрицитетом до врло високог потенцијала испразне дисруптивно кроз слој ваздуха, једну ће извесну количину енергије узети ваздух. Та се енергија очевидно утроши на међусобне ударе молекила ваздушних. Измена молекила се у простору дешава непојмљиво брзо. Кад се велика количина електрицитета између електрода испразни, електроде остану ладне и ако губитак енергије у ваздуху може да буде знатан. На тај се начин може варницом и врло великим потенцијалским разликама растурити снага од више парних коња, а да се не примети ни најмање повишавање температуре у околном ваздуху. На против, ако се спречи размена ваздушних молекила, на пример кад се ваздух херметички затвори, онда ће се он врло брзо и врло јако загрејати па ма потенцијал и не био висок. У осталом ваља приметити да је немогуће одредити колики се део енергије троши на звучне таласе приликом каквог јаког електричног пражњења, па били они такви да се могу чути или не. Ваздух или гас у опште и то бар под обичним атмосферским притиском, није најбоља средина, кроз коју би се могао електрицитет дисруптивно празнити. Ваздух или какав други гас али под јаким притиском био би наравно много згоднији. Ја сам извршио врло дуги низ експеримената у том смислу али су они непрактичнији због многих тешкоћа и трошкова који прате компримовање ваздуха. Па и онда, кад се електрицитет празни кроз какву течну или чврсту средину, и онда ти губици постоје и ако су у опште много мањи јер чим варница постане то чврсто или течно тело испарава. И заиста, нема тела, које електрична варница не би могла разнети

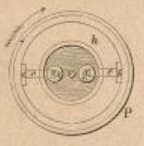
и научари још нису на чисто са тим, да ли у опште може постати у ваздуху електрична варница, а да се у исти мах ситни делићи не кидају и не разносе са електрода. Кад је струја слаба а варница врло дугачка, ја мислим да се врло велике количине енергије троше на распршање и разношење електрода, које међу тим могу остати хладне.

Идеална средина за електрично пражњење треба само да се процепи или распукне, а идеалан материјал за електроде, не би требало да се распада и троши. Кад су струје слабе, може се узети алуминијум, али не и кад су струје јаке. Пробијање варнице кроз ваздух као и више или мање кроз све обичне средине није такво као да се ваздух процепи или распукне, него више личи на пробијање великог броја танади кроз какву масу, која се опире њиховом продирању и која троши огромне количине енергије. Средина која би се само распукла под електростатичким дејством — а то би могло бити само у потпуно празном простору т. ј. у чистом етру — изазвала би само мали губитак енергије, тако мали да би се могао занемарити бар теоријски, јер таква пукотина могла би постати бескрајно малим померањем околних делова. Разређујући најбрижљивије ваздух у једној дугуљастој цеви, кроз коју пролазе две електроде од алуминијума, успео сам, да толико ваздух разредим, да је дисруптивно пражњење секундарне жице индукционог калема дало са свим танке кончане варнице. Интересна ствар у овом експерименту била је та, што варница није искакала са врхова електрода већ далеко иза обе алуминијумске плоче које су служиле као електроде. Та ванредна разређеност у цеви могла се одржати само веома кратко време.

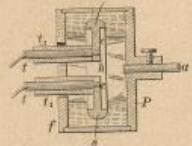
Да би се вратили на идеалну средину, замислите комад стаклета или какве друге сличне средине стегнуту менгелима. Стежући све јаче и јаче, доћићемо до извесне тачке, од које ма како мало појачали стезање, стакло ће се распући. И енергија утрошена на распуцавање стаклета, може се практички сматрати као да

је равна нули, јер и ако је снага велика, раздвајање стаклених делова око пукотине може да буде веома мало. Претпоставите сада, да стакло има ту особину да потпуно затвори ону пукотину кад притисак и само мало попусти. Ето тако би требало да се понаша диелектрик за време пражњења.

Кад се у горе поменутом примеру, стакло потпуно затвори, то онда значи да диелектрик има велику изолаторску моћ; распукло пак стакло значило би, да је средина између врхова електрода добар спроводник. Према томе отпор диелектрика мора се огромно мењати кад се електромоторска снага струја ма и мало промени. Тај је услов испуњен али веома непотпуно или загревањем ваздушног слоја до извесне критичке температуре, која зависи од електромоторске снаге струје, или ма којим другим начином, којим се слаби изолаторска моћ ваздуха. Јер у самој ствари, пробијање кроз ваздух није никад *дисруптивно* ако под тим изразом разумемо прави његов значај, јер увек пре него што ће струја нагло пробити изолатор, проће претходно једна слаба струја, која у почетку поступно а за тим са свим напрасно порасте. У томе је разлог, зашто се стакло много брже промени кад се распукне него кад се то исто деси са ваздухом истог диелектричног отпора. Па због тога би боље било, празнити електрицитет у каквој чврстој или течној средини. У неколико је тешко замислити једно чврсто тело, које би могло одма затворити пукотину која би у њему постала. На против течност и то још под јаким притиском понаша се у ствари као чврсто тело а може међу тим тренутно да затвори своју пукотину. Па се с тога и мислило, да ће течан изолатор бити бољи диелектрик од ваздуха И на основу тога испитан је известан низ направа са



Сл. 158. a.



Сл. 158. b.

разним изолаторима и често пута под високим притиском. Довољно ће бити да са неколико речи пропратимо само један од њих. Такво једно прекидало представљено је на сл. 158. a и 158 b.

Једна метална кутија *P*. (сл. 158 a) утврђена је за осовину *a* тако, да се врло брзо око ње може обртати. У кутији унутра али не додирујући се с њом, налази се један танак колут *h* (који је нацртан мало дебљи да се боље види) од тврде смоле, или ебонита; у томе су колуту утврђена два метална сегмента *ss*, који даље продужењима *t*, *t*, пролазе кроз ебонитске цеви t_1, t_1. Ебонитски калут *h* са својим сегментима *ss* тако је по површини углађен, да трење буде што је могуће мање при обртању у каквој течности. Кутија се до извесне висине напуни каквом изолаторном течношћу на пример уљем. Спроводни крајеви *t* и *t* споје се са супротним облогама једне кондензаторске батерије тако, да се електрицитет празни у самој течности. Кад се кутија стане брзо окретати, у след центрифугалне снаге постане врло јак притисак у течности, те се на тај начин електрицитет празни у средини, која се практички може сматрати као чврсто тело, које може тренутно да затвори пукотину коју у њој постане и која се осим тога креће великом брзином између електрода.

Врло су важни ефекти постигнути пражњењем електрицитета кроз течна прекидала разних облика и нашло се, као што се и очекивало, да је варница за извесну дату дужину дужа, него кад се електрицитет празни кроз ваздух. Истина је, да се изнад извесне брзине па дакле и изнад извесног притиска у течности, није могло ићи због трења течности али и достигнуте брзине, биле су више но довољне па да се добије потребан број прекида за обичне прилике.

Има једна ствар, која пада у очи приликом експериментисања са прекидалима ове врсте. Нашло се на пример, да кад су прилике биле згодне те да постане дугачка варница, да струја тако добијена није била најзгоднија за светлосне ефекте. Експерименти су несумњиво показали, да је за те ефекте потребно хар-

монично растење и падање потенцијала. Било то за то, што се чврсто тело усија или фосфорише, било за то, што се енергија проноси облогама кондензаторским кроз стакло, свакако хармонична промена потенцијала утиче мање штетно и вакуум се одржава много дуже. Та би се појава лако објаснила, кад би било доказано, да је феномен, који се опажа у каквом суду у коме је ваздух разређен, електролитичке природе.

У нацртима представљеним на сл. 155 о којој смо већ говорили, изложени су случајеви, који се најчешће налазе у практици. Ваља увек имати на расположењу било једносмислене било наизменичне струје из какве централе. Згодно би било за експериментатора који засебно струју производи, да има једну машину S. која му може дати обе врсте струја. Још би исто тако било добро, да је машина са више ланаца јер врло често је потребно имати струје разних фаза. На поменутој слици *D* представља једносмислене а *A* наизменичне струје и свака та струја има три засебна ланца са биполарним комутаторима *ss ss ss*.

Посматрајмо најпре једносмислену страну; Ia представља најпростији случај. Ако је електромоторска снага струје довољно јака да пробије кроз танак слој ваздуха, бар у оном случају, кад се тај слој загрева или кад му се на други који начин ослаби изолаторска моћ, онда није тешко добити економску вибрацију струје, кад се нарочито добро удеси однос између капацитета, самоиндукције и отпора ланца *L*, у коме су направе l_1 l_1 *m*. У томе се случају може врло корисно употребити магнет N_1 *S*, па било да се прекидало са магнетом *d d* намести онде где су црте пуне дакле у низу, било онде где су црте испрекидане, т. ј. упоредо. Што се тиче целога ланца I a, то се претпоставља да је он са свима додацима и разним направама таких димензија, да може одржавати вибрацију.

У обичним случајевима, електромоторска снага струје или у главном ланцу или у огранку I a износи од прилике 100 волата, и онда није довољна да може дати варницу. На више се начина може томе доскочити по-

дизањем електромоторске снаге струје. Најпростије би било унети у ланац L један велики самоиндукциони калем. Кад је прекидало оне врсте као у сл. 156, магнет ће одувати варницу чим се појави. Али пошто је екстра струја, која прекидом постане велике електромоторске снаге, пробиће кроз ваздушни слој; тиме ће се струји, која из динамомашине долази, отворити пут слабога отпора те ће она напрасно појурити кад екстра струја или ослаби или је нестане. Све се то понавља веома брзо и ја сам успео да одржим осцилацију са само 50 па и са са мање волата између електрода. Али се овај начин конверсије или претварања не може препоручити јер су струје сувише интензивне па се електроде брзо угрејају; осим тога, постигнута учестаност је слаба због велике самоиндукције, која се по нужди меша са главном струјом. Па с тога је боље узети струју што је могуће веће електроморске снаге како би тиме порасла и економска страна а и учестаност. Потенцијална разлика у овим електричним осцилацијама је очевидно еквивалентна напонској снази у вибрацијама опруге. И да би се добиле врло брзе вибрације у ланцу извесне инерције, потребна је велика напонска снага или потенцијалска разлика. Међу тим кад је електромоторска снага врло велика, кондензатор, који се обично уноси у ланац може бити слабога капацитета а поред тога таква комбинација има и својих других добрих страна.

Да се електромоторска снага попне на много већу висину но што је она у струјама из обичних генератора, ваља узети обртни трансформатор g означен на другом огранку (II a) горње слике или струјом из генератора G ваља окретати (нарочитим мотором) другу динамомашину али високог потенцијала. Спојеви са жицама, које доносе струју високога напона изводе се као и у огранку I a с том само разликом, што се у ланац високога напона унесе један кондензатор C који се може регулисати. У обичним се приликама може унети у ланац и самоиндукцијони калем, који се такође може регулисати. Ако је напон струје врло висок, онда магнет, који се обично узме поред прекидала има сраз-

мерно малу вредност, јер се онда могу врло лако димензије ланца тако удесити да се осцилација сама одржава. Употреба постојане електромоторске снаге у трансформацијама велике учестаности у неколико је боља од наизменичне електромоторске снаге јер је регулисање простије и контрола лакша. Али на жалост тим се струјама можемо служити само до неке извесне потенцијалске разлике. Јер кад су те разлике врло високе, онда варница врло лако прескочи између појединих одељака арматуре или комутатора кад постане каква јака осцилација а тиме се очевидно машина покварп. Осим тога ти су трансформатори још и врло скупи.

Експерименталним се путем нашло, да је најбољи распоред онај као на огранку III a. Обртним се трансформатором претворе једносмислене струје ниског напона у наизменичне струје слабе учестаности и по могућству исто тако слабога напона. Напон се струје за тим повећа у трансформатору T. Секундарни спроводник S тога трансформатора спојен је са кондензатором C, који се може регулисати и празни се кроз прекидало $d\,d$ намештено на ма који од означених начина у примарном ланцу P каквог дисруптивног калема; струја високе учестаности добија се из секундарне жице s, тога калема. Сваки ће без сумње наћи да је то најзгоднији начин за претварање струја.

Три огранка ланца A представљају обичне практичне случаје кад се употребе наизменичне струје. У огранку I b, налази се један кондензатор C обично великога капацитета спојен са ланцем L, у коме су још направе ll, mm. Направе mm треба да буду јаке самоиндукције тако како би фреквенција ланца била приближно једнака са фреквенцијама динамо машине. У овом распореду најбоље би било да прекидало $d\,d$ има два пут већи број прекидања но што је фреквенција динамо машине. Ако то није, онда треба да има или известан већи или мањи број прекида но што је фреквенција динамо машине. Код овога распореда ваља још приметити, да се потенцијал исто тако може попети и кад се изостави прекидало dd. Али ефекти, које дају

струје, кад им потенцијал напрасно расте и опада као у дисруптивном пражњењу, са свим се разликује од оних, које дају струје из динамо машине кад хармонички расту и падају. Тако на пример можемо у једном извесном случају имати код *d d* управо два пут већи број прекида, но што је фреквенција код машине или другим речима, можемо имати исти број основних осцилација као и без прекидала као што може и не бити споредних бржих вибрација; па ипак потенцијалске разлике на разним тачкама ланца, импеданција и други феномени, који зависе од брзине промена биће у оба случаја различни. Према томе у експериментима са дисруптивним пражњењем главни елемент није фреквенција као што би се могло мислити, већ број промена у јединици времена. С тога се ниским фреквенцијама до извесне мере могу постићи исти ефекти као и са високим фреквенцијама, само ако је број промена довољно велики. Тако, ако се једна струја ниске фреквенције попне до потенцијала од 75.000 волата, и ако је проведемо кроз један низ угљених конаца (лампа сијалица) великога отпора, одма ће се јасно показати значај разређења гаса око тих конаца као што ћемо доцније видити; или ако струју ниских фреквенција а од више хиљада волата проведемо кроз једну металну цијевку, видићемо веома значајне феномене импеданције, исто онако као и са струјама високих фреквенција. Али је у исти мах очевидно, да се са ниским фреквенцијама не може постићи толики број промена за јединицу времена као са високим фреквенцијама па су с тога и појаве, које ове последње струје изазивају знатно важније. Потребно је било да ово неколико напомена учиним нарочито с тога, што су извесни ефекти изнесени у последње време, из незнања индентификовани са високим фреквенцијама. Фреквенција сама за се не значи много, сем кад имамо посла са непоремећеним хармоничким осцилацијама.

У огранку III b, обележен је сличан распоред као и код I b, са том само разликом, што струје, које се празне кроз dd служе да индуцирају друге струје у се-

кундарној жици *s* трансформатора T. У том случају секундарна жица треба да је спојена са једним кондензатором, који се може регулисати те да се доведе у склад са примарном жицом.

Распоред II b показује један начин трансформације наизменичних струја, који се најчешће употребљава и који изгледа најзгоднији. О њему је нарочито говорено у другим приликама па се с тога нећемо дуже око њега забављати.

Извесни су резултати постигнути наизменичним машинама високих фреквенција. Детаљнији опис тих машина може се наћи у мом чланку поднесеном америчанском Институту инжињера електричара као и у повременим списима тога времена (1891 год.)

А сад да пређем на експерименте.

Појаве изазване електростатичким силама.

Прву групу појава, које сам рад да изнесем пред вас, изазива електростатичка сила. Та сила управља кретањима атомским, услед ње се они сударају, она развија за живот потребну топлотну и светлосну енергију, она их тера да се слажу у групе бескрајно различите према фантазији природној те да на тај начин саставе све оне различите структуре, које око себе виђамо; то је у самој ствари, ако су наша сазнања тачна, најважнија сила коју ми у опште можемо опазити у природи. Али да се под речи „*електростатичка*“ сила не би мислило да је то извесно мирно, постојано електрично стање, морам напоменути, да у свима овим експериментима та сила није константна, већ се мења умерено говорећи милијун пута у једној секунди. На тај начин могу се произвести појаве, које се не могу постићи непроменљивим силама.

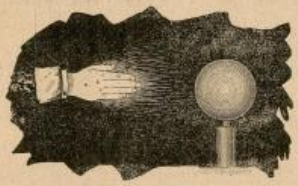
Кад су два спроводна тела изолована и наелектрисана, онда кажемо да између њих дејствује електростатичка сила. Та се сила јавља као привлачење као одбијање и као напон на телима као и у простору или околној средини. Тај напон било у ваздуху било у каквом другом изолатору, који раздваја оба спровод-

ника може да буде толики, да пробије кроз тај изолаторски слој и да се појаве варнице или праменови светлосни. Ти су праменови веома обилати кад се сила врло брзо мења.

Показаћу вам то дејство електростатичке силе у једном новом експерименту са индукционим калемом о коме сам већ говорио. Калем је у једном сандучету пуном уља и смештен је испод стола. Оба краја секундарне жице пролазе кроз дебеле стубове од ебонита и свршују се изнад стола. Крајеви се секундарне жице морају изоловати дебелим слојем ебонита, јер и само суво дрво ни из далека није добар изолатор за струје тако високих потенцијалских разлика. За један крај жице утврдио сам једну велику месингену лопту слојену са једном великом изолованом месингеном плочом, како би се експеримент извршио као што ћете видети под најповољнијим условима. Сада пропуштам струју кроз калем и приближујем слободном полу једну металну шипку, коју држим у руци само да се не опечем. Кад ту металну шипку приближим до на осам или десет палаца, читава бујица варница полети са краја секундарне жице што пролази кроз ебонитски стуб. Варница нестане кад металом у руци додирнем саму жицу; кроз моју руку пролази сада веома јака електрична струја која затрепери милијун пута у секунди. Свуда се око мене та електростатичка сила осећа и ваздушни молекили и делићи прашине су под њеним утицајем и бомбардују напредно брзо моје тело. Тако је јако то бомбардовање, да се у мраку види слабо светлупање извесних делова мојега тела. Ако такав прамен варница избије ма на коме месту мојега тела, онда се осећа као неки убод од игле. Кад би потенцијал био довољно висок а учестаност вибрација спорија, такав би прамен без сумње пробио кожу и крв би врцала у тако ситним млазевима да се не би видели, управо онако као што то бива са уљем, које се мете на положни пол Холцове машине. И ако то пробијање коже изгледа на први поглед немогуће оно се дешава мож'да с тога, што су ткања испод коже много

бољи спроводници. Тако бар ствар изгледа вероватна према неким експериментима.

Ја могу да учиним те да ви сви видите те пламенове кад додирнем каквим металним телом један пол као и мало час и кад приближим другу руку кугли која је спојена са другим полом калемовим. Кад се рука приближи, ваздух између ње и кугле јако се усталаса и онда се виде светли пламенови како избијају из врхова мојих прстију као и из целе руке. (сл. 159). Кад би руку још више приближио, јаке би варнице искочиле из лопте у руку и могле би бити опасне. Они пак светли пламенови нису опасни осим што се на прстима осећа као да гору. У овом је експерименту лопта и плоча спојена са једним полом калемовим и то због тога да не би на том полу постали јаки и видљиви пламенови и да не би варнице далеко прескакале. Осим тога такав је распоред згодан и за рад самога калема.



Сл. 159.

Пламенови који избијају из моје руке налазе се под потенцијалом од 200.000 волата од прилике, а струја која их производи мења свој смисао у средњу руку милијун пута у секунди. Вибрације исте а, милитуде али четири пута брже (за које би у осталом требала струја од 3,000.000 волата) биле би више но довољне те да цело моје тело омотају непрекидним слојем светлих пламенова Али ти ме пламенови не би изгорели, већ на против, врло је вероватно да не би на ме имали скоро никакво дејство. Међу тим, само један стоти део те енергије, али другојаче изведен био би довољан да убије човека.

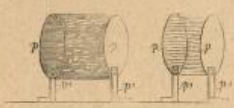
Количина енергије, која може проћи кроз тело једнога човека зависи од учестаности и потенцијала струје, и ако се оба ова елемената јако човечају, врло велике количине енергије могу проћи кроз човечије

тело, а да не изазову никакву неугодност изузевши мож'да руку, кроз коју пролазе праве спроводне струје. Разлог, ради кога се никакав бол не осећа нити какве штетне последице могу настати јесте тај, што је свуда правац струје управан на површину тела; према томе тело експериментаторово представља врло велики површински пресек за струју, те је густина струје на јединицу површине врло слаба изузевши мож'да руку где та густина може да буде врло велика. Међу тим ако би врло мали део те енергије прошао кроз тело као струја слабе учестаности, изазвао би сигурно фаталне последице. Једносмислена струја или наизменична али са слабом фреквенцијом је опасна, мислим нарочито с тога, што се она не разреди подједнако по целоме телу већ извесним правцима пролазе врло интензивне струје које могу оштетити поједине животне органе. Једносмисленом се струјом може сигурније човек убити; међу тим наизменична струја слабе учестаности изазива веће болове. Што ја овде о томе говорим као о резултатима постигнутим дугим експериментисањем са једносмисленом и наизменичном струјом, може се оправдати општим интересовањем за тај предмет и изнесеним већ идејама који се свакодневно појављују у новинама.

Ја вам могу показати дејство електростатичких сила другим једним значајним експериментом али пре него што на то пређем хоћу да скренем вашу пажњу на друге неке податке. Ја сам рекао мало час, да кад је средина између два тела, наелектрисана супротним смислом, изложена напону који прелази извесну границу, онда та средина попусти и ако се изразим обичним језиком, супротни се електрицитети сједине и узајамно пониште. Ово попуштање или пробијање средине дешава се нарочито онда, кад је снага која између тела дејствује стална или се мења са умереном учестаношћу. Кад би та промена била довољно брза, пробијање средине не би следовало, па ма како била велика снага која ту дејствује јер се сва енергија троши на зрачење, конвекцију, на механичка и хемијска дејства.

Према томе дужина *варнице* или највећа даљина на коју може једна *варница* прескочити између наелектрисаних тела, јесте у толико мања, у колико је бржа промена или у колико је већи број промена. Међу тим то правило може се сматрати као тачно само у опште, кад се упоређују учестаности врло различите по броју.

Овим ћу експериментом да вам покажем разлику дејстава, које изазивају врло брзе променљиве снаге као и једносмислене или наизменичне али споре. Овде су два месингена колута p p (сл. 160 a и 160 b) на изолованим носиоцима и спојена са крајевима секундарне жице једнога калема са свим сличног са оним, којим смо се мало час служили. Удалићу колуте на 25 до 30 сантиметара и пропустићу струју кроз калем. Ви видите, како је цео простор између колутова (од прилике две кубне стопе) једноставно испуњен светлошћу (сл. 160 a). Ту светлост дају они пламенови, које сте видели у прошлом експерименту, но који су сад много интензивнији. Ја сам већ скренуо пажњу на важност тих пламенова у трговинским справама, и њихов још већи значај у извесним научним истраживањима. Најчешће су и сувише слаби да се могу видети али они постоје увек и троше енергију мењајући на тај начин рад апарата. Кад су јаки као на пр. сада, они прозводе озон у великој мери а као што је показао проф. Крукз и азотасту киселину. Хемијско је дејство тако јако и брзо, да кад једна таква справа ради дуго, ваздух се у каквој мањој соби не може сносити јер уједа за очи и квари халине. Међу тим кад калем ради умерено, ови пламенови освежавају ваздух врло пријатно као што то бива кад је бура, и дејство им је корисно.



Сл. 160 a. Сл. 160 b.

У овом експерименту, снага која дејствује између колутова мења се врло брзо и у интензитету и у правцу. Сад ћу знатно да смањим брзину промена. То ћу учинити кад смањим број пражњења кроз примарну жицу индукционог калема и кад такође смањим брзину

вибрација секундарне жице. Први се резултат може лако постићи смањивањем електромоторске снаге у ваздушном слоју примарног ланца; други пак, приближавањем оба колута до на даљину од 8 до 10 сантиметара. Кад се сад струја пропусти, онда се више не виде пламенови или светлост између колутова и ако је напон, који и сад влада, врло велики. Сад ћу тај напон да ојачам повећавањем електромоторске снаге примарнога ланца, и већ видите како ваздух попушта и како је цела сала осветљена читавом кишом светлих и сјајних варница (сл. 160 b). Те се варнице могу добити и са непроменљивом снагом. Оне су већ одавна биле обична ствар и ако су се добијале апаратима са свим различним од ових.

Описујући вам ова два феномена тако супротна међу собом, ја сам вам навалице говорио о некој „снази“ или „сили“ која дејствује између колутова. Пре би одговарало уобичајеном говору, кад би казао да између колутова дејствује „наизменична потенцијална разлика.“ Тај је израз врло згодан и може се употребити у свима оним случајевима, где не може бити сумње о зависности електричног стања тих колутова или плоча или о електричном дејству на њихову околину; али ако су плоче једна од друге бескрајно далеко, или ако је та даљина и коначна али се горња зависност може занемарити, онда је радије називам „електростатичком снагом“ и сматрам да та снага дејствује око сваке плоче или изолованог наелектрисаног тела у опште. Има једна незгода код тога израза, а то због тога што тај назив претпоставља непроменљиво, стално електрично стање; али ће се та незгода уклонити приличнијом номенклатуром.

Сад ћу да се вратим на експеримент о коме је мало час била реч и којим ћу вам показати једно интересно дејство, које изазива врло брзо променљива електростатична сила. О жицу *l* (сл. 161) која је спојена са једним полом секундарног ланца индукционог калема, обесићу једну стаклену лопту *b* у којој је ваздух разређен. У лопти је један танак угљени конац *f*

утврђен за платинску жицу w затопљену у стаклету и изведену ван кугле да се може са спроводником l спојити. Ваздух се у кугли разреди до ма ког степена обичним шмрковима. Мало час сте видили како су варнице прескакале између месингених плоча. Ви знате да се на тај начин може стакло или каква друга изолаторска материја пробити таквом варницом. Да сам ову лопту омотао с поља каквом металном облогом, или да сам лопту само метуо поред такве облоге па ту облогу спојио са другим полом калемовим, ви би сви очекивали да се стакло разбије под јаким електричним дејством. Па и онда кад ова облога не би била спојена са другим полом већ само са каквом изолованом плочом, ипак би према ономе што сте видели, очекивали да се стакло разбије.

Сл 161.

Међу тим ви ћете се без сумње изненадити, да ће се под утицајем промењиве електростатичке снаге, стакло разбити и ако лопта није ни обложена нити има близу ње каквога год тела. И заиста сва се ова тела могу до бескрајности удалити па да се ствар ни у чему не измени. Чим се струја кроз калем пропусти, стакло се одма онде где је затопљено разбије и ваздух уђе у лопту. Стакло се не би разбило под утицајем сталне снаге па ма она била много већа. То се разбијање стаклета дешава у след јаког кретања ваздушних молекила у и изван лопте. И то кретање, које је најјаче у узаном грлићу лопте близу затопљеног места, загрева и разбија стакло. То се разбијање не би десило па ни са променљивом електростатичком снагом, кад би средина у лопти и изван ње била савршено хомогена. Разбијање је стаклета много брже кад се врх ове лопте извуче у танак конац. Према томе у стакленим лоптама које се употребљавају са овим калемима, не сме бити узаних канала.

Кад се какво спроводно тело налази у ваздуху или у каквој другој сличној изолаторској средини, која је или сложена или у којој има ситних слободних и покретних делића који се могу наелектрисати, па кад се електрисање тога тела врло брзо мења — што ће рећи, кад се електростатичка снага, која ту дејствује врло брзо у интензитету мења — онда ће ти ситни делићи бити привлачени и одбијани и њихови јаки и нагли удари о тело могу механички кренути то тело. Вредно је да се појаве те врсте забележе нарочито због тога, што се до сад и са обичним апаратима ни су могле изазвати. Тако дакле, ако се врло лака спроводна лопта обеси о танку жицу, па се лопта напуни сталним потенцијалом па ма како он био висок, лопта се неће покренути. Па и онда, кад се тај потенцијал врло брзо мења не ће се приметити никакво кретање лопте само ако су поједини делићи материје па било то и молекили и атоми, са свим једноставно разређени. Али ако се једна страна лопте обложи мало дебљим слојем каквога изолатора, онда ће се у след поменутих удара лопта кренути и кретаће се обично по неправилним путањама. сл. 162, a. Исто тако као што сам већ једном приликом показао, металнa вртешка као што показује сл. 162, b, делом покривена изолаторском материјом и намештена на пол калемов тако, да се може обртати, почеће се одма и то врло брзо обртати.

Сл. 162, a. Сл. 162, b.

Све те појаве, које сте видели и које ћете мало доцније још видити, постају једино због ваздуха и не би постале кад би ваздух био једноставна и непрекидна средина. Дејство ваздуха може се у осталом показати још очигледније и боље овим експериментом. Узећу једну стаклену цев *t*, сл. 163, од једног палца (2·5 см.) од прилике у пречнику, за коју је на доњем крају затопљена једна платинска жица *w* а која мало даље носи угљени конац *f*. Платинску ћу жицу да спојим

са једним полом калемовим и пропустићу струју. Та се жица електрише сад час положно час одречно и то врло брзо, услед чега се делићи ваздушни врло брзо крећу и ударају тако брзо и јако да се угљени конац усија. Али ако у цев сипам уље, чим тај конац огрезне у уље свако дејство изгледа да престаје и не може се константовати никакво загревање. То је наравно с тога, што се уље може практички сматрати као непрекидна средина. Кретања у таквој средини и са таквом фреквенцајом несразмерно су много мања него у ваздуху, те је и рад произведен тим кретањем неосетан. Међу тим уље ће се понашати са свим другојаче, кад буде учестаност много већа, јер и ако су кретања слаба, али због огромне фреквенције може се развити знатан рад и у уљу.

Сл. 163.

Међу свима манифестацијама силе о којој говоримо, електростатичка привлачења и одбијања тела мерљивих димензија, јесу прве тако зване *електричне* појаве. Али и ако су оне познате већ од више векова, права природа њихова нам је још и данас непозната, јер никако до сад није била како треба објашњења. И заиста, морамо се запитати, чега има код тих тела? Ми се морамо чудити кад видимо како се два магнета узајамно привлаче или одбијају са снагом од више стотина килограма, а ми међу тим ничега ту не видимо. Код индустријских динамомашина магнети могу држати привучене терете од више тона. Па ипак су те магнетске силе незнатне кад се упореде са привлачењем и одбијањем изазваним електростатичком силом, за која привлачења и одбијања изгледа да нема границе у интензитету. Код грома се на пример извесна тела напуне тако високим потенцијалом, да су бачена са непојмљивом снагом или размрскана на ситно комаће. Па и те се појаве не могу упоредити са привлачењем и одбијањем које постоји између наелектрисаних мо-

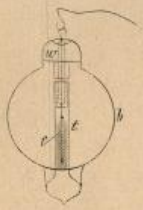
лекила и атома и у след којих се они крећу са брзинама од више километара у секунди, ударају о друга тела која се поред њих налазе и загревају их до тако високог ступња да чак и испаре. И за мислиоца, који све те појаве испитује, веома је важно да примети да док се та дејства између појединих молекила и атома производе привидно под свима условима, дотле привлачења и одбијања тела мерљивих димензија захтевају средину, која има изолаторских особина. Јер кад ваздух било разређењем било загревањем постане више или мање спроводљив, сва та дејства између два наелектрисана тела практички престану док међу тим дејства између појединих молекила и атома и даље остају.

На једном се експерименту може то показати као што се на њему опажају и друге још интересне појаве. Пре извесног сам времена показао, како се угљени конац, или танка жица затворена у стакленој лопти и спојена једним крајем са једним полом индукционога калема високога напона, почне својим слободним крајем обртати описујући обично кружну путању, чим се струја пропусти. То је обртање или још боље треперење врло јако кад је у лопти ваздух под обичним притиском, слабије је, кад се ваздух сабије, а са свим престане кад се ваздух у лопти толико разреди да постане спроводљив. Ја сам онда нашао да нема никаквога треперења кад се лопта јако испразни, али сам држао, да ће се то треперење, које сам приписао електростатичком дејству између дуварова лопте и жице, продужити и у врло разређеном ваздуху.

Да би се то показало под повољнијим околностима, направљена је лопта као што је на сл. 164. У грлићу лопте b, затопљена је платинска жица w која даље носи угљени конац f. На доњој је страни лопте затопљена цев t која обухвата угљени конац. Из лопте се извуче ваздух све докле се може обичним инструментима.

На тој су се лопти испунила моја очекивања, јер се конац почео кретати усијавши се чим је спојен био

са калемом. Поред тога опазила се друга једна појава о којој је мало час било говора и то, кад се конац држи неко извесно време усијан, онда се узана цев и унутрашњост њена веома јако загреје и пошто гас кога још има у цеви постане спроводљив, електростатичко привлачење и одбијање између стаклета и конца ослаби или са свим престане и конац се заустави. Кад се конац заустави он светли много јаче. То долази по свој прилици отуда, што је миран конац у средини цеви а ту је молекилско бомбардовање најјаче као и отуда што се ни један део енергије не троши на механичко кретање конца. Па како према ономе што смо напред рекли, у овом експерименту усијање постаје услед молекилског или атомског бомбардовања у загрејаном простору, то се мора, да би ту појаву објаснили претпоставити, да су ти молекили или атоми сваки за се пуни електрицитета и да се налазе у изолаторској средини; јер сада нема никакве привлачне снаге између стаклене цеви и конца пошто је унутрашњост цеви, узета као целина спроводљива.



Сл. 164.

Важно је још да се на овом месту примети, да док привлачење између два наелектрисана тела може да престане у след ослабеле изолаторске моћи оне средине у којој се та тела налазе, да се одбијање између тих тела може још опазити. То се може згодно објаснити. Кад се тела налазе на извесној међусобној даљини у каквој средини, која рђаво спроводи као на пример у слабо загрејаном или разређеном ваздуху па се та тела напрасно наелектришу супротним електрицитетима, ти се електрицитети више или мање изједначе губљењем кроз ваздух. Али ако су тела наелектрисана истим електрицитетима, губљење електрицитета је сад у много неповољнијим приликама и одбијање је много јаче но привлачење.

О струји или појавама динамичког електрицитета.

До сада сам нарочито имао у очима појаве, које изазива променљива електростатичка сила у изолаторској средини као што је на пример ваздух. Кад таква сила дејствује на какво спроводно тело мерљивих димензија, она изазове у његовој унутрашњости или на његовој површини премештање електрицитета и производи електричне струје; ове струје опет са своје стране су повод другим врстама појава од којих ћу вам неколико овом приликом показати. Износећи пред вас ову другу врсту електричних појава, ограничићу се нарочито на оне, које се могу извести без повратног ланца те се надам да ћу изазвати нарочиту пажњу ако вам представим те појаве у више или мање новом облику.

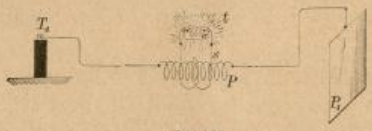
Врло је дуго трајао обичај (због ограниченог искуства у погледу вибрационих струја) да се електрична струја сматра као нешто што протиче кроз затворен спроводни ланац. Изгледало је врло чудновато, кад се први пут дознало, да је електрична струја могла протицати кроз спроводни ланац и кад је он био раскинут а изненађење је било још веће кад се видело да је по кад што могуће лакше спровести струју кроз такав раскинут ланац него кад је ланац непрекидан. Али та стара представа о струјама поступно ишчезава чак и међу обичним практичарима и неће дуго проћи па ће се и са свим заборавити.

Сл. 165.

Кад спојим изоловану металну плочу P (сл. 165) са једним полом T индукционог калема, и ако је та плоча врло добро изолована, струја ће протицати кроз жицу, кад калем почне радити. Пре свега рад сам да вас уверим да је то *струја* која пролази кроз спроводну

жицу. Најзгоднији начин за то био би, да се између калема и плоче умете танка платинска жица или жица од новога сребра w, па да се струјом усија или и растопи. За то би била потребна мало већа плоча или струја од врло високог потенцијала и учестаности. Иначе би се то исто могло постићи, кад се калем C (сл. 165) са великим бројем завоја танке изоловане жице, унесе у ланац струје између главног калема и плоче. Кад спојим један пол овог другог калема (C) са другом једном изолованом плочом P_1, а други његов пол са једним полом првога калема (T_1) и пропустим струју, она ће пролазити и кроз калем c. а о томе се можемо уверити на разне начине. Ја ћу на пример да унесем једно гвоздено језгро i у калем c. Пошто је струја врло високе фреквенције, и ако је мало интензивнија, она ће брзо загрејати то гвоздено језгро до доста високе температуре јер су губитци у след индуцираних струја а са тако великим фреквенцијама врло велики. Може се гвоздено језгро узети како се хоће дебело, — ламинирано или не, са свим је то све једно — али обична гвоздена жица од 2 милиметра дебљине са свим је довољна. Кад се струја кроз главни калем пропусти, она ће пролазити и кроз уметути калем и после кратког времена ће се гвоздено језгро толико загрејати, да се на њему може растопити обични печатни восак s, у слег чега ће отпасти комад хартије p прилепљен воском за језгро.

Апаратима које ја имам овде, могу се још интересњији експерименти извести. Овде је један секундаран калем s (сл. 166) намотан дебелом жицом и сличан

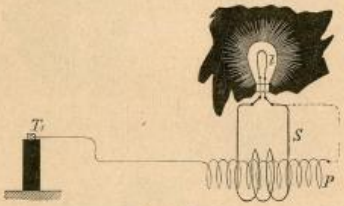


Сл. 166.

првом калему. У горе наведеном експерименту, струја која је протицала кроз калем c (сл. 165) била је врло

слаба, али како је број завоја био велики, загревање гвозденог језгра било је ипак знатно. Да сам ту струју провео кроз какав спроводник да га загрејем, струја би била сувише слаба да то загревање изазове. Међу тим са овим калемом, намотаним секундарном жицом, могу да претворим слабу струју високога напона, која пролази кроз примарни калем P, у секундарну струју ниског напона и та ће струја учинити оно што ја од ње тражим. У малој стакленој цеви t (сл. 166) затворио сам спиралну платинску жицу w и њене крајеве спојио сам са половима секундарног калема. Примарни калем P намештен је између изоловане плоче P, и пола T, индукционог калема. Чим се струја пропусти, платинска ће се жица w одма усијати па и растопити и ако је доста дебела.

У место платинске жице узимам обичну сијалицу од 50 волата и 16 свећа. Чим се струја пропусти, лампа се усија. Шта више овде није потребно узети изоловану плочу, јер се лампа l сл. 167. може усијати и без

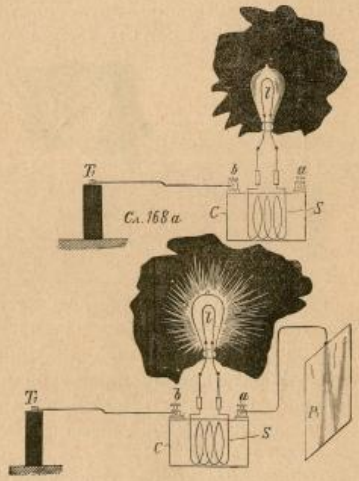


Сл. 167.

ње. Секундарна се жица може спојити са примарном, као што показује тачкаста линија у сл. 167, да се више или мање избегне електростатичка индукција.

Овде ћу да обратим вашу пажњу на извесна интересна опажања са лампом. Најпре ћу да раставим један пол лампе од секундарног калема S. Кад се струја пропусти, ви видите извесно светлуцање, које долази од електростатичке индукције. То је светлуцање јаче, кад се лампа ухвати руком и кад се на тај начин повећа капацитет експериментаторовим телом. Јер секун-

дарна жица овде игра улогу металне облоге, која би била близу примарне жице. Кад би секундарна жица или што је све једно, облога била симетрички намештена према примарној жици, електростатичка би индукција била равна нули у обичним приликама, — т. ј. кад би имали примарни повратни ланац — јер би се обе половине узајамно потирале. Истина је овде секундарна жица метута симетрички према примарној, али дејство обе половине примарне жице (кад је само један њен пол спојен са индукционим калемом) није са свим једнако; отуда има електростатичке индукције и отуда оно светлуцање лопте. Међу тим ја могу да изједначим дејства обе половине примарне жице спојивши слободни крај са изолованом плочом као у пређашњем експерименту и светлуцања ће нестати. То светлуцање не ће са свим ишчезнути ако је изолована плоча мала а може се појачати кад се ваздух у лопти загреје.

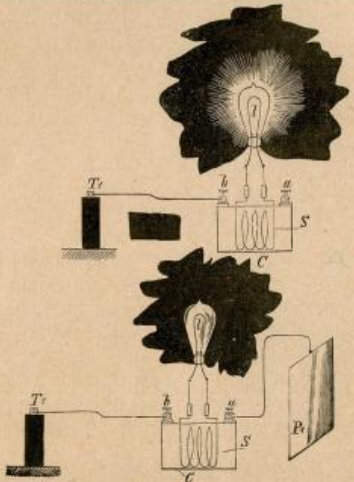


Сл. 168. b.

Да би вам показао другу једну занимљиву појаву, узео сам нарочити калем, и спојио оба пола лампе са секундарном жицом; један је пол примарне жице спојен са полом T_1 индукционог калема а други са изолованом плочом P_1 као и мало час. Кад се струја пропусти, лампа се запали као што показује сл. 168, b. у којој је *c* калем танке жице а *s* секундарна дебела жица омотана око ње Кад се плоча P_1 скине и пол *a* примарне жице остане изолован, лампа се угаси или у опште њен интезитет ослаби. (сл. 168, a). Кад по ново саставим плочу P_1 и повећам фреквенцију струје, опет се лампа угаси или се тек црвено усија (сл. 169, b.). По нова ћу да скинем плочу и могло би се очекивати да кад се плоча скине, да ће струја кроз примарну жицу ослабити, да ће у след тога електромоторска снага у секундарној жици S опасти а такође и сјајност лампе. То се у осталом може постићи удешавањем калема као и променом учестаности и потенцијала струје. Али је од много веће важности да се види како лампа јаче светли кад се плоча скине (сл. 169, a). Јер се сада сва енергија коју примарна жица прими, у њој апсорбује од прилике онако исто као што подморски кабел. апсорбује сву струју из батерије; али је ипак највећи део енергије у секундарној жици и троши се на светљење лампе.

Струја, која пролази кроз примарну жицу најјача је на крају *b* који је спојен са полом T_1 индукционог калема и опада према крају *a*. Али је динамичко индуктивно дејство на секундарну жицу S сада јаче но кад је била изолована плоча спојена са примарном жицом. До тога се резултата може доћи разним начинима. На пример кад се плоча P_1 споји, реакција калема C може да буде таква, да смањи потенцијал пола T_1 и ослаби струју која пролази кроз примарну жицу калема *C*. Или кад се плоча скине, може се капацитет толико смањити, да струја кроз примарну жицу калема опадне и ако је потенцијал на полу T_1 индукционога калема остао исти или још и виши. До истога се дејства може доћи променом фазе примарне и секундарне

струје и реакцијом која отуда следује. Али главни чинилац у овим променама јесте однос, који постоји између самоиндукције и капацитета калема C и плоче P, као и учестаност струје. Јаче пак светљење лампе у сл. 169 a долази у неколико од загревања разређенога

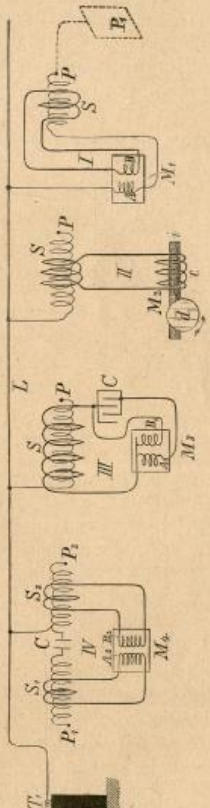


Сл. 169, b.

гаса у лампи електростатичком индукцијом, која је као што смо горе напоменули јача кад је изолована плоча скинута.

Али има овде друга једна ствар на коју сам рад скренути вашу пажњу. Кад се изолована плоча скине и кад је секундарна жица калема отворена, па се секундарној жици приближи какво мало тело, опазиће се врло слабе варнице, што значи да је електростатичка индукција врло слаба у том случају. Али кад се секундарна жица затвори било у самој себи или кроз лампу, она ће јако сијати и велике се варнице из секундарне жице могу извући. Електростатичка је индук-

ција сада много јача, јер затворена секундарна жица изазива много јачу струју у примарној жици, а нарочито у оној њеној половини, која је спојена са индукционим калемом. Ако се сада лампа ухвати руком, капацитет ће се секундарне жице повећати експериментаторовим телом, и светлост ће лампе порасти; ово светљење лампе долази делом од струје, која протиче кроз угљени конац, делом пак од молекилскога бомбардовања разређенога гаса.



Сл. 170.

Досадањим експериментима долазимо до нове серије интересних резултата. Јер кад могу да спроведем струју кроз изоловану жицу, кад само један њен крај спојим са извором електричне енергије; кад том струјом могу да изазовем другу, да намагнетишем гвоздено језгро; једном речи кад могу да извршим све оне радње, које се могу постићи и са повратним ланцем, онда је очевидно, да могу окретати и моторе само једном жицом. Другом једном приликом ја сам описао један прост облик мотора код кога има само један индукциони калем, једно гвоздено језгро и једна плоча. На сл. 170. види се у неколико измењен модел таког мотора са наизменичном струјом, који крећу индуциране струје у трансформатору спојеном само једним полом, као и разни други распореди ланаца за окретање извесне

врсте наизменичних мотора основаних на дејству струја разних фаза. Тако на пример сл. 170, II показује примарну жицу *P* спојену једним својим крајем за ланац *L*, који долази са једнога пола T_1 каквог трансформатора високог напона. У индукционој вези је са том примарном жицом P дебела секундарна жица S, у чијем се ланцу налази калем *c*. Индуциране струје у секундарној жици магнетишу гвоздено језгро *i*, и окрећу металну плочу *d*. Такав мотор M_1 као што га показује сл. 170, II, назван је „мотор са магнетским задоцњавањем" и да се са њим постигне најбољи резултат, не треба узети струје са врло високим фреквенцијама — да ни су више од четири до пет хиљада — премда ће се он окретати и са десет хиљада, а и више у секунди.

На сл. 170, I, представљен је шематички један мотор са два ланца A и B. Ланац *A* спојен је са линијом *L* а са њим је у низу спојена примарна жица P, које се слободни крај може спојити са изолованом плочом P_1 као што показује тачкаста линија. Други ланац моторов B, спојен је са секундарном жицом S, која је опет у индуктивној вези са примарном жицом P. Кад кроз пол калемов T_1 пролази наизменична струја, она протиче у исти мах кроз отворену линију L као и жицу A и P. Струја пролазећи кроз P, индуцира секундарну струју у жици S, која пролази сад кроз моторов ланац B. Струје у секундарној жици S и примарној P, разликују се у фази са свим или приближно за 90°, и могу окретати арматуру, која би била у индуктивном односу са ланцима *A* и *B*.

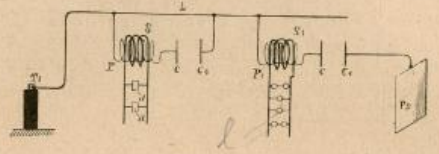
На сл. 170, III имамо сличан мотор M_2 са два ланца A_1 и B_1. Примарна жица P спојена једним својим крајем са линијом L, дејствује на секундарну жицу S која је тако навијена, да може издржати високу електромоторску снагу. С том су жицом спојена оба моторова ланца, и то један непосредно, а други кроз кондензатор *c* кога је задатак да у струјама ланаца A_1 и B_1 изазове разлику у фази.

Сл. 170, IV показује нам опет другојачи распоред. Овде су две примарне жице P_1 и P_2 спојене са линијом

L, једна непосредно а друга кроз кондензатор с слабога капацитета. Свака примарна жица има по једну секундарну S_1 и S_2 које су у низу спојене са ланцима A_1 и B_2 мотора M_1; кондензатор C служи и овде да произведе фазну разлику између струја, које протичу кроз мотор. Пошто су ти фазни мотори са два или више ланаца сада добро познати, они су и представљени овде само шематички. Међу тим и ако су мотори те врсте за сада важни само са научнога гледишта, ипак ће они без сумње скоро бити примењени и у практици.

Држим да би било корисно да учиним неколике напомене о разним применама спровођења електрицитета једном жицом. Очевидна је ствар, да кад имамо посла са струјама високих фреквенција, да је спајање ланца са земљом — бар кад је електромоторска снага струје велика — корисније него да се употреби повратна жица. Кад је струја једносмислена или кад је слабе учестаности онда је такво враћање струје кроз земљу незгодно, јер прве струје изазивају штетне хемијске радње, а обе заједно утичу сметајући на суседна електрична спровођења; међу тим кад су струје високе учестаности све те сметње практички не постоје. Али ако је електромоторска снага употребљене струје врло велика, онда је и враћање струје кроз земљу сувишно јер је онда економније спроводити струју кроз отворене, не спојене спроводнике него кроз затворен ланац. И ако пренос снаге на даљину на индустријској основи, а само једном жицом може изгледати још немогућ онима, којима су експерименти извршени у том смислу непознати, за оне који те ствари знају такав пренос није немогућ. И заиста, ја не видим зашто се једна таква инсталација не би могла остварити. У осталом не треба мислити да су за то потребне струје врло високе фреквенције јер чим се употребе струје рецимо од 30.000 волата, спровођење само једном жицом може се извршити са ниским фреквенцијама као што су ми то непосредно експерименти показали.

Кад је учестаност висока врло се лако може извести и регулисати такво спровођење на начин представљен у сл. 171. Ту се виде две примарне жице P и P_1, и свака је по једним крајем спојена са линијом L,

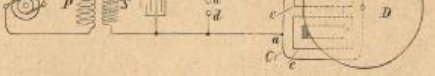


Сл. 171.

а другим крајевима са кондензаторским плочама C и C. Поред њих су намештене друге кондензаторске плоче C_1 C_1 од којих је једна спојена непосредно са линијом L, а друга са једном великом изолованом плочом P_2. Око примарних жица намотане су секундарне дебеле жице S и S_1 спојене даље са одговарајућим справама d и l. Кад се промени даљина кондензаторских плоча C и C_1 онда се мења и интензитет струја у секундарним жицама S и S_1. И најинтереснија ствар у овом експерименту јесте велика осетљивост те врсте регулисања, јер и најмања промена у даљини плоча изазива врло велике промене у интензитету или јачини струје. Осетљивост се може довести до максимума онда, кад се таква фреквенција удеси, да примарна жица сама за се без плоче спојене са њеним другим крајем, испуни заједно са затвореном секундарном жицом услове за резонанцију. И онда и најмања промена капацитета слободнога пола, изазива врло велике промене у интензитету струје. На пример ја сам могао све те појединости тако удесити, да је само приближавање какве особе индукционом калему знатно мењало сјајност упаљених лампа у секундарној жици. Такви су експерименти наравно сада важни само са научног гледишта али ће свакако временом постати важни и за практику.

Врло се висока учестаност не може употребити код мотора и то због гвоздених језгра. Али се онда можемо послужити напрасним пражњењем слабих фреквенција те на тај начин постићи добре стране струја високих фреквенција, а да с тим не доведемо гвоздено језгро у немогућност да прати брзе варирације струје и да не губимо великих количина енергија у језгру. Ја сам нашао, да је врло згодно струјама слабих фреквенција, кретати наизменичне моторе таким дисруптивним пражњењем кондензатора. Извесна врста таких мотора до којих сам дошао пре неколико година, има затворене секундарне ланце и окреће се врло тачно, кад се кроз индукционе калемове пропусте таква дисруптивна пражњења. Разлог у след кога се такви мотори правилно окрећу јесте у томе, што је фазна диференција између струје у примарној и секундарној жици управо од 90 степени, што није случај код струја слабих фреквенција, које хармонички расту и опадају.

Свакако ће бити интересно да покажем рад једног простог мотора те врсте у толико пре што се у опште мисли, да су дисруптивна пражњења незгодна за тај посао. Такав је мотор представљен на сл. 172. Ту имамо једно веће гвоздено језгро i са усецима у којима су смештени дебели бакарни оквири $c\ c$.. Близу језгра



Сл. 172.

је металан колут D, који се слободно може окретати. Око језгра је намотана примарна жица C, за коју су, у тачкама a и b, спојени крајеви секундарне жице S једног обичног трансформатора; примарна његова жица P спојена је за полове једног наизменичног генератора G, ниске или умерене фреквенције. Између полова секундарне жице S унесен је и кондензатор C који се

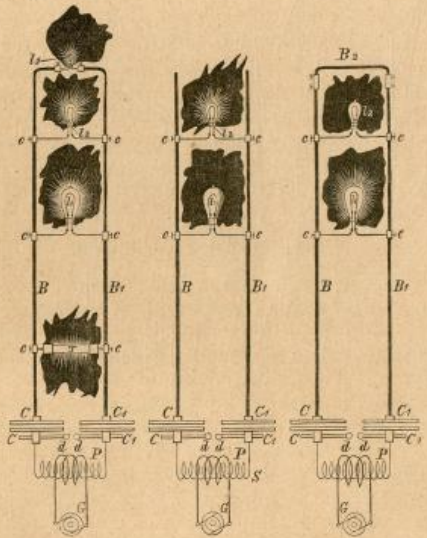
празни кроз ваздушни слој $d\ d$ који се може спојити с ланцем C или у низу или сведен (shunt). Кад се све удеси како треба, колут се D окреће великом снагом а гвоздено се језгро i не загрева јако. Међу тим кад су струје високих фреквенција, језгро се врло брзо загреје и обртна снага колута опадне.

Да би експеримент био као што треба, ваља се претходно осигурати да се колут D не окреће кад нема пражњења у $d\ d$. Боље је још употребити велико гвоздено језгро, и кондензатор великог капацитета те да се или сведу или са свим уклоне наметнуте брзе осцилације. Пазећи на извесна проста правила, мени је испало за руком обртати у низу или сведене једносмислене моторе таким дисруптивним пражњењем и то са или без повратне жице.

Између разних струјних појава, можда је најинтересније појава импеданције коју налазимо у спроводницима код струја, које се врло брзо мењају. У моме првом чланку пред америчанским друштвом инжињера електричара, ја сам описао неколике случајеве те врсте. Ја сам онда показао да кад струје високих фреквенција протичу кроз дебелу металну шипку, да може на тој шипци бити места удаљених само за неколико сантиметара са толиком потенцијалском разликом да се може упалити обична лампа сијалица. Онда сам описао и интересно понашање разређених гасова око таквих спроводника са наглим падовима струје. Те су појаве од оног доба још боље проучене и не ће бити без интереса да један или два таква случаја опишем.

На слици 173 а, B и B_1 су дебеле бакарне шипке спојене својим доњим крајевима са кондензаторским плочама C и C_1; наспрамне плоче кондензаторске спојене су за полове секундарне жице S једнога трансформатора високог напона, кога је примарна жица P, везана за наизменичну динамомашину G слабе учестаности. Кондензатор се као обично празни кроз ваздушни слој $d\ d$ кога се дебљина може регулисати. Кад се пражњењем удеси брза вибрација струје, онда се може лако извршити следећи занимљив експеримент.

Крајеви се бакарних шипака B и B_1 споје једном сијалицом l_3 малога броја волата; мало ниже утврди се сијалица l_2 од 50 волата; још ниже друга једна сијалица l_1 од 100 волата и на послетку на извесној даљини испод те лампе једна испражњена цев T. Кад се згодно одреде положаји тих справа, могу се све усијати у исти мах и ако су све спојене са истим металним шипкама и ако им је потребан разан број волата за сијање.



Сл. 173. a. Сл. 173. b. Сл. 173. c.

На сликама 173 b, и 173 c, представљена су друга два експеримента за које није потребно тако тачно удешавање као код горњега експеримента. На сл. 173 Б, виде се две сијалице l_1 и l_2 прва од 100 а друга од 50 волата. Кад варница стане прескакати код d d, лампа од 50 волата гореће јаком светлошћу док ће

лампа од 100 волата или горети врло слабом светлошћу или се не ће никако ни упалити. На против ако се крајеви бакарних шипака B B споје каквим дебелим спроводником B_2, онда ће се лампа од 100 волата упалити, а она од 50, угасити (сл. 173 с). Као што сам ја већ напоменуо, ти се резултати не могу приписати само учестаности, већ нарочито брзини варијација, која може бити велика и са ниским фреквенцијама.

На исти се начин може извести још читав низ исто тако интересних експеримената а нарочито још и са једносмисленим струјама и они нас упознају са многим важним особинама електричних струја.

У горњим сам експериментима нарочито изнео светлосне појаве и било би потребно проучити их посебице; али да би то проучавање било потпуно, држим да је потребно да са неколико речи пропратим тако звану електричну резонанцију, о којој ваља увек водити рачуна код тих експеримената.

О електричној резонанцији

Појави електричне резонанције све више и више обраћају на се пажњу инжињера и постале су врло важне у практичкој примени наизменичних струја. Са неколико ћемо напомена пропратити те појаве овом приликом.

Очевидна је ствар, ако успемо да употребимо дејства електричне резонанције у практичном раду са разним електричним справама, онда је повратна жица са свим непотребна јер се електричне вибрације могу исто тако добро спровести, а кад што још и боље спровести једном жицом него двема. С тога би најпре ваљало видети како се могу постићи појаве чисте резонанције. И теорија и експеримент нам показују, да је то немогуће постићи у природи, јер у колико појединe осцилације бивају јаче и јаче, у толико губитци у телу које трепери као и у околној средини јаче расту и наравно спречавају вибрацију, која би иначе непрестано расла. У осталом то је добра ствар што се чиста

резонанција не може произвести, јер се иначе не би могле набројати све оне опасности, којима би били изложени експериментатори. Овако пак, резонанција постаје само до неког извесног степена јер величина до које се она може развити ограничена је непотпуном спроводношћу и непотпуном еластичношћу средине или у опште губитцима у след треперења. У колико су ти губитци мањи у толико је резонанција већа.

Исти је случај и са механичким вибрацијама. Једна се челична шипка може усталасати капима воде које на њу падају у одређеним интервалима; код стаклета је дејство резонанције због веће еластичности његове, још веће, јер се једна стаклена чаша може разбити само ако се испред ње произведе тон извесне висине.

Електрична резонанција биће у толико потпунија у колико је мањи отпор или импеданција спроводне средине и у колико је савршенији диелектрик. Кад се лајденска боца празни кроз кратку плетеницу танких жица, онда су горе поменути услови по свој прилици најбоље испуњени и појаве резонанције су веома приметне. Такав већ није случај са динамомашинама, трансформаторима и њиховим ланцима или у опште са обичним индустријским апаратима, код којих још гвоздена језгра заплићу, а често чине те је та појава и немогућа. Што се пак тиче лајденске боце, којом се најчешће служимо да покажемо резонанцију, морам приметити, да се те посмотрене појаве често *приписују* али ретко кад *остају* у след праве резонанције јер се врло лако у том послу може погрешити. То се на несумњив начин може овим експериментом потврдити. Узмите на пример две велике изоловане металне плоче или лопте које ћу означити са A и B; метите их близу једну до друге и напуните их каквом електростатичком или инфлуетном машином до толиког потенцијала, да кад би само мало повећали потенцијалну разлику између њих, да варница између њих прескочи. То се у осталом може доста лако удесити. Ако сад другу једну плочу — утврђену на изолованој дршци и спојену (једном жицом) са једним полом секундарне жице каквог индукционог ка-

лема високога напона, кроз који протиче наизменична струја (по могућству што више учестаности) — приближимо једном наелектрисаном телу A или B и то тако да је ближе једноме но другоме, варница ће неизоставно прескочити између њих; то ће се свакако десити онда ако је потенцијал калема који је спојен са плочом довољно висок. Ова се појава може објаснити индуктивним дејством приближене плоче на тела A и B у след чега је морала прескочити варница између њих. Кад варница постане, електрицитети се неутралишу јер су тела A и B била извесно време међу собом спојена самом варницом. Али та ће варница постати па било ту резонанције или не. Међу тим ако и не буде варнице, ипак ће се створити извесна електромоторска снага између тела кад се једноме од њих приближи поменута плоча; према томе приближавање плоче и ако *не може* увек да произведе, она ће увек *тежити* да индукцијом произведе варницу између речених наелектрисаних тела.

У место наелектрисаних лопата или плоча A и B узећемо облоге лајденске боце; исто тако у место машине која је истина као наизменични генератор високе учестаности згодније за експеримент, можемо узети другу лајденску боцу или читаву батерију боца. Кад се такве боце испразне кроз ланац слабога отпора, кроза њ' ће пројурити струје врло високе фреквенције. Сад се она изолована плоча може спојити са једном облогом ове друге боце (или батерије) и кад се приближи првој боци напуњеној претходно до високога потенцијала каквом индуентном машином, резултат ће бити исти као мало час; прва ће се боца испразнити кроз танки ваздушни слој на другу. Међу тим обе боце и њихови ланци не морају бити боље удешени но што је на пример контра бас и тон који даје комарац па да кроз ваздушни слој или прескачу мале варнице или да тај слој буде у извесном напону коме је повод индукцијом изазвана наизменична електромоторска снага, која постаје кад се једна боца почне празнити.

На исти се начин може учинити друга једна погрешка сличне природе. Ако ланци две боце теку паралелно и експеримент је тако удешен да се боце празне, па се једном том ланцу дода један калем жица, онда, ако експеримент не испадне за руком, било би погрешно закључити да је томе узрок неједногласност оба ланца; јер оба ланца дејствују као кондензаторске облоге и додавање онога калема једноме том ланцу који такође дејствује као мали кондензатор учиниће, те ће наизменична електромоторска снага на половима опасти и варница не ће моћи прескочити.

Да се појаве електричне резонанције изведу како треба, ваљало би употребити алтернатор са хармоничким падањем и растењем струје јер кад се струје нагло прекидају и спајају, посматрања ни су са свим истинита и верна пошто се многе појаве, које зависе од брзине промена, могу произвести са фреквенцијама веома различним. Па и ако се на то употреби алтернатор, и онда се може доћи до погрешака. Кад се један ланац споји са алтернатором, онда има безбројно много вредности за капацитет и самоиндукцију, које кад се комбинују могу испунити услове резонанције. Тако се исто и у механици може наћи безбројно много звучних виљушака (дијапазона) који одговарају или резонирају неком тону извесне висине или напрегнутих опруга које имају извесну одређену периоду треперења. Али ће резонанција бити најсавршенија онда кад је кретање најслободније. Код механичког треперења, кад се она дешавају у обичној средини, — рецимо ваздуху — од слабога је значаја, да ли ће једна звучна виљушка бити мало већа од друге, јер су губитци у ваздуху врло слаби. Истина се може једна таква виљушка затворити у суд у коме је ваздух разређен и сведавши на тај начин отпор ваздуха на најмању меру, постићи боље резонаторско дејство. Свакако овде разлика неће бити врло велика. На против та би разлика била знатно већа кад би дијапазон био замочен у живу.

Што се тиче електричких вибрација најважнија је ствар, да се поједини услови тако удесе, да вибрације

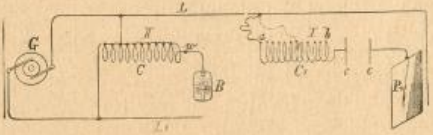
УНИВЕРЗИТЕТСКА БИБЛИОТЕКА БЕОГРАД

буду што слободније. Величина резонаторског дејства зависи, под иначе једнаким условима, од количине електрицитета која се креће или од јачине електричне струје што кроз ланац протиче. Али се сам тај ланац противи пролазу струје својом импеданцијом па с тога, да би дејство било што боље, ваља свести импеданцију на најмању меру. Са свим се она не може уклонити већ само донекле, јер се омски отпор не може избећи. Међу тим ако је фреквенција употребљене струје врло висока, количина се струје одређује практички једино самоиндукцијом. Самоиндукција се пак може избећи згодном комбинацијом између ње и капацитета. И ако је однос између њих такав, да се оне, при употребљеној учестаности, узајамно потиру, — то јест ако су им вредности такве да испуњују услове за резонанцију — и да највећа количина струје пролази кроз спољашњи ланац, онда је најбољи резултат постигнут. Тога ради је простије и сигурније да се кондензатор споји у низу са самоиндукцијом. По себи се разуме да може бити и таквих комбинација, којима ће се при датој фреквенцији постићи најбољи резултат, кад се кондензатор сведе (shunt-ира) са самоиндукционим калемом. Да ли ће се један или други начин употребити, решиће околности под којима се експеримент изводи. Али ако се експеримент удеси спајањем у низу, онда се може узети слаба самоиндукција а велики капацитет или мали капацитет, а јака самоиндукција; свакако је ово последње боље, јер се велики капацитет у опште тешко регулише на мале степене. Ако је калем врло јаке самоиндукције, критички је капацитет сведен на врло слабу меру и сам капацитет калема је врло често довољан. У осталом, ако се на извесна правила пази, лако је направити такав калем, код кога ће импеданција бити сведена само на омски отпор, јер за сваки калем има очевидно једна извесна учестаност при којој ће импеданција бити сведена на најмању меру те ће и кроз калем протицати најјача струја.

Тај однос између самоиндукције, капацитета и фреквенције постао је важан код справа са наизме-

ничном струјом као на пример код трансформатора или мотора, јер кад се ти елементи згодно комбинују, онда су са свим непотребни скупи кондензатори. Исто је тако могуће, пропустити кроз калеме каквога наизменичног мотора и под обичним условима, ма какву струју слабе електромоторске снаге па савршено избећи споредне или привидне струје, и то се у толико лакше може извести у колико је мотор већи; само је онда потребно да струје буду врло високог потенцијала или високе учестаности.

Слика 174 показује један распоред употребљен за проучавање резонанције алтернаторима високе учестаности. Ту видимо један калем C_1 са великим бројем



Сл. 174.[3]

завоја, подељен на више мањих одељака како би се згодније могао регулисати. Калем C_1 спојен је једним својим крајем за линију L која долази од алтернатора G; а другим, једном од двеју плоча c кондензатора с c_1 кога је друга плоча (c_1) спојена са једном великом плочом P_1 На тај се начин и капацитет и самоиндукција удесе према учестаности динамо машине.

Што се тиче пењања потенцијала резонаторским дејством, може се рећи да се потенцијал бар теоријски може попети до ма које вредности, пошто он зависи од самоиндукције и отпора и пошто ови могу опет имати какве хоћемо вредности. Међу тим у практици избор тих величина није неограничен, а поред тога има и других утицаја о којима ваља водити рачуна. Могли би на пример почети струјом од 1000 волата и попети електромоторску снагу на педесет пута већу вредност, али се не би могло почети струјом од 10000 волата и попети је на десет пута већу вредност, због губи-

така у околној средини, који су губитци велики а нарочито ако је фреквенција висока. Могло би се на пример почети струјом ниске или високе учестаности од само два волта па попети њену електромоторску снагу на више стотина већу вредност.

Обично се струје ниског потенцијала претварају у струје високога потенцијала, и тога ради се може узети обичан индукциони калем; међу тим се по кад што можемо послужити распоредом који показује сл. 174, II. Овде имамо калем C подељен на врло многе одељке па се неколико њих употребе као примарна жица. На тај се начин може у исти мах регулисати и примарна и секундарна жица. Један се крај калема споји за линију L_1 алтернатора, а друга се линија алтернатора (G) споји са ма којом другом тачком тога калема. Такав калем са примарном и секундарном жицом које се могу регулисати врло је згодан и за експерименте са дисруптивним пражњењем. Кад се на тај начин права резонанција постигне, почетак таласа се налази на слободном крају калема, у овом случају на пример на полу фосфорасте лопте B. То се у осталом може лако познати посматрањем потенцијала на жици w близу калема.

У вези са резонанцијом и са проблемом о преносу енергије на даљину једним само спроводником, о чему је била реч мало час, хоћу да се дотакнем једнога предмета, који ми је непрестано у памети и који се тиче благостања свију нас. То је пренос разумљивих сигнала или знакова, а мож'да и снаге на даљину без икаквих спроводника или жица. Свакога дана расте у мени уверење о могућности и практичности тога предмета, па и ако врло добро знам, да велика већина научара не верује, да се такви резултати могу практички и непосредно постићи, ипак мислим, да они сви држе, да су резултати постигнути у последње време у том правцу такве природе, да могу подстаћи појединце на даље размишљање и експериментисање у том правцу. Моје је пак уверење тако јако у том смислу, да више не сматрам да је тај пренос енергије или

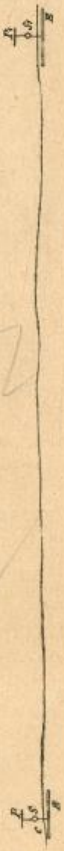
сигнала теоријски само могућ, већ да је то врло озбиљан проблем електротехнике, који се једног или другога дана мора решити. Сама мисао о преносу мисли без жица јесте природна последица најновијих истраживања на пољу електрицитета. Многе ентхузијасте мислиле су одмах, да се може телефонисати на ма какву даљину само индукцијом кроз ваздух. Ја не могу да идем тако далеко, али тврдо верујем, да је могуће, јаким машинама изменити електростатичко стање наше земље и онда преносити разумљиве сигнале а мож'да и снагу на даљину и без спроводника. Јер у самој ствари шта би могло сметати остварењу те замисли? Ми знамо данас, да се електричне вибрације могу преносити само једном жицом, зашто не би покушали да се за тај посао послужимо земљом? Не треба да се уплашимо мишљу о великој даљини. Нестрпљивом и журном путнику који броји поштанске сахате и километре, земља може изгледати врло велика; али најсрећнијим људима, астрономима, који посматрају небеса и мере земљу својим огромним мерилима, за њих је земља веома мала. Такав исти појам о величини земљиној мора имати и електричар, јер кад помисли на брзину којом се извесни електрични поремећај простире кроз земљу, свака помисао о даљини мора у њему ишчезнути.

Једна важна тачка била би, да се дозна колики је капацитет земљин и колико би електрицитета на њој било кад би се наелектрисала. Јер истина и ако ми немамо позитивних доказа да може у простору постојати неко наелектрисано тело, а да не буде у његовој близини другог неког тела супротно наелектрисаног, ипак је врло вероватно, да је наша земља у таком стању, јер ма какав био начин по коме се она одвојила од других небеских тела, — а тако се у осталом тумачи њен постанак — она је морала задржати у себи извесну количину електрицитета као што то бива при сваком механичком раздвајању појединих тела. Ако је дакле земља једно наелектрисано тело, изоловано у простору, онда је њен капацитет веома мали, — мањи

од једног хиљадитог дела фарада. Али виши слојеви ваздушни су спроводљиви, те тако може бити да има у слободном простору к ван атмосфере неке средине, која може бити наелектрисана супротним електрицитетом. И онда капацитет може бити несравњено већи. Свакако је пак врло важно, дати једну идеју о количини електрицитета, који земља на себи може имати. Тешко се може данас рећи да ћемо моћи дознати праву вредност те количине, али се можемо надати да ћемо ипак успети и то помоћу електричне резонанције. Јер ако нам икада испадне за руком да дознамо, у каквим периодама осцилира земљин електрицитет кад се поремети каквим супротно наелектрисаним системом или познатим електричним ланцем, онда ћемо дознати ствар од највеће важности за благостање целога људскога рода. И ја би предложио да се та периода тражи електричним осцилаторима или каквим извором наизменичних струја. Један би пол тога извора спојили са земљом на пример са мрежом воводоводних варошких цеви, а други са каквим изолованим телом велике површине. Могуће је да су највиши спроводљиви слојеви ваздушни или сам слободни простор наелектрисани супротним електрицитетом и да они са земљом чине један кондензатор врло великога капацитета. У том случају, периода вибрације може да буде врло спора и једна наизменична динамомашина може послужити за тај експеримент. Онда би променио струју до тако високог потенцијала, колико би било могуће, па би спојио полове овога секундарног ланца високога напона са земљом и са изолованим телом. Мењајући фреквенцију струје, и посматрајући брижљиво потенцијал изолованога тела, као и поремећаје на оближњим тачкама земљине површине открила би се резонанција.

Ако би, као што већина научара врло вероватно држи, та периода била врло кратка, динамомашина не би била довољна, и онда би ваљало узети други згоднији електрични осцилатор; може бити да се не би могле никако ни остварити вибрације тако брзе. Али

било то могуће или не, била земља наелектрисана или не; и ма каква била периода вибрације свакако је могуће — о томе се уверавамо свакога дана — изазвати извесна електрична ремећења довољно јака, да се могу опазити згодним инструментима ма на коме крају земљине површине.



Рецимо да се један извор наизменичних струја S (сл. 175) споји једним својим полом са земљом (на пример са водоводним цевима) *E* а другим са каквим телом велике површине P. Кад се електричне осцилације на машини појаве, одма ће се изазвати извесно кретање електрицитета у и изван тела P, и наизменичне ће струје пролазити кроз земљу скупљајући се или разилазећи се из неке тачке с у којој је извршен спој са земљом. На тај ће се начин суседне тачке на земљиној површини и до неке извесне даљине пореметити. Само ће то ремећење опадати са даљином и и даљина до које ће се то ремећење још моћи дознати, зависи од количине електрицитета који је употребљен. Пошто је тело P изоловано, потенцијал извора треба да је огроман, иначе би површина тела P ограничавала то дејство. Поједини се услови могу тако удесити, да се из генератора или извора S шире таква електрична кретања, као да је ланац затворен. На тај би начин било свакако могуће саопштити земљи извесно електрично треперење бар од извесне споре периоде. До које би се пак даљине такве вибрације могле распростреги, то се свакако не може са сигурношћу закључити.

Ја сам у другој једној прилици посматрао питање о понашању земљином према електричним поремећајима. Пошто би у таком једном експерименту густина електрицитета била веома слаба према величини земљиној,

Сл. 175.

то нема сумње да ваздух не би штетно дејствовао и да не би било великих губитака енергије у след ваздуха, што би свакако био случај кад би он био знатно гушћи. Теоријски не би требало великих количина енергије, па да се извесан електрични поремећај распростре на врло велику даљину па чак и по целој површини земљиној. Међу тим је са свим извесно, да се ма на којој тачки и на извесној даљини од извора S апарати згодно удешени у погледу самоиндукције и капацитета, могу резонанцијом ставити у кретање. Али не само то, већ се други један извор S_1 (сл. 175) сличан извору S или читав низ таквих извора може синхронички кретати у след првога извора те на тај начин распростети на велики простор ону електричну енергију, која се на неком извесном извору производи. С тога држим да је ван сваке сумње, да се извесне електричне справе у каквој вароши кроз саму земљу или кроз систем цеви и резонанцијом могу кретати једним само електричним осцилатором из какве централе. Али практично решење тога питања биће од несравњивно мањега значаја за људе него остварење онога плана по коме се може преносити разумљиви знаци или и снага ма на коју даљину и то кроз земљу или кроз околну средину. Ако је то у опште могуће, онда даљине не играју никакву улогу. Најпре се морају пронаћи згодни апарати, којима се то питање има решити и ја сам томе питању посветио већ велики део својега рада. Ја сам тврдо уверен да се то може остварити и надам се, да ћемо ми сви доживети да то све својим очима и видимо.

Светлосне појаве изазване струјама високе учестаности и потенцијала. — Опште напомене.

Прелазећи сада на светлосне појаве које су биле главни смер нашега проучавања, држим да се могу поделити на четири класе: 1, усијаност каквога чврстога тела; 2, фосфорност; 3, усијаност или фосфорност

каквога разређенога гаса и 4, светљење у гасовима на обичном притиску.

И прво питање које би могли поставити било би ово: Како постају те светлосне појаве? Да би одговорили на то питање у што потпунијем облику према стеченом искуству и усвојеним појмовима, ја ћу, да би ствар била интересније, да се задржим код једне ствари, која је по мом мишљењу веома важна и то тим више што изгледа да ће бацити много више светлости на многе појаве, које производе струје високе фреквенције.

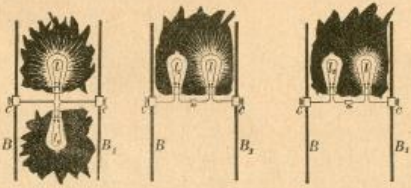
Ја сам већ једном приликом нагласио велику важност разређенога гаса или атомске средине у опште око спроводника, кроз који протичу наизменичне струје високе учестаности, и то нарочито што се тиче загревања тих спроводника струјама. Из мојих експеримената, које сам пре извесног времена описао следује, да је важност разређенога гаса за загревање каквога спроводника у толико већа у колико је виша фреквенција и потенцијална разлика узетих струја. Шта више, ја сам истом приликом напоменуо, да је потенцијална разлика важнији елеменат од учестаности. Кад су оба та елемента довољно висока, онда скоро сво загревање долази од самога разређенога гаса. Следећи експерименти показаће важност разређенога гаса или у опште важност гаса на обичном или каквом другом притиску у колико се то тиче усијавања или других светлосних појава изазватих струјама те врсте.

Узећу две обичне сијалице од по педесет волата и шеснаест свећа јачине, које су у свему међу собом једнаке, изузевши само што је једна на врху своме отворена да може у њу ваздух да уђе док се друга налази на обичном ступњу разређења као што се у трговини налазе. Кад ону лампу у којој је ваздух разређен спојим са једним полом сукундарне жице онога калема, којим сам се већ раније служио на пример у експерименту представљеном на слици 169 а, и пропустим струју, угљени ће се конац, као што сте већ видели, јако усијати. А ако у место те лампе метем ону у којој

има ваздуха, конац ће се опет усијати али много слабије.

Тај експеримент илуструје само донекле ону истину, коју смо горе истакли. Важност разређене средине у којој се угљени конац налази, истина излази на видик, али мож'да не у оној мери као што би се желело. Узрок лежи у томе што је секундарна жица тога калема намотана за ниске напоне и има само 150 завоја, у след чега је потенцијална разлика на половима лампе слаба. Кад би узео други калем са много већим бројем завоја у секундарној жици, дејство би било јаче и ако, као што смо и мало час напоменули, то дејство само у неколико зависи од потенцијалне разлике. И како то дејство зависи још и од фреквенције, то се може згодније рећи, да оно зависи од размере са којом се мења потенцијална разлика. Што је та промена већа у толико гас јаче дејствује на загревање. Ја сам у стању да произведем много већу размеру у промени потенцијалне разлике на други начин, који има још и ту добру страну што код њега отпадају оне замерке које се могу учинити горе поменутом експерименту. До тога резултата могу доћи кад наизменичном струјом из обичног трансформатора пуним једну батерију кондензатора, па ту батерију празним непосредно кроз ланац слабе самоиндуције као што је то показано на сликама 173 a, 173 b, 173 c.

На сликама 176 a, 176 b, и 176 c, дебеле бакарне шипке $B\,B_1$ спојене су са супротним облогама једне кондензаторске батерије или у опште тако, да кроз њих пролазе струје високе учестаности или напрасна праж-



Сл. 176, a. Сл. 176, b. Сл. 176, c.

њења. Најпре ћу да спојим са тим шипкама обичну једну сијалицу од педесет волата стезалицама с с. Пражњења пролазећи кроз лампу усијају је и ако је струја што кроз лампу пролази врло слаба и не би била у стању да упали лампу под обичним околностима. Кад у место те лампе метем другу лампу сличну првој али пуну ваздуха на обичном притиску, угљени се конац неће усијати. Међу тим се тај резултат може приписати ма којој међу многим реакцијама које се ту збивају. С тога ћу обе лампе да спојим онако како показује сл. 176 а, па кад пропустим струју, лампа у којој је ваздух разређен светлиће, а она друга неће. Али из тога не треба закључити, да ова лампа за то не светли што троши врло мало енергије; на против она троши врло много и може се јаче угрејати него лампа која светли. У том експерменту потенцијална разлика на половима лампе мења свој знак по теорији три до четири милијуна пута у секунди. Крајеви су конаца наелектрисани на одговарајући начин, и гас који је у лоптама јако је узбуркан и знатна се количина енергије претвара на тај начин у топлоту У лопти пуној ваздуха, у којој има неколико милијуна гасних молекила више него у испражњеној, бомбардовање које је најјаче на крајевима конца, дакле у грлићу лампе, троши врло велику количину енергије, али не изазива никакав светлосни ефект. То пак долази отуда, што због великог броја молекила бомбардовање је квантитативно узев огромно, али посебни судари ни су веома јаки јер је брзина молекила сразмерно слаба због кратке слободне путање, коју сваки молекил пролази. У испражњеној пак лопти слободне молекилске путање су дуже те и брзина знатно већа у след чега су поједини судари снажнији и згоднији да изазову светлост. Међу тим произвођење топлоте је веће у пуној лопти.

Електрична струја која кроз обе лопте протиче веома је слаба, несравњено слабија од струје која би била потребна у обичном ланцу слабе учестаности. Међу тим је потенцијална разлика на крајевима конаца врло

велика и може изнети 20.000 волата, а и више. Код обичних лампа, варница прескочи између крајева конца или између платинских жица много пре но што се потенцијал попне до те вредности.

Код овог последњег експеримента, где су обе лампе на једној жици могло би се приметити, да празна лопта, може бити много више прима струје те да опажена разлика између њих не долази од разлике гасног бомбардовања у њима. Међу тим та примедба не може опстати чим обе лампе спојим једну за другом и кроз обе пропустим струју. Опет ће конац у неиспражњеној лопти l_1 остати неусијан, док ће се конац у испражњеној лопти (l) јако усијати као што се то види на сл. 176 b. Према општим појмовима о тој ствари, струја треба да буде иста у оба конца, кад не би била измењена гасом у коме се концн налазе.

Овде ћу да споменем још један факат, који истиче значај промене потенцијала у овој ствари. Оставићу лампе тако спојене као мало час у сл. 176 b, али ћу знатно да сведем учестаност струје, која је била у прошлом експерименту врло велика. То ћу постићи кад унесем у ланац један самоиндукциони калем или кад повећам капацитет кондензатора. Кад ту струју са ниским фреквенцијама пропустим кроз обе лампе, испражњена ће лампа l сијати као и мало час, али ће се сад усијати и неиспражњена лампа l_1 прем'да не тако јако као она прва. Удешавањем струје могу ову другу лампу да доведем до врло слабог црвеног усијања, а она ће прва l светлити врло јако (сл. 176 c), прем'да мало слабије него у прошлом експерименту (сл. 176, b.).

У тим експериментима двојако дејствује гас на усијавање конаца и то: конвекцијом и бомбардовањем. Што је виша учестаност и потенцијал струје, у толико већма превлађује бомбардовање. Конвекција на против слаби растењем учестаности. Са струјама постојаним нема бомбардовања и конвекција сама утиче на усијаност и изазива последице, које смо горе извели. Ако две лампе у свему једнаке али једна је испраж-

њена, а друга је пуна гаса, спојимо било као на сл. 176 a или 176 b, конац у неиспражњеној лампи утрошиће много струје док се усија. То долази једино од конвекције и дејство ће бити у толико јаче у колико је конац тањи.

Још ћу да напоменем овде једну интересну ствар коју сам приметио у току ових радова. Ја сам на име приметио, да врло слабе разлике у густини ваздуха, изазивају врло велике разлике у усијаности жица па сам мислио, да кад би спровели струју кроз какву жицу затворену у једној цеви у којој гас није свуда једне густине, да се жица не би свуда једнако усијала, него би била усијанија где је гас ређи, а остала би тамна онде где је гас врло густ те дакле где је конвекција јака а бомбардовање слабије. С тога сам узео једну цев t као што показује сл. 177, кроз коју пролази врло танка платинска жица w. Кад се из цеви извуче ваздух до умереног степена, па се споји са калемом високе фреквенције, платинска се жица местимице усија као што се види на слици. Доцније сам направио више таких цеви са једном или више жица и све су показивале исти резултат. Ефекат је најлепши кад је пражњење на слојеве али постаје и онда кад се слојеви не виде, а то показује да гас у цеви није био свуда једне густине. Положај усијаних и неусијаних места био је такав, да разређење гаса одговара најјачем усијању жице w.

Сл. 177.

У неким случајевима та јача усијања одговарају гушћим слојевима гаса као на пример код l (сл. 177). То се може објаснити претпоставком да конвекција није сувише различна у разним зонама, док је међу тим бомбардовање јаче у гушћим зонама. У самој ствари често се опажа и на лампама, да се танка жица јаче усија кад разређеност

није сувише велика. То се нарочито дешава кад потенцијал калема није довољно висок за одговарајућу разређеност. У сваком пак случају тај интересни феномен ишчезне кад се жица свуда подједнако загреје.

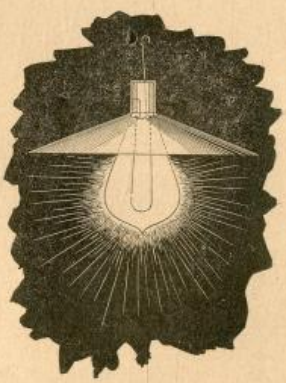
Ако дакле занемаримо промењиво дејство конвекције, онда се може узети да су два разна узрока који изазивају усијавање жице или угљенога конца, код промењивих струја а то су: спроводна струја и бомбардовање. Код постојаних и непромењивих струја ми имамо посла само са првим узроком и загревање је минимално јер је отпор мањи за постојану струју. А кад је струја промењива отпор је већи те и загревање јаче. Ако је дакле промењивост струје врло велика, отпор може толико да порасте, да се конац усија незнатним струјама, и ми можемо на пример усијати један кратак и дебео комад угљена или какве друге материје струјом несравњено слабијом но што нам је потребно да усијамо танак угљени конац из обичних сијалица струјом постојаном или ниске фреквенције.

Све нам то показује како се брзо мењају наши појмови по тој ствари, и како се нагло шири поље нашега сазнања у том смислу. У индустрији осветљавања сијалицама обично се држи да угљени конац треба да буде што тањи и што већега отпора. Данас знамо да ту отпор не значи ништа; јер конац може бити и кратак и дебео, само ако се налази у разређеноме гасу он ће се усијати и од слабе струје. Све зависи од учестаности и потенцијала струје. Из тога смемо извести закључак у колико се то тиче лампа, да је боље употребити високе фреквенције за осветљење јер онда можемо узети краће и дебље конце и слабије струје.

Кад се једна жица или конац налази у хомогеној средини, свакако загревање долази од спроводне струје; али ако се налази затворен у суду у коме се гас разређује, услови су са свим другојачи. Овде сада почне сам гас да дејствује и загревање које долази од струје као што су показали многи експерименти, може да буде врло мало према загревању које постаје у след

бомбардовања. То ће нарочито бити онда, кад ланац није затворен, и кад је потенцијал врло висок. Рецимо да само један танак конац, затворен у испражњеној лопти, спојим једним крајем са полом каквога калема високога напона, а другим крајем са каквом великом изолованом плочом. И ако ланац није затворен, конац ће се ипак као што сам већ показао, усијати. Ако су учестаност и потенцијал сразмерно ниски, онда се конац загрева струјом која *кроз'а њ'* пролази. Али ако учестаност и потенцијал расте, изолована плоча може бити врло мала или се још може и са свим изоставити, па ће се конац ипак усијати јер топлотно дејство долази сада од бомбардовања.

Слика 178 показује како се може згодно комбиновати дејство спроводне струје и бомбардовање кад се споји један крај угљеног конца из обичне сијалице са једним рефлектором који сада заступа изоловану плочу а други крај за извор високога напона. Међу тим не треба мислити да разређени гас сам изазива та топлотна дејства код променљивих струја; и гас под обичним притиском може учинити то исто, само ако је потенцијална разлика и учестаност довољно висока. Ја сам већ на једном месту показао, да кад гром на свом путу растопи какав спроводник, струја која је ту прошла може бити напредно слаба и тако слаба да тај исти спроводник не би могла ни осетно да загреје, само да је он био у хомогеној средини.



Сл. 178.

Према томе излази очевидна ствар да кад се какав спроводник великога отпора споји са извором струја високе фреквенције и потенцијала, може се изазвати врло јако расипање или јака дисипација енергије, а нарочито на крајевима спроводника и то у след утицаја гаса који је око спроводника. Из тога следује, да струја може бити много мања у пресеку, тамо где год око половине спроводника него ли у пресеку близу крајева. Тако на пример, ако повежемо у један низ врло велики број сијалица па пропустимо кроз'њ струју ове врсте о којој говоримо, крајње ће лампе јаче сијати док оне око средине могу се и не упалити. А то долази нарочито од бомбардовања као што је раније речено. Али и са постојаном струјом могу крајње лампе бити светлије од средњих само ако је потенцијална разлика врло велика. У том случају нема ритамског бомбардовања, и цео горњи ефект постаје у след расипања. То расипање или дисипација по простору код високих напона је врло велика кад се служимо сијалицама, а још је већа код пламених лампа, јер оне дејствују као пламенови. У опште, то је расипање слабије код постојаних струја него код променљивих.

Сл. 179.

Ја сам овде удесио један експеримент који на врло интересан начин показује дејство латералне дифузије. Кад се врло дугачка цев споји са полом калема високе учестаности, усијаност је већа близу пола и опада са даљином.

Тога ради узме се једна цев од прилике једног сантиметра у пречнику и трећестину сантиметара дужине, (сл. 179) па се на једном крају извуче у танак конац f, од прилике један метар дуг. Цев је утврђена за један месингени рукавац T, који се може ушрафити на пол T_1 индукционога калема. Пражњење које пролази кроз цев осветли најпре доњи део ширега пресека; али кроз дуги стаклени конац не може да прође. Поступно се међу

тим разређени гас загрева, постаје спроводљивији, и пражњење се продужи на цео конац који сада сав светли. То продирање пражњења кроз конац је споро и може проћи пола минута док прође цео конац. Удешавањем потенцијала, може се брзина продирања светлости кроз конац по вољи мењати. Али кад се већ цео конац једном загреје, пражњење се дешава по целој дужини у исти мах.

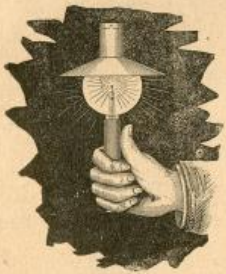
Важна ствар, коју ваља нарочито напоменути у томе је, што у колико фреквенција струје расте, т. ј. у колико је латерална дисипација већа у толико се светлост у цеви спорије простире. Експериенат најбоље испада за руком кад је у цеви веома разређен ваздух и кад је цев још нова. После извесног броја покушаја експериенат више не испада за руком. По свој прилици то долази отуда што се поступно квари висока разређеност цеви.

Ово споро простирање пражњења кроз узану стаклену цев у свему је слично са простирањем топлоте кроз какву шипку загревану на једном крају. У колико је јаче латерално губљење топлоте у толико ће бити потребно дуже време да се други крај шипке загреје. Кад струја слабе учестаности прође кроз горњи конац с једног краја на други, латерална је дисипација слаба и пражњење пролази тренутно кроз'а њ'.

После ових експеримената и опажања која показују важност нехомогености и неједнаке густине или атомске структуре средине и који бар у извесној мери могу да објасне природу четири разне врсте светлости, које постају струјама високих фреквенција, хоћу да вам покажем све то на неколиким примерима. И да би ствар била интересија ја ћу вам показати на начин који ће за многе од вас бити са свим нов. Ви сте видели раније да се електричне вибрације могу спровести само једним спроводником па ма каке он природе био. Па како је и тело човечије спроводник, ја ћу спроводити те вибрације кроз моје тело.

Пре свега спојићу моје тело са једним полом трансформатора високога напона па ћу узети у руку једну

лопту са разређеним ваздухом у којој је један комад угљена утврђен на платинској жици која излази ван лопте; чим пропустим струју кроз трансформатор, угљен се усија. (сл. 180). Кад изнад кугле метем рефлектор дејство је јаче. Није потребно, да поменути комад угљена буде у вези с руком помоћу спроводне жице јер и кроз само стакло, индукцијом, прећи ће довољно енергије да усија угљен.



Сл. 180.

За тим ћу узети један стаклени суд са веома разређеним ваздухом у коме се налази једно јако фосфорасто тело са малом алуминијумском плочицом изнад њега; платинска жица везана за поменуту плочицу излази ван суда. Струја која пролази кроз моје тело изазива јаку фосфорасту светлост у стакленом суду (сл. 181).

Исто тако кад узмем у руку само једну цев у којој је ваздух разређен и ако у њој нема фосфорастих тела, цев ће се опет расветлити (сл. 182).

Сл. 181.

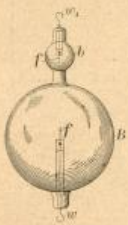
Сл. 182.

Најзад кад узнем у руку просту једну жицу голу или покривену дебелим слојем изолатора, са свим је то све једно; електрична је вибрација тако јака да се цела жица обложи једним слојем светлости, (сл. 183).

Сл. 183.

А сад, неколико речи ради објашњења свега тога. На првом месту посмотримо онај случај где смо имали усијан угљен или ма какво чврсто тело. Ми смо већ видели да ће се један танак спроводник, као на пример угљени конац у сијалици, усијати кад се једним својим крајем споји са трансформатором високога напона; то усијање долази делом од спроводне струје, а делом од бомбардовања. Што је конац краћи и дебљи у толико више превлађује бомбардовање и ако најзад сведемо цео конац на мали један грумен, онда се сво усијање има приписати бомбардовању. Исто тако у експерименту који сам мало час показао, угљен се усијао ритамским ударцима ситних тела, којих има у лопти. Та пак тела могу бити заостали гасни молекили, зрнца прашине или ситни комадићи отпали са електроде; било пак како му драго, извесно је, да усијање угљена стоји у тесној вези са притиском тих слободно покретних тела или у опште материје, која је у суду. Загревање је у толико јаче што је већи број судара у једној секунди и што је већа енергија сваког судара. Али ће се угљен усијати и кад се споји са извором постојаних потенцијала. У овом ће случају та тела односити електрицитет са угљена, и однесена количина електрицитета може бити довољна да усија угљен у свом пролазу кроз ваљ. Али бомбардовање овде не игра важну улогу. Због тога је потребна много већа количина енергије па да се угљен усија постојаним потенцијалом. И што је већа учестаност електричних вибрација, тим се економније може угљен усијати.

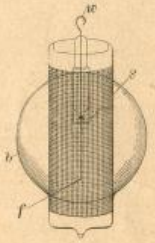
Главни разлог зашто се то тако дешава држим да је у томе, што се код импулса врло високих фреквенција, покретни делићи не удаљавају далеко од електроде, (угљена) те је тако сво загревање сведено на околину угљена. Јер ако узнемо две лопте као на пример на сл. 184, и то једну већу B, а другу мању b, и у свакој као обично по један конац f спојен за платинску жицу, w и w_1, онда, ако су оба конца f f, у свему једнака, мање треба енергије да се конац у лопти b усија до извесног ступња, него у лопти B. А то с тога што је кретање делића у мањој лопти више сведено на околину самога конца и није растурено као у великој лопти. Исто се тако примећује, да се конац у малој лопти мање квари но у великој, а то опет долази отуда што се гас у мањој лопти јаче загреје, постане добар спроводник те је и бомбардовање слабије кад спроводљивост гаса порасте. У овом се примеру мала лопта јако загреје, а с тим порасте конвекција и зрачење. Другом једном приликом показао сам како се та незгода може уклонити. Ваља малу једну лопту у којој се налази грумен песагорљиве материје затворити у већу лопту и простор између дуварова обеју лопата испразнити. Велика ће лопта у овом случају остати сразмерно ладна. Кад се велика лопта држи у непрестаној вези са ваздушним шмрком те се тако ваздух у њој једнако одржава у разређеном стању, онда ће она бити ладна док је међутим грумен у малој лопти усијан. Али кад се велика лопта одвоји од шмрка и затопи, па се грумен у малој лопти на дуже време усија, онда ће се и велика лопта угрејати. Ја закључујем из тога, да ако са свим празан простор (вакуум) не може спроводити топлоту (као што налази проф. Dewar) то је више због нашега брзога кретања кроз простор или општије говорећи, због промене средине у односу на нас, јер се једно перманентно стање не може одржати, ако средина, дакле околности остану



Сл. 184.

увек исте. Према томе јасно је да се вакуум не може одржати око каквога топлог тела.

У горе наведеној конструкцији, мала унутрашња лопта спречава бар у почетку свако бомбардовање о дуварове веће лопте. Пало ми је на памет да видим како ће се у том погледу понашати метално платно, па сам тога ради конструисао више апарата налик на овај представљен на сл. 185. У лопти b утврђен је угљени конац (или грумен) f, за платинску жицу w која пролази кроз стаклену дршку и излази ван лопте. Конац је окружен металним ситом s. Експериментат је показао да метално сито са широким окцима привидно ни у колико не утиче на бомбардовање о лопту b. Кад је ваздух био јако разређен, сенка од сита падала је на лопту и лопта се после кратког времена јако загрејала.



Сл. 185.

Код извесних апарата сито s било је спојено са платинском жицом затопљеном у стаклету. Кад се та жица споји са другим полом индукционога келема (а електромоторска се снага међу тим смањи) или са каквом изолованом плочом, бомбардовање о лопту b било је мање. Код сита са ситним окцима, бомбардовање је увек мање; али ако се црпљење ваздуха тера далеко, и ако је потенцијал трансформатора висок, лопта b биће јако бомбардована и загрејана премда се никаква сенка не види због сувише ситних окаца. На против, стаклена цев или какво друго непрекидно тело намештено око конца, спречава са свим бомбардовање и за неко извесно време лопта b остаје са свим ладна. Тек кад се стаклена цев јако загреје, бомбардовање се о лопту покаже.

Експерименти са тим лоптама показују нам, да је брзина молекила или ситних делића огромна (премда незнатна према брзини светлости), јер би иначе било врло тешко објаснити, како ти молекили могу без икаквих сметња проћи кроз фино метално сито, осим

ако се не претпостави да никакво непосредно дејство не постоји на мерљивим даљинама. Пре кратког времена је Лорд Келвин оценио брзину атома у Круксовим цевима на један километар у секунди. Па како су потенцијали, који се добијају калемима са дисруптивним пражњењем много виши него код обичних калема, брзина атома мора у првом случају бити такође већа. Ако узнемо да је брзина пет километара и да је стална на целој путањи, као што треба и да буде кад је разређеност врло велика, и ако фреквенција употребљених струја износи пет милијуна, онда излази да је највећа даљина до које се један делић може од електроде удалити, један милиметар; ако сад електрода може непосредно утицати на тај делић и на тој даљини, измена делића или атома била би врло слаба те према томе практички не би било никаквог бомбардовања о лопту. Тако у осталом мора и бити ако је дејство електроде на заостале делиће гасне онако исто као на обична наелектрисана тела. Топло тело, затворено у испражњеној лопти, изазива увек атомско бомбардовање, али топло тело нема никакав одређени ритам, јер његови молекили трепере на најразличније начине.

Кад се једна лопта у којој је затворен угљени грумен или конац испразни што је могуће боље, онда се често опажа, како се у први мах електрицитет не може кроз њу испразнити; али после извесног времена, сигурно због извесне промене у самој лопти, струја пролье и грумен се усија. У ствари излази, да се грумен лакше усија што се даље тера пражњење те према томе никакав други узрок усијавању не може бити до бомбардовање или слично какво дејство заосталих гасних молекила или материјалних делића у опште. Али ако се пражњење лопте врши што је могуће боље, да ли то може што год утицати на саму појаву? Рецимо да је вакуум у лопти готово савршен, онда се сва важност своди на питање: да ли је средина, која цео простор испуњава, непрекидна или атомска? Ако је атомска, онда загревање спроводног грумена или конца у испражњеном суду може постати главним

делом у след етарског бомбардовања и онда загревање каквога спроводника у опште, кроз који протичу струје високе фреквенције или потенцијала, мора бити измењено утицајем такве средине; онда се и површинске појаве, привидно растење омскога отпора и т. д. могу још и на други начин објаснити.

Свакако је складније са многим појавама посмотреним код струја високе фреквенције, кад се узме, да је сав простор испуњен слободним атомима него да тих атома нема и да је простор мрачан и ладан, јер би тако морало бити да је испуњен непрекидном средином, пошто у њој не може бити ни топлоте ни светлости. Према томе да ли енергију преносе слободни носиоци или треперење непрекидне средине? То важно питање ни из далека није дефинитивно решено. Али највећи број појава, који смо ми посмотрили, а нарочито светлосни ефекти усијавања или фосфорности, претпостављају битност слободних атома, јер би све те појаве биле немогуће без атома.

У колико се тиче усијавања рефракторнога грумена (или 'конца) у испражњеном суду, чиме смо се између осталога овом приликом упознали, главни услови за конструкцију и експериментисање таким судовима ови су: 1) Грумен треба да је што мањи, округао, површине једноставне или углађене и од таког рефракторног материјала који најтеже испарава. 2) Подлога тога грумена треба да буде што тања, и заклоњена алуминијумским или лискунским заклоном као што сам већ напоменуо другом приликом. 3) Пражњење лопте ваља терати што је могуће даље. 4) Учестаност струја да буде што је могуће виша. 5) Струје ваља хармонички да расту и опадају и да нема наглих прекида. 6) Сву топлоту и загревање ваља ограничити на грумен и то затварањем у какву малу лопту или на какав други начин. 7) Простор између дуварова велике и мале лопте ваља што боље испразнити.

Велики део посматрања, који се тицао усијавања каквог чврстог тела може се применити и на фосфорност. Јер заиста, у испражњеном суду, фосфорност по

правилу постаје јаким загревањем струје атома, која полази са електроде и удара о фосфорно тело. У врло много случајева, где се то бомбардовање не распознаје на први поглед, ја држим, да фосфорност постаје у след јаких судара атома, који се не морају откидати са електроде, већ на које електрода утиче индукцијом кроз средину или кроз низове других атома.

Да ти механички судари играју врло важну улогу код фосфорности, може се видети на овом експерименту. Ако узнемо једну стаклену лопту као што је она представљена на сл. 164 па испразнимо што је могуће боље и тако да пражњење кроз њу не може да прође, конац f, електростатичком индукцијом дејствује на цев t и она трепери. Ако је цев t мало шира, на пример два до три сантиметра, конац ће тако јако треперити, да кад год удари о стаклену цев, изазове фосфорност. Али фосфорности нестане кад се конац умири. Треперење се може зауставити и по нова изазвати мењањем фреквенције струје; јер конац има свој сопствени период треперења и ако фреквенција струје са њим резонира, он ће лако устреперити, и ако је потенцијал струје низак. Ја сам често виђао да се конац у лопти сломи у след те механичке резонанције. Обично је трептање конца тако брзо да се и не види те се човек може и преварити. Кад се тај експеримент као што га споменух с пажњом приреди, потенцијал струје може бити врло низак и због тога ја и држим да фосфорност долази од механичких судара конца о стаклени дувар управо онако исто, као кад се комад шећера ножем запара. Тај механички удар, који изазивају одбачени атоми лако се може осетити кад се лопта у којој има грумен ухвати руком па струја напрасно пропусти. Ја држим да би се на тај начин могла лопта и разбити само кад би се резонанција удесила.

Код горе поменутих експеримената може се слободно рећи, да стаклена цев долазећи у додир са концем наелектрише се у извесном смислу на додирном месту. Ако сад конац по нова додирне стакло на истом месту, доносећи електрицитета супротног смисла, они се из-

једначе производећи светлост. Али се у ствари тим објашњењем ништа не добије. Без икакве је сумње међу тим, да почетна наелектрисаност атома или стаклета игра овде извесну улогу у фосфорности. Тако на пр. ако кроз такву фосфораста лопту пропустимо најпре струју из калема високе фреквенције, за тим је напунимо електрицитетом из Холцове машине спојивши је са положним полом, онда ћемо видети, да кад по нова пропустимо струју из поменутога калема, фосфорност је много интензивнија.

У другој једној прилици приметио сам, да се фосфорност у лопти може изазвати усијањем веома танкога површинскога слоја некога фосфорастога тела. Очевидно је да су удари атомски довољно јаки, да изазову јаку усијаност, пошто брзо загреју тело велике површине. Ако ма који од тих ефеката постоје, онда би најбољи начин, за произвођење фосфорности био, дисруптивно пражњење једнога калема огромног потенцијала али са малим бројем основних пражњења рецимо са 25—30 у секунди, дакле управо онолико, колико је потребно да изазову непрекидан утисак на око. Са таким се калемом може изазвати фосфорност готово под свима условима, и под свима ступњима разређења и ја сам опазио појаве, које се приписују фосфорности, и на обичном атмосферском притиску, само ако су потенцијали били довољно високи. Али ако фосфорно светљење постаје једначењем супротно наелектрисаних атома, нда, у колико је учестаност импулса или наизменично електрисање више, у толико је економније произвођење светлости.

Одавна је већ позната ствар, да су сва фосфораста тела рђави спроводници електрицитета и топлоте, и да сва та тела престану фосфорисати кад се доведу до извесне температуре. Спроводници на против, немају тих особина. Мало има изузетака од тог правила. Угљен је један такав изузетак. Бекерел је приметио, да угљен фосфорише на извесној вишој температури пред само усијање. Тај се феномен лако опажа у лопти са мало већом угљеном електродом (на пример грумен од шест

милиметара у пречнику). После неколико секунада пошто се струја пропусти, као снег бела навлака омота електроду пре него што ће поцрвенити. Сличне се појаве опажају и на другим спроводним телима али их многи научари не приписују правој фосфорности.

Да ли постоји каква веза између праве усијаности и фосфорности, коју изазивају атомски или механички судари то се још на сигурно не зна, али се зна да сви услови, који теже да локалишу и ојачају топлотно дејство на сударном месту, да су они најповољнији за произвођење фосфорности. Тако на пример, ако је електрода врло мала, што ће рећи да је електрична густина врло велика; ако је потенцијал висок, а гас јако разређен — све услови, који условљавају велику брзину атома или делића, па дакле и јаке сударе — онда је фосфорност врло интензивна.

Ако се једна стаклена лопта у којој има једна мала и једна већа електрода, споји са полом индукционога калема, мања ће електрода фосфорисати, а на већој се та појава неће појавити јер је густина електрицитета на дакле и атомска брзина мања. Једна лопта са великом електродом може се узети у руку па неће фосфорисати и ако је електрода спојена с полом калемовим, док на против ако се та иста лопта не ухвати руком већ се само дотакне зашиљеном жицом, фосфорност ће се на мах у лопти појавити, а то због велике густине на додирном месту.

Кад су струје ниских фреквенција, изгледа да се у гасовима велике атомске тежине лакше изазива фосфорност него у гасовима лаким на пример у водонику. Што се тиче струја високе учестаности, подаци још нису довољни да се из њих може одређен резултат извести. Киссоник као што је познато, изазива ванредно јаке ефекте, који се у неколико могу приписати хемијској радњи. Лопта са разређеним водоником врло лако фосфорише. Електроде које се лако кваре, најјаче фосфоришу, али ти услови ни су непрестано исти, јер се вакуум брзо поквари и јер се делићи електроде наслажу на фосфорасте површине. Извесне течности,

као на примар уља, изазивају ванредно лепе појаве фосфорности (или флуорности?) али то траје само неколико секунда. Тако ако су дуварови једне лопте намазани уљем па се струја пропусти, фосфорност ће се појавити али само за неколико тренутка док се уље не уклони.

Међу свима испитаним телима, изгледа да је сулфид цинка најосетљивији спрам фосфорности. Неколико примерака које сам добио добротом проф. Анри (Henry) из Париза употребио сам у разним лоптама. Једна мана тога сулфида у томе је, што губи своју фосфорну моћ кад се загреје до температуре која није висока. Он се дакле може употребити само са слабим интензитетом. Важно ће бити да споменем, да то тело бомбардовано са једне алуминијумске електроде, поцрни; али интересно је, да задобије своју првашњу боју кад се олади.

Најважнији резултат који излази из ових посматрања јесте овај: да је у сваком случају потребно, испунити извесне услове кад се хоће да изазове фосфорност са најмањом количином енергије; јер без обзира на учестаност струје, на ступањ разређености и карактер тела које је у лопти, има увек један известан потенцијал (ако се лопта споји само са једним полом) или разлика потенцијала (ако се она споји са оба пола) који даје најкориснији резултат. Ако потенцијал порасте, огромна се количина енергије може утрошити па да не произведе никакву светлост; исто тако ако се потенцијал смањи, опет произвођење светлости није тако корисно. Прави услови под којима се могу постићи најбољи резултати, изгледа да зависе од многих узрока разне природе и имају се тек испитати и одредити.

Прелазећи на најинтересније појаве ове врсте, на усијаност или фосфорност гасова под слабим или под обичним атмосферским притиском, ми можемо потражити објашњење тих појава у првобитним узроцима, т. ј. у сударима атома. Као год што молекили или атоми ударајући о како чврсто тело изазивају на њему фосфорност или га усијају, тако исто, кад се они међу

собом сударају, изазивају сличне појаве. Али то је објашњење недовољно и тиче се само простога механизма. Светлост постаје таласањем, које се простире непојмљивом брзином. Ако би хтели из енергије, која се у одређеном простору налази у облику извесног познатог зрачења, израчунати силу, која је потребна да изазове треперења таких брзина, онда налазимо, да и ако је густина етра несравњено мања но код ма кога тела које ми познајемо, но и код водоника, ипак је та сила таква да је не можемо схватити. Јер каква је то сила која у механичким мерама достиже хиљаде тона на квадратни сантиметар? По данашњем схватању то је електростатичка сила. Немогуће је појмити, како би се једно тело мерљивих димензија могло наелектрисати до тако високог потенцијала, па да сила буде довољна да изазове та треперења. Много пре, но што се до тога потенцијала дође, то ће се тело растурити и на атоме распасти. Сунце шаље светлост и топлоту, а то чини и обичан пламен или усијан угљени конац; али се ни у једном том случају не може о сили дати никакав рачун, ако се претпостави, да је она спојена са телом у једну целину. Само на један начин може нам то испасти руком и то ако изједначимо та тела са атомима. Један је атом тако мали да кад би се наелектрисао додиром са неким телом, и кад би закони о напону и густини електрицитета остали исти као и код тела мерљивих димензија, онда би на атому било толико и таквога електрицитета, који би могао дати рачуна о тим огромним силама и тим страховитим брзинама треперења.

Врло је вероватно да вибрациона резонанција игра врло важну улогу у свима манифестацијама енергије у природи. По целој васељени материја трепери и ту се могу наћи све могуће врсте и брзине треперења почевши од најспоријег музичког тона па до најбржих хемијских зракова; према томе, сваки атом или свака група атома па ма каква била брзина треперења, може наћи извесно треперење с ким ће резонирати. Кад само помислимо колика је огромна брзина светлоснога

треперења, онда схваћамо, да је немогуће изазвати непосредно ма каквим апаратом мерљивих димензија тако брза треперења; онда смо принуђени да се латимо једиюга могућег средства т. ј. да изазовемо светлосна треперења електрички; то ће рећи да дејствујемо на атоме и молекиле каквога гаса, да их натерамо да се сударају и да трепере. И онда се морамо запитати: Како се може дејствовати и утицати на слободне молекиле или атоме?

Као што из већине ових експеримената излази, на слободне молекиле и атоме може се дејствовати електростатичким силама. Мењањем електростатичких сила, ми можемо дејствовати на атоме и натерати их да се сударају и да производе топлоту и светлост. Није још на несумњив начин доказано да на њих можемо утицати и другим којим путем. Кад кроз затворену и испражњену лопту пропустимо светло електрично пражњење, да ли се атоми морају управљати и по каквој другој сили сем електростатичке која дејствује по правој линији од атома до атома? Тек пре кратког времена испитао сам узајамно дејство два ланца са врло великим вибрационим брзинама. Кад се батерија од неколико лајденских боца (*cccc* сл. 186) испразни кроз примарни ланац *P* слабога отпора (спајање је извршено као на сл. 173 *a*, *b*, *c*,) са фреквенцијом од више милијуна осцилација, онда је потенцијална разлика између две тачке тога ланца врло велика па ма те две тачке биле и само неколико сантиметара раздаљене. Те разлике могу изнети 4000 до 5000 волата на сантиметар или још и више кад узнемо у обзир максималне вредности. На секундарни ланац *s* сада утиче поглавито електростатичка индукција, која је у оваким приликама од много веће важности него електродинамска. За тако нагле импулсе и примарни као и секундарни ланац су слаби спроводници, у след чега ће електростатичка индукција изазвати велике потенцијалне разлике између

Сл. 186.

две блиске тачке на секундарном ланцу. Варница ће онда прескакати између жица и светли се млазеви појаве у мраку ако се спречи прескакање варнице код d d.

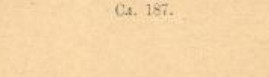
Ако секундарну жицу s заменимо затвореном испражњеном цеви, потенцијалне су разлике изазване у цеви електростатичком индукцијом довољно велике, да дејствују на извесне њене делове; али пошто тачке са извесном потенцијалном разликом на примарном ланцу нису сталне, у цеви се појави једна светла пантљика, која изгледа да не додирује цев, као што би то било кад би тачке највеће и најмање потенцијалне разлике биле сталне на примарном ланцу.

Ја не одричем могућност, да се ова дејства могу изазвати електродинамском индукцијом, као што то многи одлични физичари држе; али мени се чини, да нема позитивних доказа по којима би се гасни атоми у једној затвореној цеви могли низати под утицајем електромоторских сила, које би изазвала електродинамска индукција. Мени није испало за руком да изазовем светле млазеве у цеви па ма како она била дугачка и ма колики био степен разређености, то јест млазеве, који би заклапали прав угао са претпостављеним правцем пражњења или са осом цеви. Али у једној великој стакленој лопти, у којој је једна широка светла пантљика изазвана пражњењем једне батерије кроз жицу намотану око лопте, ја сам са свим видео један слабо светао котур између две светле пантљике од којих је једна била светлија од друге. Према садањем стању ствари не могу да мислим, да такво једно пражњење у затвореној цеви може треперити, т. ј. треперити као целина. Ја сам уверен да никакво пражњење кроз гас не може треперити. Јер се гасни атоми понашају на особити начин према наглим и брзим електричним импулсима. Не изгледа да гасови имају знатну инерцију према тим импулсима; јер се зна, што је већа учестаност импулса, у толико слободније пролазе пражњења кроз гас. А кад гас нема инерције, онда не може треперити, јер ма и најмања инерција је потребна за слободно трептање, према томе ја закључујем, да кад

муња сене између два облака да према капацитету облака ту нема никаквог осциловања. Али кад падне гром, онда има увек треперења али у земљи, а не у облаку.

Кад се електрицитет празни кроз гас, сваки атом трепери на свој начин, али целокупна маса гаса, узета као целина не трепери. Ова је ствар важна у погледу корисногa произвођења светлости јер нам она показује да ваља употребити струје врло високих фреквенција па дакле и високих потенцијала, ако хоћемо да постигнемо горњи резултат.

Позната је ствар да се у кисеонику затвореном у цеви, производи јача светлост. Да ли је то отуда што атоми кисеоника имају извесну инерцију, и што се треперење не гаси тренутно? Али онда би се азот морао понашати на исти начин, а хлор и паре многих других тела биле би још боље од кисеоника, осим ако његове магнетске особине немају каква утицаја на целу појаву. Или да није процес у цеви електролитичке природе? Има посматрања, која нас упућују на то, као што је између осталих нарочито оно, где се материја увек откида са електроде те се никад не може у једној лопти одржати вакуум на дуже време. И ако заиста, буде тако, онда опет морамо прибећи струјама високих фреквенција јер је за њих електролитичко дејство сведено на најмању меру. Јер је неоспоран факат, да се са врло високим фреквенцијама нарочито ако су импулси хармоничне природе, као на пример код алтернатора, да се онда електрода мање квари, вакуум се дуже може одржати. Код дисруптивног пражњења калема, потенцијал напрасно пада, и вакуум се теже одржава јер се електроде брзо кваре. Опазило се код извесних широких цеви у којима је било великих комада угљена B B_1 спојених са платинском жицом w w_1 (сл. 187) и кроз које се електрицитет дисруптивно пражнио, да су се ситни комадићи угљена под утицајем јакога ма-



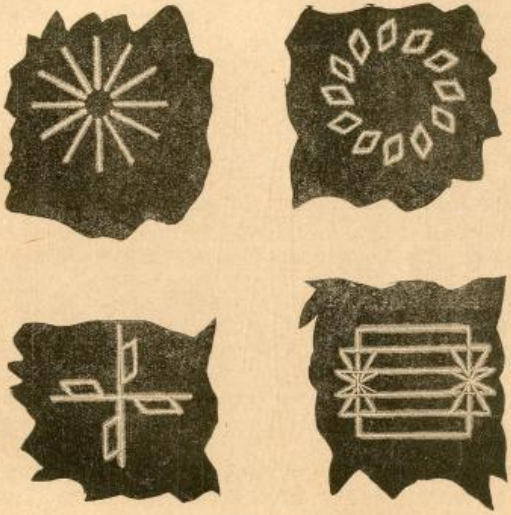
Сл. 187.

гнетскога поља у коме је цев била намештена, ређали у правилне фине линије по средини цеви, као што показује слика. Те су линије приписиване скретању или савијању пражњења од стране магнетског поља; али зашто те линије постају онде где је поље најјаче, то се незна. Исто је тако примећено, да јако магнетско поље убрзава кварење електрода, а то ће по свој прилици бити отуда, што то поље изазива брза прекидања струје, у след чега су опет потенцијалне разлике између полова веће.

Имало би се још много рећи о светлосним ефектима произведеним у гасовима слабога или обичнога притиска. Према ономе што је до сад у том правцу урађено, не можемо казати, да је права природа тих ванредно лепих појава довољна позната. Али се истраживања у том погледу врше са необичном ревношћу. Свака грана научних испитивања има своје занамљивости али електрична истраживања имају неку особиту примамљивост јер нема експеримента или посматрања ма које врсте у пољу те лепе науке, која не би привлачила на се нашу пажњу. Чини ми се да међу свима чудним појавама које посматрамо, једна безваздушна цев, кроз коју пролази електрична струја са далекога извора, разбијајући мрак и осветљавајући наше собе својом благом светлошћу, спада међу најлепше појаве за наше очи. Појава је још лепша кад се број основних пражњења сведе на врло малу меру и кад се цев уз то стане на разне начине окретати, јер онда можемо произвести најразличитије светле фигуре. Тако на пример ако узмем дугачку праву цев, или цев савијену као четвороугао, или четвороугао спојен са правом цеви па их станем окретати у руци, могу да имитирам спице код точка, Грамове завоје, завоје на цилиндру, завоје наизменичног мотора и т. д., (сл. 188). Гледана из далека појава не изгледа мож'да тако лепа, али из близа, ефекат, који она изазива је ванредан.

Износећи пред вас ово неколико незнатих резултата писам се старао да их систематски уредим као што би то ваљало чинити у научним испитиваньима у ко-

јима би сваки идући резултат логички потицао из онога што је пред њим. Ја сам само хтео да изнесем пред вас нове резултате или мисли, које могу изазвати друге и то ће довољно извинити, неуредност и нехармонију.



Сл. 188.

Објашњења појединих појава учињена су у доброј намери и на такав начин, да се њихов аутор нада да ће их други научњаци боље објаснити. Нема велике штете кад почетник што погреши; али кад велики умови греше, онда цео свет плаћа њихове погрешке.

Као што се из досадањега излагања види, главни карактер Теслиних експеримената јесу наизменичне струје велике учестаности или фреквенције. На прошлим странама видели смо и на које разне начине долази Тесла до тих струја. Али ма како ти начини изгледали згодни за добијање великих учестаности код струја, ипак се Тесли чинило, да све то није довољно, и да би било начина да се оне производе на још економнији начин. Руковођен том мишљу, он је дошао до закључка, да ако хоћемо много већу корисност у производњу тих струја, онда ваља да напустимо обичне методе конструкције апарата.

Према самој дефиницији наизменичних струја знамо, да те струје наизменце мењају смисао свога протицања и у колико се та промена чешће дешава у толико је и фреквенција тих струја већа. Код обичних динамо машина за наизменичну струју, постиже се та наизменичност, као што знамо, бржим или споријим обртањем извесноga броја или електромагнета или калемова. Према томе *обртно* или *ротаторно кретање* машине, производи *наизменично* протицање електричне струје час у једном, а час у супротном смислу. Кад се машина врло брзо окреће или кад је код споријег обртања велики број електромагнета и калемова, онда је и наизменично кретање струје врло брзо, и тако брзо, да се онда каже да струја трепери, вибрира, осцилира. Па зар се не би могла вибрација струје произвести, не обртним кретањем машине, већ исто тако вибрационим, осцилационим кретањем? Очевидна је ствар, да би прелаз од једнога кретања ка другом био директнији, лакши па и кориснији, јер су оба та кретања исте врсте. При прелазу из механичког осцилационог

кретања у електрично такво исто кретање, губитак је мањи, него кад се обртно механичко кретање претвара у осцилационо електрично. И из таких размишљања поникао је Теслин најновији проналазак, његов *електрични осцилатор*.

Свој електрични осцилатор показао је Тесла научном свету у свом предавању држаном 22 Авг. 1893 год. (по нов.) пред члановима електричног конгреса, који се држао у Чикагу за време изложбе. Као што сам Тесла у уводу тога предавања вели, први задатак је те справе, да помоћу паре или сабијеног ваздуха производи трептања или осцилацијона кретања савршено сталног периода или трајања, и независно од притиска паре или ваздуха у најширим границама, дакле независно од губитака и сметња које изазива трење. За тим, да производи електричне струје исто тако савршено сталног периода без обзира на околности под којима оне постају. Кад справа врши само први задатак, онда се зове *механички осцилатор* а кад врши и један и други, онда електрични.

Да би имали појма о дејству тога осцилатора, да наведемо, да у њему може треперити тело од 20 килограма тежине, 5000 пута у минуту (око 80 пута у секунди) прелазећи од прилике 2 сантиметра на једну и другу страну. Смањујући осцилациону путању, може се број осцилација по вољи повећавати тако да тај број може изнети и више стотина пута у једној секунди. Осцилациона путања може се свести и на $^1/_3$ милиметра.

Поред тога што тај апарат може осцилирати у врло широким границама, нарочито је важно да се напомене, да без обзира на промену притиска паре или гаса, без обзира на тежину покретних делова, другим речима без обзира на период или трајање вибрација, вибрације тога апарата су увек исохране. Јер промена притиска изазива промену дужине осцилационе путање те се тако исохронизам осцилације не мења. Тога ради удешено је, да унутрашњи део апарата на извесан начин општи са спољашњом атмосфером те према томе ма

како се мењала температура унутрашњега ваздуха, средња његова густина остаје иста као и спољашњег ваздуха те тако дејствује као нека опруга (или федер) сталне напрегнутости. Ако се притисак атмосферски промени, промениће се и напрегнутост опруге па дакле и период осцилације, а то је једна од најлепших особина тога апарата.

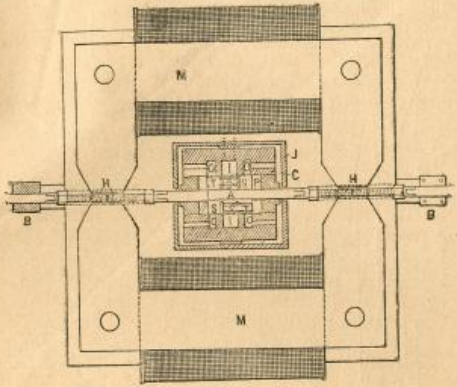
Примене тога апарата су разноврсне и многобројне. На првом месту може служити за произвођење електричних струја високих фреквенција са врло правилним променама. У том специјалном случају, да неби електричне осцилације ни у колико промениле механичке осцилације, доведен је у везу и у склад механички део апарата са електромагнетским. Капацитет једнога кондензатора доведен је у известан однос са самоиндукцијом електромагнетског калема и то тако, да природни период електричног ланца резонира са средњим периодом који треба да има механички осцилатор. И кад механички део тежи да се удали од тог периода, електрички га део враћа те тако резултујуће дејство апарата остаје непромењено.

Између осталих примена, Тесла је на конгресу показао један врло прецизан механизам који је кретао струјама из свога осцилатора. Механизам се тај кретао савршено једнаком брзином и ако се притисак ваздуха разно мењао, те према томе могао је послужити као сахат. Он је још и показао један сахат који је, теран струјама из осцилатора, апсолутно тачно радио.

Сл. 189 показује конструктивне појединости електричног осцилатора. У шупљем цилиндру C може се кретати клип P, а отвори 00 служе за одвођење водене паре или ваздуха; отвор I служи за довођење. На клипу су прорезана два процепа или пукотине S S на тачно прорачунатој даљини; цеви T, T, спајају те пукотине са одговарајућим коморама којих има са сваке стране клипа по једна. Клип је утврђен за полугу A која пролази кроз нарочите отворе на цилиндру C и клизи у клизалицама B_1 B. Око клипа и цилиндра на-

лази се омотач J, коме је задатак да угуши лупу која постаје кретањем клипа.

Све је то смештено у унутрашњости једнога пара електромагнета M M, за који је узето лиснато мекано гвожђе. Полови тих електромагнета сачињавају два



Сл. 189.

концентрисана и врло јака магнетска поља у којима се налазе два калема H H, утврђена за полугу A тако, да се с њом заједно на једну и на другу страну кроз магнетска поље креће.

Цео апарат овако функционише: кад се пара пусти кроз отвор I у цилиндар, клип a с њим и полуга ће се одмах кренути; не крене ли се, онда је довољно да се само лако куцне оса A на једном свом крају (код B) па ће осциловање одма почети. Рецимо да смо куцнули десни крај полуге те кренули клип на лево; пара ће проћи кроз прорез S' и цев T у леву комору. Притисак паре врати клип на десно, али пре но што стигне до краја своје путање, веза паре са левом комором је прекинута и пара што је ту остала изаће кроз леви отвор o. Повратак клипа с десне стране на леву бива на исти начин те тако клип a с њим и по-

луга А као и калеми II стану врло брзо треперити на једну и другу страну. Кад осцилатор затрепери трептајима који се једва виде, на мах се упали електрична сијалица струјама које из осцилатора излазе.

Према једногласној изјави стручњака, Теслин осцилатор спада међу најинтересније открића изнесена на изложби у Чикагу. Јер таква осцилациона кретања веома су важна како у научном погледу тако и за индустријске потребе и нема сумње да су Теслином осцилатору отворени најлепши изгледи у будућој не само електричној већ и општој индустрији.