

# DEMONSTRACIONI OGLEDI I MERNE VEŽBE IZ OBLASTI ELEKTRIČNIH STRUJA – NOVI PRISTUP

Božidar Vujičić<sup>1</sup> i Luka Vujičić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PMF, Departman za fiziku, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad; [bvujicic@uns.ac.rs](mailto:bvujicic@uns.ac.rs),

<sup>2</sup>OGLED, Vere pavlović 2, Novi Sad; [luka92\\_ns@hotmail.com](mailto:luka92_ns@hotmail.com)

## Apstrakt

U radu su izložene osnove novog pristupa u projektovanju i izradi školskih učila iz oblasti električnih struja i elektromagnetnih pojava i diskutovane njihove prednosti. Predstavljeni su kompleti za izvođenje mernih vežbi i to Nastavni komplet električna struja, Nastavni komplet naizmjenična struja i Nastavni komplet elektronika, i komplet za izvođenje demonstracionih vežbi iz oblasti elektromagnetizma – Nastavni komplet elektromagnetizam.

## Uvod

Prvi uređaj koji je bio realizacija novog koncepta učila u oblasti električnih struja „nastavni komplet“, pojavio se pre desetak godina i promovisan je na Republičkom seminaru o nastavi fizike [1]. Ohrabreni velikim interesovanjem koje je pokazano za Nastavni komplet električna struja, već naredne godine je grupa saradnika sa Departmana za fiziku PMF u Novom Sadu, izradila novi, Nastavni komplet naizmjenična struja [2] koji je postigao ne manji uspeh od prethodnog.<sup>1</sup>

Ceneći pažnju koju su ova učila izazvala, a poštujući u osnovi isti pristup, u narednim godinama pojavilo se još nekoliko nastavnih kompleta i posebnih učila koji su predstavljeni uglavnom u okviru radionica na odgovarajućim seminarima [6, 7, 8, 9] ili na prezentacijama po pozivu škola a u celini su predstavljeni u katalogu Fizika Zavoda za udžbenike [10]

Kako je prostor za publikovanje sadržaja radionica u Zbornicima seminara po pravilu ograničen, izostalo je publikovanje celovite koncepcije sadržane u ideji nastavnog kompleta. Pokušaj da se da celovitiji prikaz nastojanja da se, poštujući koncept nastavnog kompleta, osavremeni ponuda učila iz ove oblasti fizike kod nas i učila učine dostupnim školama, osnovni je razlog pojavljivanja ovog teksta.

## Zašto nastavi komplet?

Kvalitetni metodi nastave podrazumevaju demonstracione oglede i merne vežbe kao obavezni vid rada. Pokazalo se, da se naročito dobri rezultati postižu u situacijama kada su učenici u neposrednom kontaktu sa učilima. U nastavi fizike, s obzirom na specifičnost sadržaja, ova činjenica je od posebne važnosti pa je razumljivo što se u ovom kontekstu često navodi izreka: Kaži mi zaboraviću, pokaži mi zapamtiću, daj mi da uradim razumeću.

U našim školama se međutim, veoma teško mogu obezbediti uslovi za individualni ili grupni rad, kako zbog zastarelosti ili nedostatka kabinetske opreme, tako i zbog zahteva bezbednosti učenika pogotovu kada se radi o električnoj struji.

Kada je reč o učilima iz oblasti električnih struja (jednosmernih i naizmjeničnih) oprema se, po pravilu, sastoji iz tri grupe uređaja: izvora za napajanje, elemenata kola i mernih instrumenti. Priprema za rad, pri ovom, podrazumeva koncipiranje vežbe, kompletiranje svih uređaja i proveru rada, što iziskuje dosta vremena i posebno angažovanje

---

<sup>1</sup> Na Međunarodnom sajma knjiga i učila 2002 u Beogradu, Nastavni komplet električna struja i Nastavni komplet naizmjenična struja nagrađeni su Zlatnim tablama, najvišim priznanjem Sajma.

nastavnika. Kako su izvor i merni instrumenti obično “univerzalni” i predviđeni za različite namene, a kontakti materijali (vodovi, buksne, banan utikači...) po pravilu nekompletni ili lošeg kvaliteta, neuspela demonstracija ili kontradiktoran rezultat merne vežbe, pre su pravilo nego izuzetak. Ovakvom rezultatu posebno doprinosi nedostatak (ili oskudnost sadržaja) odgovarajućih uputstava za rad za pojedinačne uređaje čime proizvođači često štite “univerzalnost” svojih proizvoda. Uputstva za izvođenje samih vežbi takođe ne postoje i, objektivno, teško ih je napraviti zbog heterogenosti opreme i uređaja u školskim kabinetima.

Vodeći računa o problemima koji nastaju zbog ovakve koncepcije i organizacije školskih laboratorija, nastojali smo da projektujemo i izradimo seriju uređaja – školskih učila u kojima su **integrisani** osnovni elementi (izvor, elementi kola, merni instrumenti, itd.) u **NASTAVNI KOMPLET** sa ciljem da pokrije jednu izučavanu oblast.

Tako koncipiran nastavni komplet mora da zadovolji sledeće zahteve:

- mora biti projektovan i opremljen tako da omogući lako realizovanje svih predviđenih zadataka iz date oblasti, bez upotrebe dodatnih elemenata ili uređaja,
- mora biti realizovan i tehnički izveden tako da omogući siguran i bezbedan rad učenika i (ili) nastavnika,
- mora sadržati detaljno i pregledno uputstvo za rad pomoću koga učenik može samostalno izvoditi predviđene zadatke,
- mora sadržati mogućnost menjanja i proširivanja zadataka opisanih u uputstvu, čime se podstiče kreativnost nastavnika i (ili) učenika,
- mora imati atraktivan dizajn, i
- mora imati prihvatljivu cenu.

Kao dobar primer koncepcije koja je izložena, uputno je, sa nešto više detalja predstaviti *Nastavni komplet električna struja*.

Komplet služi za izvođenje demonstracionih oglada i eksperimentalnih (mernih) vežbi iz oblasti jednosmernih struja. Namenjen je osnovnim školama i srednjim školama svih profila kao nastavno sredstvo u redovnoj nastavi i za rad sa talentovanim učenicima u sekcijama.

Komplet omogućava izvođenje 12 vežbi sa ukupno 19 radnih zadataka od kojih je 8 namenjeno redovnoj nastavi (predviđene planom i programom nastave fizike), a 4 radu sa talentovanim učenicima u sekcijama i to: 1) Električno kolo, 2) Omov zakon, 3) Kirhofova pravila, 4) Vezivanje otpornika, 5) Naponsko-strujna karakteristika realnog izvora struje; unutrašnji otpor izvora, 6) Naponsko-strujna karakteristika izvora konstantnog napona i konstantne struje, 7) Ekvivalentne šeme izvora struje, 8) Prilagođavanje otpora izvora i potrošača; prenos električne snage, 9) Vitstonov most, 10) Kondenzator u kolu jednosmerne struje, 11) Kapacitet kondenzatora; veza između količine naelektrisanja, napona i kapaciteta i 12) RC kolo.

Komplet se može koristiti za individualni, grupni ili frontalni način rada, ali je svakako najpoželjniji individualni jer u tom slučaju sve projektovane karakteristike kompleta dolaze do punog izražaja. Komplet se sastoji od osnovnog uređaja, elemenata kola, mernog instrumenta i uputstva za rad.

**Osnovni uređaj** je smešten u kutiju koja sadrži izvore za napajanje i ploču za spajanje. *Izvori za napajanje* su izvor stabilisanog napona od 2, 4, 6, 8 i 10 V koji je elektronski zaštićen od kratkog spoja, izvor konstantne struje od 0.5, 1, 5, 10 i 20 mA i izvor nestabilisanog napona od 6 V. Sve vrednosti napona i struja koje su na raspolaganju, precizno su podešene na navedene vrednosti.

Navedeni naponi i struje biraju se obrtnim preklopnikom koji se nalazi na ploči za spajanje, a dostupni su sa priključaka **U**, **I** i **6V**. Sve komande su jasno označene i jednoznačne, što isključuje nedoumice prilikom rukovanja.

Izvor konstantnog napona i izvor konstantne struje su elektronski stabilisani izvori koji omogućavaju dobijanje stabilnih vrednosti navedenih napona i struja, nezavisno od opterećenja na priključcima. Upotreba ovakvih izvora ne samo da značajno olakšava izvođenje merenja i poboljšava njihovu tačnost već, u pojedinim slučajevima, predstavlja i osnovni uslov za realizaciju vežbe (izvor konstantne struje npr. za vežbe Kapacitet kondenzatora i RC kolo, videti dalje).

*Ploča za spajanje* je gornja ploča osnovnog uređaja. Sadrži 21 priključnu buksnu koje su međusobno povezane u nekoliko grupa što je jasno naznačeno. Ovakav raspored omogućava lako realizovanje svih električnih kola za koje je komplet namenjen. Radi lakše orijentacije priključne buksne su označene slovima (A, B, C i D po vertikali) i brojevima (1, 2, 3, 4, 5 i 6 po horizontali) čime je svaka buksna potpuno opisana parom slovo – broj (npr. A3).

**Elementi kola** sadrže 9 otpornika sa kojima je moguće ostvariti sve potrebne vrednosti otpora, jedan promenljivi otpornik, 2 kondenzatora, sijalicu, taster i 4 kratkospojnika. Navedeni elementi su montirani na držače sa utikačima koji odgovaraju priključnim buksnama na ploči za spajanje. Vrednosti elemenata (otpornika ili kondenzatora) naznačeni su na držačima elemenata. Svi elementi kola su postavljeni na nosač elemenata, na za njih tačno obeležena mesta, što omogućava brzo pronalaženje potrebnog elementa i lakše čuvanje. Upotrebljeni kontakti materijali (buksne, utikači i vodovi) su visokog kvaliteta što praktično isključuje, u praksi veoma česte, greške zbog loših kontakata.

**Merni instrument** je komercijalni  $3\frac{1}{2}$  cifarski digitalni AVO (amper, volt, om) metar. Namenjen je za merenje jačine jednosmerne struje od 200  $\mu$ A do 10 A pune skale, jednosmernih napona od 200 mV do 1000 V pune skale, naizmeničnog napona do 750 V i otpora do 2 M $\Omega$ . Strujni opsezi AVO metra zaštićeni su brzotopljivim osiguračem od 200 mA, a naponski opsezi imaju automatsku indikaciju prenapona. Većina merenja u okviru ovog kompleta vrši se na naponskom opsegu 20 V i strujnom opsegu 20 mA.

**Uputstvo za rad** smatramo ključnim delom kompleta i njemu je posvećena posebna pažnja. Uputstvo za svaku vežbu sadrži zadatak vežbe, detaljan opis načina spajanja odnosno formiranja električnog kola i detaljan opis postupka merenja [3]. Pored električne šeme, uvek je data i šema za spajanje koja predstavlja vernu sliku ploče za spajanje (videti dalje) sa svim relevantnim oznakama što znatno olakšava formiranje kola. Ovo u velikoj meri olakšava rad nastavnika i praktično omogućava potpuno samostalan rad učenika.

Rezultati merenja su uvek složeni u odgovarajuće tabele ili predstavljeni grafički, a komentari i napomene, važni za razumevanje materije i osnovni rezultati vežbe u celini, u kompjuterskih programa (Excel, Origin) sa kojima bi učenici trebali da budu upoznati u okviru nastave informatike.

Jedna od novina u našem pristupu školskom eksperimentu je korišćenje izvora konstantne struje koji je, kako je navedeno, ugrađen u osnovni uređaj i čije se karakteristike određuju u jednoj od 12 predviđenih mernih vežbi u kompletu.

Kako sadržaj i mogućnosti ovog kompleta uveliko prevazilaze potrebe osnovne škole, na sugestiju nastavnika osnovnih škola, napravljena je pojednostavljena varijanta koja se pod nazivom *Električna struja – osnovni zakoni* pojavila 2008 godine. Poštujući u osnovi isti pristup, zadržane su samo vežbe predviđene za rad u osnovnim školama (Merenje struje i napona u kolu, Omov zakon, Kirhofova pravila, Određivanje otpora u kolu pomoću ampermerta i voltmetra i Redna i paralelne veza otpornika) čime je uređaj po sadržaju i ceni postao znatno pristupačniji školama.

Da bi smo ilustrovali novine u pristupu, uputno je kao primer navesti opis jedne vežbe preuzet iz uputstva za rad za Nastavni komplet električna struja [3]. Ovim primerom se, pored ostalog, pokazuje značaj detaljno pripremljenog uputstva za rad koji je bitan element za uspešno korišćenje učila.

## VEŽBA BROJ 11.

### KAPACITET KONDENZATORA

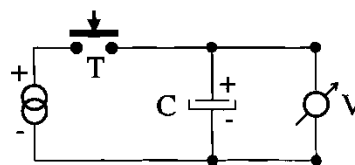
Zadatak vežbe

Uveriti se da između količine elektriciteta  $Q$  napona  $U$  i kapaciteta kondenzatora  $C$  postoji veza

$$C = \frac{Q}{U}$$

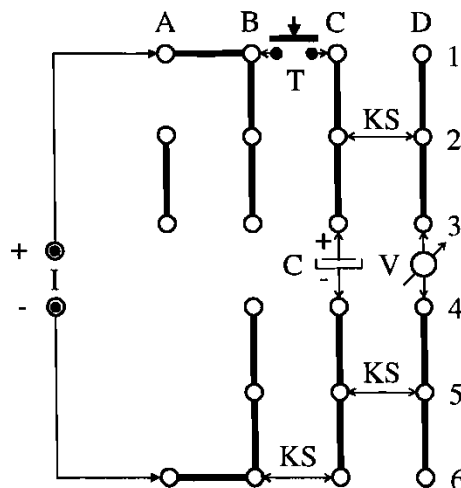
- ❖ Formirati kolo kao na slici 11.1. koristeći izvor konstantne struje
- ❖ Spajanje izvršiti na ploči za spajanje prema šemi na slici 11.2. koristeći kondenzator od  $1000 \mu\text{F}$

- voditi računa da - pol kondenzatora bude priključen na položaj C4 (suprotni polaritet elektrolitskog kondenzatora može dovesti do njegovog uništenja!)
- izvor konstantne struje podesiti na  $0,5 \text{ mA}$ , instrument na opseg  $20 \text{ V}$  pa uključiti uređaj
- pripremiti hronometar (štopericu) ili sat sa sekundnom kazaljkom



Slika 11.1.

- pritisnuti taster T i hronometar (ili uočiti položaj sekundne kazaljke) istovremeno
- po isteku 5 sekundi istovremeno isključiti hronometar i otpustiti taster
- očitati napon kondenzatora  $U_c$  na voltmetru i uneti ga u tabelu 11.
- isprazniti kondenzator vezivanjem kratkospojnika na mesto voltmetra
- odspojiti kratkospojnik, voltmetar vratiti na prethodni položaj i uveriti se da je napon kondenzatora  $0 \text{ V}$
- merenje ponoviti, kako je opisano, za vremena od  $10 \text{ s}$ ,  $15 \text{ s}$  i  $20 \text{ s}$  vodeći računa da se posle svakog merenja kondenzator mora isprazniti vezivanjem kratkospojnika na mesto voltmetra



Slika 11.2.

**Radi smanjenja greške merenja poželjno je da se merenje za svako pojedinačno vreme izvrši tri puta a dobijeni rezultati usrednje.**

- izmerene vrednosti napona uneti u tabelu i predstaviti grafički na  $U_c = f(t)$  dijagramu

**Uočiti da, u kolu sa izvorom konstantne struje, napon na kondenzatoru raste linearno sa vremenom.**

- izvor konstantne struje podesiti na 1 mA i proceduru merenja ponoviti za vremena 5 s i 10 s, vodeći računa da se posle svakog merenja kondenzator mora isprazniti kratkim spajanjem njegovih priključaka
- izmerene vrednosti uneti u tabelu i predstaviti grafički na  $U_c = f(t)$  dijagramu

**Uočiti da povećanje struje od 0.5 mA na 1 mA (za dva puta) povećava brzinu porasta napona na kondenzatoru tj. ubrzava punjenje kondenzatora za dva puta.**

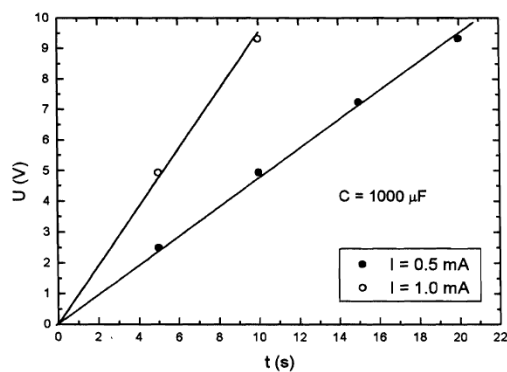
- umesto kondenzatora od 1000  $\mu\text{F}$  vezati kondenzator od 220  $\mu\text{F}$  vodeći računa o polaritetu (- pol na položaj C4)
- sa izvorom struje podećenim na 0.5 mA ponoviti proceduru merenja za vreme od 5 s i zabeležiti izmerenu vrednost napona

Tabela 11.

	C = 1000 $\mu\text{F}$					
I (mA)	0.5				1	
t (s)	5	10	15	20	5	10
$U_c$ (V)	2.49	4.94	7.23	9.31	4.93	9.30
Q (C)						

C = 220  $\mu\text{F}$ ; I = 0.5 mA;  $U_c = 9.35$  V za t = 5 s

**Uočiti da smanjenje kapaciteta za približno četiri puta ubrzava porast napona tj. punjenje kondenzatora za četiri puta pri istoj jačini struje punjenja.**



Slika 11.3.

- kako je  $Q = I \cdot t$ , za svaki par vrednosti  $I$  i  $t$  iz tabele 11. izračunati vrednost količine naelektrisanja  $Q$
- izračunati količnike  $\frac{Q}{U_c}$  za sve parove izmerenih vrednosti iz tabele i uveriti se da za kondenzator od 1000  $\mu\text{F}$  oni iznose približno 1000  $\mu\text{F}$  a za kondenzator od 220  $\mu\text{F}$  približno 220  $\mu\text{F}$

**Kapacitet kondenzatora  $C$  jednak je odnosu količine naelektrisanja  $Q$  i napona kondenzatora  $U_c$ .**

*Napomena:*

*Vrednosti navedene u tabeli su precizno izmerene i odnose se na kondenzator čiji je kapacitet 1000  $\mu\text{F}$ . Kako se elektrolitski kondenzatori proizvode sa velikom tolerancijom koja iznosi i  $\pm 30\%$  od nominalne vrednosti, sa kondenzatorima u ovom kompletu mogu se dobiti vrednosti napona koje se razlikuju od onih u tabeli 11. ali će oblik zavisnosti napona na kondenzatoru od vremena biti isti kao na slici 11.3. Iz dobijenih podataka lako je, kako je pokazano, odrediti tačnu vrednost kapaciteta kondenzatora u ovom kompletu.*

Da bi se nastava iz oblasti naizmeničnih struja pratila odgovarajućim eksperimentalnim vežbama, neophodno je pored elemenata kola (otpornika, kondenzatora, kalemova i transformatora) posedovati kvalitetan izvor naizmeničnog napona promenljive frekvencije i odgovarajuće merne instrumente.

Klasični ton – generatori sa analognom skalom frekvencije, kakvi se mogu naći u bolje opremljenim školama, mogu da zadovolje samo delimično zbog male tačnosti podešavanja i očitavanja frekvencije. Ozbiljniji problem predstavljaju merni instrumenti. Standardni AVO metri (analogni ili digitalni) uključujući i one srednje i visoke klase, ne mogu meriti naizmenične napone čija je frekvencija viša od 400 Hz. Za merenje napona frekvencije do nekoliko desetina kHz, neophodno je koristiti elektronske AC voltmetre koji se retko nalaze u školskim laboratorijama.

Problem izvora napona može se rešiti korišćenjem savremenih integrisanih generatora signala. Sa odgovarajućim pojačavačem, koji obezbeđuje dovoljan nivo signala, može se njihovim korišćenjem dobiti veoma kvalitetan izvor sinusnog napona, a problem podešavanja i očitavanja frekvencije lako se rešava ukoliko je za rad dovoljno imati određeni broj stalnih frekvencija, što je ovde slučaj.

Problem mernog instrumenta (AC voltmetra) može se rešiti kombinacijom komercijalnog modula digitalnog voltmetra i linearnog AC/DC konvertora. Ovakvo rešenje u potpunosti zadovoljava sve zahteve za izvođenje mernih vežbi iz oblasti naizmeničnih struja, a zamena skupih mernih uređaja relativno jeftinim sklopovima čini ovu oblast merenja dostupnom našim školama. Iz ovih razloga su navedena rešenja odabrana i realizovana u učilu pod nazivom **Nastavni komplet naizmenična struja** koji je detaljno opisan u [2, 4], a ovde ga predstavljamo u osnovnim crtama.

Komplet omogućuje izvođenje ukupno 7 vežbi kojima je u potpunosti pokriveno gradivo iz oblasti naizmeničnih struja u srednjim školama svih profila i to:

1. Termogeni (omski) otpor u kolu naizmjenične struje
2. Kondenzator u kolu naizmjenične struje; kapacitivni otpor
3. Solenoid u kolu naizmjenične struje; induktivni otpor
4. Serijska veza R i C u kolu naizmjenične struje
5. Serijska veza R i L u kolu naizmjenične struje
6. Serijska veza R, L i C u kolu naizmjenične struje; rezonancija
7. Transformator

Komplet se sastoji od osnovnog uređaja, elemenata kola i uputstva za rad.

**Osnovni uređaj** je složeni sklop koji sadrži izvor naizmjeničnog napona promenljive frekvencije, digitalan AC voltmetar i ploču za spajanje.

Izvor naizmjeničnog napona omogućava izbor 11 frekvencija sinusnog napona čija se efektivna vrednost može podešavati od 0 do 1 V. Frekvencije su odabrane tako da, sa elementima kola koji su deo kompleta, daju približno celobrojne vrednosti kapacitivnog i induktivnog otpora i dobro definisanu rezonantnu krivu u rednom RLC kolu.

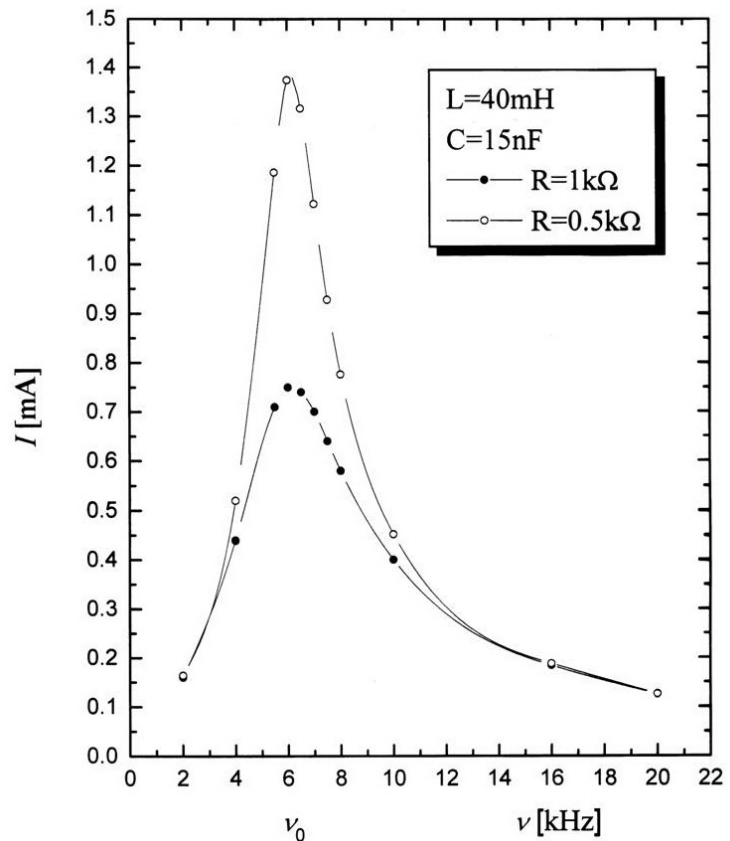
Digitalni AC voltmetar meri efektivne vrednosti naizmjeničnog napona do 1 V sa direktnim očitavanjem na  $3\frac{1}{2}$

cifarskom LCD modulu koji je ugrađen na prednju ploču osnovnog uređaja. Voltmetar ima osnovnu osetljivost od 100 mV pune skale pa se, razdelnikom na ulazu u AC/DC konvertor, opseg proširuje na 1000 mV pune skale. Izbor opsega vrši se prekidačem na prednjoj ploči na kojoj se nalaze i ulazni priključci voltmetra.

Ploča za spajanje je deo gornje ploče osnovnog uređaja. Realizovana je na isti način kao i ploča za spajanje u nastavnom kompletu Električna struja. Sadrži 14 priključnih buksni koje su međusobno povezane u nekoliko grupa, što omogućava lako realizovanje svih električnih kola za koje je komplet namenjen.

**Elementi kola** sadrže 3 omska (neinduktivna) otpornika, 3 kondenzatora i transformator prenosnog odnosa  $1:\sqrt{2}$  koji se koristi i kao nezavisni kalem induktiviteta 20 mH (primar) ili 40 mH (sekundar).

**Uputstvo za rad** sadrži detaljan opis uređaja i postupak za izvođenje svih predviđenih vežbi. Za svaku od vežbi formulisano je zadatka, dat opis načina na koji se formira kolo i detaljan opis postupka merenja.



Slika 1. Rezonantna kriva rednog RLC kola

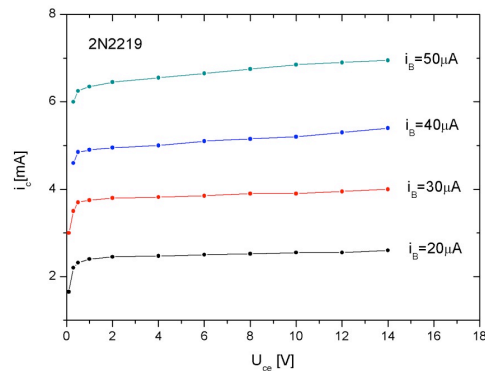
Kao primer koji ilustruje mogućnosti ovog kompleta, data je rezonantna kriva serijskog RLC kola (vežba broj 6 u uputstvu za rad [4]) sa koje se lako određuje rezonantna frekvencija i za korišćene vrednosti R, L i C proverava važenje Tomsonovog obrasca.

**Nastavni komplet elektronika** je treći iz serije nastavnih kompleta vezanih za ovu oblast i namenjen je za izvođenje eksperimentalnih (mernih) vežbi iz oblasti elektronike.

Namenjen je školama svih profila u kojima se izučavaju osnovi poluprovodničke elektronike kao osnovno sredstvo u redovnoj nastavi i za rad sa naprednim učenicima u sekcijama. Osim u nastavi fizike uspešno se koristi u nastavi elektronike, elektrotehnike i tehničkog obrazovanja.

Komplet obezbeđuje izvođenje 4 merne vežbe i to: 1) PN-spoj, strujno-naponska karakteristika diode; 2) Strujno-naponska karakteristika Zener-diode; 3) Strujno-naponska karakteristika LED; 4) Izlazne karakteristike bipolarnog tranzistora-strujno pojačanje.

Komplet sadrži osnovni uređaj, 2 merna instrumenta, elemente kola (tranzistor, Si-dioda, Zener-dioda i LED) i uputstvo za rad (slika 3).



Slika 2. Nastavni komplet elektronika i izlazne karakteristike tranzistora

**Osnovni uređaj** sadrži dva nezavisna stabilisana izvora napona ( $V_{CC}=0-15V$  i  $V_{BB}=0-5V$ ) sa finom regulacijom napona, digitalni DC voltmetar sa dva opsega (20V max i 2000mV max) i ploču za spajanje na kojoj su sve neophodne komande i oznake pa je rukovanje uređajem veoma lako i jednostavno. [5]

**Merni instrumenti** su digitalni AVO-metri identični onom u Nastavnom kompletu električna struja.

Kao primer koji ilustruje mogućnosti ovog kompleta, date su izlazne karakteristike bipolarnog tranzistora (vežba broj 4 u uputstvu za rad [5]) iz kojih je lako odrediti strujno pojačanje tranzistora za odabranu radnu tačku.

Položaj fizike kao nastavnog predmeta je specifičan upravo zbog toga što omogućava, više nego ostale nauke, da se pojave i zakonitosti koje poučava prezentuju preko demonstracionih oglada. Ovakav pristup je osobito dragocen jer omogućava „vizualizaciju“ pojava ili procesa, pa zahvaljujući tome za učenike predstavlja atrakciju koja se dugo pamti i lako razume.

Demonstracioni ogladi iz oblasti elektromagnetnih pojava spadaju u najatraktivnije koji se mogu izvesti u uslovima u kojim rade naše škole. Njihovo izvođenje, zbog toga, daje mogućnost da se fizika predstavi kao disciplina koja može okupirati pažnju i značajno povećati interes učenika i na taj način razbiti ustaljeno mišljenje o fizici kao „teškom“ nastavnom predmetu. Upravo ovo je bio motiv da se realizuje serija nastavnih kompleta



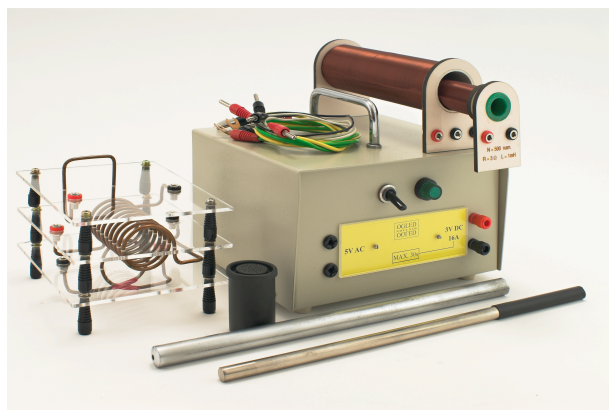
demonstracionih učila među kojima su Nastavni komplet Elektromagnetizam [11], Uređaj za demonstraciju Erstedovog ogleđa, dejstva magnetnog polja na provodnik sa strujom i uzajamnog dejstva paralelnih provodnika [12], Teslin transformator sa izvorom za napajanje, Teslino obrtno magnetno polje i Lebdeći prsten koji su predstavljeni u okviru radionica ili prezentacija na odgovarajućim seminarima [7, 9]. Kao primer ovog tipa kompleta ovde će, sa nešto više detalja biti predstavljen Nastavni komplet “Elektromagnetizam” (Slika 3)

**Nastavni komplet “Elektromagnetizam”** služi za izvođenje pokaznih vežbi iz oblasti elektromagnetizma. Namenjen je školama svih profila u kojima se ova oblast izučava. Pomoću kompleta moguće je demonstrirati i očigledno prikazati sledeće pojave i zakonitosti:

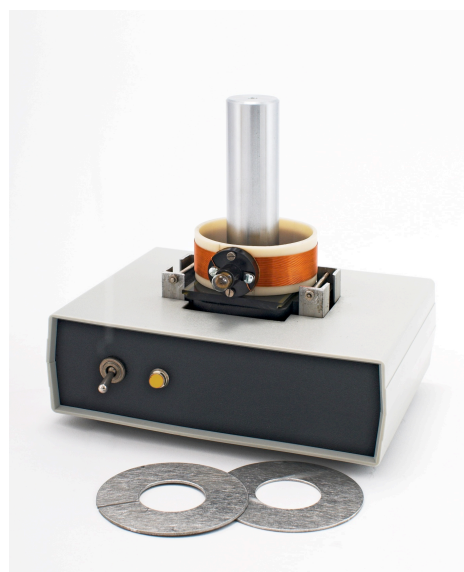
- linije sila magnetnog polja pravolinijskog i kružnog provodnika i solenoida,
- elektromagnetska indukcija,
- međusobna indukcija,
- Lencovo pravilo,
- namagnetisavanje feromagnetnog materijala,
- elektromagnet,
- razmagnetisavanje feromagnetnog materijala.
- električni transformator

**Izvor za napajanje** je kombinovani izvor napona sa AC izlaznim naponom od oko 5V i DC izlaznim naponom od oko 7V. DC izlaz je dimenzionisan za maksimalnu struju od 16A, koja se javlja kada se na izvor priključi neki od provodnika na pleksiglasu (koji su praktično kratak spoj). Tada napon na izlazu pada na oko 3V DC. Pri ovom obavezno koristiti kablove predviđene za navedenu struju, vodeći računa da kontakti na izvoru (leptir kleme na izlaznim buksnama i banan utikači na kraju prema provodnicima na pleksiglasu) budu što je moguće bolji.

**Provodnici na pleksiglasu** služe za prikazivanje magnetnih linija za pravolinijski i kružni provodnik i solenoid. Najbolje ih je koristiti postavljene na grafoskop i sliku projektovati tako da je vidljiva za sve posmatrače. Ceo postupak sprovesti kako sledi: odgovarajući provodnik priključiti na DC izlaz izvora (izvor isključen!) i površinu pleksiglasa na mestima gde su očekuju izrazite linije sile ravnomerno posuti (naprašiti) gvozdanim opiljcima. Uključiti prekidač na izvoru napona i lagano udarati prstom u ploču dok se opiljci ne rasporede. Ceo postupak traje ne duže od 5 do 10 sekundi.



Slika 3. Nastavni komplet elektromagnetizam



Slika 4. Uređaj za demonstraciju Lencovog pravila – lebdeći prsten.

Preporučujemo da se ploče od pleksiglasa sa provodnicima postave na grafoskop i projektuju na ekran, kako bi vizualizacija magnetnih linija sila bila vidljiva većem broju posmatrača.

Posle prikazivanja gvozdeni prah istresti na list hartije i vratiti u posudu. Ploče ne dirati prstima ni čistiti grubim sredstvima pošto zamašćena ili izgrebana površina onemogućava raspoređivanje opiljaka čak i za jačinu struje koja se u ovom uređaju

**Solenoidi (kalemovi)** mali i veliki služe za prikazivanje magnetskog dejstva električne struje i elektromagnetske indukcije. Pri uvlačenju stalnog magneta u veliki solenoid, galvanometar ili miliampermetar sa nultom skalom priključen na krajeve solenoida će pokazivati otklon.

Isti efekat se ostvaruje kada, umesto stalnog magneta, u veliki solenoid uvlačimo mali solenoid priključen na DC izlaz izvora. Ako pri ovom u mali solenoid postavimo gvozdenu šipku, efekat će se značajno povećati (feromagnetno jezgro) za razliku od slučaja kada u mali solenoid postavimo mesingano (aluminijumsko) jezgro.

Elektromagnet koji privlači gvozdene deliće dobija se kada šipku od mekog gvožđa, postavimo u mali solenoid priključen na izvor jednosmernog (DC) napona. Posle isključenja izvora struje šipka delimično zadržava magnetna svojstva (remanentni magnetizam).

Šipka se može u potpunosti razmagnetisati, ako mali solenoid, u koji postavimo šipku, priključimo na izvor naizmjeničnog (AC) napona.

Transformator se dobija kada mali solenoid sa gvozdenim jezgrom postavimo u veliki solenoid. Ako mali solenoid (primar transformatora) priključimo na izvor naizmjeničnog napona (oko 5V), na krajevima velikog solenoida (sekundar transformatora) javiće se napon od oko 15-20V, koji se može meriti AC voltmetrom.

Posebno izdvajamo **Uređaj za demonstraciju Lencovog pravila – lebdeći prsten** (slika 4). To je atraktivno učilo pomoću koga je moguće demonstrirati elektromagnetsku indukciju, Lencovo pravilo, magnetsku levitaciju i toplotno dejstvo električne struje (princip rada indukcione peći). Ovaj set predstavlja dobar primer kao se sa pažljivo odabranim elementima (kompaktni metalni prsten, presečeni metalni prsten i elektromagnetna sonda sa sijalicom) iz relativno jednostavnog uređaja (otvoreno magnetno kolo) može izvući maksimum u didaktičko- metodičkom smislu.

## Literatura

1. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Arandelovac 2001: DFS, (2001) 67
2. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja 2002: DFS, (2002) 67
3. Vujičić, B., Nastavni komplet električna struja – uputstvo za rad, Ogled, Novi Sad: (2001)
4. Vujičić, B., Nastavni komplet naizmjenična struja – uputstvo za rad, Ogled, Novi Sad: (2002)
5. Vujičić, B., Nastavni komplet elektronika – uputstvo za rad, Ogled, Novi Sad: (2004)
6. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja 2007: DFS, (2007). 71
7. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja 2008: DFS, (2008). 67
8. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja 2009: DFS, (2009). 37
9. Vujičić, B., Zbornik predavanja sa Republičkog seminara o nastavi fizike, Vrnjačka Banja 2010: DFS, (2010). 71
10. Fizika – Katalog 2009 Zavod za udžbenike Beograd (2009)
11. Vujičić, B., Nastavni komplet Elektromagnetizam – uputstvo za rad, Ogled, Novi Sad: (2005)
12. Vujičić, B., Uređaj za demonstraciju Erstedovog ogleda, dejstva magnetnog polja na provodnik sa strujom i uzajamnog dejstva paralelnih provodnika – uputstvo za rad, Ogled, Novi Sad: (2002)