

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROF. FIZIKE I POLITEHNIKE

Leo Franić

Diplomski rad

ELEKTROMAGNETNA INDUKCIJA U
NASTAVI FIZIKE

Voditelj diplomskog rada: doc.dr.sc. Darko Androić

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2007.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	1
UVOD	2
1 POVIJESNE CRTICE	3
1.1 Prva otkrića o elektricitetu	4
<i>Galvanske struje</i>	4
<i>Baterija kao fundament progressa elektriciteta</i>	5
1.2 Prva otkrića o magnetizmu i elektromagnetizmu	5
<i>Magnetizam</i>	5
<i>Elektromagnetizam</i>	7
<i>Nikola Tesla: genij koji je promijenio svijet</i>	14
2 TEORIJSKI OSVRT	17
2.1 Zakon elektromagnetske indukcije	21
2.2 Samoindukcija	22
3 POKUSI I PRIMJERI ELEKTROMAGNETSKE INDUKCIJE	24
4 USPOREĐIVANJE PROGRAMA HNOS-A S NAPISANIM UDŽBENICIMA	33
4.1 Ključni pojmovi: elektromagnetska indukcija, inducirani napon	35
4.2 Potrebno predznanje: električna struja djeluje na magnet	37
4.3 Primjeri suodnosa s drugim predmetima, ostali primjeri	39
4.4 Razlika između srednjoškolskog strukovnog obrazovanja i gimnazijskog	41
ZAKLJUČAK:	44
BIBLIOGRAFIJA:	45

UVOD

Malo se za kojeg čovjeka može reći da je toliko izmijenio čovječanstvo i da je neke stvari, za ondašnje vrijeme, toliko daleke i nedostižne učinio tako lakim i nevjerovatno pristupačnim.

Jedan takav genijalac i vizionar je na našu sreću i neizmjeran ponos „naše gore list“. Radi se o čovjeku, zbog čijih se izuma danas svijet razvija u neslućenim razmjerima. On je dakako Nikola Tesla. Prošla godine je bila 150. godišnjica njegovog rođenja i godina sjećanja na tog velikog znanstvenika te je i ovaj diplomski raden kao svojevrsno podsjećanje i zahvalnost za sve što nam je dao i pružio.

U ovom radu ćemo se orijentirati prema temi elektromagnetske indukcije, kojoj je uz mnoge druge znanstvenike i Nikola Tesla dao veliki obol, kako u otkrivanju tako i u razjašnjavanju i primjeni tog fenomena. Elektromagnetsku indukciju kao pojavu ćemo promatrati kroz okvire općeg obrazovanja, nastave fizike i kroz sustav školstva općenito. Prikazat ćemo kakvu ulogu i na koji način se danas prilazi toj temi kroz osnovno i srednjoškolsko obrazovanje. Nadalje ćemo istražiti sličnosti i razlike u pisanim udžbenicima s HNOS-om (Hrvatskim nacionalnim obrazovnim standardom).

1. POVIJESNE CRTICE

Nikad prije u povijesti nijedna nova tehnika nije u tako kratkom vremenu udarila sličan pečat na sve aspekte našeg života. Ljudi sebi mogu samo pretpostaviti kakav bi izgledao život bez svih elektrotehničkih pomagala, strojeva i uređaja na koje su navikli. Ustvari to bi značilo biti bez radija, televizije, bez svjetla, ali također i bez auta (jer ne bi bilo električnog paljenja), bez lifta, bez aviona itd.

Ulična slika izgledala bi dosta drugačije jer bi umjesto današnjih uličnih lampi visjeli fenjeri, dok bi tramvaji vozili na paru kao male parne lokomotive. Kompjutor koji je toliko izmijenio sliku naše stvarnosti bio bi nepoznat te danas ne bi čitali ovaj tekst. Razvoj elektrotehnike, kasnije elektronike, može se usporediti s dostignućima kao što su pronalazak pisma ili tiskanja.

Povijest elektrotehnike, odnosno elektronike, može se započeti s različitim polaznih točaka. Točka na kojoj fizika prestaje, a elektrotehnika ili elektronika počinju ne može se uvijek točno definirati. Mogu se uzeti u obzir i drugi kriteriji na osnovu kojih se može tražiti neki određeni značajni stupac u povijesti. Parni stroj je jedan takav stupac i označava početak prve industrijske revolucije, nadalje izmjenična električna struja, generatori i motori i svi patenti koji su vezani za izmjeničnu električnu energiju označuju početak druge industrijske revolucije, dok je pronalazak tranzistora početak treće industrijske revolucije. Ovim se ogradauje posljednjih 50 godina jer povijesni trenutak datira od 1948 godine. Ako se pak uzme u obzir pronalazak vakuum-diode onda se vraćamo unazad do 1908 godine.

Ohmov zakon iz 1826. godine predstavlja također vrlo značajan korak u povijesti jer on određuje pravce nauke o elektricitetu. Kročili li se još dalje unazad u fizikalnu povijest dolazimo do Isaca Newtona, (1642-1727), jednog od osnivača moderne fizike. Mogli bi ići i dalje do starih Grka, jer oko 400-te godine prije nove ere grci su otkrili statički elektricitet. Oni su ga prvi pronašli na osnovu toga što je s komadom krpe protrljani komad jantara privlačio komadiće slame. Upravo grčka riječ za jantar je elektron! Između grčkog elektrona i moderne elektronike prošlo je veliko i napeto vrijeme. Za moderna velika istraživanja ne treba ići tako daleko jer gotovo sva su se dogodila u posljednjih 300 godina.

Oko 1729. Englez Stephen Gray je elektrizirana tijela dodirnuo metalnim komadićima i ustanovio da ti komadići također postaju električni. Elektricitet prelazi na neelektrična tijela. Suvremena podjela na vodiče i izolatore potječe od Graya. Izolatori se mogu trenjem

elektrizirati ali ne mogu prenositi električni naboj. Izolatori su staklo, guma, prazan prostor itd. naprotiv metalima se elektricitet začas raširi. Pored metala, električni su vodiči ugljen otopine soli i kiseline u vodi, ljudsko tijelo i zemlja.

Du Fay je opazio da se dva elektrizirana komadića smole odbijaju, a isto tako i dva staklena štapa; naprotiv, kad se trenjem elektriziraju i smola i staklo, oni se privlače. U modernom rječniku prva je vrsta negativan, a druga pozitivan elektricitet. Tijela istog električnog naboja odbijaju se, a protivnog privlače

1.1 Prva otkrića o elektricitetu

Galvanske struje

Istraživanje elektriciteta naglo je napredovalo kad je profesor anatomije Luigi Galvani (1739-1798) otkrio nove izvore elektriciteta. Prema nekim povjesničarima to veliko otkriće nije napravio on, nego zapravo njegova žena. Jednog dana je pripremala ručak, žablji kraci napola oguljeni bili su na pladnju i slučajnim dodirrom noža na krakove oni su se trgali, kao da su živi. Kad je to Galvani vidio (prema predanju) reče: „Ženo učinio sam veliko otkriće. Našao sam životinjski elektricitet, izvor životne snage!“

Volta je počeo studirati Galvanijev nalaz. Galvaniju je izbjeglo ono najvažnije: žablji su se kraci naglo trgali onda kad su se našli između noža i metalnog pladnja. Žablji se kraci mogu zamijeniti otopinom neke soli ili kiseline u vodi.



Sl. 1: Alessandro Volta

Alessandro Volta (1745-1827) je uronio cinkovu i bakrenu ploču u vodu kojoj je bila primiješana sumporna kiselina. Kad je Volta spojio žicom krajeve bakrene i cinkove ploče koji su virili iz kiseline kiseline, žicom je potekla električna struja. I ta električna struja ne prestaje teći satima i satima.

Od tada električne pojave mogle su se lako proučavati. U Voltinu članku jakost struje ovisi o tome kakva je žica. Ako je žica između ploča deblja i kraća električna je struja jača, naprotiv ako je duga i tanka žica postavlja velik otpor prolazu struje. Isto tako električna struja ovisi o vrsti kovine od koje je načinjena žica.

Baterija kao fundament progressa elektriciteta

Zapravo još prije 1800-te godine naučnici tadašnjeg vremena istraživali su intrigirajući fenomen elektricitet. U početku se nije otišlo daleko. Pojavili su se i prvi elektrizirajući strojevi, na kojima su se trenjem mogli pobuditi vrlo visoki jednosmjerni naponi. Na ovaj način proizvedeni elektrostatski bljeskovi bili su u vrlo izraženi, ali elektrostatički generatori davali su nažalost dosta lošu i vrlo malu struju, koja nije nudila mnogo prostora za eksperimentiranje.

Sredinom 18-tog stoljeća (1847) dolazi do promjena pronalaskom Lajdenske boce. S ovom pretečom elektrolitskog kondenzatora prvi put se proizvedena energija iz generatora mogla jedno vrijeme sakupiti i zadržati. Pravi napredak je zabilježen odmah na kraju stoljeća pronalaskom profesora Aleksandra Volte. Volta je već u 1780, konstruirao po njemu prozvanu Voltinu ćeliju tako da je na jednu hrpu položio pločice bakra i cinka, odvojene vlažnom krpom, koje su omogućile duže vrijeme preuzimanje struje.

Najveće priznanje Volta dobiva za izum elektrokemijske ćelije, koja se sastojala od jedne staklene posude s razblaženom sumpornom kiselinom, gdje su na malom razmaku, jedna od druge, visjele jedna cinčana i jedna bakarna ploča. Između ovih ploča nastala je razlika potencijala od jednog volta i ovo je preteča današnje baterije.

Preko jednog broja ćelija postavljenih u seriji, Volta je uspio u 1800-toj kreirati prihvatni medij električne energije. Važnost ovog pronalaska odmah je priznata i zato ne samo da je po njemu prozvana ćelija već i jedinica za električni napon. Ova jedinica u međunarodnom sistemu jedinica predstavlja napon na homogenom vodiču kroz koji prolazi struja od 1 Ampera, a utrošena snaga između te dvije točke iznosi 1 Watt. Ovaj pronalazak je fundament daljnjeg progressa nauke o elektricitetu.

1.2 Prva otkrića elektromagnetizma

Magnetizam

Stari Grci su bili prvi koji su otkrili magnetske pojave i to je u tadašnje vrijeme izazvalo i uzбудilo maštu starih naroda. Magnet je otkrio pastir Magnes s otoka Krete kad je

jednog dana prolazio planinom Idom, a na sandalama je imao željezne čavle. U jednom trenutku nešto snažno privuče Magnesove noge ka zemlji, a na zemlji ništa osim kamena. Tad primijeti da taj kamen, magnetit, privlači čavle njegovih sandala. Bila je to magnetska ruda. Tales iz Mileta pokušao je to djelovanje magneta rastumačiti mističnim silama. On je rekao da magnet ima neku „dušu“ koja privlači željezo. Grci su također otkrili da se magnetska moć prenosi i na drugo, nemagnetično željezo.

Zanimanje za magnetske pojave oživjela je u Srednjem vijeku upotreba kompasa u pomorstvu. Kompas su izumjeli Kinezi već davno. Najprimitivniji kompasi sastojali su se od željezne igle koja se magnetizirala prirodnim magnetom. Igla se pričvrsti na laku daščicu i stavi na površinu vode. Plivajući na vodi, igla se svojim jednim krajem okreće prema sjeveru. Taj pol magneta su nazvali sjeverni, a suprotni pak južnim.

Upotrebom kompasa nastale su jasnije predodžbe o zemaljskom magnetizmu i djelovanju magneta. 1269 god. Petrus Peregrinus izdao je čitavu raspravu o magnetu. On već zna da se istoimeni polovi magneta odbijaju. Spoznao je i da su dijelovi magneta opet potpuni magneti. Raspolovimo li magnet, neće jedan dio nositi samo sjeverni pol, a drugi južni pol magneta, obje polovice imaju i sjeverni i južni pol.

1600-te godine William Gilbert izdaje knjigu «De magnetibus». Ponovio je stare eksperimente o magnetizmu, novo je bilo njegovo ispitivanje da li se težina željeznih igala povećava magnetiziranjem. Otkrio je da tomu nije tako. Njegova ispitivanja odaju eksperimentalne metode koje su se početkom novog doba razvile u mehanici. Karakteristična oznaka pravog fizičara postat će nastojanje da satovima, metrima i vagom ustvrdi različite odnose u vanjskom svijetu. S pravom je bio smatran jednim od utemeljitelja eksperimentalnog istraživanja. Gilbert je otkrio osnovnu razliku između električnih i magnetskih tijela. Otkrio je da dok magnetska sila izlazi samo iz polova, električna tijela privlače sitne papiriće prema svakoj točki svoje površine. Važna su bila i njegova ispitivanja o zemaljskom magnetizmu, spoznavši da je sama Zemlja veliki magnet. Njezin magnetski pol leži na sjeveru i privlači magnetsku iglu.

Velik porast preoceanske plovidbe izazvao je potrebu da se metode orijentacije učine točnijim. Charles Augustin Coulomb (1736-1806) bio je u mornarici pa ga je natječaj za usavršavanje kompasa privukao. Bacio se na istraživanje električnih i magnetskih sila. Rezultat mjerenja bio je da su električne i magnetske sile slične gravitaciji. Označimo li jedan naboj s e_1 a drugi s e_2 , a udaljenost s r , tad je sila:

$$F \sim \frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$$

Kao i kod privlačenje svemirskih tijela (gravitacijska sila) tako i električna sila opada s kvadratom udaljenosti. Coulombov zakon omogućio je da se električne i magnetske pojave strogo tretiraju poput nebeske mehanike.

Elektromagnetizam

Elektricitet kao fenomen na kojeg se dugo čekalo pružio je mogućnost za nova eksperimentiranja. Veliki broj otkrića desio se često neočekivano, bolje rečeno sasvim slučajno. Tako se 1819. godine danski fizičar Hans Christian Oersted s razlogom zaprepastio; izvodio je jedan eksperiment s električnom strujom kroz metalnu žicu, dok se (potpuno slučajno) u blizini nalazio kompas. Oersted je na njegovo čuđenje ustanovio da magnetna igla na kompasu reagira svaki put kad se struja uključi. On je zatim uočio jasnu vezu između otklona igle i pravca struje kao i razmaka između žice i kompasa. Daljim eksperimentiranjem Oersted je otkrio da ova pojava također nastupa i obrnuto, dakle on je ustanovio da magnet djeluje na žicu za vrijeme protoka struje.

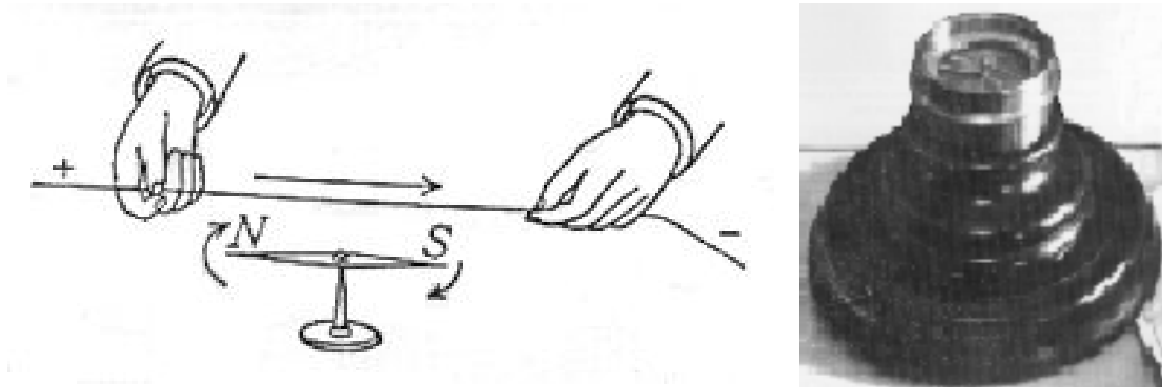
Nadalje je zaključio (također ispravno) da se kod njegovog eksperimenta radi o nepoznatoj magnetskoj sili, koja je uzrokovana od strane električne struje. Vrlo važan pronalazak jer do tog trenutka još nitko nije postavio vezu između elektriciteta i magnetizma. Ovo otkriće Hansa Christiana Oersteda, kao i postavljena veza između elektriciteta i magnetizma za mnoge znanstvenike bio je povod za dalja ispitivanja.



Slika 2: Hans Christian Oersted

Danski fizičar Oersted otkrio je (1819. godine) da se magnetska igla otklanja u blizini vodiča kojim teče struja i tako je pronašao da električna struja proizvodi magnetsko polje. Postavimo li ravnu žicu iznad magnetske igle (orijentirane u smjeru sjever-jug), igla se zakreće čim kroz žicu proteče struja. Kada struju prekinemo, igla se vrati u prvobitni smjer sjever-jug.

Promijenimo li smjer struje, mijenja se i smjer otklona. Kada je igla iznad žice, otklanjanje je u suprotnom smjeru nego kada je igla ispod žice.



Slika 3: „Kompas koji je kriv za sve“

Iz ovog i sličnih pokusa zaključujemo da u prostoru oko vodiča kojim teče struja postoji magnetsko polje. Magnetska se igla otklonila zbog djelovanja magnetskog polja struje koja teče kroz vodič. Električni naboji u gibanju, dakle, proizvode magnetsko polje.

Kako je Oersted napravio svoj pokus!?

Prilikom demonstriranja pokusa svojim studentima, kojima je htio dokazati da magnetsko polje NE ovisi o struji koja teče kroz vodič, jedan od studenata je primijetio da se magnetna igla kompasa, koja je bila u blizini vodiča, zakreće prilikom prolaska struje kroz vodič. Ta pojava Oerstedu je bila nerazumljiva, i protivila se prijašnjoj teoriji. Odmah nakon toga, Oersted je raspustio studente s predavanja, i uhvatio se rješavanja istoga problema. Prvih sedam dana nikako nije uspio izazvati ponovno zakretanje igle. A zašto?

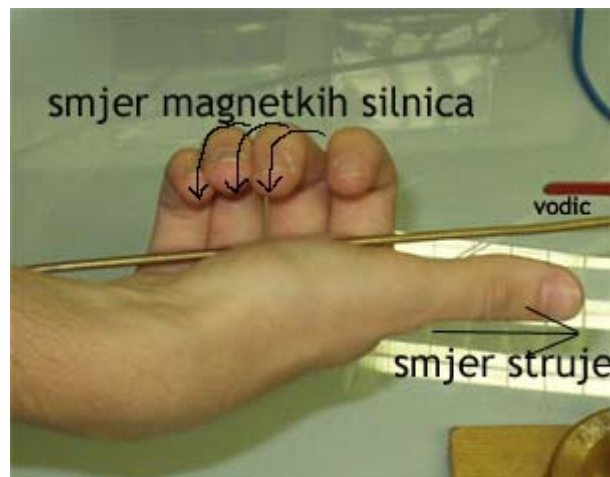
Kako se sama igla orijentira u smjeru magnetskog polja zemlje, ona se tako orijentirala u smjeru vodiča, s obzirom da je on isti vodič stavio u smjeru okomitom na zakrenutu iglu. Tek nakon sedam dana je shvatio da bi mogao zakrenuti vodič pod 90 stupnjeva, i pokus je uspio, igla se orijentirala u smjeru magnetskog polja vodiča. Oersted je zaključio da smjer

zakretanja igle ovisi o magnetskom polju koje stvara struja koja prolazi kroz vodič. Napokon, pokus je uspio.



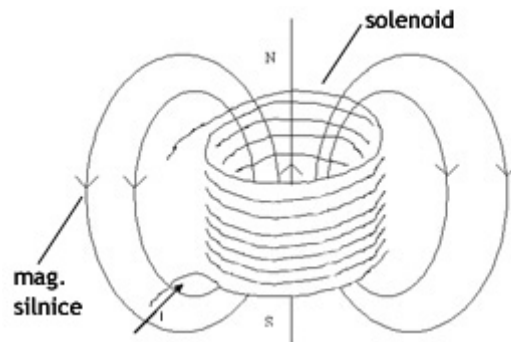
Slika 4: Magnetske silnice oko ravnog vodiča

Budući da su magnetske silnice zatvorene krivulje, silnice ravnoga vodiča kroz koji teče struja, zbog simetrije, koncentrične su kružnice koje leže u ravninama okomitim na vodič, a središte im je na osi vodiča. Smjer magnetskog polja određujemo pravilom desne ruke. Ako palac pokazuje smjer struje, savijeni prsti pokazuju smjer kojim silnice obilaze vodič.



Slika 5: Pravilo desne ruke

Magnetske silnice valjkaste zavojnice (solenoida) prikazane su na slici.



Slika 6: Magnetske silnice zavojnice

Sa slike vidimo da su magnetske silnice valjkastog zavoja elipsaste i imaju smjer po pravilu desne ruke. Isto tako s donje strane gdje silnice ulaze u kružnu petlju (solenoid) je južni magnetski pol, a gdje izlaze iz kružnog zavoja (solenoida) je sjeverni magnetski pol. Magnetsko polje kružnog zavoja slično je polju tzv. magnetskog dipola (kratkog magnetskog štapa). Sjeverni pol zavoja, na slici, iznad zavoja, a južni ispod. Zavojnica se sastoji od više kružnih zavoja čija se magnetska polja zbrajaju. Unutar druge zavojnice polje je homogeno, dok je izvan zavojnice vrlo slabo i praktički zanemarivo. Ukoliko imamo kružni zavoj, onda se javlja samo magnetsko polje unutar zavojnice, koje je homogeno. Van zavojnice nema magnetskog polja.



Slika 7: Andre Marie Ampere

Francuski fizičar André Marie Ampere (1775-1863), također je bio fasciniran s elektromagnetizmom. Proučavajući Oerstedova otkrića on je postavio hipotezu da se magnetne pojave mogu svesti na električne. Da bi istu pretpostavku i potvrdio on izvodi niz različitih eksperimenata te na kraju otkriva da se vodiči, kroz koje protječu dvije istosmjerne struje privlače, dok se isti odbijaju prilikom prolaska struje suprotnog smjera. Privlačenje (odbijanje) proporcionalno je s jakosti struje, te obrnuto proporcionalno razmaku između žica. Ovu vezu poznajemo kao "**Ampereov Zakon**" na osnovu kojeg se kasnije definira (po njemu nazvana) jedinica za jakost električne struje.

André Ampere je ispitivao također princip magnetnog rada metra za mjerenje jakosti struje. Ovaj se sastojao od jednog permanentnog magneta postavljenog u sredini jedne kružne zavojnice i magnetne kompas igle. Struja kroz zavojnicu pomicala je iglu iz mirnog stanja, pri čemu je postavljena čvrsta veza između rezultata igle i priključene struje. Varijacije na ovom principu povod su kasnijem instrumentu s pokretnom zavojnicom. Ono što je početkom 1800 godine nedostajalo bilo je standardiziranje jedinica za struju, napon i otpor.

Engleski fizičar Humphrey Davy pronalazi električno svjetlo. Preko jedne tanke žice od platine navođena je jaka struja, dosta dugo da je napokon žica počela žariti. O jednoj svjetiljci još nije bilo ni govora, jer mnogo svjetla ova žica nije ni davala zato što je prilikom svakog novog pokušaja brzo pregorijela. Ali Davy je dalje nastavio s njegovim eksperimentiranjem; tako je već 1813 godine demonstrirao jednu kružnu lampu, napravljenu od štapića drvenog ugljena, koju je napajao s 2000 volta-ćelija. Ni ova lampa nije imala dug život, ali je zato proizvodila (za ono vrijeme) dosta svjetla čime je jasno udaren temelj i naznačeno da električno osvjetljenje nije više tako daleka budućnost.

Svako je otkriće i pronalazak jednako važan za dalji znanstveni i tehnološki razvoj, no ipak se najvažnije otkriće elektromagnetizma dogodilo 1831. godine i pripisano je engleskom fizičaru i kemičaru Michael Faradayu.



Slika 8: Michael Faraday

Michael Faraday (1791-1867), Englez, najveći je eksperimentalni fizičar 19. stoljeća. Iako zbog siromaštva nije imao redovitu školsku naobrazbu, genijalnost i uporan rad doveli su ga do niza značajnih otkrića. Njegovi najveći doprinosi jesu otkriće elektromagnetske indukcije i uvođenje pojma električnog i magnetskog polja. Faraday je nastavio istraživanje problema kojim se bavio Ampere, a taj je promatranje dvaju vodiča od kojih jednim teče struja, i ta struja bi trebala djelovati na drugi vodič kojim ne

teče struja. No Ampere u tom pokušaju nije uspio, i u jednom pismu je napisao da takav učinak ne postoji, ali da se pri uključivanju i isključivanju struje u prvoj žici može primijetiti nešto u drugoj žici. No, on nije shvatio što.

Faraday je ponavljao isti pokus i uočio isti učinak, ali je nastavio promatrati taj učinak i 1831. došao do zaključka da se inducirana struja javlja ako se mijenja magnetsko stanje cijeloga sustava. Pravilo elektromagnetske indukcije zorno je izrazio pomoću magnetskih

silnica: inducirani napon u petlji je proporcionalan promjeni broja silnica kroz petlju u jedinici vremena.

Drugo bitno otkriće jest uvođenje fizikalnih polja. Svaki električni naboj okružuje njegovo električno polje, a svaki magnet i struju magnetsko polje. U uvođenju pojma polja, koji ima središnju ulogu u modernoj fizici, znatan utjecaj ima na Faradaya teorija Ruđera Boškovića.

Od brojnih drugih otkrića spomenimo još zakon elektrolize i djelovanje magnetskog polja na optička svojstva tvari. Njemu u čast nazvana je jedinica za kapacitet farad (F).

Dok se u to vrijeme mnogo govorilo o otkrićima Oersteda i Ampera, nakon proučavanja dotadašnjih otkrića ove dvojice Faradey je konačno bio duboko uvjeren u jedinstvenu prirodu električnih i magnetskih pojava na osnovu dotadašnjih saznanja. Zbog toga Faradeya zaokuplja misao da mora postojati i obrnuta pojava u kojoj magnetsko polje stvara struju u vodiču. Potaknut ovom hipotezom on je u njegovom dnevniku 1823 godine upisao: "Pretvoriti magnetizam u elektricitet". Napokon 8. godina poslije toga 1831. godine, to je konačno i uspio da ostvari. Prilikom jednog eksperimenta u kojem je na jedan drveni cilindar postavio dva posebna namotaja bakarne žice, jedan preko drugoga, od kojih je jedan povezo s baterijom, a drugi s galvanometrom. Prilikom uključivanja i isključivanja baterije na galvanometru se pojavio kratki prekid uz mali očevidni rezultat, čime je Faradey naletio, bolje rečeno, sudario se s principom indukcije. Nastavak s transformatorom još nije bio na vidiku zato što se u to vrijeme još radilo s galvanskom jednosmjernom strujom. Pa ipak Faradey je pokazao da se u zavojnici inducira struja kada joj se približava ili udaljava druga zavojnica kroz koju protječe struja.

Poslije toga je Amerikanac Jozeph Henry mnogo eksperimentirao na polju indukcije, on je formulirao i koeficijent za samoindukciju.



Slika 9: Jozeph Henry

Joseph Henry (1797.-1878.), američki fizičar, otkrio je zakon elektromagnetske indukcije potpuno neovisno o Faradaya. Zapravo, Henry je otkrio elektromagnetsku indukciju još prije Faradaya, baveći se kao profesor znanstvenim radom tijekom ljetnih praznika. No nakon isteka praznika bio je preopterećen nastavom, pa je punu godinu dana čekao da završi rad i objavi svoje otkriće. U međuvremenu, je svoja otkrića objavio Faraday, čime je osigurao znanstveno prvenstvo. No u

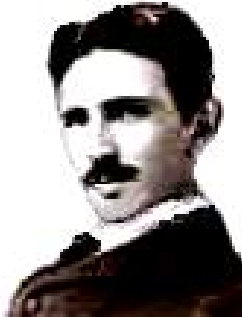
povijest fizike Henry je ušao po otkriću samoindukcije. Njemu u čast jedinica induktivnosti se zove henri (H).

Međutim Faradey je bio veoma vrijedan znanstvenik, on je napravio više značajnih i prodornih pronalazaka. U istoj 1831. slavnoj godini napravio je malu zavojnicu koju je okretao u polju permanentnog magneta i tom prilikom je konstatirao da se u zavojnici inducira naizmjenični napon, da bi dalje na osnovu ovoga Talijan Pixli godinu dana poslije toga konstruirao prvi upotrebljivi dinamo. Faradej se također bavio i elektrolizom te je tako formulirao po njemu nazvan zakon s vezom između različitih veličina. Ovdje treba napomenuti da je još 1834. godine Faradey napravio neke kvantitativne zakone elektrolize, koji su se mogli lako objasniti pretpostavkom da su atomi elektrolita, prije izdvajanja na elektrodama, naelektrizirani suprotnim vrstama naboja. Pri tome je elektriziranje svakog jednovalentnog atoma jednako i iznosi $e=1,6 \times 10^{-19} C$.

Otkrića u kojima je elektromagnetizam imao ulogu redala su se jedno za drugim. U ondašnje vrijeme znanstvenici su smatrali da se djelovanje (gravitacijsko, električno ili magnetsko) nekog tijela prenosi trenutno, te da pri tome prostor između ta dva tijela ne igra baš nikakvu ulogu. Na temelju takvog shvaćanja nastala je teorija djelovanja na daljinu. Mnogi znanstvenici u to vrijeme, prihvatili su ovu teoriju. Za razliku od drugih znanstvenika, Faradey je imao potpuno drugačije mišljenje o tome. On je smatrao da oko vodiča kroz koji protječe struja, kao i oko magneta, postoji posebno elektroničko stanje. U vrijeme kada se vodič ili magnet pomiču, po njemu se to stanje mijenja i nastaje stanje induktivne struje. Da bi to stanje i znanstveno prikazao on uvodi pojam linija sile kao nečega što po njemu realno postoji. Tek kasnije će se dokazati, zahvaljujući daljnjem razvoju znanosti, da u stvari ne postoje nikakve realne linije sile, pa ipak se taj pojam i danas koristi za očigledno prikazivanje polja, zahvaljujući njemu.

Faradey je bio plodan naučnik s dosta različitih ideja, pa ipak sve njegove ideje, i pokraj njegovog velikog znanstvenog autoriteta što je tada uživao zbog otkrića elektromagnetne indukcije, zakona elektrolize, dijamagnetizma, nisu prihvaćene zbog toga što im je nedostajala matematička formulacija.

Nikola Tesla: genij koji je promijenio svijet



Slika 10: Nikola Tesla

Poznat kao veliki fizičar i elektrotehničar, ali i vizionar i ekscentrik, Nikola Tesla je uvelike zadužio čovječanstvo, a posebno svojim izumima i otkrićima na polju prijenosa električne energije. Godina 2006. proglašena je godinom Nikole Tesle.

Rodio se 10. srpnja 1856. u ličkom seocetu Smiljanu, u blizini Gospića. Premda je potekao iz siromašne obitelji; otac Milutin bio je pravoslavni svećenik, a majka Georgina, zvana Đuka, neobrazovana, ali inteligentna žena; ipak se uspio posvetiti obrazovanju. Instinkt za inventivnošću duguje upravo majci koja je, da si olakša kućanske poslove, izradila mnoge kućanske aparate i pomagala za koja prethodno nikako nije mogla čuti, primjerice mehaničku napravu za razbijanje jaja.

Kao dječak Tesla je obožavao boraviti u knjižnici svoga oca, koji se između ostalog bavio pisanjem pjesama, tako da ni taj zanat Tesli nikada neće biti stran. Jedna od njegovih omiljenijih knjiga, koju je znao gotovo napamet, bila je Goetheov Faust.

Gimnaziju je pohađao u Karlovcu kada po prvi put njegov genij dolazi do izražaja. Navodno je mogao napamet izračunavati integrale pa su profesori često mislili da vara. Iako je prije mature razvio nevjerojatnu sklonost i strast prema matematici i fizici, njegov je otac inzistirao da postane svećenik. U sedamnaestoj godini obolio je od kolere te mu je otac obećao da će mu dopustiti odlazak u tehničku školu u Graz, samo neka preživi. Tesla se izvukao, maturirao i upisao studij strojarstva i elektrotehnike u Grazu.

Na žalost, zbog financijske situacije nije mogao završiti studij pa se zaposlio u Mariboru. Potom je otišao u Prag na drugi tehnički studij, a nakon toga se zaposlio u Budimpešti u Centralnom telegrafskom uredu ugarske vlade. Ondje je aktivno sudjelovao u izgradnji prve telefonske centrale te je 1882. godine otkrio načelo okretnog magnetskog polja, što će omogućiti izradu prvih elektromotora koji se pokreću izmjeničnom strujom!

Odlazak u Ameriku

Još se neko vrijeme potučao po Europi da bi 1884. godine kao dvadesetosmogodišnjak, s četiri centa u džepu, nekoliko vlastitih pjesama, izračunima za leteći stroj te pismom Charlesa Batchelora, Edisonovog suradnika u Europi, stigao u New York. Na putovanje se odvažio s namjerom da upozna najvećeg inženjera elektrotehnike na svijetu, Thomasa Alvu Edisona, kojega je smatrao jedinim čovjekom koji bi mogao razumjeti njegove ideje. U Europi naime nije imao uspjeha u pronalaženju sponzora. Ubrzo je upoznao velikog Edisona, koji se bavio sustavom istosmjernje struje, a entuzijastičnom je imigrantu navodno obećao 50.000 dolara (Kolika je to svota novca bila za ono vrijeme!) ako uspije poboljšati sustav.

Obojica su bili radoholičari te su spavali tek dva-tri sata dnevno. Tu, međutim, završava svaka njihova poveznica i sličnost. Tesla se oslanjao na trenutke inspiracije, slažući u glavi kompletnu sliku prije nego što bi uopće krenuo s radom, dok je Edison radio po principu pokušaja i pogrešaka smatrajući da se veliki pronalasci mogu postići s pet posto inspiracije i 95 posto znoja! Edison je bio samouk, dok je Tesla imao tehničko obrazovanje koje je stekao u Europi. Bilo je samo pitanje vremena kada će njihova suradnja završiti.

Raskid s Edisonom i osnivanje vlastitog laboratorija

U proljeće 1887. godine Tesla je razočaran osnovao vlastiti laboratorij, a prava na njegove patente otkupio je poznati američki tvorničar i izumitelj George Westinghouse. S probojem Teslinih ideja i izuma došlo je i do javnog sukoba s Edisonom koji je kulminirao na natječaju na kojem je Westinghouse, s Teslinim projektima, pobijedio te im je povjerena izrada sustava osvjetljenja na EXPO-u u Chicagu 1893, prvom svjetskom sajmu elektrike u povijesti.

Iste godine povjerena im je izgradnja najsuvremenije i najveće hidrocentrale tog vremena na slapovima Nijagare. Nakon tri godine izgrađena je prva suvremena hidroelektrana u povijesti koja će istovremeno označiti i konačnu pobjedu Teslina sustava izmjenične struje. Premda je dobivao ponude iz mnogih tvrtki, Tesla je sve do 7. siječnja 1943. najviše boravio u svom laboratoriju u New Yorku. Ondje konačno uspijeva izumiti elektromagnetski motor, ali i druge značajne izume, npr. generator struje visokih frekvencija te druga genijalna otkrića

koja i danas služe kao temelj mnogih grana elektrotehnike, elektromedicine, radiotehnike, radarske tehnike itd.

Genij i ekscentrik

I dok je s jedne strane bio genij, s druge je pak bio ekscentrik. Kad je, radeći na bežičnom prijenosu energije, jedne noći primijetio konstantni signal na svom odašiljaču, vjerovao je da su signali stigli iz svemira. Zbog te je ideje bio i javno ismijan, ali nikad nije utvrđeno je li on doista bio prvi čovjek koji je primio radiovalove iz svemira. U nedostatku financijskih sredstava propalo mu je nekoliko projekata te je javno bio prozvan varalicom.

Iako mu je novac bio jako potreban odbio je 1912. godine primiti Nobelovu nagradu iz fizike jer je tvrdio da Edison, s kojim je trebao primiti nagradu, nije pravi znanstvenik. Od tih i sličnih problema svakodnevno je bježao u parkove gdje je spašavao ozlijeđene golubove. Također je postao pomalo fobičan, posebno prema klicama, pa je neprestano prao ruke, a jeo je samo kuhanu hranu. Sam, siromašan i bolestan umro je u hotelu New Yorker.

Njegovu ostavštinu i nedovršene projekte, koji se čuvaju u Muzeju Nikola Tesla u Beogradu, znanstvenici još uvijek proučavaju te ih još uvijek ne razumiju. Za neka otkrića možda još nije ni vrijeme. Njegovi znanstveni patentni baziraju se na principu elektromagnetske indukcije koju je on kao, ne samo vrhunski znanstvenik nego i inženjer, proučavao i primjenjivao u svojim, za to vrijeme, znanstveno-fantastičnim patentima.

2..TEORIJSKI OSVRT

Elektromagnetska indukcija je pojava da se u vodiču koji se relativno giba u odnosu na magnetske silnice (vodič se giba dok silnice miruju ili obrnuto) inducira napon.

Da bi vam bilo jasnije to otprilike izgleda ovako:

Vodič postavimo tako da se jednim svojim ravnim dijelom nalazi u homogenom magnetskom polju, a drugim dijelom izvan magnetskog polja. Dio vodiča koji se nalazi u polju postavimo tako da bude okomit na smjer magnetskog polja. Ako vodič pomičemo tako da se giba okomito na smjer magnetskog polja, tada se na krajevima vodiča pojavi inducirani napon, a ta pojava se naziva *ELEKTROMAGNETSKA INDUKCIJA*. A ako vodič pomičemo paralelno magnetskim silnicama, tada nema elektromagnetske indukcije, a pomičemo li ga tako da koso siječe magnetske silnice, tada je inducirani napon to manji što je manji kut između smjera magnetskog polja i smjera gibanja vodiča.

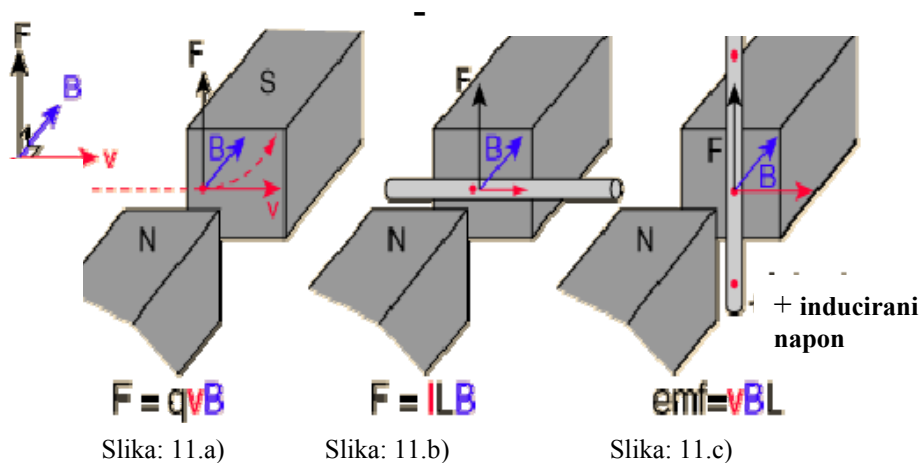
Promatramo ravni vodič duljine l koji se nalazi u homogenom magnetskom polju B . Neka se vodič giba okomito na smjer magnetskog polja brzinom v . Tada na svaki slobodni elektron u vodiču djeluje Lorentzova sila koja je usmjerena duž vodiča. Iznos te sile dan je relacijom:

$$F_L = evB$$

Pod utjecajem te sile slobodni elektroni gibaju prema jednom kraju vodiča i tamo se gomilaju. Zato se na krajevima vodiča pojavljuje električni napon, pa unutar vodiča djeluje električno polje usmjereno od pozitivno nabijenog kraja prema negativnom. To električno polje djeluje električnom silom na svaki slobodni elektron u vodiču; smjer te električne sile suprotan je smjeru Lorentzove sile. To, nadalje, znači da na svaki slobodni elektron u gibajućem vodiču djeluju dvije sile u suprotnom smjeru: Lorentzova sila i električna sila zbog napona na krajevima vodiča. Isprva se slobodni elektroni zbog utjecaja Lorentzove sile gibaju u jednom kraju vodiča i ondje se sve više gomilaju.

No s time se povećava napon između krajeva vodiča, odnosno raste jakost električnog polja unutar vodiča. Time raste i električna sila na slobodne elektrone. Napokon, kad jakost polja dosegne određenu vrijednost, koju obilježavamo s E_i , uspostavlja se ravnoteža između električne i Lorentzove sile na slobodne elektrone, pa je ukupna sila na slobodne elektrone jednaka 0. Uspostavljena je ravnoteža, i pri daljem gibanju vodiča kroz magnetsko polje slobodni elektroni se više ne gibaju; ne mijenja se jakost električnog polja E_i unutar vodiča. Pritom napon na krajevima ima određenu vrijednost koju označavamo s U_i ; to je inducirani napon. U vodiču duljine l veza između E_i i U_i jest:

$$U_i = \frac{E_i}{l}$$



Slika 11: Gibanje pozitivnog naboja u magnetskom polju

Postavlja se pitanje što prikazuju slike ?

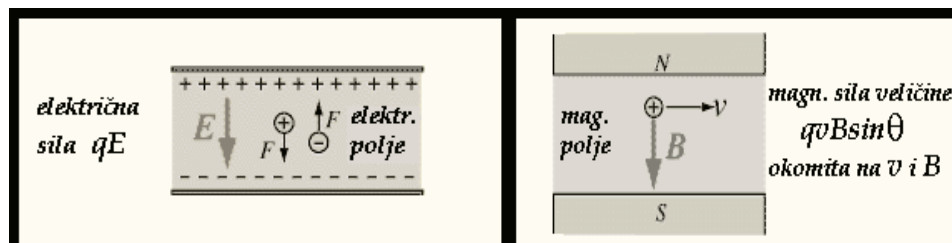
Prva slika sl.11.a), prikazuje gibanje pozitivnog naboja kroz magnetsko polje. Vidimo da nam se u ovom slučaju javlja Lorentzova sila na pozitivan naboj koji se giba u magnetskom polju. Lorentzova sila je magnetna sila na nabijenu česticu. Zamislimo da promatramo neku česticu naboja q koja se giba brzinom v okomitom na homogeno magnetsko polje magnetske indukcije B . Tada na česticu djeluje magnetska sila koju nazivamo Lorentzova sila.

Iznos Lorentzove sile je:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \text{ [F]}$$

električna
magnetska
sila
sila

U izrazu imamo zbroj dviju sila ELEKTRIČNE SILE $q\vec{E}$ i MAGNETSKE SILE $q\vec{v} \times \vec{B}$. Smjer Lorentzove sile možemo izraziti ovako: ako je naboj čestice q pozitivan, tada brzina v , magnetska indukcija \vec{B} i Lorentzova sila \vec{F} zadovoljavaju pravilo desne ruke. Prikaz električnog i magnetskog polja nalazi se na ovim slikama:



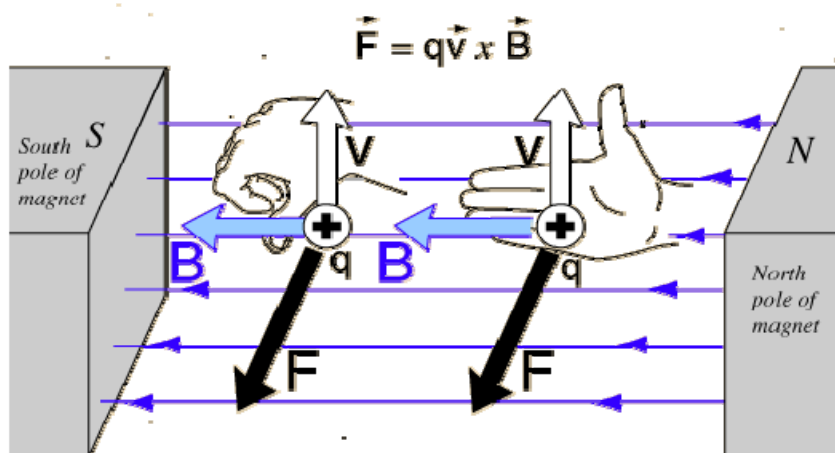
sl.4

Na sl.11.a), nema magnetske indukcije.

Druga slika sl.11.b) prikazuje gibanje pozitivnog naboja kroz vodič koji je nepomičan. Na naboj djeluje Amperova sila $F=IBL$, koja ovisi o jakosti struje I , duljini vodiča L i magnetskom polju B . Ali i ovdje se ne javlja elektromagnetska indukcija.

I treća slika sl.11.c), prikazuje gibanje pozitivnog naboja kroz vodič koji gibamo uz pomoć neke vanjske sile. U ovom slučaju se na krajevima vodiča pojavio inducirani napon (elektromotorna sila), označena kraticom emf.

Smjer inducirane struje određujemo pravilom desne ruke.



Slika 12: Određivanje smjera inducirane struje pomoću pravila desne ruke

Na slici 12. su pokazana dva primjera kako možemo koristiti pravilo desne ruke. Znači ovako, imamo magnet koji ima svoj sjeverni pol N i južni pol S, imamo magnetsko polje B koje djeluje od N pola ka S polu. U tom magnetskom polju se nalazi neki naboj q koji je pozitivan, i on se giba nekom brzinom v . Nas zanima smjer magnetske sile \vec{F} koja se definira kao $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, i upravo njen smjer ćemo odrediti pravilom desne ruke. Prvo ćemo promatrati prvu ruku:

1. prste zaokruži u smjeru u kojem vektor brzine v rotira u vektor magnetskog polja \vec{B}
2. palac pokazuje smjer sile \vec{F}

Zatim promatrajte drugu ruku:

1. palac usmjerite u smjeru brzine \vec{v}
2. prste u smjeru djelovanja magnetskog polja \vec{B}
3. dlan pokazuje smjer sile \vec{F}

2.1 Zakon elektromagnetske indukcije

Elektromagnetska indukcija ovisi o veličini koja predstavlja protjecanje magnetskog polja kroz neku površinu. Tu veličinu zovemo MAGNETSKI TOK. Magnetski tok kroz površinu S koja je okomita na homogeno magnetsko polje jednak je umnošku iznosa magnetske indukcije B i površine S .

$$\Phi = |B| \cdot |S| \cdot \cos \alpha, \text{ gdje je } \alpha \text{ kut između } B \text{ i } S; \quad \Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

Napomenuo bih da je gustoća magnetskih silnica proporcionalna magnetskoj indukciji B . Dakle, magnetski tok kroz površinu S proporcionalan je broju magnetskih silnica koje prolaze kroz tu površinu.

Postavlja se pitanje: što se događa ako je površina S paralelna s magnetskim poljem B ? U tom slučaju magnetske silnice uopće ne prolaze kroz površinu S , pa je magnetski tok kroz nju jednak nuli.

$$\Phi = 0$$

Ako se nagnutost površine S prema smjeru magnetskog polja postupno mijenja od okomitog do paralelnog položaja, magnetski tok kroz tu površinu se postupno smanjuje od vrijednosti BS do 0. Jedinicu magnetskog toka dobijemo pomoću izraza za magnetski tok, a zove se Weber (Wb).

$$[\Phi] = [B] \cdot [S] (\text{Wb}) = \text{Tm}^2$$

Ako ravna površina ploštine 1 kvadratni metar stoji okomito na homogenu magnetsko polje 1T, tada je magnetski tok kroz tu površinu jednak 1Wb.

Zakon elektromagnetske indukcije za napon induciran u petlji može se izraziti ovako: Ako u trenutku t_1 magnetski tok kroz površinu petlje ima vrijednost tok Φ_1 , a u malo kasnijem trenutku t_2 vrijednost Φ_2 , tada se u petlji inducira napon:

$$U = \frac{\Phi(t_1) - \Phi(t_2)}{t_2 - t_1}$$

Upotrijebimo promjene toka kao oznaku za promjenu magnetskog toka:

$$\Delta\Phi = \Phi(t_1) - \Phi(t_2)$$

i oznaku delta za vremenski interval, $\Delta t = t_2 - t_1$, pa jednadžbu pišemo u obliku:

$$U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Taj se izraz zove FARADAYEV ZAKON INDUKCIJE. U izrazu vidimo da se pojavljuje predznak MINUS, on je povezan s smjerom induciranog napona. On je takav da inducirana struja što nastaje zbog induciranog napona, stvara magnetno polje koje djeluje suprotno promjeni magnetskoga toka, tj. nastoji spriječiti gibanje zbog kojeg je nastala inducirana struja. To pravilo za smjer inducirane struje zove se LENTZOVO PRAVILO.

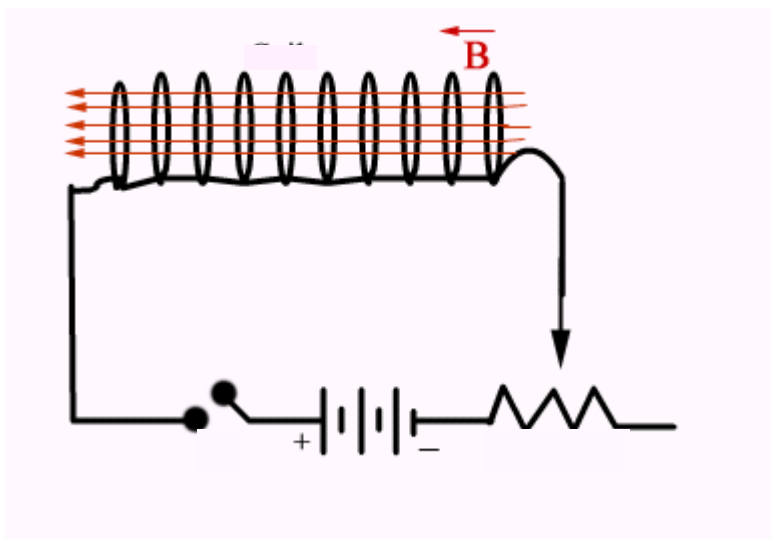
2.2 Samoindukcija

Indukcija koja nastaje u zavojnici zbog promjene njezinog vlastitog magnetskog polja pri promjeni jakosti struje kroz zavojnicu zove se SAMOINDUKCIJA.

Kada zavojnicom teče električna struja, unutar zavojnice stvara se magnetsko polje koje je proporcionalno jakosti struje I . Znači, ako mijenjamo jakost struje kroz zavojnicu, mijenjamo i magnetsko polje unutar zavojnice, pa se time mijenja i magnetski tok kroz

zavojnici. Ta promjena magnetskog toka uzrokuje pojavu induciranog napona u zavojnici, čiji je smjer takav da djeluje suprotno promjeni struje koje ga je uzrokovala (Lentzovo

pravilo). Budući da tu indukciju uzrokuje vlastito magnetsko polje same zavojnice, zovemo ju samoindukcija.



Izraz za samoindukciju izgleda ovako:

$$U = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

U izrazu za samoindukciju javlja nam se slovo L, ono predstavlja koeficijent proporcionalnosti koji karakterizira zavojnicu. Taj koeficijent zovemo INDUKTIVNOST. Induktivnost ovisi o presjeku S i duljini l zavojnice, o broju zavoja N i o permeabilnosti materijala koji se nalazi unutar zavojnice. JEDINICA INDUKTIVNOSTI: Dobivamo je iz izraza za samoindukciju.

$$[L] = [U] \cdot \frac{[\Delta t]}{[\Delta I]} = \left(V \frac{s}{A} \right) = H$$

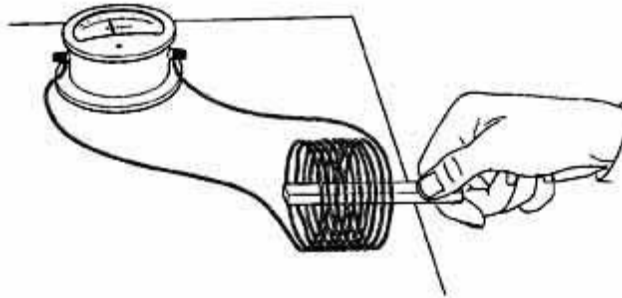
3. POKUSI I PRIMJERI ELEKTROMAGNETSKE INDUKCIJE

Na sljedećim jednostavnim primjerima vidjet ćemo kako i u kojim uvjetima nastaje elektromagnetska indukcija.

Pokus: 1.

Aparatura: za ovaj pokus nam je potrebna slijedeća aparatura:

1. magnet
2. zavojnice
3. galvanometar (uređaj na kojem ćemo promatrati otklone)



Kako se pokus izvodi?

Spojimo zavojnicu na ampermetar pomoću kablova. Uzmemo magnet i njegov jedan pol uvlačimo u zavojnicu, dok magnet ne uđe sav u zavojnicu. U tom trenutku se kazaljka otkloni na jednu stranu što odgovara jednom smjeru struje u žici zavojnice. Kad magnet počnemo izvlačiti iz zavojnice vidjet ćemo opet otklon kazaljke ali ovaj put u suprotnome smjeru, što odgovara suprotnome smjeru kroz žicu zavojnice. Kada magnet pustimo da miruje u zavojnici struja ne teče i kazaljka ostaje na početnom položaju.

Dakle kada gibamo magnet kroz zavojnicu u zavojnici se inducira napon.

$$U_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

I tad dolazi do otklona kazaljke, a kada magnet miruje nema promjene

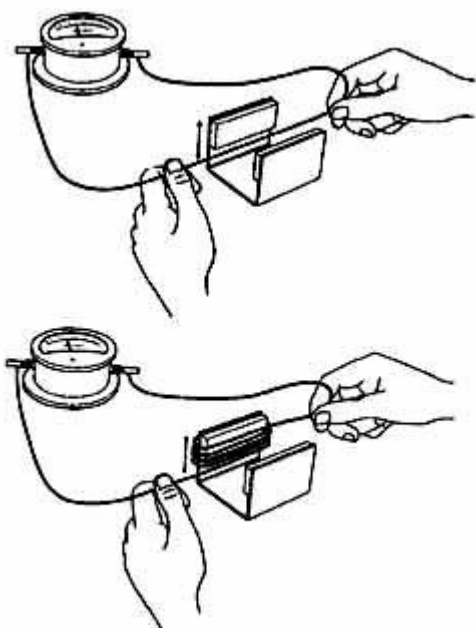
$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$$

magnetskog toka u vremenu, te se na krajevima zavojnice ne pojavljuje inducirani napon pa nema ni indukcije i kazaljka ostaje na početnom položaju. Ono što treba napomenuti je da što zavojnica ima veći broj zavoja i što brže gibamo magnet to je jača inducirana struja. Ovaj pokus pokazuje da se načelo elektromagnetske indukcije može iskoristiti za proizvodnju električne struje.

Pokus: 2.

Aparatura:

1. bakrena žica
2. magnet
3. galvanometar



Kako se pokus izvodi?

U prvom slučaju u magnetskom polju između polova magneta pomičemo žicu, koju smo spojili na galvanometar, u drugom slučaju od žice pravimo zavojnicu i nju tada pomičemo kroz magnetsko polje.

Što zapažamo?

- otklon nastaje samo u slučaju kad se vodič i magnet gibaju relativno u odnosu jedno na drugo.
- što brže pomičemo, vodič u odnosu na magnet ili obratno, to je otklon veći
- otklon kazaljke mijenja smjer, kako relativno pomičemo vodič u odnosu na magnet, to znači da kad vodič pomičemo prema dole, kazaljka se otklanja u jednom smjeru, a kad je izvlačimo, odnosno pomičemo prema gore, kazaljka se otklanja u drugom smjeru.
- Efekt otklona će biti puno veći kod vodiča kod kojeg smo napravili zavojnicu, nego kod ravnog vodiča. Razlog leži u tome što zavojnica većom površinom siječe magnetske silnice, pa je i elektromagnetska indukcija veća, a samim time i otklon kazaljke je veći.

Pokus: 3.

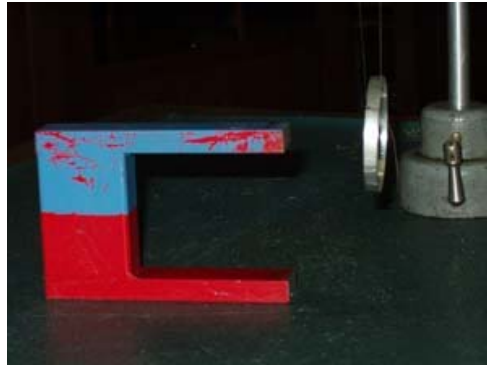
Aparatura:

Da bi smo napravili ovaj pokus potreban nam je slijedeći pribor:

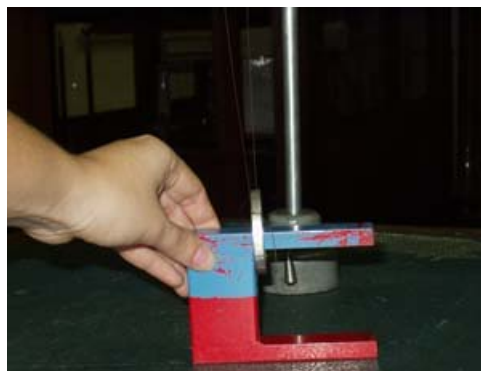
1. magnet
2. aluminijski prsten
3. stalak s špagom (na koji ćemo privezati prsten)

Kako se pokus izvodi?

Pokus je vrlo jednostavan; uzmemo magnet, koji oko sebe ima svoje magnetno polje i počnemo ga približavati prstenu.



Zatim ga uvučemo u prsten i promatramo što će se dogoditi.



Zamijetit ćemo da se prsten odbio u dodiru s magnetom.

Postavlja se pitanje zašto se to dogodilo?

Magnet ima svoje magnetsko polje,

$$B = \frac{\Phi}{S} [T]$$

gdje je Φ izraz za magnetski tok, a S izraz za površinu, koje ima svoj magnetski tok Φ . Aluminijski prsten predstavlja petlju. Kada pomičemo magnet u petlji se inducira napon

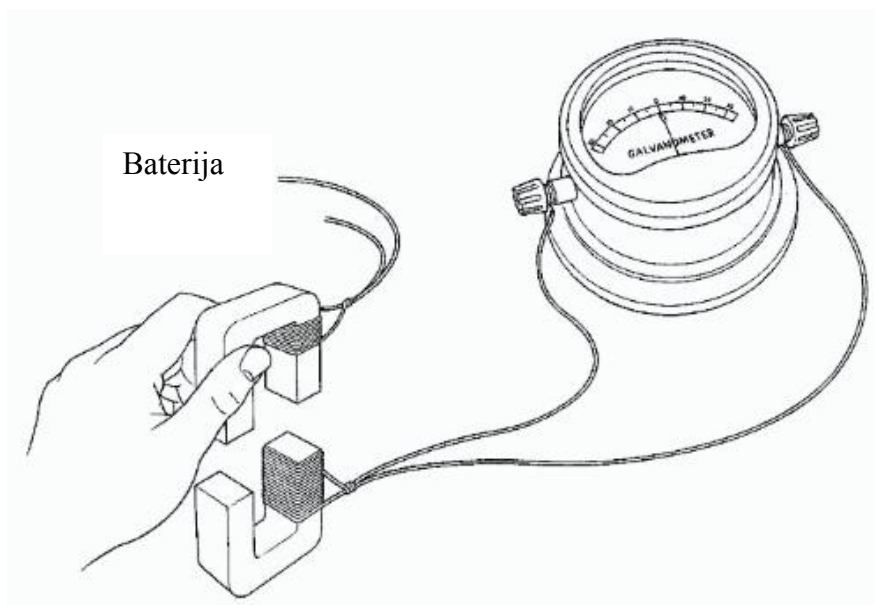
$$U_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

koji nastaje zato što tijekom gibanja dolazi do promjene broja magnetnih silnica koje prolaze kroz ravninu petlje, tj dolazi do promjene magnetskog toka u vremenu $\frac{d\Phi}{dt}$. Taj napon je suprotnog predznaka od napona u petlji i zbog suprotnih predznaka dolazi do odbijanja.

Pokus: 4.

Aparatura:

1. 2 željezne jezgre u obliku slova C
2. vodiči
3. galvanometar
4. baterija

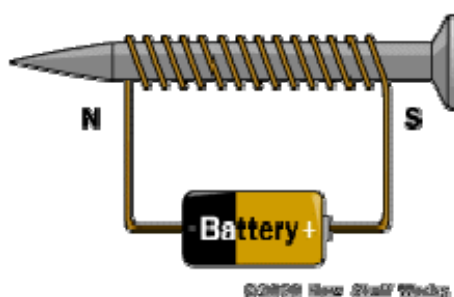


Kako se izvodi pokus:

Namotamo vodič oko jedne strane jezgre i spojimo je na galvanometar (to je prva jezgra). Na drugoj, također, vodičem napravimo namotaje oko jedne strane jezgre i nju spojimo na bateriju.

Druga jezgra u tom slučaju postaje elektromagnet.

Privlačeći prvu jezgru drugoj, i obratno, na galvanometru kazaljka pokazuje otklon, rezultat je to induciranog napona u vodiču na prvoj jezgri. Sada jezgru koja je spojena na bateriju, promijenimo polove baterije (odnosno smjer struje) na koju je spojena i rezultat toga je otklon kazaljke u suprotnom smjeru od onoga kada se polovi nisu mijenjali. Što brže pomičemo i odmičemo to je otklon kazaljke veći.



Slika 13: Jednostavni elektromagnet

Kad unutar zavojnice kojom teče struja stavimo željezni štap zbog velike permeabilnosti (možemo je tumačiti kao mjeru za određivanje magnetnog polja u nekom sredstvu i ona ovisi o sredstvu u kojem djeluje magnetno polje) željeza magnetno polje postaje jače, mnogo jače nego magnetno polje zavojnice u kojoj je zrak. Željezno tijelo znatno pojačava magnetno polje koje prolazi njime. Zbog tog svojstva zavojnica s željeznom jezgrom se upotrebljava za stvaranje magnetnih polja. Takav uređaj se zove **elektromagnet**.

Željezo i slične vrste materijala koji imaju svojstvo da pojačavaju magnetsko polje zovu se **feromagnetni**.

Dok elektromagnetom teče struja, on djeluje kao magnet, a kad isključimo struju, magnetno polje nestaje. Što je struja kroz elektromagnet jača to je jače i magnetno polje. To znači da magnetno polje elektromagneta možemo po volji mijenjati tako da mijenjamo jakost struje kroz zavojnicu.

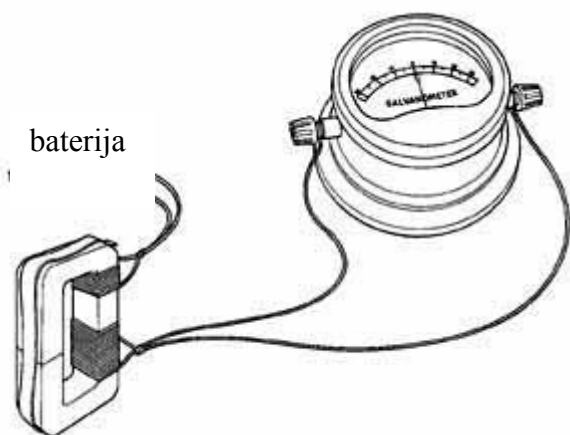
Elektromagneti se upotrebljavaju mnogim električnim uređajima. Na primjer u telefonskoj slušalici ugrađen je mali elektromagnet koji izaziva titranje čelične membrane i time proizvodi zvuk.

Primjer su također i velike magnetne dizalice koje služe za dizanje i prijenos teških metalnih predmeta.

Pokus: 5.

Aparatura:

1. vodiči
2. galvanometar
3. željezna jezgra kvadratnog oblika
4. baterija
5. sklopka
6. 2 žaruljice



Kako se izvodi pokus:

Na željeznoj jezgri vodičem smo napravili zavojnicu i spojili na bateriju to ćemo zvati primarni električni krug, a na drugom dijelu također smo od vodiča napravili zavojnicu i nju smo spojili na galvanometar.

Otklon kazaljke primijetili smo u slučaju kad smo uključivali i isključivali sklopku.

Otklona nije bilo kad je sklopka bila uključena cijelo vrijeme kad je bila isključena.

Kad smo promijenili polaritet otklon kazaljke je bio opet samo u slučaju kad smo naizmjenično uključivali i isključivali prekidač, samo je otklon bio u suprotnom smjeru od prvog slučaja.

U drugom dijelu pokusa zavoje smo postavili nasuprotno jedan drugom.

U primarnom krugu smo napravili 10 zavoja, i priključili na bateriju i sklopku i žaruljicu, a u sekundarnom strujnom krugu smo napravili 20 zavoja i spojili na žaruljicu. Sklopku smo naizmjenično uključivali i isključivali i vidjeli smo da u sekundaru žaruljica jače svijetli.

Ovim pokusom smo u biti napravili jedan jednostavan transformator.



Slika 14: Transformator

Transformator se sastoji iz dvije zavojnice, koje su namotane na suprotne strane željeznog okvira. U svakoj zavojnici željezni okvir predstavlja feromagnetni materijal koji služi za pojačavanje magnetnog polja. Jednu zavojnicu koja ima N_1 zavoja, nazivamo primarom i kažemo da je ona uključena u primarni električni krug. Drugu zavojnicu, s N_2 namotaja, nazivamo sekundarom i kažemo da je ona uključena u sekundarni električni krug.

U zavojnicu primarnog kruga ulazi izmjenična struja, koja periodično mijenja smjer. No, svaka promjena jakosti struje u primarnom krugu popraćena je odgovarajućim promjenama magnetskog polja koje ona stvara. Te promjene prema Faradayevom zakonu indukcije induciraju napon, odnosno električnu struju u sekundaru. Na taj način transformator omogućuje prijenos električne energije iz jednog kruga izmjenične struje u drugi.

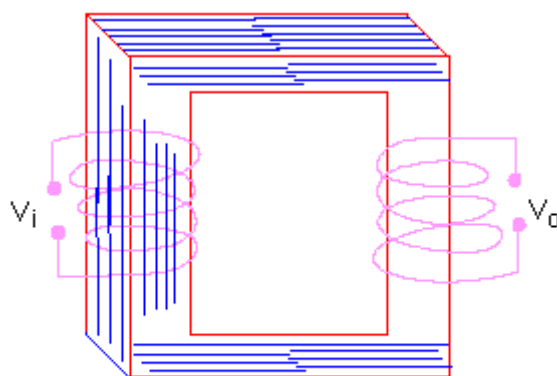


Figure 4

Slika 15: Shematski prikaz transformatora

Za transformator vrijede slijedeće jednačbe:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_1 I_2 = U_2 I_1$$

4. USPOREĐIVANJE PROGRAMA HNOS-a s NAPISANIM UDŽBENICIMA

Prijedlog standarda za nastavni predmet fizika u osnovnoj školi dobro je prihvaćen i ocijenjen kao realno planiran, te u nastavi u potpunosti ostvariv. Prijedlogom standarda usmjerava se veći pozor prema učeniku, te će boravak učenika u školi i učenje fizike biti zanimljiviji. Razrada pojedine teme u 13 točaka/odrednica predstavlja veliku pomoć nastavniku u pripremi za nastavu i u samom izvođenju nastave.

Kroz cijeli Prijedlog standarda provlači se nit iskustvenog učenja (problemska i istraživačka nastava), čime se učenika nastoji zainteresirati i potaknuti na dublje proučavanje predloženih tema. Zato su i predviđeni dodatni i izborni sadržaji u pojedinoj temi, kao i izborne teme. Predviđeni su i ključni pojmovi koje učenik treba usvojiti, primjereno dobi učenika. U Prijedlogu standarda pokus je središnji nastavni element, u skladu s činjenicom da je fizika temeljna eksperimentalna prirodna znanost. U Prijedlogu standarda pazilo se na to da uvođenje pojedinih fizičkih veličina ima ispravan slijed. Prijedlog standarda predviđa da se s učenicima stalno vodi rasprava, da se konceptualnom razumijevanju sadržaja daje prednost pred enciklopedijskim znanjem, da se traže pogrešne koncepcije na osnovi argumenata, te da se sadržaji povezuju s svakodnevnicom. Prijedlog standarda definira i ulogu domaće zadaće u nastavnom procesu.

Na osnovi Prijedloga standarda, odnosno konačno prihvaćene verzije istoga, mogu se napisati kvalitetni udžbenici iz fizike za osnovnu školu. Udžbenik treba slijediti Prijedlog standarda; može biti i opširniji od Prijedloga standarda, ali ne smije biti enciklopedijskog karaktera ("rječnik stranih riječi").

Nužno je opremiti školu, kabinet za fiziku, učilima/pomagalima za problemsko istraživačku nastavu. Treba definirati standardnu opremljenost kabineta za fiziku u Republici Hrvatskoj. Da bi se ostvarila kvalitetna nastava iz fizike trebalo bi svesti razred na manji broj učenika, odnosno (prema opremljenosti kabineta) podijeliti razred na više skupina učenika radi izvođenja pokusa u problemsko-istraživačkoj nastavi i njegovati timski rad učenika. Ne smije se smanjiti fond sati nastave fizike, kao osnove prirodnih i tehničkih znanosti i

tehnologijskog razvoja društva. Prijedlog standarda treba shvatiti dinamično: uvoditi suvremene, a napuštati zastarjele spoznaje i metode rada.

Preporuča se da se rad na Prijedlogu standarda iz fizike za *srednju školu/gimnaziju uskladi* s Prijedlogom standarda za *osnovnu školu*, tako da se ostvari logički slijed nastavnog gradiva u nastavku školovanja. Bilo bi potrebno poticati pisanje priručnika s opisom prikladnih pokusa iz fizike. Implementacijom Prijedloga standarda, u njegovoj konačnoj verziji, bitno će se poboljšati nastava fizike u osnovnoj školi.

Tako glasi objašnjenje u dokumentu HNOSa (Hrvatskom nacionalnom obrazovnom standardu). Glavne odrednice ili pojašnjenje standarda kojim se teži za što bolju izobrazbu i školstvo općenito, a ovo priopćenje dano je, specijalno za predmet fiziku. Za svaku posebnu temu dane su odrednice po kojima se trebaju praviti udžbenici, i kao uostalom, i način predavanja pa tako i za temu elektromagnetske indukcije koja je i tema ovog diplomskog.

Nadalje slijedi popis odrednica koje su dane po HNOS-u za temu elektromagnetska indukcija.

Tema: 10. Elektromagnetska indukcija

1. Ključni pojmovi:

- inducirani električni napon
- elektromagnetska indukcija

2. Potrebno predznanje:

- električna struja djeluje na magnet (Oerstedov pokus)

3. Prijedlozi za metodičku obradbu:

- pokus – zavojnica i magnet (Faradayev pokus)

4. Dodatna ilustracija:

- shema pokusa

5. Primjeri suodnosa s drugim predmetima, ostali primjeri:

- 0 (nema ih)

6. Sadržaji koje treba ispraviti ili ispustiti:

- ispustiti: ostali izvori električne struje, opis elektromotora, generatora, dinama i primjer detektora metala

7. Novo stručno nazivlje:

- elektromagnetna indukcija

- inducirani električni napon
- inducirana električna struja
- izmjenična struja

8. Brojčani podatci koje učenik treba upamtiti:

- 0

9. Obrazovna postignuća koja učenik treba postići:

- opisati pojavu induciranja električnog napona u zavojnici gibanjem magneta u odnosu na zavojnicu

10. Pridodani sadržaji: 0

11. Izborni sadržaji:

- rad električnoga generatora
- pretvorbe energije u ostalim uređajima (električna gitara)
- ilustracije iz povijesti.

12. Prijedlozi za rad s učenicima s posebnim odgojno-obrazovnim potrebama:

- priča o Nikoli Tesli

13. Odgojni i socijalizirajući ciljevi i sadržaji:

- ustrajnost, marljivost vode ka uspjehu – poznati znanstvenici naši uzori (N. Tesla)
- intelektualna radoznalost i radost otkrivanja – pokus (elektromagneti)
- poštivanje pravila pristojnog ponašanja u razredu

Ovo su točke i odrednice, koje su dane po HNOS-u i njih ćemo usporediti s nekolicinom udžbenika različitih autora za fiziku osmog razreda gdje se i pojavljuje spomenuta tema.

4.1 Ključni pojmovi: elektromagnetska indukcija, inducirani napon

Prva točka govori o ključnim pojmovima koji se trebaju usvojiti u nastavnoj temi elektromagnetske indukcije. Kroz sve udžbenike ta dva pojma su objašnjena u svima, koja sam koristio za osnovnu školu, bez obzira jesu li pisana po HNOS-u ili prije.

Tako u udžbeniku za 8. razred osnovne škole, autora Vladimira Paara, a izdaje „Školska knjiga“ Zagreb, 2006 g., stoji nadalje, kako je ovdje kao središnji element stavljen pokusi i eksperimenti s zavojnicom i magnetom, s ilustracijom tih pokusa kao što nalaže HNOS. Objašnjenje tih pokusa i pojmova dano je na sljedeći način:

Izmjeničnim stavljanjem magneta u zavojnicu i izvlačenjem iz nje, **u krugu se stvara napon.**

Tada krugom teče električna struja čiji se smjer obrne pri svakoj promijeni smjera gibanjem magneta.

Slijedi potpitanje: „što ako se zavojnica giba, a magnet miruje?“

Elektromagnetna indukcija nastaje, tj. napon se stvara pri međusobnom gibanju zavojnice i magneta. Ako se zavojnica i vanjsko polje međusobno gibaju na krajevima zavojnice nastaje električni napon. Taj se napon zove **inducirani napon.**

Zbog inducirano napona krugom poteče struja. To je **inducirana struja.** Pri svakoj promijeni smjera gibanja obrne se smjer inducirane struje, pa ona opetovano mijenja smjer amo-tamo. To znači da je inducirana struja **izmjenična.** Pojava inducirano napona zove se **elektromagnetna indukcija.**

Kao što možemo primijetiti, ključni pojmovi obrađeni su u skladu s Prijedlogom standarda i u ovom slučaju kao i općenito u ostalim slučajevima iz ostalih udžbenika s ovom točkom odrednice nema nikakvih razilaženja. U pojašnjavanju ovih ključnih pojmova središnji pokus je eksperiment Michaela Faraday-a s zavojnicom, magnetom i ampermetrom i to u dva slučaja prvi je kad magnet gibamo u odnosu na zavojnicu, a drugi kad magnet miruje a u odnosu na njega gibamo zavojnicu. Za prvi slučaj posebno gledamo :

- što se događa s ampermetrom kad uvlačimo magnet u zavojnicu?
- što se događa s ampermetrom kad magnet stoji u zavojnici?
- što se događa s ampermetrom kad izvlačimo magnet?

Iste stvari gledamo u drugom slučaju dok magnet stoji, a zavojnica se giba.

Što se događa sam ranije objasnio, no to ni nije bit ove usporedbe.

Na osnovu ovih pokusa dolazimo do objašnjenja elektromagnetne indukcije, inducirano napona i inducirane struje. To je princip pomoću kojeg se u ovom udžbeniku dolazi do objašnjenja ključnih pojmova.

I zaključak je da su u ovom udžbeniku objašnjenja ključnih pojmova dana u skladu s naputcima danim u prijedlogu standarda tj. HNOS-a.

Drugi udžbenik koji je rađen prema eksperimentalnom nastavnom planu i programu „Otkrivamo fiziku 8“ autora: Branka Milotić, Branka Mikuličić, Sonja Prelovšek-Peroš izdavača: „Školska knjiga“ Zagreb, 2006.

U ovom udžbeniku također je središnji element nastave kao i u prethodnom slučaju Faradayev pokus s magnetom i zavojnicom, međutim u ovom udžbeniku za razliku od prethodnog naziv nastavne teme je „Zavojnica i magnet-izvor struje“ dok u prethodnom slučaju naslov je bio „Elektromagnetna indukcija“. Objašnjenja pokusa i ključnih pojmova dana su na sljedeći način:

Ampermetar pokazuje da zavojnicom prolazi struja kada se zavojnica nađe u području u kojem se, zbog gibanja magnetna ili zavojnice, magnetno djelovanje mijenja.

U ovom udžbeniku se koriste i pokusom s zavojnicom, koja je spojena na miliampermetar, stavimo na potkovastu jezgru od mekog željeza i njoj približavamo magnet.

Objašnjenje ovog pokusa dano je na sljedeći način:

Struja se pobuđuje samo dok se mijenja magnetičnost željezne jezgre, a nazivamo je **inducirana struja**. Kada se zavojnica nalazi u područjima s promjenjivim magnetnim djelovanjem, na njezinim krajevima se pobuđuje električni napon. Tu pojavu nazivamo **elektromagnetna indukcija**.

Za zaključiti je da su u oba udžbenika objašnjeni ključni pojmovi **inducirani napon, te elektromagnetna indukcija** na način koji to predlaže HNOS.

I u jednom i u drugom udžbeniku kao središnji nastavni element je pokus, i na primjeren je način objašnjeno, sukladno s dobi učenika. Razlika je jedino u korištenju izbora riječi kojima se opisuju

ključni pojmovi.

4.2 Potrebno predznanje: električna struja djeluje na magnet (Oerstedov pokus)

Ova točka odrednice se odnosi na potrebno predznanje da bi učenik pojam elektromagnetske indukcije što lakše i bezbolnije prihvatio naučio a kasnije i znao upotrijebiti.

Ovom točkom ili odrednicom je zadan logički slijed pojmova koji se trebaju usvojiti budući znamo da se znanje širi u koncentričnim kružnicama, odn. ukazuje na vertikalnu

sinkronizaciju pojmova i pojava. I u jednom i u drugom udžbeniku prije teme elektromagnetne indukcije nailazimo na pokuse gdje se opisuje ili pokazuje djelovanje električne struje na magnet taj pokus prvi je izveo Oersted.

Tako u udžbeniku Vladimira Paara Fizika 8 na taj pokus nailazimo pod temom „magneti i magnetno djelovanje električne struje“ tj., pod podnaslovom „električna struja stvara magnetsko polje.“ U udžbeniku objašnjenje pokusa i način na koji je to predočeno glasi:

ako je u blizini žice magnetna igla, možemo uočiti zanimljivu pojavu: kada kroz žicu potekne električna struja, magnetna igla se zakrene.

Da bi bolje razumjela tu pojavu, Ana izvodi pokuse.

Ravnu metalnu žicu drži u pravcu sjever-jug. Ispod žice nalazi se magnetna igla također u tom pravcu. Žica je spojena s električnim izvorom, sklopkom i žaruljicom. Na početku sklopka je otvorena, pa žicom ne teče struja. Ana zatvori sklopku. Čim struja poteče, magnetna igla se zakrene. U tom zakrenutom položaju ostaje sve dok žicom teče struja Ana zatim obrne spajanje žica na polovima izvora pa je smjer struje u žici suprotan prijašnjemu. Magnetna igla tada se zakrene u smjeru suprotnome od prijašnjega.

Na osnovi tih pokusa Ana zaključuje:

Električna struja djeluje na magnet.

Magnetno polje električne struje ovisi o smjeru struje.

Električna struja stvara magnetno polje oko vodiča. To je magnetno djelovanje električne struje.

To je način na koji je, u već spomenutom udžbeniku, objašnjeno djelovanje električne struje na magnet odn., Oerstedov pokus koji je po HNOS-u potrebno znati i usvojiti prije teme elektromagnetna indukcija.

A u udžbeniku „Otkrivamo fiziku 8“ pod naslovom teme „Što o struji otkriva njezino magnetno djelovanje“ nailazimo na traženi pokus. Osim tog pokusa za razliku od prijašnjeg udžbenika nailazimo na još jedan pokus s istim zaključkom. Taj pokus se radi s zavojnicom umjesto ravnog vodiča a obrazloženje i način izvođenja tog pokusa, osim glasi:

Od malo dulje izolirane žice načinimo zavojnicu. u blizini zavojnice stavimo magnetnu iglu. Na trenutak uključimo struju.

Što opažate?

Dok njome struji električna struja, zavojnica djeluje kao magnet. Ispitajte magnetske polove zavojnice dok njome prolazi struja tako da magnetnu iglu približimo jednom, a zatim drugome kraju zavojnice. Sada zamijenimo polove baterije.

Sada zavojnica-magnet privlači drugi pol magnetne igle. Zamjenom polova baterije i zavojnica-magnet promijeni polove. Očito se zamjenom polova baterije s strujom nešto dogodilo.

Struja ima smjer.

Zamjenom polova baterije **promijenio se smjer struje.**

Za zaključiti je da i jedan i drugi udžbenik su u skladu s ovom točkom odrednice, ali se utoliko razlikuju što se u udžbeniku „Otkrivamo fiziku 8“ ,već navedenih autora i izdavača, radilo o više pokusa kojim smo zaključili magnetno djelovanje električne struje.

Treću (Prijedlozi za metodičku obradbu: pokus-magnet zavojnica (Faradayev pokus)) i četvrtu (Dodatna ilustracija: shema pokusa) točku odrednice neću posebno promatrati jer sam na određeni način to objasnio već kod prijašnjih točaka koje su uključivale Faradayev pokus. Samo ću napomenuti da je u udžbenicima posebna pažnja pridodana ilustraciji pokusa i shemi tih pokusa, koje su primjerene dobi učenika, što je također na raspravi o standardu zatraženo od autora knjiga.

4.3 Primjeri suodnosa s drugim predmetima, ostali primjeri

Kako sam već prije se izjasnio da je za svaku temu bitno da ona ima logički slijed pojmova odn.,vertikalna sinkronizacija među njima za što bolje i efikasnije savladavanje gradiva, tako ova točka odrednice govori o horizontalnoj sinkronizaciji među predmetima.

Ova točka odrednica je jedna od bitnijih zbog toga, kako sam već prije kazao znanje se širi u koncentričnim kružnicama pa stoga je potrebno uskladiti i programe drugih predmeta koji pomogli u što boljem i kvalitetnijem shvaćanju fizike posebice ove teme kojom se sad bavim, a to je elektromagnetna indukcija.

Stoji činjenica da je fizika temeljna eksperimentalna znanost i da je ona zaslužna za sve industrijske revolucije koje su se događale u povijesti i koje će se događati u budućnosti, odnosno, zaslužna je za sva tehnološka postignuća i sve tehnologije kojima se koristimo. Činjenica je da postoje neraskidive veze između fizike i tehnologije i da nekad ne možemo

točno ustvrditi gdje fizika prestaje a tehnologija počinje samim tim u školi bi se to moralo prikazati kao vezu između fizike i tehničke kulture, kao predmeta koji ima velike veze s tehnologijom u cjelini . Naravno da moramo uzeti u obzir i dob učenika kojima neke teme iz fizike želimo proširiti ili nadopuniti s temama iz tehničkog ili uokviriti u jednu cjelinu znanja jer pojam elektromagnetne indukcije isti je kroz koju god prizmu predmeta , koji su povezani s tom temom, gledali.

Zbog svih tih činjenica neshvatljivo je što poveznice između ta dva predmeta nisu čvršće i konkretnije, i na kraju još neshvatljivije je što se i u raspravi o nacionalnom standardu tj., HNOS-u, o primjerima suodnosa s drugim predmetima ne spominje ni jedan.

U udžbenicima iz tehničkog odgoja pojam elektromagnetne indukcije koristi se samo u temi pretvorbe energija bez ikakvih daljnjih objašnjenja. Zato je i te kako, blago rečeno čudno što se u šestoj točki odrednice HNOS-a: sadržaji koje treba ispustiti su opis elektromotora, generatora, dinama i primjer detektora metala.

A to su primjeri gdje je primjena elektromagnetne indukcije evidentna i ne samo to već i temeljna primjena zbog koje je i došlo do druge industrijske revolucije, zahvaljujući ponajviše Tesli.

Međutim u udžbeniku „Otkrivamo fiziku 8“ se ti primjeri i opisi tih strojeva nalaze u izbornom sadržaju pa se tako i rade pokusi.

Pod naslovom kako se radi elektromotor:

Što je elektromotor?

U pokusu s vodičem obliku okvira kojim prolazi struja, magnet zakreće okvir oko njegove osi.

Znate li zašto?

Ako električna struja prolazi dvjema žicama koje leže između polova magneta, na jednu žicu djeluje magnetna sila prema gore, a na drugu prema dolje jer su smjerovi u žicama suprotni. Ako se okvir može okretati oko osi, te dvije sile zakreću okvir. I eto načela prema kojem radi **elektromotor**.

Elektromotor se sastoji od dijela koji miruje, statora, i pokretnog dijela, rotora. Stator je magnet, a rotor zavojnica koja se okreće između polova magneta. Kada kroz rotor prolazi struja, on se pokreće i elektromotor radi.

Iako elektromotori pripadaju znanstveno-tehničkoj revoluciji 20. stoljeća, oni i danas u milijunima primjeraka raznih veličina i snaga pokreću tlačne sisaljke hladnjaka, klima-

uređaje, perilice, mlince za kavu, miješalice u kućanstvu i građevinarstvu. A žičare, tramvaji i vlakovi više se ne mogu ni zamisliti bez elektromotora.“

Dok u drugom udžbeniku „Fizika 8“ autora V. Paara odmah nakon objašnjenja ključnih pojmova elektromagnetne indukcije dolazi primjer primjene u obliku generatora koji se uz ilustracije pojašnjava ovako:

Na načelu elektromagnetne indukcije radi **električni generator**. Pomoću njega se u elektranama proizvodi izmjenična električna struja. Tom se strujom koristimo u gradskoj električnoj mreži. U električnom generatoru zavojnica se vrti u magnetskom polju. To inducira izmjeničnu električnu struju. Pri tom se **kinetička energije vrtnje pretvara u električnu energiju**.

Električna se energija dobiva na razne načine: **iz kinetičke energije** vode u hidroelektrani, **iz topline** nastale izgaranjem ugljena, nafte ili plina u termoelektrani. Za zaključiti ja da fizika i tehnička kultura imaju dodirnih točaka u temi elektromagnetne indukcije i stoga ne vidim razlog zbog čega se tehnička kultura ne bi mogla naći na popisu primjera u suodnosu s drugim predmetima.

4.4 Razlika između srednjoškolskog strukovnog obrazovanja i gimnazijskog

Za srednju školu još nije napisan standard stoga ću ove usporedbe praviti isključivo na horizontalnoj sinkronizaciji između fizike (tema elektrmagnetska indukcija) i ostalih predmeta. Kod pojma strukovnog srednjoškolskog obrazovanja bazirat ću se isključivo za zanimanje elektrotehničar.

Razlika između srednjoškolskog i osnovnoškolskog obrazovanja je u tome što je na početku školovanja ciljano finalno znanje gimnazijsko. Stoga se u osnovnim školama rade temelji tj. razvijaju apstraktna mišljenja kod djece o elektromagnetnoj indukciji, da bi su srednjim školama ti zakoni i principi elektromagnetne indukcije mogli matematički izraziti i imati ciljano finalno gimnazijsko znanje, po principu širenja znanja u koncentričnim kružnicama.

Također je bitno da logični slijed bude ispravan odn., da vertikalna sinkronizacija bude prisutna kako u gimnazijskim tako i u srednjim strukovnim školama.

Kod gimnazijskog obrazovanja horizontalne sinkronizacije nema, dok je to u srednjim strukovnim školama izrazito izraženo za ovu temu gdje je suodnos s drugim predmetima

posebno bitan pogotovo s predmetom osnove elektrotehnike. Pa se tako u tom predmetu elektromagnetska indukcija tretira kao fundament razvoja elektrotehnike. Tako se u udžbeniku autora Stanića „Osnove elektrotehnike“ definicija i primjena elektromagnetne indukcije daje na sljedeći način:

Pokus:

- a) Svitak bez jezgre priključimo na galvanometar, a zatim kroz svitak pomičemo magnet tako da magnetske silnice sijeku zavoje svitka. Kao magnet uzimamo najprije jedan, zatim dva i na kraju tri jednaka magneta.
- b) Uzmemo jedan magneti izvlačimo ga iz svitka polako, brže i najbrže
- c) Uzimamo redom svitke s manjim, većim i najvećim brojem zavoja te izvlačimo uvijek isti magnet jednakom brzinom.

Zaključak:

Po otklonu kazaljke na galvanometru da se u vodiču koji siječemo magnetskim silnicama pobuđuje elektromotorna sila. Ona je to veća što je:

- a) veća magnetska indukcija polja (više magneta),
- b) veća brzina sječenja magnetskih silnica (brže izvlačenje magneta),
- c) veća duljina vodiča u magnetskom polju (veći broj zavoja svitka).

Pojava da se u vodiču pobuđuje ili inducira elektromotorna sila ako ga siječemo magnetskim silnicama zove se elektromagnetska indukcija.

To bi bila definicija elektromagnetne indukcije koja se nadovezuje na predmet fiziku samim tim što nadalje u objašnjenju slijedi podnaslov primjena elektromagnetne indukcije.

U primjeni elektromagnetne indukcije spominje se princip električnog generatora pa se za njih kaže: **električni generatori su strojevi koji na principu elektromagnetske indukcije pretvaraju mehaničku energiju u električnu energiju.**

I slijedi jedno tehnički prikazano objašnjenje rada generatora:

Na rotoru generatora nalaze se vodiči koji pri okretanju rotora sijeku magnetske silnice stalnog magnetskog polja, pa se u njima inducira elektromotorna sila.

Elektromotorna sila inducirana u rotoru odvodi se u mrežu pomoću posebnih uređaja. On se kod generatora istosmjernje struje zove komutator ili kolektor, a sastoji se od jednog ili više pari lamela. Lamela su spojene s petljama rotora te se okreću zajedno s rotorom. Na lamela je prislonjen jedan par nepomičnih kliznih četkica koje su spojene s vodovima mreže.“

Isto tako nadalje se objašnjava princip transformatora, te objašnjavaju vrtložne struje, skin efekt itd., međutim ovo sam uzeo kao primjer suodnosa predmeta fizike i elektrotehnike i

na jedan sličan način vidim i mogućnost i potrebu za horizontalnom sinkronizacijom fizike i tehničke kulture u osnovnoj školi ali primjerno dobi učenika da se krene u rasvjetljavanje mystificiranog pojma i principa elektromagnetne indukcije kao fundamenta elektrotehnike koja je veliki dio tehnike i tehničke kulture uopće.

ZAKLJUČAK

Cilj ovog diplomskog rada je bio sagledati neke činjenice koje povezuju HNOS, pisane udžbenike, te izvođenje nastave u cjelini, ciljano na pojam elektromagnetne indukcije. Istražena je vertikalna sinkronizacija (postupnost i primjerenost) nastavnih materijala vezanih za predmet FIZIKA. Nadalje obzirom na kulturnu važnost pojma elektromagnetska indukcija istražena je horizontalna sinkronizacija fizikalnih sadržaja sa sadržajima koji se sa sličnom tematikom javljaju u drugim predmetima. Možemo zaključiti sljedeće:

Da je u izvođenju nastave za temu elektromagnetne indukcije, kao središnji element korišten Faraday-ev pokus, kako i nalaže program HNOS-a u oba udžbenika za osnovnu školu koje sam analizirao: „Fizika 8“ autora V.Paar koji nije pisan po HNOS-u, te u udžbeniku grupe autora: “Branka Milotić, Branka Mikuličić, Sonja Prelovšek-Peroš“ „Otkrivamo fiziku 8“ koji je pisan po eksperimentalnom planu i programu.

Oba analizirana udžbenika dobro slijede logiku vertikalne sinkronizacije. Postoji logičan slijed nastavnih materijala kako je i dano u naputku HNOS-a. Pored toga udžbenici su dobro ilustrirani i primjereni dobi učenika. Činjenica je i da se pod točkom odrednice koja govori o suodnosu s drugim predmetima ne nalazi niti jedna, a evidentno je da pojam elektromagnetske indukcije ima dodirnih točaka s temama, na primjer, iz tehničke kulture.

Nastavni sadržaji za srednje škole vezani za tematiku elektromagnetske indukcije komparirani su kroz udžbenik za tehničke škole i gimnazije.

U srednjoj elektrotehničkoj školi za temu elektromagnetske indukcije nalazimo vrlo dobar suodnos između ostalih predmeta i fizike. Ovu činjenicu vjerojatno možemo zahvaliti većem broju nastavnih sati posvećenih ovoj problematici. U svakom slučaju radi se o najizraženijem primjeru koji pokazuje korelacije jednog pojma, pojma elektromagnetske indukcije, u više nastavnih predmeta. Gimnazijski udžbenici s druge strane dobro slijede program iz osnovne škole, međutim i ovdje izostaju poveznice sa sadržajima koji me javljaju u drugim nastavnim predmetnima.

BIBLIOGRAFIJA

- (1) V.Paar, „Fizika 8“, ŠK, Zagreb 2004.
- (2) B. Milotić, B. Mikuličić, Sonja Prelovšek-Peroš, „Otkrivamo Fiziku 8“, ŠK, Zagreb 2006.
- (3) I. Supek, „Povijest Fizike“ ŠK, Zagreb 1990.
- (4) E. Stanić, „Osnove elektrotehnike“ ŠK, Zagreb 1992
- (5) V.Paar, „Elektromagnetizam“, ŠK, Zagreb 1992.
- (6) R. Krsnik, „Fizika 2“ ŠK, Zagreb 1997.
- (7) B. Ratkaj, M. Vinković, „Tehnička Kultura 2“, PROFIL Zagreb, 2005.
- (8) „Nastavni plan i program za osnovnu školu“ Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, Zagreb, 2006.

Internet stranice:

- (9) http://www.slcc.edu/schools/hum_sci/physics/tutor/2220/em_induction/
- (10) http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_induction
- (11) <http://www.practicalphysics.org/>
- (12) http://users.skynet.be/orbus/e-history/tesla_I.htm
- (13) <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/emcon.html>