



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВИМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	24 ЈАН 2008
ОРГАНИЗЈЕД:	БРОЈ
0603	9/60

Čuveni ogledi iz elektrodinamike u učionici osnovne škole

- diplomski rad -

Mentor:

Dr. Darko Kapor, red. profesor

Kandidat:

Boja Knežević

Novi Sad, 2008

*Posebnu zahvalnost dugujem
mom mentoru profesoru dr. Darku
Kaporu na predloženoj temi i
izuzetnoj stručnoj podršci pri
izradi diplomskog rada.*



SADRŽAJ

PREDGOVOR	4
1 UVOD	5
1.1 Galvani	6
1.2 Volta	8
1.3 Ersted	10
1.4 Faradej	12
1.4.1 Prvo značajno otkriće	13
1.4.2 Otkriće elektromagnetne indukcije	14
1.4.3 Eksperimenti koji su rešili zagonetku magneta	15
2 ZNAČAJ OPISANIH OTKRIĆA	20
3 REALIZACIJA ČASA	22
3.1 Električni izvori	22
3.1.1 Limun kao baterija	23
3.2 Magnetno polje pravolinijskog strujnog provodnika	25
3.2.1 Ogled	26
3.3 Indukovana električna struja	27
3.3.1 Ogled	28
4 ZAKLJUČAK RADA	30
5 LITERATURA	31
6 BIOGRAFIJA	32

PREDGOVOR

Cilj ovog diplomskog rada je da se prikaže kako se čuveni ogledi u elektrodinamici, danas posle 200 godina od njihovog otkrića kada je sve to svakodnevna stvar, mogu obrađivati na nivou osnovne škole.

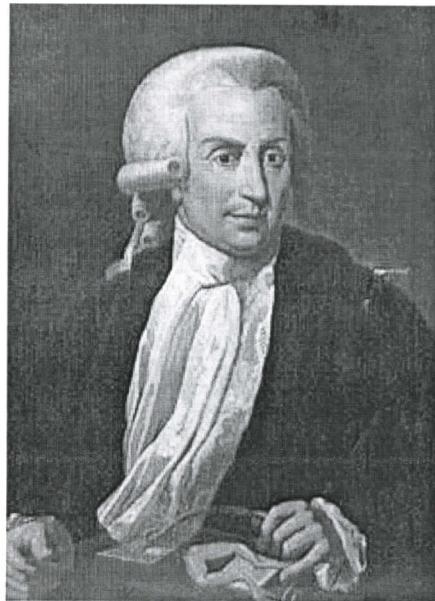
1. UVOD

Osnovno ograničenje u izučavanju elektriciteta predstavljala su sredstva za njegovo proizvođenje. Pri kraju XIII veka fizičari još nisu počeli da otkrivaju potpuno nove procese, jer ih praksa još nije naučila da ih treba očekivati i tražiti. Njih su slučajno otkrivali oni koji su posmatrali sa znatiželjom.

Primer neočekivanog otkrića je Galvanijevo eksperimentisanje sa žabljim batacima, koje je dovelo do trajnih izvora električnog napona. Oni su omogućili da se pređe od trenutnog električnog pražnjenja na trajan tok elektriciteta. Sa time je počeo i prvi prodor nauke o elektricitetu u tehnologiji. Galvanijevim eksperimentima otpočinje razvoj koji će dovesti do onoga što će se u istoriji nazvati "era elektriciteta".

1.1 Galvani

Galvani (Luigi Galvani, 1737-1798) je profesor anatomije Univerziteta u Bolonji i interesuje se za fiziologiju.



Luigi Galvani, 1737-1798

Drži predavanja o anatomiji žabe, 1773 godine, a nakon nabavke lajdenske boce, ispituje elektrostimulaciju mišića.

Galvani je u laboratoriji rasekao žabu, skinuo kožu sa bataku, ali ih je sa jednim delom leđa ostavio na radnom stolu na kojem se nalazila i jedna elektrostatička mašina. U njegovom odsustvu supruga je navratila da završi pripremu jela i desilo se da je nožem dotala žabu upravo u vreme kad je jedan saradnik punio mašinu i izvlačio varnice. Primetila je da se u tom trenutku žablji batak grči i o tome obavestila Galvanija. Eksperimentisanje se dešavalo oko 1780. godine, a rad je objavljen nakon 10 godina.

Galvani je svoj istorijski rad objavio 1791. godine. Galvanijeva publikacija izaziva senzaciju. On nastavlja da eksperimentiše i 1794. godine piše anonimnu odbranu svojih gledišta. U dodatku tog članka uspeva po prvi put da dokaže postojanje bioelektričnih sila izazivajući grčenje mišića bez prisustva metala. U tkivu, dakle, ima elektriciteta, ali on nije izazvao grčenje žabljih bataku u eksperimentima sa kojima je počeo. Galvani tako otvara dva puta: jedan fiziološki i drugi fizički, kojim će nastaviti Volta.

Kad Napoleon osvaja severnu Italiju, Galvani mu ne izjavljuje privrženost i povlači se. Nova vlast ga ubrzo pomiluje, ali on umire 1798., sedam godina posle objavljanja istorijskog članka. Galvani je po svom radu i rezultatima zaslužio da bolje proživi poslednju deceniju života, a što do toga nije došlo, delom je razlog i njegov karakter, posebno preosetljivost.

1.2 Volta

Volta (Alessandro Volta, 1745-1827) rođen je u italijanskom gradiću Komo, u srednje imućnoj porodici. Samouk je, traži i gaji veze sa uglednim ličnostima, voli da putuje i ume da govori i piše, uključući i pesme na latinskom.



Volta, 1745-1827

Kad Galvani šalje Volti primerak svoje publikacije, ovaj ima već 45 godina i predstavlja poznato ime u fizici. Dve godine pre nego što Galvani objavljuje svoj rad Volta postaje profesor fizike na Univerzitetu u Paviji.

Čim saznaće za Galvanijev rad, Volta ponavlja njegove eksperimente i analizira ih zahvaljujući iskustvu od četvrt veka u izučavanju elektriciteta.

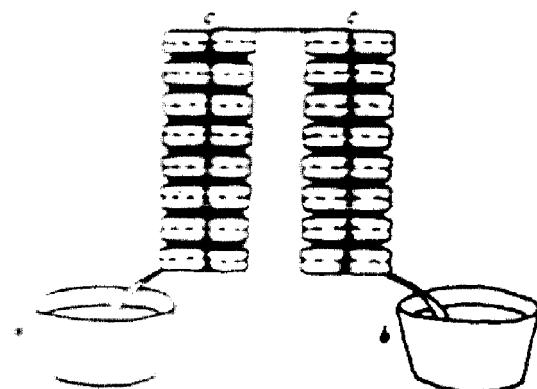
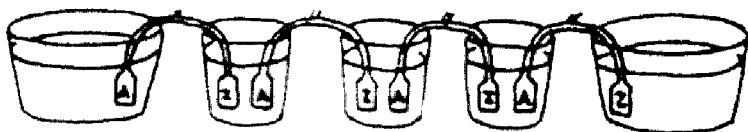
Volta, 1793. god. piše: "Proizveo sam eksperimente koji pokazuju takvo proticanje električnog toka ako se raznorodni metali ne priljube živim delovima, već ma kakvim vlažnim predmetima, na primer, hartiji, koži, suknu itd. natopljenim vodom, ili ako su u samoj vodi. To i predstavlja ceo efekat takvog sjedinjavanja metala, tako da su oni u ovom slučaju ne samo provodnici, već pravi uzbudivači elektriciteta. U tome i jeste glavno otkriće."

Ovo označava Voltin ulaz u prekretnicu. Napuštanjem živog tkiva eliminiše se mogućnost animalnog elektriciteta. Taj korak Galvani nije učinio.

Sledeće dve godine Volta se naročito koncentriše da direktno izmeri "metalni" elektricitet i uspeva, posebno primenjujući varijantu elektrometra koju je sam razvio. Pri tome je stalno prisutan problem kako umnožiti efekat, tj. kako povećati ono što će kasnije biti nazvano elektromotornom silom ili naponom.

Iste godine kada Galvani umire, Voltina baterija je bila spremna da se iznese u naučnu javnost. Tokom prvih meseci 1800. on se rešava da opise baterija uputi Banksu (Joseph Banks), predsedniku Kraljevskog društva u

Londonu. Rad naslovljen "O elektricitetu izazvanom običnim kontaktom provodljivih supstanci raznih vrsta" šalje 20. marta 1800. godine.



"Poreda se niz posuda jedna pored druge načinjenih od ma kakvog materijala izuzev metala i napune do pola čistom vodom, slanom vodom ili ceđu; sastavimo ih u lanac pomoću metalnih lukova od kojih je jedan krak A, ili samo njegov kraj A, stavljen u jednu čašu načinjenog od crvenog ili žutog bakra, ili bolje od posrebrenog bakra; drugi kraj u susednu čašu je od kalaja ili, bolje, od cinka. Za sve ove aparate je bitna neposredna veza različitih metala u parove i posredna veza jednog para sa drugim preko vlažnog provodnika."

Tako je stvoren prvi stalni izvor elektriciteta koji se otvaraju putevi i za fundamentalna istraživanja i za primenu. Godina 1800. predstavlja taj veliki skok, omogućen inteligentnim eksperimentisanjem sa novčićima, limovima, kartonima i slanom vodom. Danas to izgleda kao deo neke vrlo daleke istorije jer se više ne eksperimentiše sa nekoliko novčića, već je za eksperiment potrebno sve više i više novca.

1.3 Ersted

Ersted (Hans Christian Oersted, 1777-1851) predaje fiziku na Univerzitetu u Kopenhagenu.



Ersted, 1777-1851

Sve do XVIII veka fizičari su ukazivali na fundamentalne razlike između elektriciteta i magnetizma tako da su i interakcioni fluidi smatrani vrlo različitim. Njegova ideja vodilja je bila jedinstvo sila koju izlaže u raspravi "Istraživanja o identitetu hemijskih i električnih sila", koja izlazi na nemačkom jeziku 1812. i francuskom jeziku 1813. godine. Ne zna se da li je i kakve je eksperimente Ersted vršio od 1813. do 1820. nema ni saglasnosti o načinu samog otkrića. Svi se slažu da je otkriće izvršeno na jednom predavanju za starije studente, ali razlike postoje u interpretaciji između nekih prisutnih studenata i Ersteda. Niko ne pominje, čak ni Ersted, datum tog predavanja. Po nekim studentima to predavanje nije bilo namenjeno razmatranju veze elektriciteta i magnetizma, već zagrevanju platinske žice strujom, a kompas se slučajno našao ispod provodnika kad je uključena struja. Ersted je primetio otklon igle, ali se nije zadržavao na tome.

Erstedov bivši student, a kasnije prijatelj Hansten piše Faradeju 1857. godine, dakle skoro četiri decenije kasnije, da je Ersted "stavljaо žicu svoje galvanske baterije okomito na magnetnu iglu, ali se nije uočavalo kretanje. Jednom na kraju eksperimenta, kada je upotrebio jaku galvansku bateriju u

nekom drugom eksperimentu, on reče: "Dajte sada dok je baterija povezana da pokušamo jedanput da stavimo iglu paralelno žici". Kad je to urađeno, on je bio veoma začuđen kad je video da igla pravi jake oscilacije. Tako je došlo do velikog otkrića."

Tokom prve polovine jula 1820. Ersted vrlo intezivno eksperimentiše i priprema pisano saopštenje. Tri nedelje su mu bile dovoljne. Ersted svoje otkriće objavljuje 21. jula 1820. u brošuri na latinskom sa naslovom "Eksperimenti o uticaju električnog konflikta na magnetnu iglu", koju istovremeno prevodi na glavne jezike.

Suprotne polove galvanskog aparata je spojio metalnom žicom koju je nazvao vežućim provodnikom, ili vežućom žicom. Efektu, koji se dešava u ovom provodniku i prostoru oko njega dao je imati električni konflikt.

"Postavimo pravolinijski deo provodnika horizontalno, paralelno i iznad slobodno obešene magnetne igle... Magnetna igla će se pokrenuti tako da će njen deo koji je pod onom stranom žice koja dobija elektricitet iz negativnog kraja galvanskog aparata skrenuti ka zapadu."

Erstedov glavni rad se pojavljuje na latinskom 14. jula 1820. a već avgusta izlazi u "Švajgerovom žurnalu" novi članak, svega stotinak stranica dalje od nemačkog prevoda originalnog članka; naslov je "Novi elektromagnetni eksperimenti", i sadrži dva dodatna rezultata:

1. Ersted uzima jednu malu Voltinu ćeliju i zatvara kolo žicom u luku. Tako strujno kolo se ponaša kao magnet sa severnim i južnim polom. veša ga koncem da može slobodno da rotira. Kad mu prinosi magnet, izaziva rotaciju, kao što bi se očekivalo od interakcije dva magneta.
2. Magnetni efekat raste sa površinom ploča u bateriji što Ersted izražava rečima: "Elektromagnetno dejstvo izgleda da ne zavisi od intenziteta elektriciteta, već samo od njegovog kvantiteta". To znači da ne zavisi od napona baterije, već od jačine struje.

Ovaj rad je ostao u senci glavnog tako da se ponašanje strujnog kola kao magneta susreće tek u Amperovom delu.

1.4 Faradej

Faradej (Michael Faraday 1791-1867) rođen je 22.septembra 1791. god. u Njuington Batsu blizu Londona, u radničkoj porodici. Iako samouk, zahvaljujući svojoj oštromnosti i istrajnosti u radu, uzdigao se do najvećeg naučnika.



Faradej, 1791-1867

1804. godine Majkl počinje da radi u knjižari Žorža Riboa kao raznosač novina, gde je izučio i knjigovezački zanat. U toj sredini, među knjigama i ljudima koji ih vole, razvija se i kod njega navika čitanja. Čitao je sve što mu je dopalo u ruke, ali se najviše zainteresovao za hemiju, pošto je pročitao knjige madam Marse "*Razgovori iz hemije*". Nju je smatrao svojom prvom učiteljicom, iako ju je upoznao tek mnogo godina kasnije. Potom čita "*Britansku enciklopediju*" gde mu je pažnju privukao članak o elektricitetu, pa je počeo izvoditi jednostavne eksperimente.

Još jedna knjiga, koju je pročitao u to vreme, ostavila je u njemu traga za dugo vremena. Bila je to Uatova knjiga "*O razumu*" u kojoj se govorilo o načinima saznanja. Od tog vremena Majkl se trudio da razmišlja i radi po logičnim zakonima.

Otac mu umire kada je Majkl imao 18. godina.

Iste, 1810. godine Majkl posećuje predavanja mister Tejtuma u Flit stritu, gde se upoznaje sa mladim, obrazovanim ljudima i sklapa prva prijateljstva.

Njegov naučni put je počeo na mestu asistenta Hemfrija Dejvida. Radeći kao Dejvijev asistent, Faradej posle nekoliko godina postaje najveći fizičar Engleske.

Prvo značajno otkriće Faradeja je otkriće principa elektromotora, 1821. godine što mu otvara vrata Kraljevskog društva. Faradej postaje akademik 1825. god. i iste godine dobija položaj direktore laboratorije Kraljevske institucije. Dve godine kasnije postao je profesor fizike i hemije. Tako je nasledio svog učitelja koji zbog bolesti napustio katedru. Nije nikada imao ni jednog studenta niti asistenta. Odbio je ponudu da bude predsednik Kraljevskog društva.

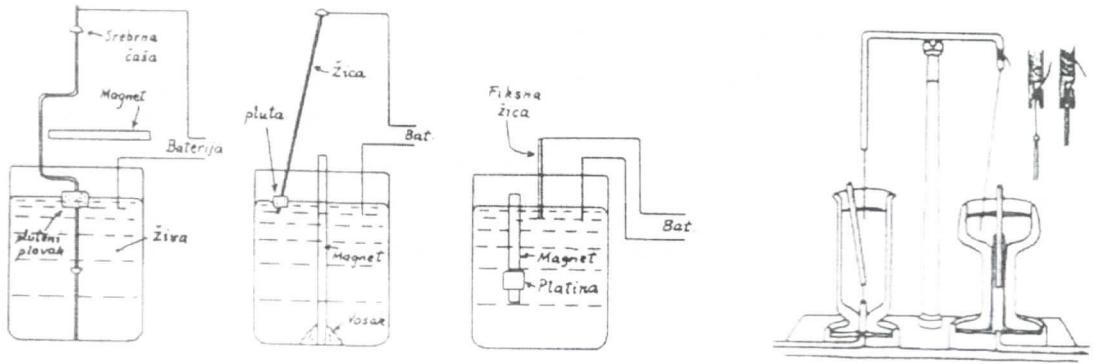
Od 1831. god. Faradej radi veoma naporno, što se odražava i na njegovo zdravlje. Postepeno odustaje od obaveza van laboratorije. U narednih nekoliko godina odbija pozive na sve društvene skupove, proređuje predavanja, ne učestvuje u radu Saveta Kraljevskog društva, a uskoro i sa svim poslovima u Kraljevskoj instituciji. Zbog narušenog zdravlja, 1840. god. odlazi sa suprugom u Švajcarsku na oporavak.

Od 1844. godine Faradej se postepeno oporavlja i počinje da radi. U poslednjoj deceniji svog života dobija brojna priznanja iz sveta nauke. Sa položaja profesora Kraljevske institucije se povlači 1858. godine. Dobija na raspolaganje udobnu kuću u okolini Londona.

Umro je 25. avgusta 1867. god.

1.4.1 Prvo značajno otkriće

Prvo značajno otkriće Faradej čini 1821. god. kada mu je bilo 30 godina. Posle Erstedovog otkrića, engleski fizičar Volaston dolazi na ideju da bi u magnetnom polju žica kroz koju prolazi struja trebalo da rotira, i izgleda da je mislio kako ta rotacija treba da se obavlja oko ose žice. Eksperiment mu ne uspeva, iako mu je i Dejvi pomagao. Faradej je video te eksperimente i posle izvesnog vremena eksperimentiše za svoj račun. On uspeva da ostvari rotaciju žice, ali ne oko svoje ose već oko magneta. Time otkriva i demonstrira princip električnog motora. Faradej je shvatio da je postigao veliki naučni uspeh kada je putem eksperimenta dokazao mogućnost kretanja pomoću elektromagnetskih sila.



Sl. 3.1.

- (a) Prve tri verzije elektromagnetske rotacije
 (b) Demonstracioni uredaj koji je napravio g. Njuman.

1.4.2 Otkriće elektromagnetne indukcije

Uskoro posle njegovog izbora u Kraljevsko društvo, Faradej je imao čudnu naviku: stalno je nosio u džepu omanji komad bakarne žice, uvijene u spiralu i tanku gvozdenu šipku iste te dužine. Njegovim umom je vladala zagonetka magneta, postavljena pred njega nakon pojave koju je otkrio Ersted.

U Faradejevoj beležnici je upisano još 1822. godine:

"Prevoriti magnetizam u elektricitet"

Na ostvarenje te ambiciozne ideje trebalo je čekati još devet godina.

Most između magnetizma i elektriciteta, koji je postao Erstedovim otkrićem 1820. godine omogućio je Amperu i drugim naučnicima da postave temelje elektromagnetizmu. Ustanovljeno je da električna struja stvara elektrnomagnetsko polje, kao i to da magnetno polje deluje privlačno ili odbojno na električnu struju. Bilo je, dakle, poznato da električna struja, tj. kretanje elektrona u provodniku, proizvodi magnetno polje.

Nastalo je pitanje da li se može, obratno, pomoći magnetnog polja dobiti električna struja, tj. da li se može elektricitet u jednom provodniku staviti u pokret pomoći magneta. Na ovo pitanje dao je odgovor Faradej 1831. god. pronalaskom tzv. Indukovane struje.

Kada je 1821. god. Faradej postigao uspeh ostvarivši elektromagnetsko okretanje, on još nije smatrao da je ispunio do kraja sve što je mogao da učini u toj oblasti. Bio je ubedjen da uzajamno dejstvo električnih i magnetnih sila krije u sebi još mnogo neočekivanog.

Sterdžonov elektromagnet izgledao je Faradeju najočigledniji dokaz da električna struja izaziva magnetne pojave. Taj elektromagnet predstavlja pravu ili u potkovicu savijenu polugu, tj. polugu od mekog gvožđa oko koje je

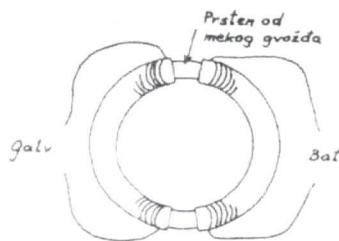
spiralno namotana izolovana bakarna žica. U času kada se spirala uključi u krug galvanske baterije, gvozdena poluga spirale dobija sva svojstva stalnoga magneta. Ali čim se električna struja isključi, magnetna svojstva gvožđa skoro potpuno isčešavaju. Zbog toga su mu se baš sastavni delovi elektromagneta i činili kao najpogodniji predmet za razmišljanje o mogućnostima da se dobije obrnut efekat: pretvoriti magnetizam u elektricitet.

1.4.3 Eksperimenti koji su rešili zagonetku magneta

U jesen 1831. godine istrajnost, strpljivost i neumorni trud dobili su svoju nagradu. Zadatak o kome je Faradej razmišljaо već deset godina, bio je konačno rešen onih deset dana u koje je vršio svoje eksperimente nad elektromagnetnom indukcijom.

Prvi dan, značajni dan u istoriji nauke, bio je 29. avgusta 1831. god.

Evo šta je toga dana zapisano na stranici njegovog laboratorijskog dnevnika:



Sl. 3.5. Oko železnog koluta namotaj na jednoj polovini vezan je sa baterijom, a na drugoj polovini sa galvanometrom.

"Napravio sam gvozdeni prsten od mekog okruglog gvožđa debljine 7/8 palca. Spoljni dijametar prstena bio je šest palaca. Namotao sam na jednu polovinu prstena mnogo namotaja bakarne žice, izolovane vrpcem i platnom. Na toj polovini bila su namotana svega tri komada žice, svaki dugačak oko 24 stope. Krajevi žice mogli su se vezati u jedan namotaj ili ih primeniti odvojeno. Iskustvo je pokazalo da je svaki komad žice potpuno izolovan od druga dva. Tu stranu prstena označiću slovom A. Na drugu polovinu prstena, na izvesnom razmaku od strane A, namotao sam još dva komada iste takve žice, koji su ukupno bili dugački oko 60 stopa. Tu stranu prstena označiću slovom B. Napunio sam bateriju sa deset pari pločica, svaka od 4 kvadratna palca. Na strani B vezao sam oba kraja žice u zatvoren krug i priključio ga galvanometru, koji je bio udaljen od moga prstena na tri stope. Tada sam

uključio krajeve jedne žice na stranu A u struju baterije, i odmah je došlo do primetnog dejstva na strelicu galvanometra. Ona se zaljuljala i odmah se vratila u početni položaj. Kada sam prekinuo kontakt strane A sa baterijom, odmah je došlo do novog skoka strelice."

Primećeni trenutni skokovi strelice iznenadili su istraživača. To je bilo nešto potpuno novo. Za deset godina, u kojima je izvršio stotine neuspelih eksperimenata sa elektromagnetnom indukcijom, strelica galvanometra nije se ni jedanput pomakla. Faradej je razmišljao celu noć i slutio da ti trenutni udarci struje imaju veze sa uzajamnim dejstvima koja se pojavljuju između magneta koji se okreće i bakarnog kruga u Aragoovom eksperimentu. Ta slutnja je poslužila kao nit koja ga je vodila i izvela Faradeja iz lavirinta zagonetnih uzajamnih dejstava električnih i magnetnih sila.

30. avgust bio je drugi dan laboratorijskog rada u seriji eksperimenata u jesen 1831. godine. Do trećeg eksperimentisanja prošlo je skoro mesec dana. Faradeju je u njegovom eksperimentu od 29. avgusta, bio skoro jasan uzrok skakanja strelice galvanometra. Strana A njegovog železnog prstena predstavljala je, u stvari, elektromagnet. Namotaj bakarne žice, kroz koje prolazi struja, magnetišu železnu osovinu, tj. prsten A. Magnetne sile železnog prstena izazivaju u namotajima na strani B električnu struju. Ipak, jedno je ostalo nerazumljivo: zašto te sile ne deluju sve vreme dok struja iz baterije prolazi po namotajima strane A, nego se javljaju samo u trenutku uključivanja i isključivanja struje?

"Šta će biti, mislio je Faradej, ako iz eksperimenta sasvim izbacim bateriju sa električnom strujom i ako uzmem umesto elektromagneta obični stalni magnet?"

Treći dan njegovih eksperimentalnih istraživanja bio je 24. septembar. Tog dana napravio je nov, prost pribor. Oko gvozdenog cilindra namotao je u spirali bakarnu žicu, čije je krajeve vezao sa galvanometrom, koji se nalazio na izvesnom rastojanju. Taj gvozdeni cilindar postavio je između dva stalna magneta, napravljena od dugačkih čeličnih šipki. Faradej je približio gornje krajeve magneta tako da su se dotakli, i sa uzbudnjem je video da se strelica galvanometra pokrenula. On je rastavio krajeve magneta i strelica se ponovo zatresla. Kao i u prvom njegovom eksperimentu, to dejstvo nije trajalo, nego je imalo karakter trenutnog udarca. Kada je istraživač prekidao vezu donjih krajeva magneta isključujući sa jednog od njih kraj spiralne bakarne žice, dodirivanje i razdvajanje gornjih krajeva magneta nije pokazivalo nikakvoga dejstva na strelicu.

Radosno uzbudjenje obuzelo je Faradeja, jer je ovaj eksperiment pokazao jasno pretvaranje magnetne sile u električnu. Ipak, ostajala je ista nedoumica: zašto je dejstvo električnih sila, izazvanih magnetom, bilo samo trenutno i nije moglo da traje?

1. oktobra Faradej je nastavio sa eksperimentima. To je bio četvrti dan eksperimentalnih istraživanja, koja su dovela do otkrića elektromagnetne indukcije. Tog puta želeo je Faradej da objasni ulogu gvožđa u ispitivanoj pojavi. Gvožđe je sposobno da se namagnetiše, a bakar ne. Ako magnet inducira električne struje u bakarnoj žici i bez učešca gvožđa, onda znači da je u Aragoovom eksperimentu ono što je on nazivao "magnetnim okretanjem" dejstvo indukcionih struja, izazvanih u bakarnom krugu okretanjem magnetne igle.

Faradej je uzeo daščicu od suvog drveta i umotao na nju 203 stope bakarne žice. Pošto je žicu izolovao platnom, on je iznad nje namotao drugu žicu iste dužine. Kada je pouzdano utvrđeno da se žica primarnog i sekundarnog namotaja nigde ne dodiruju jedna sa drugom, on je vezao namotaj sa galvanometrom, a drugi sa polovima baterije. Pri uključivanju i isključivanju struje u sekundarnom namotaju, strelica galvanometra (vezana sa primarnim namotajem) pokazivala je udarac, koji je bio, vrlo slab, ponekad čak jedva primetan.

"Na taj način indukcija deluje i bez podsredstva gvožđa, ali je dejstvo tako slabo ili tačnije, tako kratkotrajno, da ne uspeva da pokrene strelicu.", zaključuje Faradej zapisnik svojih eksperimenata 1. oktobra.

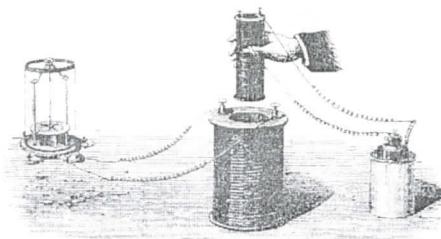
Prošle su još dve nedelje u razmišljanju i pod datumom od 17. oktobra laboratorijski dnevnik govori o novom eksperimentu:

"Uzeo sam cilindričnu magnetnu polugu (3/4 palca u dijametru i 8,5 palaca dužine) i uveo sam jedan njen kraj u šupljinu spirale od bakarne žice (220 stopa dugačke), koja je bila vezana sa galvanometrom. Zatim sam brzim pokretom gurnuo magnet u spiralu celom njegovom dužinom i strelica galvanometra pokazala je udarac. Zatim sam isto tako brzo izvukao magnet iz spirale, i strelica se ponovo pomakla ali na suprotnu stranu. Ti su se pokreti strelice ponavljali svaki put kad je magnet uvlačen ili izvlačen. To znači da se električni talas javlja samo pri pokretanju magneta, a ne snagom svojstava koja se u njemu nalaze kada je u mirnome stanju."

Tada je Faradej našao razlog svojih ranijih desetogodišnjih neuspeha: magnet se može nalaziti ma koliko u blizini spirale, on neće izazvati u njoj nikakva dejstva. Ali kada spirala i magnet menjaju uzajamni položaj, u spirali trenutno nastaju indukacione, električne struje.

28. oktobra Faradej je izveo još jedan eksperiment, koji je potpuno otkrio suštinu činjenice pred kojom se Arago zaustavio pre devet godina.

Faradej je preneo u svoju laboratoriju veliki elektromagnet u obliku potkovice, koji je pripadao Kraljevskom institutu.



Neumornim ispitivanjima došao je Faradej 1831. god. na trag pojava koje su bile sudobosne za čitav daljnji razvoj nauke o elektricitetu. U svitak žice Faradej je stavio magnet. Kad ga je naglo izvadio, svitkom je potekla električna struja.

Uz polove magneta pričvrstio je on dve čelične poluge, a u razmak među njima postavio je ivicu bakarnog kruga. Taj se krug mogao okretati oko svoje osovine, tako da je njegova ivica stalno ostajala između magnetnih polova. Periferija tog kruga i njegova osovina bili su spojeni sa galvanometrom. Kada se krug okretao oko svoje osovine, strelica galvanometra je pokazivala prisustvo električne struje u njemu. Ali, tog puta strelica nije pokazivala udarac struje, posle koga bi se vraćala u mirno stanje, nego je bila pomerena iz svog normalnog položaja sve vreme dok se krug okretao. Tako je okretanje kruga između polova magneta izazvalo ne trenutne udarce, nego trajne indukcione struje.

Sledećeg dana se Faradej uverio da se slično dejstvo postiglo kada je on neprekidno presecao razmak između polova magneta običnom bakarnom žicom, koja je imala u prečniku 1/8 palca.

Opisujući taj eksperiment u laboratorijskom dnevniku, Faradej je prvi put nagovestio proces po kome se magnetna sila pretvara u elektricitet. On je govorio o presecanju linija magnetnih sila bakarnom žicom.

Potom je objasnjavao: "Linijama magnetnih sila ja nazivam one linije, koje se vide kad posmatramo razmeštaj gvozdene strugotine oko polova magneta."

U tim rečima, kao što ćemo videti, nalazilo se konačno rešenje zagonetke magneta, koje naučnicima do tada nije polazilo za rukom.

Za cela ta dva meseca nije Faradej govorio nikome, čak ni bliskim prijateljima, o suštini i toku svojih eksperimenata.

Tek pošto je došao do kraja celog kruga zamišljenog istraživanja Faradej je opisao rezultate svojih otkrića u sažetoj ali jasnoj formi i 24. novembra podneo Kraljevskom društvu svoj referat pod naslovom: "Eksperimentalna ispitivanja iz elektriciteta".

U tom referatu on je, između ostalog, pisao:

"Stalno sam se trudio da otkrijem nove pojave i veze među njima, uslovljene elektromagnetskom indukcijom. Mene je manje zanimalo zadatka da

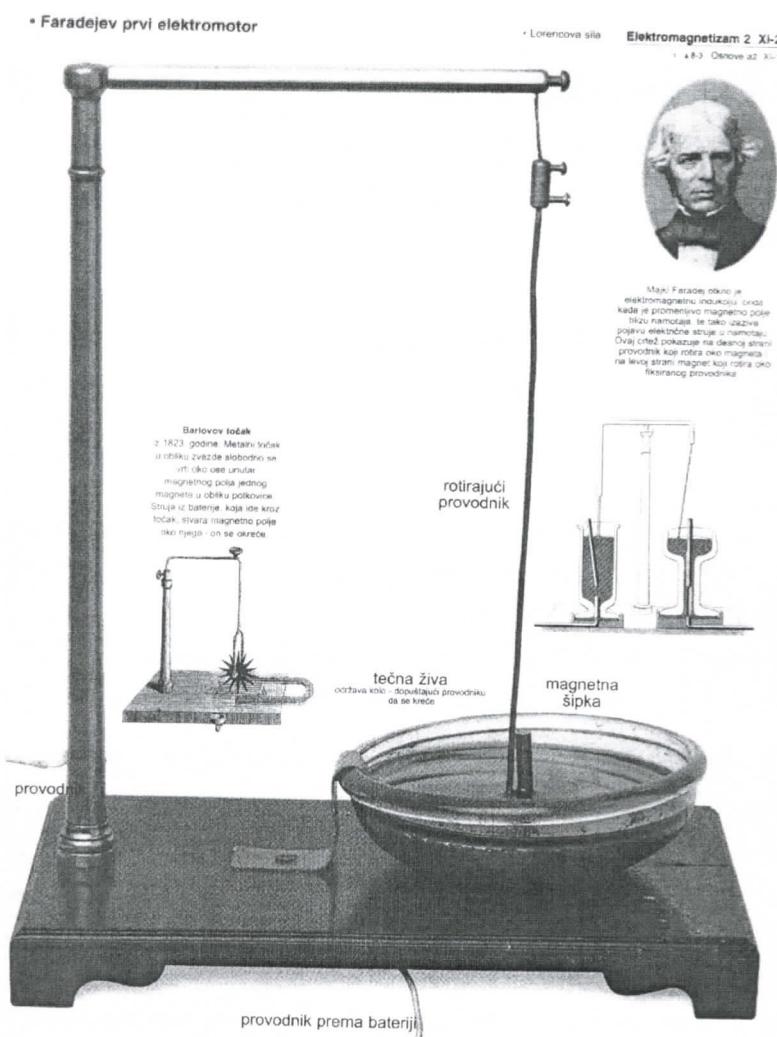
povećam snagu već otkrivenih pojava. Ja sam tvrdo ubeđen da će pun razvoj njihove snage biti docnije otkriven."

Faradej se u tome nije prevario: nekoliko meseci kasnije, Dal-Negro i Piksi napravili su prvu dinamo mašinu, zasnovanu na elektromagnetskoj indukciji, koju je otkrio Faradej.

Faradejevo delo "Istraživanja na polju elektriciteta" značajno je ne samo zbog opisa otkrivenih činjenica na osnovu eksperimenata, nego i zbog toga što je ovim delom postavljeno pitanje: Šta su magnetizam i elektricitet, pa najzad, šta je i sama materija?

1835. godine Faradej je objasnio i pojavu samoindukcije.

Naime, pošto se pri svakoj promeni jačine struje u nekom provodniku menja elektromagnetno polje oko njega, ova promena magnetnog polja mora izazvati indukovani strujni tok u provodniku. Stoga, pri ukidanju struje u nekom provodniku mora se u njemu indukovati istosmerna ekstra struja, a pri uključivanju struje, suprotnog smera. Zbog toga uvek u momentu uključivanja struje u nekom kolu nastaje njen slabljenje, a u momentu prekida njen pojačavanje.



2. ZNAČAJ OPISANIH OTKRIĆA

Krajem 18. veka Galvanijevo eksperimentisanje sa žabljim batacima predstavlja prvi prođor nauke o elektricitetu u tehnologiji.

Profesor Galvani je tražio jači izvor elektriciteta nego što je električna mašina. Različito mišljenje njegovo i Aleksandra Volta, dovelo je 1800. godine Aleksandru Voltu do velikog pronađenja, Voltinog stuba.

Voltin stub ne daje odvojeno električne iskre kao električna mašina, nego stalnu električnu struju.

Tako se ulaskom u 19. vek, Voltin stub pojavio kao prvi znak koji je obeležio rađanje nauke o elektricitetu.

Danski fizičar Ersted eksperimentom je pokazao da električna struja, oko provodnika po kome prolazi, izaziva neku silu koja je sposobna da na rastojanju deluje kao magnet.

Po vezi koju je ta sila imala sa elektricitetom i magnetizmom, počeli su da je nazivaju elektromagnetizmom.

Pred naučnicima je postavljena zagonetka: Šta je zajedničko između elektriciteta i magneta?

Rešenje te zagonetke nalazi se u Faradejevim otkrićima.

Faradejev pronađenje indukovane struje nije važan samo zbog toga što je postao bazom moderne elektrotehnike, nego i zato što je otkrio nove fizičke zakone koji premašuju granice starih mehaničkih predstava.

Otkriće magnetnog i električnog polja, linija sila i pojava zasnovanih na njihovoj deformaciji poslužilo je kako objašnjenju fizičkih stvarnosti, koje su van domačaja naših čula, tako i intelektualno uzdizanju čoveka, pošto mu je ovim otkrićem omogućeno dublje poznavanje prirodnih zakona i strukture materije.

Faradejevo otkriće da indukovana struja u nekom zatvorenom provodniku postaje samo onda kada on preseca magnetne linije sile, bez obzira na okolnost da li polje miruje a provodnik se u njemu kreće, ili u obrnutom slučaju, u stvari je ukazao na put kako da se iz mehaničke energije preko magnetne ili elektromagnetne energije dobije električna energija.

Prva dinamo mašina koji su napravili Dal-Negro i Piksi bila je zasnovana na elektromagnetskoj indukciji koju je otkrio Faradej. Iako nije imala velikog praktičnog značaja, u njoj je bilo ostvareno ono novo što je u život čovečanstva unelo otkriće elektromagnetne indukcije. To je bila mogućnost da se mehanička energija pretvara u električnu energiju, i obratno, da se dobije mehanička energija odnosno proizvodi rad na osnovu električne energije. Dinamo mašina je prošla dug put do usavršavanja.

Pri izradi električnih mašina i aparata kao što su dinamo mašine, transformatori, generatori, ne može se obići Faradejeva teorija magnetnog polja.

Najraznovrsniji električni aparati za merenje, telefon, telegraf, najfiniji automati, koji se primenjuju u industriji i u saobraćaju našeg vremena, zasnivaju se takođe na pojavi elektromagnetne indukcije.

Pošto se proizvodnja električne energije na veliko, tj. u električnim centralama, zasniva na zakonima indukovane struje, može se reći da je Faradej osnivač elektrotehnike.

Pored indukcije Faradej je formulisao zakone elektrolize koji predstavljaju temelje moderne fizike. Značajne su definicije paramagnetizma i dijamagnetizma. Takođe je proučio specifičnu induktivnu moć pojedinih materijala, tj. odredio im dielektričnu konstantu.

Zbog tih, kao i drugih radova, njegovi savremenici nazivali su ga "carem fizičara".

U čast genijalnog Majkla Faradeja dat je naziv za jedinicu električnog kapaciteta u praktičnom sistemu - *farad*(F), a takođe i naziv *faradej* za broj elektrona ili elementarnih nanelektrisanja, koji je jednak Avogadrovoj broju.

Iako je prošlo više od 100 godina od smrti genijalnog naučnika, i iako je u nauci od tada došlo do prave revolucije, ipak ono što je Faradej postigao svojim naučnim radom, ne samo da nije izgubilo u vrednosti u toku minulih godina, nego je čak porastao značaj njegovog rada.

3. REALIZACIJA ČASA

3.1. Električni izvori

Nastavni predmet: Fizika za osmi razred osnovne škole

Nastavna jedinica: Električni izvori

Tip časa: Obrada novog gradiva

Obrazovno-vaspitni zadaci: Uvođenje novih pojmove i analogija sa poznatim

Oblik rada: frontalni

Nastavne metode: monološka + dijaloška

Nastavna sredstva: školska tabla i grafskop

Uvod: Obnavljanje gradiva koje se odnosi na nanelektrisanje tela i vrste nanelektrisanja.

Osnovno ograničenje u izučavanju elektriciteta predstavljala su sredstva za njegovo proizvođenje.

Krajem 18. veka, italijanski lekar, Galvani (Luigi Galvani 1737-1789) vršio je oglede seciranja žaba i primetio je da kada hiruškim nožem dodirne žabu na metalnoj posudi, ona se grči.

Galvani nastavlja da eksperimentiše i nakon 10 godina, 1794. godine uspeva po prvi put da dokaže postojanje bioelektričnih sila izazivajući grčenje mišića bez prisustva metala.

Galvanijevim eksperimentima optočinje razvoj koji će se u istoriji nazvati "era elektriciteta". Galvanijevo eksperimentisanje sa žabljim batacima je omogućilo da se pređe od trenutnog pražnjenja na trajan tok elektriciteta. Sa time je počeo i prvi prodor nauke o elektricitetu u tehnologiji.

Umro je 1798. godine.

3.1.1 Limun kao baterija

Potreban materijal:

- limun ili jabuka, grejp ili krompir,
- pločice od cinka i bakra (površine oko 3 cm^2)
- voltmetar (oko 1V)

Priprema eksperimenta: Preseći limun i u jednu polovinu zabosti pločice od cinka i bakra. Pomoću voltmetra izmeriti napon koji će iznositi oko 0,5V, a odgovarajuća kratkotrajna struja oko 0,09 mA.

Objašnjenje: Pod pritiskom se razara deo limuna i na taj način se olakšava kretanje jona kroz elektrolit (voda i limunska kiselina). Na elektrodi od cinka između negativno nanelektrisane ploče od cinka i pozitivnih jona koji se kreću ka cinku, nastaje električno polje. Što je više jona cinka u rastvoru to je veće električno polje između ploče i jona. Pri nekoj vrednosti polja prestaje proces rastvaranja cinka. Reakcija prestaje kada bakarna ploča postane potpuno obložena jonima, ili kada se na bakarnoj ploči, na osnovu električnog odbijanja, ne mogu više sakupljati pozitivni joni.

Ako se obe ploče povežu žicom i mernim instrumentom dolazi do proticanja elektrona sa ploče od cinka ka ploči od bakra.

Može se meriti potencijalna razlika između bakarne i cinkane ploče.



Napomena: u našem slučaju koristi se limun umesto žabe i zbog toga se ništa neće mrdati.

Njegove oglede je ponovio i analizirao Volta (Alessandro Volta, 1745- 1827), koji je shvatio da je u suštini za pojavu razlike potencijala dovoljno da se dva različita metala potope u rastvor kiseline, baze ili soli (supstance koje ste u hemiji nazivali elektroliti). To je bio slučaj sa limunom u prethodno izvedenom eksperimentu.

Sada ćemo objasniti kako je Volta izveo eksperiment.

Poredao je niz posuda jednu pored druge (ne birajući materijal)...(male čaše za piće su pogodne) i napunio ih do pola čistom vodom, slanom vodom ili ceđu. Zatim ih je sastavio u lanac pomoću metalnih lukova od kojih je jedan krak, napravljen od crvenog bakra, stavio u jednu čašu a drugi krak, napravljen od kalaja ili cinka, stavio u drugu čašu. Pri tom je naglasio da je za sve ove aparate bitna neposredna veza različitih metala u parove i posredna veza jednog para sa drugim preko vlažnog provodnika.

Tako je stvoren prvi stalni izvor elektriciteta kojim se otvaraju putevi i za istraživanje i za primenu.

Ako se dva različito nanelektrisana tela spoje metalnim provodnikom, doći će do uspostavljanja električne struje kroz provodnik. Nanelektrisanja (elektroni) prelaze sa jednog tela na drugo samo ako je postojala razlika električnih potencijala između tela. Prelaskom nanelektrisanja na drugo telo, ova razlika potencijala se smanjuje i vrlo brzo se potencijali tela izjednače. Tada prestaje proticanje električne struje.

U električnim izvorima nastaje razdvajanje pozitivnih i negativnih nanelektrisanja i usmeravanje njihovih kretanja. Postoje različiti procesi čiji je rezultat razdvajanje i uređeno kretanje slobodnih nanelektrisanih čestica u električnim izvorima struje (mehanički rad, hemijska reakcija, i dr.). U svim tim procesima dolazi do pretvaranja nekog oblika energije u električnu energiju.

3.2 Magnetno polje pravolinijskog strujnog provodnika

Nastavni predmet: Fizika za osmi razred

Nastavna jedinica: Magnetno polje pravolinijskog strujnog provodnika

Tip časa: Obrada novog gradiva

Obrazovno-vaspitni zadaci: Uvođenje novih pojmove i analogija sa poznatim

Oblik rada: frontalni

Nastavne metode: monološka + dijaloška

Nastavna sredstva: školska tabla i grafoskop

Uvod: Obnavljanje gradiva koje se odnosi na magnet i magnetno polje.

Još 1676. godine u pismu nekog kapetana broda opisuje se kako su posle oluje smerovi kompasa na brodu izmenjeni tako da je brod krenuo u suprotnom smeru.

Ersted (Hans Christian Oersted, 1777-1851) predaje fiziku na univerzitetu u Kopenhagenu.

Njegova ideja vodila je bila veza između elektriciteta i magnetizma.

Prilikom eksperimentisanja, kada je uključio struju, kompas se slučajno našao ispod provodnika. Ersted je primetio otklon igle i nakon tri nedelje eksperimentisanja, 21. jula 1820. godine objavljuje svoje otkriće.

Saopštenje njegovog otkrića je glasilo:

"Postavimo pravolinijski deo provodnika horizontalno, paralelno i iznad slobodne obešene magnetne igle...Magnetna igla će se pokrenuti tako da će njen deo koji je pod onom stranom žice koja dobija elektricitet iz negativnog kraja galvanskog aparata skrenuti ka zapadu."

Eksperimentalna otkrića, koja daju nešto novo i neočekivano, bila su najčešće slučajna.

Nije retkost da je isti slučaj bio pred očima drugih, ali ga oni nisu uočili, pa im je otkriće izmaklo.

Kod Ersteda se ne radi o čistom slučaju, jer je verovao da postoji veza elektriciteta i magnetizma i očekivao da je nađe. Ostali Erstedovi istraživački rezultati su malobrojni i relativno skromni. Ovaj jedan, ali vredan bio je dovoljan da njegovo ime ostane trajno zabeleženo u istoriji nauke.

3.2.1 Ogled

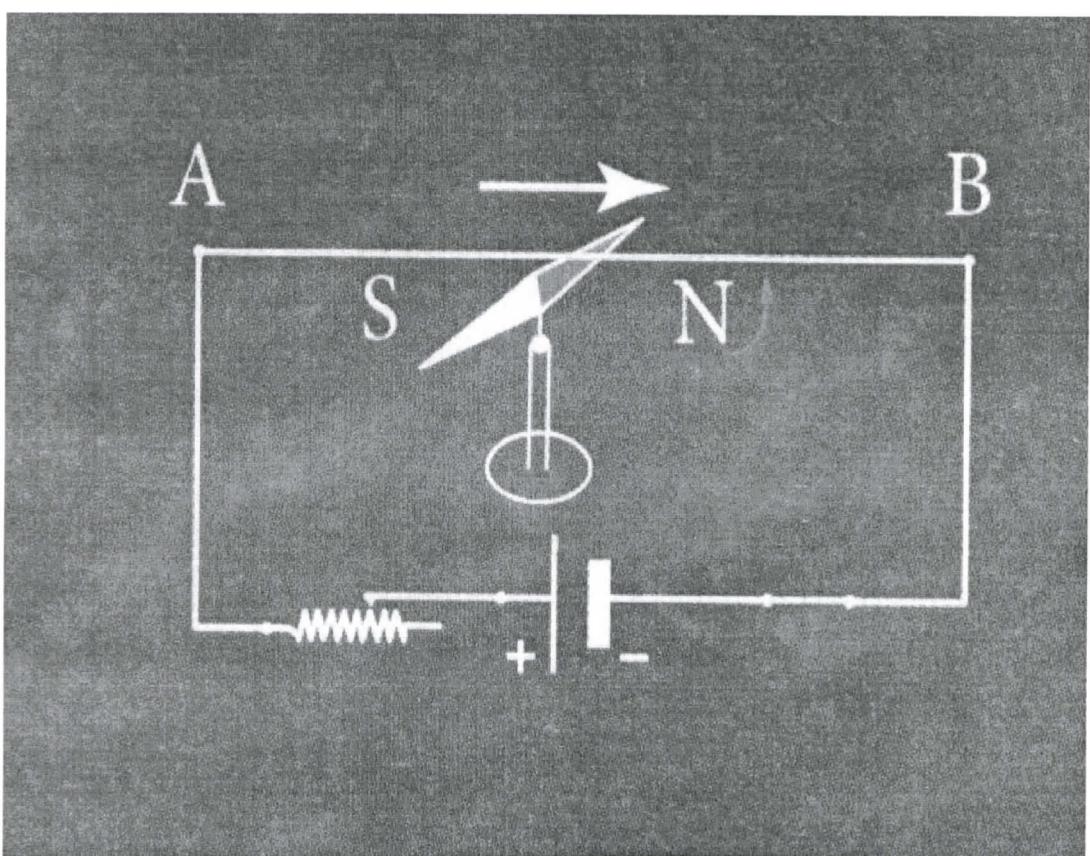
Sada ćemo pokazati kako je Ersted došao do značajnog otkrića.

Sastavimo strujno kolo u kome se nalazi jedan prav provodnik AB i ispod provodnika postavimo magnetnu iglu. Igla skrene čim se prekidač zatvori, tj. električna struja počne da teče. Skretanje igle je utoliko jače ukoliko je ova struja jača.

Da vidimo šta će se dogoditi ako promenimo smer struje, menjajući veze na polovima baterije.

U tom slučaju, kao što vidimo, igla će skrenuti na suprotnu stranu, a to znači da su magnetne sile promenile smer.

Za određivanje smera skretanja magnetne igle važi pravilo desne ruke: ako se šaka desne ruke drži iznad provodnika sa prstima ispruženim u smeru proticanja električne struje tako da je dlan okrenut prema provodniku, palac pokazuje smer skretanja severnog pola magnetne igle.



3.3 Indukovana električna struja

Nastavni predmet: Fizika za osmi razred osnovne škole

Nastavna jedinica: Indukovana električna struja

Tip časa: Obrada novog gradiva

Obrazovno-vaspitni zadaci: Uvođenje novih pojmove i analogija sa poznatim

Oblik rada: frontalni

Nastavne metode: monološka + dijaloška

Nastavna sredstva: školska tabla i grafoskop

Uvod: Obnavljanje gradiva koje se odnosi na električnu struju, magnetno polje.

Faradej (Michael Faraday, 1791-1867) rođen je 22. septembra 1791. godine blizu Londona, u radničkoj porodici.

Učiteljica je maltretirala Majkla jer nije dobro umeo da izgovori slovo "r", pa ga je majka ispisala iz škole kada je imao 9 godina. Sa 13 godina počinje da radi u knjižari kao raznosač novina, gde je izučio knjigovezački zanat. Okružen knjigama, čitao je sve što mu je dopalo u ruke. Zainteresovao se za hemiju, ali je izvodio i eksperimente o elektricitetu. Zanesen hemijom, posećuje predavanje Hemfrija Dejvija, čuvenog hemičara. Majkl uspeva da na sebe privuče pažnju Hemfrija i biva postavljen za njegovog pomoćnika. Majklov naučni put je upravo tako počeo.

Radeći kao Dejvijev asistent, Faradej posle nekoliko godina postaje najveći fizičar Engleske.

U Faradejevoj beležnici je upisano još 1822. godine:

"Pretvoriti magnetizam u elektricitet"

Bilo je poznato da električna struja proizvodi magnetno polje. Nastalo je pitanje da li se može, obratno, pomoću magnetnog polja dobiti električna struja.

Faradej je razmišljao 10 godina i u jesen 1831. godine, istrajnost, strpljivost i neumorni trud dobili su svoju nagradu. Počevši od 29. avgusta 1831. godine Faradej je 10 dana vršio eksperimente. Eksperiment koji je doveo do otkrića pojave koju je izučavao izведен je na sledeći način:

Jedna navojnica oko šupljeg cilindra je povezana sa galvanometrom. Magnet u obliku cilindra se uvlači u navojnicu i tada galvanometar reaguje. Pomeranje nije veliko, ali ako sinhronizuje njegovo pomeranje sa uvlačenjem i izvlačenjem, amplituda se povećava. Tako je Faradej došao do otkrića pojave koju je izučavao:

Struja se indukuje u nekoj navojnici dok se magnet kreće kroz nju.

Za ta dva meseca nije Faradej govorio nikom, čak ni bliskim prijateljima, o suštini i toku svojih eksperimenata.

Faradejev pronađenje indukovane struje predstavlja osnovu moderne elektrotehnike i može se reći da je on njen osnivač.

Istraživački vek Faradeja traje od 1821. do 1854. godine. Sve važno što je objavio iz elektriciteta sakupljeno je i objavljeno u knjizi. Broj eksperimenata prelazi 1000. U svakom slučaju nema značajnijeg fizičara čije delo sadrži toliki broj eksperimenata sabranih u velike jedinstvene celine.

Umro je 25. avgusta 1867. godine.

Zbog svojih radova, njegovi savremenici nazvali su ga "carem fizičara".

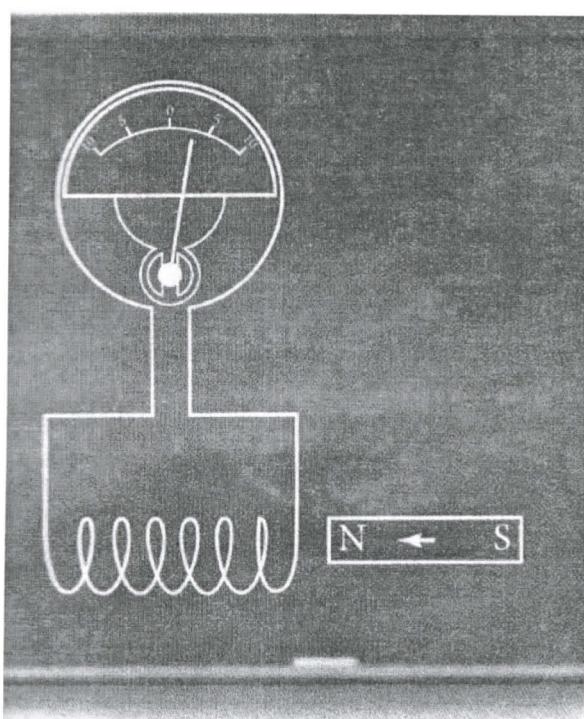
U čast genijalnog Majkla Faradeja dat je naziv za jedinicu električnog kapaciteta-farad (F).

3.3.1 Ogled

Eksperiment koji je Faradeja doveo do značajnog otkrića, izvešćemo i mi na sledeći način:

Uzećemo kalem sa većim brojem navoja vezati ga za osetljiv ampermetar. Kada uvlačimo magnetnu šipku u kalem, kazaljka ampermeta skreće na jednu stranu. Čim prekinemo uvlačenje šipke, kazaljka se vrati na nulu iako je šipka u kalemu. Ako sada šipku izvlačimo iz kalema, kazaljka ampermeta se pomera na drugu stranu i čim prestanemo izvlačiti magnet, kazaljka se opet vraća na nulu.

Pri uvlačenju magneta javlja se električna struja jednog smera (kazaljka se pomera na jednu stranu).



Pri izvlačenju magneta javlja se električna struja suprotnog smera (kazaljka se pomera na drugu stranu).

Čim se prekine kretanje magneta, bilo da je magnet u kalemu ili izvan njega, struje nema.

Ovo isto se može postići ako magnet miruje, a kalem se kreće. Ovde se, u stvari, mehanička energija pretvara u električnu.

Dobijanje električne struje pomoću magnetnog polja naziva se elektromagnetna indukcija, a sama struja dobijena na taj način indukovana električna struja.

4. ZAKLJUČAK RADA

Elektrodinamika se izučava u osmom razredu osnovne škole.

Ova tematska oblast je veoma interesantna učenicima, pa stoga sa radoznalošću i aktivno prate izlaganje nastavnikovih objašnjenja.

Aktivnost učenika i zainteresovanost u svakom slučaju olakšavaju rad nastavniku i doprinose uspešnosti časa u cilju razjašnjavanja date teme.

Za uspešnost časa svakako je presudna uloga nastavnika kao predavača.

U konkretnom slučaju, čuveni ogledi iz elektrodinamike u učionici osnovne škole, posebna pažnja je posvećena činjenici da je sam tok istraživanja ove oblasti u stvarnosti bio dugotrajan proces.

Izlaganjem toka istraživanja stvara se potpuna slika napora i istrajnosti naučnika u radovima koji su doveli do značajnih otkrića.

Bez tog dela izlaganja, može se desiti da se učenicima učini da je ceo istraživački rad trajao koliko i nastavnikov čas.

Nadam se da je ovaj rad bar delimično doprineo rasvetljavanju toka otkrića u elektrodinamici, koja predstavljaju osnovu nauke i tehnologije.

5. LITERATURA

1. MILORAD MLAĐENOVIĆ: Razvoj fizike – elektromagnetizam, Beograd, IRO Gradjevinska knjiga, 1986
2. Dr.DUŠANKA Ž. OBADOVIĆ: Jednostavni eksperimenti u nastavi fizike, Novi Sad, 2006/2007
3. Dr. DARKO V. KAPOR; Dr. JOVAN P. ŠETRAJČIĆ: Fizika, udžbenik za VIII razred osnovne škole, Zavod za udžbenike Beograd, 2006.
4. BRANKO ĐURIĆ: VELIKI FIZIČARI, Beograd, Tehnička knjiga, 1969.
5. N.ŠAHOVSKA i M.ŠIK: MAJKL FARADEJ, pripovest o životu i radu malog knjigovesca koji je postao veliki naučnik, Beograd, Tehnička knjiga, 1948.
6. <http://s.r. Wikipedia. org/sr-el/Majkl Faradej>
7. <http://underground.niceboard.com/istorijske-biografije-f40/majkl faradej/SA>

6. BIOGRAFIJA



Boja Knežević, rođ. Pilipović, rođena 28.08.1962. godine u Velikom Cvjetniću, opština Drvar. Osnovnu školu završila u Velikom Cvjetniću, a gimnaziju u Bihaću. Završava studije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, Departman za fiziku, smer profesor fizike 07.07.2005. godine i stiče diplomu prvog stepena visokog obrazovanja i stručnog naziva operativni fizičar. Živi u Futogu. Radi u osnovnoj školi „Vuk Karadžić“ u Bačkoj Palanci kao nastavnik fizike. Udata, majka troje dece.

UNIVERZITET U NOVOM SADU	
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET	
KLJUČNA DOKUMANTACIJSKA INFORMACIJA	
Redni broj:	
RBR	
Identifikacioni broj:	
IBR	
Tip dokumentacije:	Monografska dokumentacija
TD	
Tip zapisa:	Tekstualni štampani material
TZ	
Vrsta rada:	Diplomski rad
VR	
Autor:	Boja Knežević
AU	
Mentor:	Prof. Dr. Darko Kapor
MN	
Naslov rada:	Čuveni ogledi iz elektrodinamike u učionici osnovne škole
NR	
Jezik publikacije:	srpski (latinica)
JP	
Jezik izvoda:	srpski/engleski
JI	
Zemlja publikovanja:	Srbija
ZP	
Uže geografsko područje:	Vojvodina
UGP	
Godina:	2008
GO	
Izdavač:	Autorski reprint
IZ	
Mesto i Adresa:	Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4. Novi Sad
MA	
Fizički opis rada:	10/42/-/-14/-/-
FO	
Naučna oblast	Fizika
NO	
Naučna disciplina:	metodika nastave fizike, istorija fizike Elektrodinamika
ND	
Predmetna odrednica/ključne reči:	Čuveni ogledi u elektrodinamici u učionici osnovne škole
PO	
Čuva se:	Biblioteka Departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu
ČU	
Važna napomena:	nema
VN	
Izvod:	U radu su opisani čuveni ogledi u elektrodinamici onako kako se oni danas mogu obrađivati na nivou osnovne škole.
Iz	
Datum prihvatanja teme od NN veća:	15.10.2007.
DP	
Datum odbrane:	29.01.2008.
DO	
Članovi komisije:	
KO	
Predsednik:	Dr Radomir Kobilarov, red. prof,
Član:	Dr Darko Kapor red. prof, mentor
Član:	Dr Srđan Rakić, docent

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

Acession number:

ANO

Identifikation number:

INO

Document type: Monograph

DT

Type of record: Textual printed material

TR

Content code: Final paper

CC

Author: Boja Knežević

AU

Mentor/comentor: Darko Kapor, full professor

MN

Title:

TI

Language of text: Serbian (Latin)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Serbia

CP

Lokality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2008

PY

Publisher: Author's reprint

PU

Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Novi Sad, Dositej Obradovic's

Square

PP

Physikal description: 10/42/-/-14/-/-

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: History of Physics, methodology of Physics teaching

SD

Subject/Key words:

SKW

Holding data: Library of Department of Physics, PMF-a in Novi Sad

HD

Note: None

N

Abstract:

important experiments in electrodynamics are described from the point of view of the actual approach to teaching Physics in the elementary school.

AB

Accepted by the Scientific Board: 15.10.2007.

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President: Dr Radomir Kobilarov, full professor

Member: Dr Darko Kapor, full professor, supervisor

Member: Dr Srđan Rakić, assistant professor