

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

DIPLOMSKI RAD

Boris Počuča



Zagreb, 2009

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE I TEHNIKE S INFORMATIKOM

Boris Počuča

Diplomski rad

**VIRTUALNI LABORATORIJ ELEKTRIČNIH
STRUJNIH KRUGOVA**

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

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2009

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Darku Androiću na pomoći pri odabiru teme i izradi diplomskog rada.

Također bih se zahvalio dr. sc. Gorjani Jerbić-Zorc što je kroz cijeli moj studij uvijek bila tu za nas tehničare, uvijek odvajala dio svog vremena i nesebično pomagala za brojne probleme koje sam susreo tijekom studiranja.

Zahvaljujem i bratu što je uočio i ispravio nebrojne greške koje sam imao u ovom radu i ukazao na mnogo stilskih mana koje je tekst imao.

Naravno posebno hvala mojim roditeljima što su imali strpljenja i što su zajedno sa mnom prolazili kroz sve moje uspone i padove i što nisu nikada gubili nadu u mene i na kraju koliko god zvuči kao klišej, da oni nisu takvi kakvi jesu, bi li ja ikada išta napravio? Bi li postao to što jesam?

Još jednom svima jedno veliko HVALA!

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Električna struja i strujni krugovi	7
2.1. Energija	7
2.2. Prirodni oblici energije	8
2.3. Električna energija	9
2.4. Strujni krug	10
2.6. Prva baterija.....	12
2.7. Smjer električne struje.....	13
2.8. Elementi jednostavnog strujnog kruga	13
2.9. Istosmjerna i izmjenična električna struja	13
2.10. Spajanje trošila u strujni krug.....	14
2.11. Jakost električne struje	14
2.12. Električni vodiči i izolatori	15
3. Interaktivno učenje	16
3.1. Metode interaktivnog učenja	16
3.2. Physlets - physics applets	17
3.3. PhET – Interaktivne simulacije	18
3.4. Stvaranje PhET simulacija za angažman i učenje	19
3.5. Dostupnost PhET simulacija	20
3.6. Nastava i učenje s PhET simulacijama	20
4. Struja i strujni krugovi putem CCK simulacije	22
4.1. CCK simulacija	22
4.2. Upute za korištenje simulacije	23
4.3. Mogući oblik implementacije simulacije u nastavi fizike	29
4.4. Prednosti i nedostaci CCK-a	33
5. Zaključak	35
6. Literatura	37

1. Uvod

U posljednjih nekoliko godina računala su se potpuno uklopila u naše živote. Možemo ih pronaći na raznim mjestima, od ureda do dnevnog boravka. Ta ista računala danas većinom oblikuju način na koji radimo i živimo i ne čudi da onda oblikuju i način na koji učimo.

Računala se sve više upotrebljavaju u različitim vidovima i oblicima nastave poput obaveznog školovanja, fakultetskog školovanja, školovanja odraslih, školovanja na daljinu, školovanja u raznim industrijama i vojsci. Istraživanja su pokazala da su učenici skloniji usvajanju znanja ukoliko se nad njima primijene interaktivne metode poučavanja problema.

Interaktivna nastava razvija danas bitne vještine poput komunikacijske i informatičke pismenosti s naglaskom na poboljšanje učinka, ostvarivanja najviših kvaliteta i preuzimanja odgovornosti. To se postiže na slijedeći način: računalna grafika i tehnike vizualizacije koriste kao nadogradnja kompleksne i ograničene pisane riječi. Računalna vizualizacija ne samo da mijenja način gledanja na problem, nego mijenja i način o razmišljanja o tom problemu. Samo interaktivno učenje nije alternativa već je nadopuna frontalnom radu, razredno-satnom sustavu i drugim oblicima tradicionalne nastave.

U fizici se kao i drugim predmetima, mnogi problemi često mogu daleko bolje razjasniti interaktivnom simulacijom nego eksperimentalno, međutim u mnogim su slučajevima te simulacije metodički neobrađene i radi toga neupotrebljive u nastavnom procesu.

Ovaj će rad predstaviti jednu od takvih metodičkih podloga - interaktivnu Java simulaciju laboratorija za slaganje strujnih krugova, primjerenu učenicima osnovnih škola s prikazom jednog pismenog testa i učeničkog eksperimenta.

Prije samog početka obrade simulacije valja se upoznati s osnovnim pojmovima poput energije, električne energije, struje i strujnih krugova, odnosno izvršiti teorijski uvod u simulaciju. To je obrađeno u poglavlju «Električna struja i strujni krugovi».

Jedan od vrlo važnih oblika interaktivnog pomagala ili oblika nastave u fizici su Physlet Java applet, tj. mali programi namijenjeni isključivo za nastavu fizike. Simulacija laboratorija za slaganje strujnih krugova je specifična vrsta tih appleta nazvana PhET¹. Najveća razlika između klasičnih Physleta i PhET interaktivnih simulacija je u kvaliteti izrade. Physleti su grafički jednostavni i u većini slučajeva obrađuju samo jedan specifičan zakon ili pojavu u fizici, dok su PhET simulacije grafički bogate i s njima se mogu obraditi cijele nastavne cjeline, npr. pomoću laboratorija za izradu strujnih krugova moguće je obraditi strujne krugove od osnovne škole do fakulteta. Kao primjer prikazana je jedna od mogućih primjena, mješavina pismenog testa i učeničkog eksperimenta.

Na kraju potrebno je skrenuti pažnju na prednosti i nedostatke ovakvog oblika nastave jer to je jedno od najvažnijih pitanja prilikom razvoja simulacija i općenito razvoja boljih i modernijih oblika interaktivne nastave i nastave.

¹ PhET - The **Physics Education Technology**

2. Električna struja i strujni krugovi

Prije pokretanja, korištenja i uspješne implementacije PhET simulacije - laboratorija za izradu strujnih krugova u nastavni proces, potrebno je upoznati se sa osnovnim pojmovima vezanim uz električnu struju i strujne krugove. Teorijska podloga i predznanje su važni jer niti jedna simulacija nije napravljena niti je zamišljena kao alat za samostalno učenje.

2.1. Energija

Energija je pokretač našeg života i koristimo ju za rad. Ona osvjetljava naše gradove, pokreće bicikle, vlakove, avione i ostala motorna vozila, grije naše domove, omogućuje kuhanje hrane, slušanje glazbe, daje nam sliku na televizoru, pokreće strojeve u tvornicama, traktore na farmama itd.

Energija dobivena od Sunca daje nam svjetlost tijekom dana, suši nam odjeću, pomaže biljkama da rastu. Biljojedi prehranjujući se biljkama dobivaju energiju potrebnu za preživljavanje. Mesojedi hraneći se svojim plijenom dobivaju energiju. Što god radili taj je rad na neki je način povezano s energijom.

Energija je definirana kao sposobnost obavljanja rada. Ishodište joj je u materiji, ne može se ni iz čega stvoriti niti se može uništiti. Čovjek je svjestan njezine prisutnosti kada se zbivaju pretvorbe njezina oblika. Tada se događaju promjene, nešto se mijenja: kreće se, zagrijava ili hladi, svijetli ili zvuči, mijenja položaj, oblik ili stanje. U takvim primjerima energija prelazi iz jednog prostora u drugi, s jedne materije na drugu u istom ili promijenjenom obliku.

Energija se pojavljuje u različitim oblicima. Postoji kemijska energija, električna energija, toplinska energija, energija zračenja, mehanička energija i nuklearna energija. Bitno je zapamtiti da se energija ne može poništiti ni stvoriti nego samo može promijeniti svoj oblik.

2.2. Prirodni oblici energije

Prirodni oblici energije su oni koji se dobivaju iz prirode. Oni se uobičajeno razvrstavaju na više načina:

- prema fizičkom obliku (na nositelje nuklearne, kemijske, unutarnje toplinske, kinetičke i energije zračenje)
- prema uobičajenosti svoje primjene (na konvencionalne, uobičajene ili nekonvencionalne, nove izvore energije)
- prema svojoj obnovljivosti (na neobnovljive i obnovljive)

S današnjeg stajališta u uobičajene izvore energije ubrajamo: drvo, sva fosilna goriva (ugljen, nafta, zemni i prirodni plin), vodenu snagu (hidroelektrane iznad 10MW) i nuklearna fisijaska goriva (nuklearne elektrane).

U nekonvencionalne izvore energije ubrajamo one čije je korištenje moguće ali se danas još u većoj mjeri ne primjenjuju, kao i one kojima trenutno još nije tehnološki riješen način njihova ekonomičnog iskorištavanja. Tu spadaju energije malih vodotoka (hidroelektrane ispod 10MW), biomasa i otpad (biljni i životinjski), bioplin, energija vjetra, energija plime i oseke, energija morskih valova, Sunčeva energija, toplina tla, mora i zraka, geotermalna energija itd.

U *obnovljive* (ili neiscrpne) izvore energije svrstavamo: neposredno iskorištenje Sunčeva zračenja, vodene snage, energija vjetra i morskih valova, te energija plime i oseke. Energija biomase može se koristiti na obnovljiv način tako da ukupni trošak biomase bude manji od prirasta biomase u pojedinom razdoblju. Otpad je također obnovljiv, njegov se godišnji prosječni prirast ponavlja, pa čak i povećava. Jednako tako je i s bioplinom (nastaje fermentacijom otpada domaćih životinja, te organskih otpada iz kućanstva, vrtlarstva, voćarstva, poljoprivrede i industrije).

Ostali izvori su *neobnovljivi* (ili iscrpivi) i moguće ih je samo jednokratno iskoristiti. Tu spadaju fosilna goriva, nuklearna fisijaska i fuzijska goriva.

2.3. Električna energija

Električna energija je danas nezaobilazna osnova materijalnih i društvenih djelatnosti te osobnog života današnjeg civiliziranog čovjeka, odnosno kraćim riječima za nas je električna energija najvažnija zbog toga što čovjek (nažalost) više ne može zamisliti svijet bez nje, odnosno bez sijalica, telefona, hladnjaka, televizora, radio uređaja, električnih grijalica itd.

Električna energija je jedina (dosad poznata) energija koja se vrlo lako dobiva iz drugih oblika energije, te se isto tako lako pretvara u gotovo bilo koji drugi oblik. Tako možemo iz prirodnih oblika energije dobiti električnu energiju, a iz električne energije oblik koji nam treba. Električna energija ne predstavlja nikakvu novinu u prirodi, jer npr. munja je jedan prirodnih oblika električne energije.

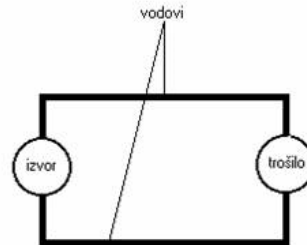
Električna energija se pojavljuje na svjetskoj energetskej pozornici početkom osamdesetih godina prethodnog stoljeća kada se počinju graditi prve javne elektrane. Od tada teče razvoj javne elektroprivrede koja je učinila i čini neprekidno to da se u civiliziranim društvima raspoloživost električne energije jednostavno podrazumijeva, identično raspoloživosti zraka i vode.

Najjednostavniji izvori električne energije su baterije. One se i danas koriste uglavnom u prijenosnim uređajima koji nemaju pristup el. mreži tijekom cijelog vremena rada.

Električna energija može se pretvarati i u druge oblike energije, ali jedino unutar strujnog kruga.

2.4. Strujni krug

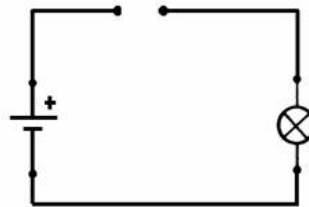
Strujni krug je bilo koji vodljivi spoj koji u sebi sadrži izvor, vodove i trošilo.



Slika 1 - Strujni krug

Izvor električne struje putem vodova (vodiča – tvari koje vode električnu struju) daje struju trošilu koji ju pretvara u neki drugi oblik energije. Tako se kaže da kroz strujni krug teče električna struja. Električna struja je iskoristivi oblik električne energije.

Ako struja u strujnom krugu ne teče, kažemo da je strujni krug otvoren.

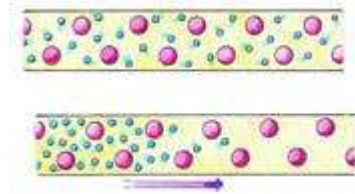


Slika 2 - Otvoreni strujni krug

2.5. Električna struja

Unutar svakog atoma postoji sitna pozitivno nabijena jezgra (nukleus) oko koje kruži negativno nabijeni elektron. Svi elektroni nose jednaku količinu negativnog naboja. Naboj jezgre jednak je ukupnom naboju svih elektrona u atomu i stoga su atomi ukupno gledajući električno neutralni. Razlog zašto su jezgra i elektroni uvijek zajedno je isti kao i razlog zašto npr. našu kosu privlači češalj. Električna ih sila drži na okupu. Doduše, atomi mogu izgubiti ili dobiti elektrone i postati pozitivno ili negativno nabijeni. Takvi se atomi zovu ioni. U vodiču (električni provodnom

sredstvu) poput metalne žice, elektroni se mogu kretati relativno slobodno. Tada za takvu žicu možemo zamisliti da sadrži more negativno nabijenih elektrona koji se nasumično kreću kroz usmjereno područje pozitivno nabijenih iona.



Slika 3 - Usmjereno područje pozitivno nabijenih iona (crveni) okruženi plinom negativno nabijenih iona (plavi) u električno provodnoj žici. Pozitivni naboji iona i negativni naboji elektrona se izjednačuju, tako da je žica električki neutralna.

Promotrimo što će se dogoditi ako koncentriramo sve elektrone na jedan kraj žice. U tom ćemo slučaju imati veliku koncentraciju pozitivnih iona na jednoj strani i veliku koncentraciju negativnih iona na drugoj strani žice. Elektroni koji se mogu slobodno kretati žicom će požuriti na suprotnu stranu prema pozitivno nabijenim ionima dok god njihov negativni naboj ne balansira pozitivni naboj iona. Taj protok negativno nabijenih elektrona se naziva električna struja unutar žice.

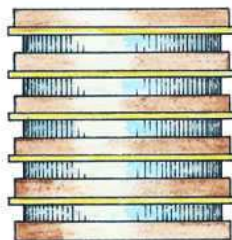
U ovom bi slučaju električna struja iščezla vrlo brzo, čim bi se elektroni pozicionirali tako da ponište djelovanje pozitivnih iona. Ako bi se htjelo zadržati protok elektrona (električnu struju) unutar žice, trebalo bi kontinuirano crpiti elektrone iz pozitivnog kraja i gurati ih prema negativnom kraju. Na ovaj bi se način kao rezultat nejednakosti naboja dobilo stabilno stanje i elektroni bi nesmetano putovali kroz žicu. To je upravo ono što se događa s baterijom. Kada spojimo žicu između dva pola baterije - pozitivnog i negativnog, jedan kraj žice postane pozitivno nabijen, a drugi negativno. Razlika u nabojima potiče elektrone na kretanje prema pozitivnom kraju baterije na kojem se elektroni izbace iz žice. U istom trenutku negativni pol baterije puni žicu novim elektronima tako da se naboji ne gomilaju na polovima baterije. Drugim riječima baterija djeluje kao vrsta pumpe koja izvlači elektrone s jednog kraja žice i gura ih na drugi kraj. Energija potrebna za ovaj proces dolazi iz kemijskih reakcija unutar baterije. Znači, baterija je samo uređaj koji pretvara kemijsku energiju u električnu struju. Za pokretanje kemijske reakcije unutar baterija potrebno je spojiti polove baterije sa žicom čime se dobiva stabilna struja elektrona (električna struja).

Ako se između polova spoji neko trošilo, kao npr. žarulja, motor ili radio, generirana će struja napajati to trošilo. Što je brži protok elektrona, veća je struja. Budući da kemijska reakcija unutar baterije počinje tek kad spojimo njene polove, neiskorištena baterija može npr. biti spremljena negdje u nekoj ladici i još uvijek sadržavati dovoljno snage. Doduše, baterija sadrži ograničen broj reaktanata i kad ih potrošimo kemijska reakcija prestane i baterija više ne proizvodi električnu struju.

2.6. Prva baterija

Prvu bateriju predstavio je 1800. Alessandro Volta. Otkrio je da različiti metali u kontaktu proizvode električnu struju. Spojio je novčić cinka, upijajući papir natopljen slanom vodom i novčić srebra. Kada je spojio žicom dva novčića između kojih je bio natopljeni papir uspio je izmjeriti napon i struju. Otkrio je kako da može povećavati stup koliko želi i da svaki dodatni sloj povećava napon i struju za određeni iznos ovisno o metalima koje bi koristio. Struje je proizvedena zbog kemijske reakcije koja se pojavljuje zbog različitih električnih svojstva dvaju metala. Uređaj je poznat pod nazivom Voltin stup i iz njega su se razvile moderne baterije.

Voltin stup možemo i sami izraditi koristeći kovanice od 10lp, 20lp i papirnatih ručnika jednakih dimenzija kao i kovanice, umočenih u limunov sok (ili u vodu koja ima u sebi otopljene što je više moguće kuhinjske soli). Diskovi papira moraju biti istih dimenzija kao kovanice od 10lp tako da se ne savijaju i kratko spajaju (dodiruju) međusobno. Limunov nam sok služi kao vodič koji pospješuje prolaz elektrona između dva metala.



Slika 4 - Kućni voltin stup

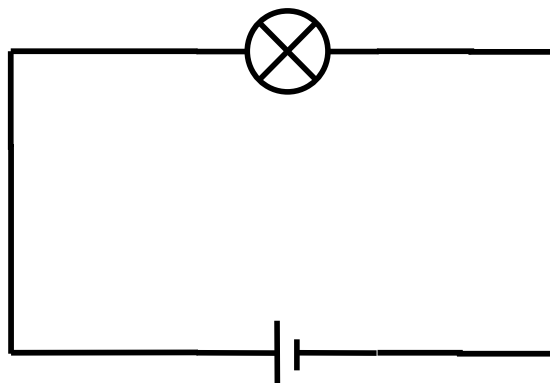
Nakon posloženih najmanje 10-tak slojeva kovanica i papira trebalo bi biti moguće očitati napon.

2.7. Smjer električne struje

Za smjer električne struje u strujnom krugu upotrebljava se smjer od pozitivnog prema negativnom polu električnog izvora. Taj se smjer naziva dogovoreni ili tehnički smjer struje.

2.8. Elementi jednostavnog strujnog kruga

Jednostavni električni strujni krug sastoji se od električnog izvora (baterija) i električnog trošila (žaruljica) spojenih električnom vodovima (metalna žica).



Slika 5 - Jednostavni strujni krug

2.9. Istosmjerna i izmjenična električna struja

U električnom krugu s baterijom smjer je električne struje uvijek jednak. Slična je situacija i kad se kao električni izvor koristi električni akumulator.

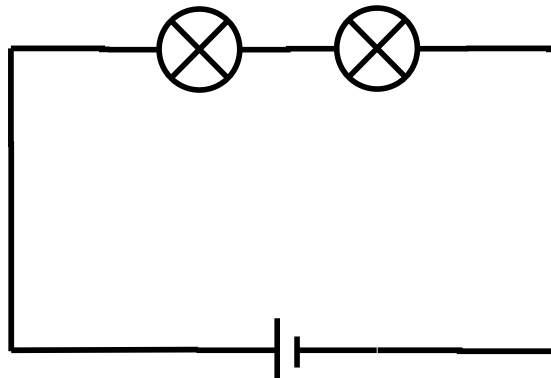
Električna struja koja uvijek ima jednaki smjer naziva se istosmjerna struja. Oznaka za takvu struju je „=“.

Drukčija je struja iz gradske električne mreže koja se upotrebljava kada se uključi neki električni uređaj, npr. električni štednjak.

Električna struja koja neprekidno mijenja svoj smjer zove se izmjenična struja. Njezin znak je „≈“.

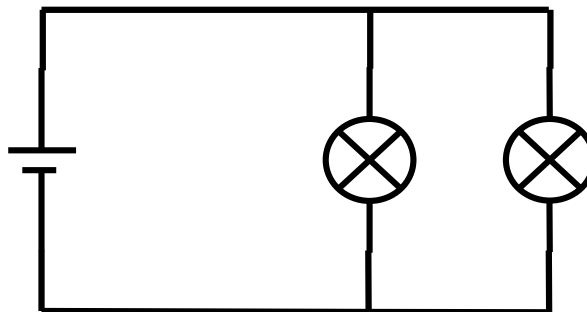
2.10. Spajanje trošila u strujni krug

Kada su trošila (npr. žaruljice) spojena u nizu jedna za drugim, spojena su serijski.



Slika 6 - Serijski spojena trošila

Kada su spojena jedno uz drugo, spojena su paralelno.



Slika 7 - Paralelno spojena trošila

2.11. Jakost električne struje

Jakost električne struje I jednaka je količini naboja Q koja prođe kroz poprečni presjek vodiča u vremenskom intervalu t .

$$I = \frac{Q}{t}$$

Jedinca za jakost električne struje jest amper² (A).

² André-Marie Ampere, francuski prirodno-znanstvenik i filozof (19. st.). Istraživao je električne i magnetne pojave. Njemu u čast jedinica za jakost struje nazvana je amper.

Ampermetar je uređaj za mjerenje jakosti električne struje. Spaja se u strujni krug tako da ga se spoji u seriju s trošilom.

2.12. Električni vodiči i izolatori

Ako je tijelo električni vodič njime prolazi električna struja, čime se zatvara strujni krug. Za takva tijela, odnosno materijale kažemo da imaju dobru električnu vodljivost. Neka od njih su željezo, aluminij, bakar (metali), morska voda, grafit itd.

Svako tijelo koje ne vodi električnu struju zovemo električnim izolatorom. Često se kao izolatori koriste guma, plastika, porculan, suho drvo itd.

3. Interaktivno učenje

Nakon obrade osnovnih pojmova vezanih za struju i strujne krugove i prije obrade metodičke strane PhET simulacije – laboratorija za izradu strujnih krugova, trebalo bi se upoznati s osnovnim pojmovima i metodama interaktivnog učenja i općenito s PhET simulacijama.

3.1. Metode interaktivnog učenja

Pojam interaktivnog učenja danas se sve više spominje u kontekstu obrazovanja. Interaktivno učenje se može okarakterizirati kao uvođenje računalne tehnologije u nastavni proces. Dakle, radi se o sasvim novom načinu prezentiranja nastavnog materijala.

Sam pojam interaktivnog učenja nije jednoznačan, upravo suprotno, on obuhvaća mnoge pojmove, stoga ni ne postoji samo jedna definicija tog procesa. Tako u interaktivno učenje pripadaju:

- skripte/tutoriali s Interneta
- virtualni radni prostori (on-line predavanja, kao npr. Claroline)
- multimedijalni zapisi eksperimenata
- Java appleti

Školska ploča i kreda polako uzmiču pred novim metodama i učenici dobivaju nove mogućnosti stjecanja potrebnih znanja na lakši i intuitivniji način. Nastava fizike posebno traži nove metode kojima bi se učenicima što lakše približile mnoge pojave iz različitih područja fizike, npr. iz mehanike, elektrostatike i magnetizma, optike, kvantne fizike itd.

Pojave koje se uče na nastavi fizike nisu jednostavne tako da obična skica kredom na ploči ne može učenicima pružiti pravu fizikalnu sliku. Međutim, upravo uz pomoć metoda interaktivnog učenja ta se poteškoća može lako otkloniti.

3.2. Physlets - physics applets

Što su to uopće physlets³? Oni su mali, fleksibilni Java appleti, tj. mali programi pisani u programskom jeziku Java, namijenjeni nastavi fizike. *The Webphysics Project* su pokrenuli **Wolfgang Christian** i **Gregor Novak** 1995. s ciljem da pomognu profesorima fizike diljem svijeta.

Physletti omogućuju predavačima podešavanje raznih parametara ovisno o gradivu koje predaju. Također, imaju i pedagošku vrijednost jer pomažu učenicima da sami shvate gradivo koje im se predaje, odnosno da ga lakše usvoje. Appletti se mogu direktno ugraditi u html dokument, što olakšava način korištenja i same prezentacije. Physletsi imaju raznoliku primjenu:

- prije laboratorijskih vježbi
- kvizovi
- zadaća
- pomoć pri razumijevanju teorijskog dijela gradiva

Dodatne prednosti ovih appleta su slijedeće: grafika im je jednostavna, učenici se mogu koncentrirati na određeni aspekt problema, veličina appleta je mala, pa se lako skidaju čak i kod sporih veza što je još uvijek gorući problem u većem broju škola, neovisnost o korištenom operativnom sustavu na računalu.

Jedan od naprednijih oblika originalnih Physlets-a su i PhET interaktivne simulacije nastale na sveučilištu u Coloradu.

³ Physlets - **Physics Applets**

3.3. PhET – Interaktivne simulacije

PhET je projekt koji je fokusiran na stvaranje korisnih simulacija za učenje fizike i one su slobodno dostupne na PhET stranicama⁴. Simulacije su animirane, interaktivne i napravljene kao u igračem okruženju tako da s njima učenici lako uče zadanu temu istraživanja u simulaciji. U tim simulacijama PhET naglašava vezu između stvarnih pojava i osnovne znanosti i nastoji učiniti dostupnima učenicima vizualne i konceptualne modele stručnih fizičara. PhET koristi istraživački baziran pristup u svom dizajnu i uključuje spoznaje iz prethodnih istraživanja i vlastitih testiranja radi kreiranja simulacija koje podržavaju angažman učenika. Trenutno postoji oko 50 simulacija objavljenih na PhET web stranicama. Mnoge od simulacija pokrivaju uvodnu srednjoškolsku i fakultetsku nastavu fizike, dok drugi uvode u naprednije teme, poput lasera, poluvodiča, učinka staklenika, radioaktivnosti, nuklearnog oružja i Fourierove analize. Od korisnika tu su uključeni učenici iz srednjih škola do postdiplomskih studija.

Simulacije na PhET stranicama organizirane su u devet kategorija:

- gibanja,
- rad,
- energija i snaga,
- zvuk i valovi,
- toplina i temperatura,
- struja i sklopovi,
- svjetlo i zračenja,
- kvantne pojave,
- kemija,
- matematički alati i
- najnovija istraživanja.

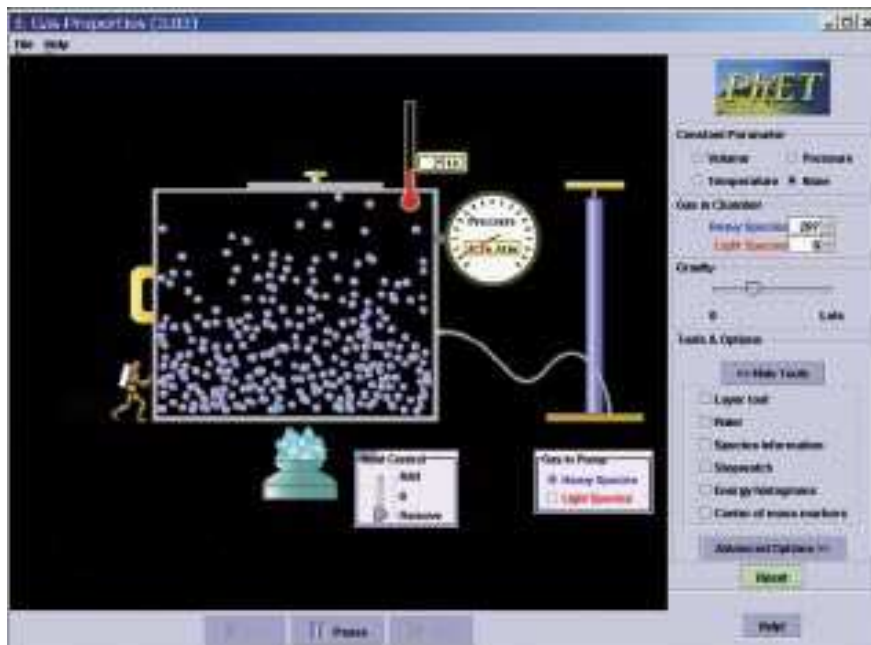
Stranice se redovito ažuriraju s novorazvijenim ili poboljšanim starim simulacijama. Na stranicama postoji i pretraživačka baza podataka koja omogućuje zajednici edukatora korištenje PhET simulacija radi međusobnog dijeljenja nastavnih materijala (domaćih zadaća, demo ideja, itd.).

⁴ <http://phet.colorado.edu>

3.4. Stvaranje PhET simulacija za angažman i učenje

PhET simulacije imaju dva glavna cilja: povećati angažman učenika i poboljšati učenje. Zahvaljujući svom privlačnom, igračem okruženju PhET simulacija doslovno poziva učenika na interakciju i istraživanje. Sve su kontrole jednostavne i intuitivne, npr. «klikni i povuci», klizači i tipke kao na radio aparatu.

Na primjer, u simulaciji *Plinska svojstva* (Slika 1), otvaranje panela pozdravlja korisnika s pomičnom pozivnicom koja poziva učenika da "pumpa" pomoću nacrtane ručke. PhET dizajneri naglašavaju na povezanost sa svakodnevnim životom. Ovaj pristup tako utječe na sitne detalje (npr. korištenje pumpe za bicikl radi dodavanja plinova) i veće dizajne gdje je znanost često predstavljena u kontekstu stvarnih pojava (npr. učenje o uzgonu s balonima na topli zrak i helij).



Slika 8 - PhET simulacija "Plinska svojstva"

PhET simulacije koriste dinamičku grafiku koja detaljno animira vizualne i konceptualne modele koje koriste stručni fizičari. U mnogim će slučajevima simulacija prikazati obično ono što nije vidljivo oku, poput atoma, elektrona, fotona, te električnih polja. Sve PhET simulacije direktno spajaju radnju učenika s animacijom. Podešavanje bilo koje kontrole *trenutno* rezultira s animiranim odgovorom u vizualnoj

reprezentaciji. Za kvantitativna istraživanja, simulacije pružaju raznovrsne mjerne instrumente, na primjer, ravnalo, štoperica, voltmetar, toplomjer, tlakomjer.

3.5. Dostupnost PhET simulacija

PhET simulacije pisane su Java i Flash formatima tako da se mogu pokretati izravno s web stranice koristeći standardni web preglednik. Osim toga, korisnici mogu preuzeti i instalirati cijelu web stranicu (veličine trenutno oko 60 MB) na bilo koje lokalno računalo tako da se simulacije mogu koristiti i izvan računalne mreže, što je posebno pogodno kada učionice nemaju svoju Internetsku vezu. Ove će se simulacije najbolje pokretati na PC računalima. Macovi će moći Flash simulacije pokretati bez problema, ali će Java simulacije biti izvođene manje pouzdano na starijim verzijama Mac OSX-a.

3.6. Nastava i učenje s PhET simulacijama

Svaka PhET simulacija je napravljena kao samostalan alat za učenje, dajući nastavnicima slobodu odabira simulacija i načina njihovog korištenja. Simulacije su najučinkovitije kod vođenog učeničkog istraživanja, bilo instruktorom na predavanju ili domaćom zadaćom, laboratorijem itd.

Simulacije su svestrani alat za podučavanje na predavanjima i služe kao moćna vizualna pomagala, čime dopunjuju tradicionalnu učionicu i pružaju niz mogućnosti za interaktivni angažman. Svaki nastavnik fizike zna da učenici ne ponekad, nego često teško vizualiziraju fiziku. PhET simulacije stoga koriste sliku, riječi i geste.

Da bi simulacije bile učinkovite nastavnicima je preporučeno da:

1. *definiraju konkretna obrazovna dostignuća.*

Ciljevi moraju biti konkretni i mjerljivi. Mnoge su simulacije složene i učenici vrlo lako mogu zalutati. Potrebno je nastavni sat prilagoditi ciljevima.

2. *potaknu učenike da koriste logično zaključivanje i smisleno zaključuju.*

Aktivnost treba biti usmjerena prema poticanju učenika na učenje a ne na izvršavanje. Što mogu otkriti o fizici? Kakve poveznice pronaći? Kakvog to ima smisla? Kako objašnjavaju što su otkrili?

3. *se povežu s učeničkim prethodnim znanjem i razumijevanjem i da ga nadograde.*

Postavljati pitanja kojim bi se otkivale njihove ideje. Navoditi učeničko korištenje simulacije za testiranje njihovih ideja i suprotstaviti bilo koje miskoncepcije.

4. *se povežu s iskustvima iz života.*

Učenici će više naučiti ako uvide da je znanje relevantno za njihov svakodnevni život. Simulacije koriste slike iz svakodnevnog života, ali sat bi ih izričito trebao dovesti u vezu s tim stvarnim životom.

5. *naprave grupne aktivnosti.*

Simulacije pružaju zajednički jezik učenicima pomoću kojeg mogu grupno graditi svoje razumijevanje. Više se uči kada se međusobno govori o svojim idejama i zaključuje međusobno.

6. *daju samo minimalne smjernice za korištenje simulacija.*

Simulacije su napravljene i testirane tako da potiču učenike na istraživanje i smisljeno zaključivanje. Previše bi smjernica moglo suzbiti njihovo aktivno razmišljanje.

7. *zahtijevaju od učenika da smisljeno zaključuju i odgovaraju na pitanja u obliku riječi i grafova.*

Simulacije su osmišljene da pomognu učenicima razviti i testirati svoje razumijevanje i zaključivanje o stvarima. Lekcije su najučinkovitije kad se od učenika traži da objasni svoje zaključke na više načina.

8. *pomognu učenicima u praćenju svog razumijevanja.*

Pružiti priliku učenicima da provjere svoje razumijevanje. Jedan od načina je da nešto predvide na temelju svojih novih znanja, a zatim provjere predviđanja u simulacijama.

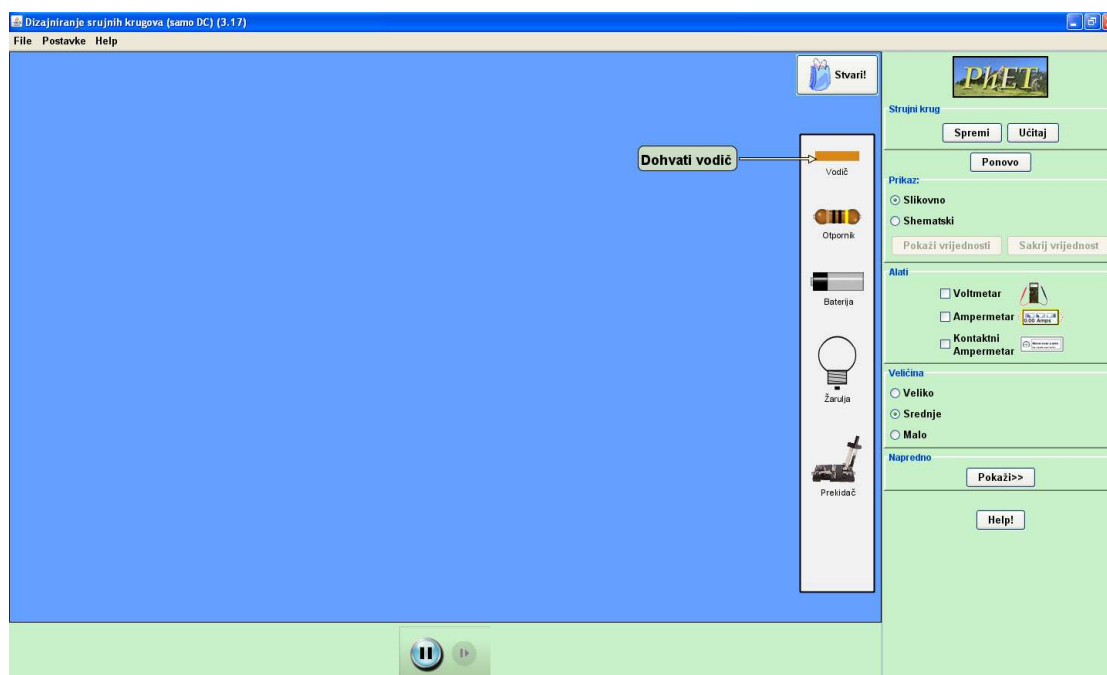
4. Struja i strujni krugovi putem CCK simulacije

U prethodna dva poglavlja obrađene su osnove struje i strujnih krugova i upoznali smo se s pojmom interaktivne nastave i PhET Java simulacijama. Ovo će poglavlje obraditi metodičku stranu nastave fizike putem CCK⁵ simulacije, prikazati mogući oblik implementacije CCK simulacije u nastavni proces te pokušati ukazati na prednosti i nedostatke CCK simulacije.

4.1. CCK simulacija

Laboratorij za izradu strujnih krugova (CCK) simulacija nudi učenicima okruženje slično stvarnom laboratoriju. Studenti povezuju žarulje, prekidače, baterije, otpornike i žice radi izrade proizvoljno složenih DC sklopova. Voltmetri i ampermetri realističnog izgleda koriste se za mjerenje napona i struja. CCK simulator također pruža animaciju elektrona koji teče kroz sklop elemenata i mogućnost neprekidnog podešavanja otpora bilo koje komponente (uključujući i žarulje) ili napona baterije. Učenici *istovremeno* mogu promatrati utjecaj na kretanje elektrona, sjaj žarulja i mjeriti razlike napona. Ove značajke čine CCK snažnim alatom za razumijevanje struje i istraživanje odnosa uzroka i posljedice između napona, struja, otpora i snage.

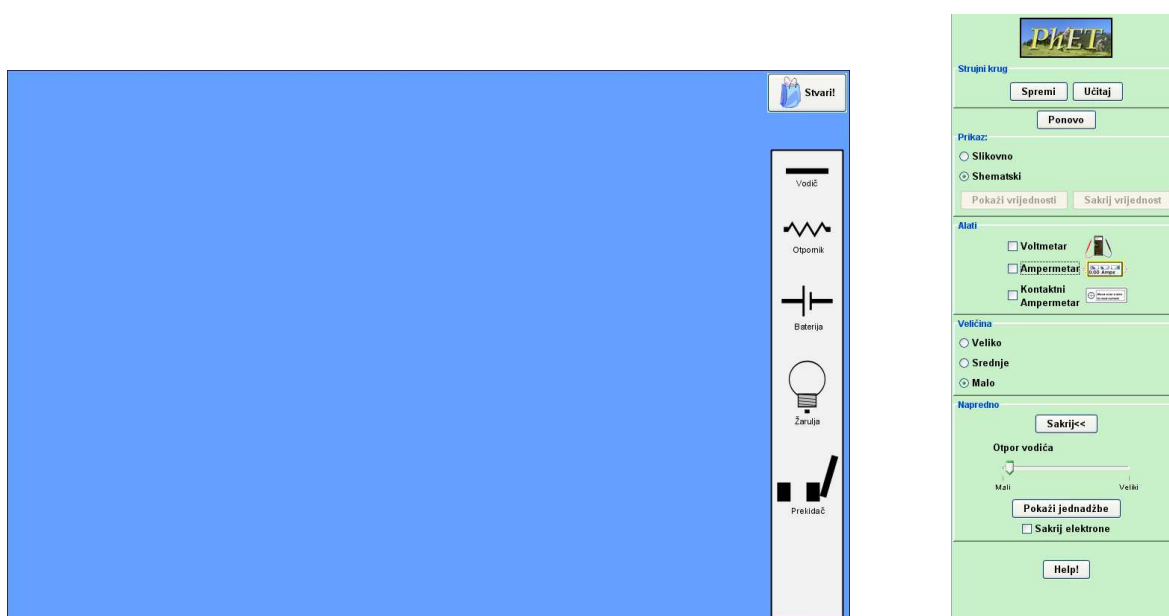
⁵ CCK – Circuit Construction Kit



Slika 9 - PhET CCK simulacija

4.2. Upute za korištenje simulacije

Simulacija se sastoji od dva dijela. Prvi je dio velika, plava, radna površina na kojoj se nalazi traka s alatima pomoću kojih se konstruiraju strujni krugovi, a drugi dio je izbornik na kojem se mogu podesiti razne opcije, izvaditi voltmetri i ampermetri ili spremiti simulacija.



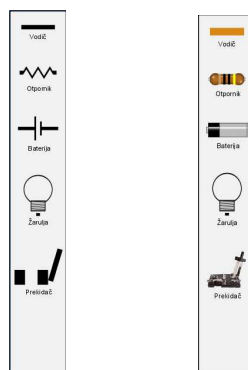
Slika 10 – Radna površina CCK simulacije i osnovni izbornik

Na simulaciji se mogu odabrati dvije vrste prikaza elemenata strujnog kruga, shematski ili slikovno.



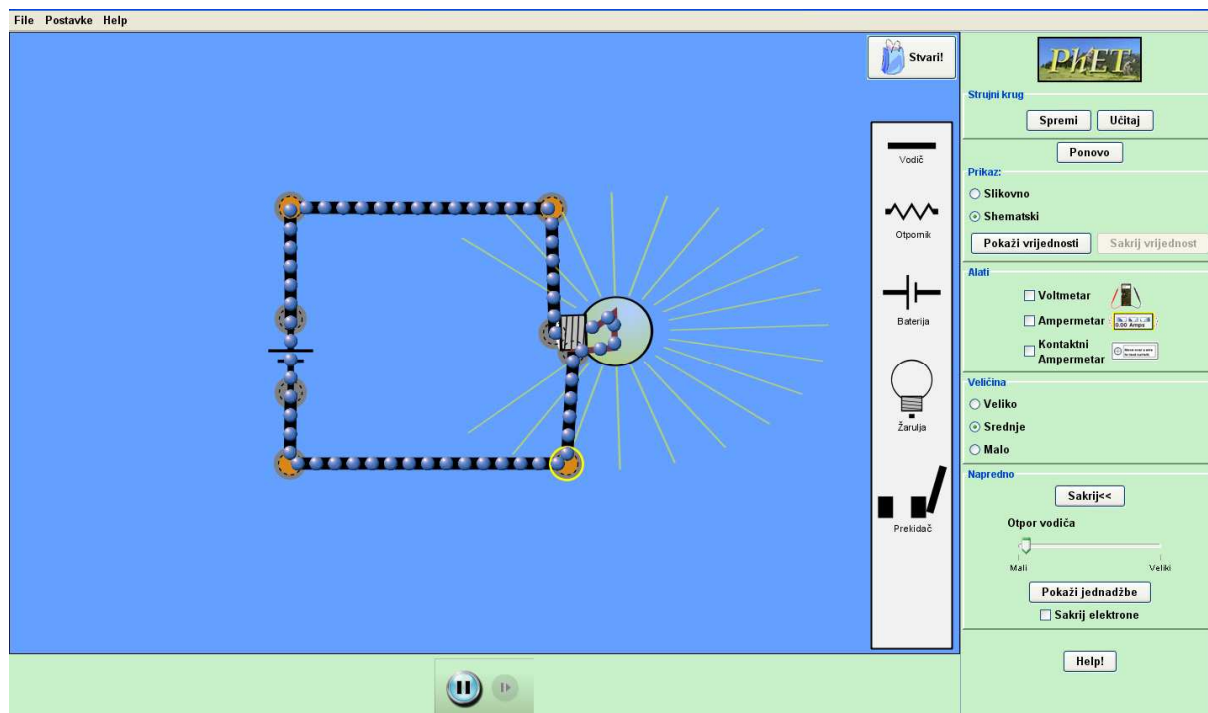
Slika 11 Odabir vrste prikaza elemenata strujnog kruga

Odabir prikaza mijenja i traku s alatima na kojoj se nalaze elementi za izradu strujnog kruga na shematske ili slikovne ikone.



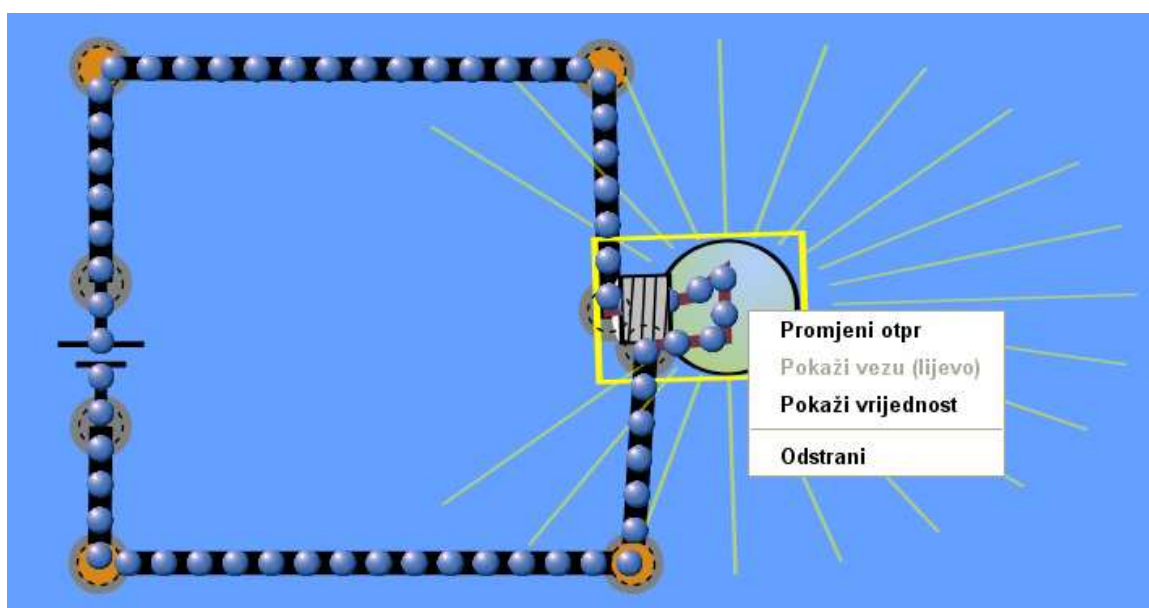
Slika 12 – Izgled shematske i slikovne trake s alatima

Elementi se na radnu površinu dodaju metodom klikni i povuci, eng. Drag and Drop. Jednostavno se pokazivačem kursora dođe do elementa koji je potreban i odvuče ga se na radnu površinu na kojoj se slaže strujni krug.



Slika 13 – Shematski prikaz jednostavnog strujnog kruga

Kad je strujni krug ispravno spojen kroz vodič će početi kretati plave kuglice koje simuliraju kretanje elektrona strujnim krugom. Također, još jedna od korisnih grafičkih vizualizacija je sjaj žarulje koji se može povećavati ili smanjivati ovisno o strujnom krugu ili parametrima elemenata.



Slika 14 – Prikaz pomoćnog izbornika

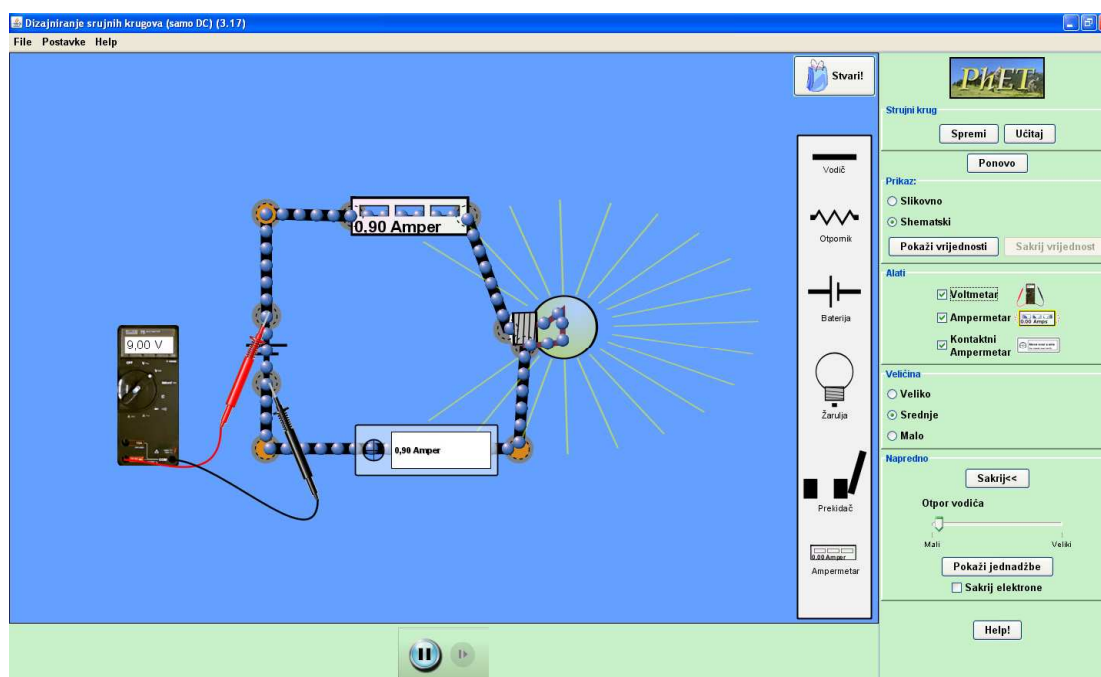
Pritiskom desne tipke miša na neki od elemenata otvara se pomoćni izbornik u kojem se mogu mijenjati parametri tog istog elementa, prikazati vrijednosti ili ga se mogu odstraniti iz strujnog kruga.

Vrijednosti se također mogu prikazati ili sakriti pritiskom na tipku,



Slika 15 – Opcija za prikaz ili sakrivanje vrijednosti se pojavljuje tek nakon što je strujni krug izrađen

U desnom izborniku pod ikonom alati na raspolaganju stoje voltmetar i dvije vrste ampermetra, običan i kontaktni. Oni će se pojaviti tek kada ih se označi kvačicom.



Slika 16 – Slika prikazuje mjerne uređaje voltmetar i dvije vrste ampermetra i način na koji se spajaju u strujni krug

Voltmetar će mjeriti tek kada se njegove dvije sonde (crvena i crna) odvuču na mjesto gdje se želi mjeriti napon. Ampermetar se mora ugraditi u strujni krug, dok se kontakt ampermetar jednostavno odvuče na mjesto vodiča gdje se želi izmjeriti struja i stoga je korisniji, jer ga nije potrebno stalno spajati i odspajati.

Prije bilo kakvih promjena simulaciju je potrebno pauzirati pritiskom na tipku «Pauza» koja se nalazi ispod radne površine.

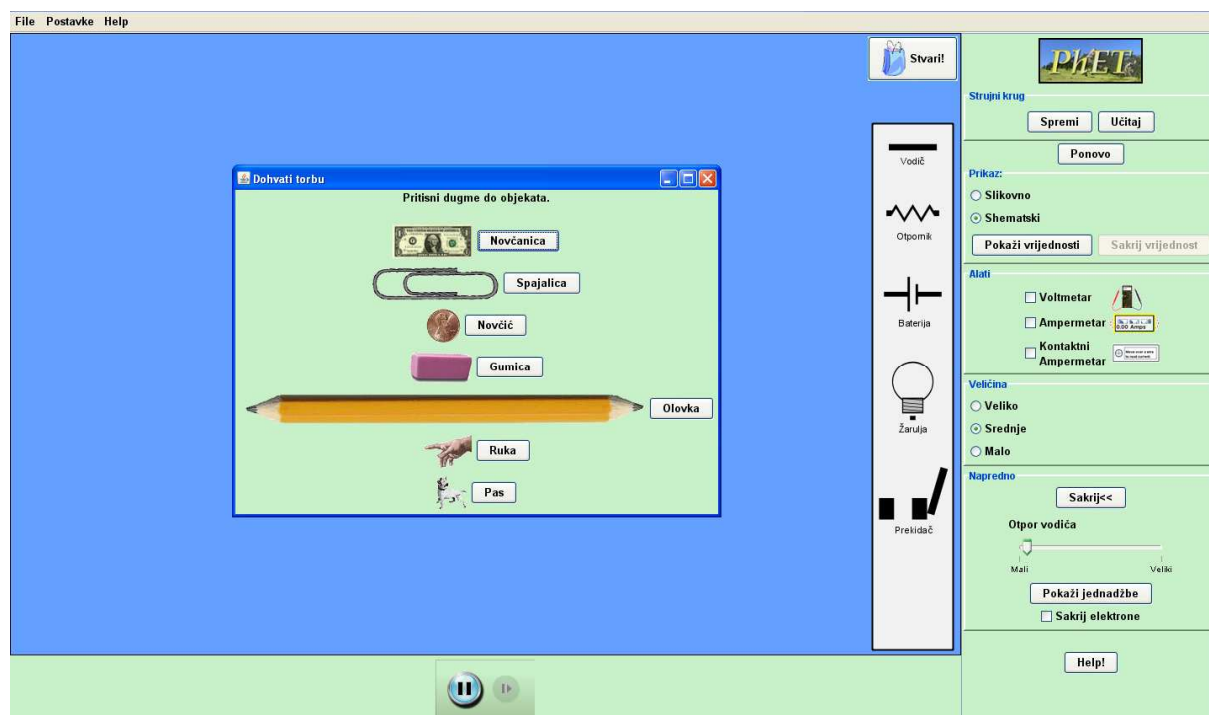


Slika 17 – Tipka za pauziranje simulacije

Još jedna od korisnih stvari koju pruža simulacija je igranje s vodičima i izolatorima. Pristup torbi u kojoj se nalaze različiti objekti čija svojstva valja ispitati dobije se pritiskom na tipku „Stvari“.



Slika 18 – Tipka za pristup torbi



Slika 19 – Pritiskom na tipku stvari otvara se novi prozor s raznim elementima

Da bi se ti objekti pojavili na radnoj površini potrebno je samo pritisnuti na tipku s njihovim imenom pored slike. Kad se objekt pojavi na radnoj površini može ga se umetnuti u strujni krug na isti način kao i bilo koji drugi objekt.

CCK simulacija pruža i neka napredna svojstva poput mijenjanja otpora vodiča ili skrivanje toka elektrona što može biti korisno kod logičkog zaključivanja učenika.

4.3. Mogući oblik implementacije simulacije u nastavi fizike

Primjer nastavnog sata: Samostalni rad učenika

Tema: Spajanje strujnih krugova

Obrazovna dostignuća:

- razumjeti osnovna svojstva strujnih krugova
- naučiti što je sve potrebno da se napravi strujni krug
- samostalno izraditi serijski i paralelni strujni krug i razumjeti razliku između ta dva kruga
- shvatiti razlike između vodiča i izolatora

Otvoriti PhET CCK samo dc simulator

Pronađi način da jedna žarulja počne svijetliti koristeći što je manje moguće dijelova.

1. Skiciraj svoj strujni krug

2. Što u tvojoj simulaciji pali žarulju?

Prekini strujni krug i napravi razmak između vodiča.

Otvori prozorčić „Stvari“ i poigraj se s različitim objektima. Istraži koji od tih objekata dozvoljava prolaz električne struje i ispuni tablicu

Objekti koji dozvoljavaju prolaz struje (vodiči)	Objekti koji NE dozvoljavaju prolaz struje (izolatori)
--	--

--	--

3. Što vodiči imaju zajedničko?

4. Što izolatori imaju zajedničko?

Za nekoliko sljedećih zadataka moraš spojiti više od jedne žaruljice u isto vrijeme, koristeći samo jednu bateriju.

Prvi krug: napravi strujni krug takvim da ako prekineš spoj na jednoj žaruljici da se SVE ostale ugase.

5. Skiciraj krug:

6. Zašto su se ostale ugasele ako smo prekinuli spoj na jednoj žaruljici?

7. Kako se zove takav spoj? Gdje si vidio/la još žaruljice spojene na takav način?

Drugi krug: pronađi način na koji ćeš spojiti žaruljice tako da kad prekineš spoj na jednoj žaruljici ostale nastave svijetliti, tj. samo se ta jedna žaruljica ugasi.

8. Skiciraj krug:

9. Zašto se ostale žaruljice nisu ugasile?

10. Kako se zove taj takav spoj? Navedi gdje si još vidio/la žaruljice spojene na takav način, gdje jedna žaruljica može pregoriti bez da utječe na sjaj ostalih žaruljica.

11. Ti si vodeći dizajner igračaka za neku tvrtku. Šefovi traže od tebe da spojiš žaruljice u autiću na što jeftiniji način, bez da narušavaš kvalitetu igračke. Koji bi strujni krug koristio za štednju novaca koristeći što manje dijelova? Zašto bi taj strujni krug bio jeftiniji?

12. Ti si električar koji radi na nekoj kući. Koji ćeš strujni krug koristiti tako da se vlasnici ne mogu žaliti na svoje instalacije? Zašto koristiti taj strujni krug?

Poigraj se malo sa simulatorom i pogledaj što sve možeš napraviti!

13. Što si napravio da žaruljice jače svijetle?

14. Što si napravio da žaruljice slabije svijetle?

15. Kako možeš izazvati požar? (u simulatoru, ne u pravom svijetu)

16. Možeš li zapaliti psa? Zašto?

4.4. Prednosti i nedostaci CCK-a

Najvažnija je prednost CCK-a prema mom mišljenju ta što su PhET simulacije napravljene tako da pokrivaju jedno gradivo namijenjeno različitim uzrastima, od osnovne škole do fakulteta. Profesori zbog toga imaju dosta veliku slobodu prilikom sastavljanja testova i vježbi, i vrlo se lagano mogu prilagoditi pojedinim razredima, njihovim učenicima i obrazovnim dostignućima koji njima najbolje odgovaraju.

Zbog vrlo velike prisutnosti kompjuterskih igara, tvorcima simulacija odlučili su napraviti simulacije koje učenike podsjećaju na kompjuterske igre i na taj ih način učiniti zanimljivim za učenje i upotrebu. Mislim da je to vrlo važno jer podsvjesno učenicima skreću pažnju sa teške i često neshvatljive struje i djeca kroz neku vrstu „igre“ puno brže i jednostavnije shvaćaju osnovne pojmove strujnih krugova. To doduše opet može imati i negativne strane jer će učenici čim otvore simulaciju krenuti u njeno istraživanje, stisnuti će sve što se da stisnuti, pomaknuti će sve što se da pomaknuti i često neće paziti što profesor predaje. Međutim, vrlo brzo će se upoznati sa svim mogućnostima simulacije, što opet može biti dobro.

Struja je sama po sebi izrazito težak pojam za shvaćanje i prihvaćanje, jer nije nešto što se tek tako može vidjeti svojim očima i predstavlja problem mnogim učenicima, pa čak i mnogim studentima. Može se vidjeti žarulju kako se pali, ali što se to točno događa unutar nje je već druga priča i stoga vizualizacije poput velikih plavih elektrona koji putuju žicom ili povećavanje i ubrzavanje sjaja žarulje dosta pomažu pri shvaćanju strujnih krugova. Nadalje, pri izradi koncepcija o strujnim krugovima uvelike pomaže mogućnost mijenjanja vrijednosti elemenata i trenutno promatranje reakcija.

Ova bi se simulacija mogle koristiti i za samostalno umjesto klasičnog predavanja, ali bi bile mnogo efikasnije kad bi se pokrenule nakon određenog teorijskog uvoda u razredu, a ne da se uz simulaciju učenici prvi put upoznaju s gradivom. Također ova bi se simulacija mogla koristiti umjesto laboratorijskih vježbi, ali opet smatram da bi bila mnogo efikasnija kada bi se odradila prije laboratorijskih vježbi, jer će onda učenici vidjeti da spajanje nije ništa strano niti teško i da su to sve već prošli kroz simulaciju i opet će na taj način samo još više učvrstiti svoje koncepcije o struji i

strujnim krugovima. Zato mislim da bi se ovakve simulacije najbolje upotrijebile kada bi se koristile kao pomoćno sredstvo klasičnom obliku nastave jer zajedno u kombinaciji simulacije i klasična nastave mogu dati daleko bolje rezultate nego što to mogu učiniti pojedinačno.

5. Zaključak

Očito je da interaktivne simulacije imaju ogromni edukacijski potencijal i da bi bile korisnije u nastavi i mnogih drugih predmeta, a ne samo fizike. Međutim, jedna od većih prepreka sprječava potpunu realizaciju ovog potencijala, a ta prepreka zove se novac. Jedna simulacija, njena izrada i kompletno testiranje košta ponekad veoma mnogo. Kad se uzme u obzir da će se tim simulacijama koristiti milijuni učenika i studenata novac ne bi smio biti problem, ali za jednog znanstvenika ili profesora koji želi napraviti sofisticiranu i efektivnu simulaciju ta je prepreka jednostavno nepremostiva. Jedinu izvor novaca su donacije koje omogućuju izradu takvih simulacija, i stoga su one besplatne i dostupne svima preko Interneta, i što je još važnije napravljene su sa otvorenim kodom, a to znači da je svatko može izmijeniti, prevesti na svoj jezik i tako omogućiti njenu implementaciju u nastavni proces osnovnih i srednjih škola u zemlji u kojoj se nalazi.

Kao budući profesor fizike, tehničkog i informatike, moram priznati da se veselim što ću CCK simulaciju u skoroj budućnosti isprobati i u nastavi, jer koliko sam čuo po iskustvima drugih, djeca pošto uče struju i strujne krugove i iz fizike i iz tehničkog, često misle da su to dvije različite struje i da jedna nema veze s drugom, a korištenjem iste simulacije u obje nastavne cjeline, iz tehničkog i fizike, će puno lakše povezati i razumjeti da je struja samo jedna i da se struja iz tehničkog po ničemu ne razlikuje od struje iz fizike i obrnuto.

Daljnijim razvojem tehnologije za očekivati je da će kvalitetne interaktivne simulacije ubrzo dobiti svoje mjesto u nastavnim procesima kao novo edukacijsko oruđe koje će učiniti učenje na svim razinama i područjima jednostavnije i zabavnije za sve kako za učenike tako i za profesore.

Najveći je nedostatak ovakvog oblika nastave premala zastupljenost u školama. Unatoč tome što je većina škola opremljena informatičkim razredom i što postoji mogućnost za puno većom uporabom interaktivne nastave ovakvi oblici nastave jednostavno ne nalaze se u primjeni. Da li je to zbog toga što neki profesori odbijaju promijeniti svoj predavački oblik nastave ili jednostavno nisu spretni sa računalima,

ne zna se, ali možemo se samo nadati da će se stvari početi mijenjati na bolje i da će profesori u osnovnim i srednjim školama više pratiti i surađivati sa svojim kolegama na fakultetima, jer kako kaže poznata uzrečica „Manje je više“ i na taj način se može imati bolja kontrola nad gradivom koje će učenici pravilno usvojiti.

6. Literatura

1. „Električna energija“, Marijan Kalea, Kigen, Zagreb 2007.
2. „Fizika 8 - udžbenik“, Vladimir Paar, Školska knjiga, Zagreb 2008.
3. „Fizika 8 – priručnik za nastavnike“, Vladimir Paar, Školska knjiga, Zagreb 2008.

JEDINICE S INTERNETA

1. „Circuit Construction Kit“, PhET Interactive Simulations. 2009.
URL: http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Circuit_Construction_Kit_DC_Only
2. „Computers in Education – A Brief History“, The Journal.
URL: <http://thejournal.com/articles/1997/06/01/computers-in-education-a-brief-history.aspx>
3. „Škola Energetike“, Moja Energija.
URL: <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Zelim-znati/Skola-energetike>
4. „Energija, električna energija, strujni krug“, online skripta.
URL: <http://fly.cc.fer.hr/~mirol/elektronika/2.html>
5. „Physlets – physics applets“, Web Physics.
URL: <http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>
6. „Najvažniji rezultati edukacijskih istraživanja u fizici“, Maja Planinić, PMF, Fizički odsjek, Zagreb.
URL: <http://www.phy.hr/~maja/PER.htm>
7. „How do batteries work“, BBC – Rough Science Library,
URL: <http://www.open2.net/science/roughscience/library/batteries.htm>