



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO - MATEMATIČKI FAKULTET



Uticaj primene hibridne nastave upotrebom Moodle platforme i PhET simulacija u fizici na učeničke performanse

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor: dr Branka Radulović

Kandidat: Marina Dorocki

Novi Sad, 2022. godine

Ključna dokumentacija

UNIVERZITET U NOVOM SADU

PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA ¹

Vrsta rada:	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora:	Marina Dorocki
Mentor (titula, ime i prezime, zvanje, institucija)	dr Branka Radulović, naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku
Naslov rada:	Uticaj primene hibridne nastave upotrebom Moodle platforme i PhET simulacija u fizici na učeničke performanse
Jezik publikacije (pismo):	Srpski (latinica)
Fizički opis rada:	Stranica 118 Poglavlja 10 Referenci 95 Tabela 11 Slika 23 Grafikona 5 Priloga 5
Naučna oblast:	Fizika
Uža naučna oblast (naučna disciplina):	Metodika nastave fizike

¹ Autor doktorske disertacije potpisao je i priložio sledeće Obrascе:

5b – Izjava o autorstvu;

5v – Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije i o ličnim podacima;

5g – Izjava o korišćenju.

Ove Izjave se čuvaju na fakultetu u štampanom i elektronskom obliku i ne koriče se sa tezom.

Ključne reči / predmetna odrednica:	Hibridno učenje, nastava fizike, Moodle, kognitivno opterećenje, motivacija, naučno rezonovanje
Rezime na jeziku rada:	<p>Opremanje škole novom tehnologijom predstavlja potreban ali ne i dovoljan uslov za unapređenje nastavnog procesa. Kako bi se ostvario željeni ishod i ciljevi nastave, od izuzetne je važnosti obučiti nastavnike novim nastavnim metodama koje uključuju i primenu informacionih kompjuterskih sistema. Kako se tehnologija razvija eksponencijanom brzinom, od izuzetne je važnosti kvalitativno i kvantitativno ispitati efekat različitih načina njene primene u nastavi na učeničke performanse. U ovom radu ispitan je uticaj nastavne metode bazirane na hibridnom učenju na samopercipirani mentalni napor, motivaciju učenika za učenje fizike, naučno rezonovanje, kao i postignuće učenika drugog razreda gimnazije, primenjene na nastavnu oblast Jednosmerna električna struja. Glavni zaključci su da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju uzrokovala veće učeničko postignuće na testu znanja, manji samopercipirani mentalni napor učenika, veću motivaciju za učenje fizike i viši nivo naučnog rezonovanja nego tradicionalni metod.</p>
Datum prihvatanja teme od strane nadležnog veća:	
Datum odbrane:	
(Popunjava odgovarajuća služba)	
Članovi komisije:	<p>prof. dr Milica Pavkov Hrvojević, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, predsednik komisije</p> <p>prof. dr Maja Stojanović, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, član</p> <p>prof. dr Olivera Gajić, redovni profesor Filozofskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, član</p> <p>dr Branka Radulović, naučni saradnik Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, mentor</p>

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCES

KEY WORD DOCUMENTATION²

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Marina Doricki
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	PhD Branka Radulović, Scientific Associate, University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics
Thesis title:	Impact of blended learning approach using the Moodle platform and PhET simulations in physics on students' performance
Language of text (script):	Serbian language (latin)
Physical description:	Pages 118 Chapters 10 References 95 Tables 11 Illustrations 23 Graphs 5 Appendices 5
Scientific field:	Physics
Scientific subfield (scientific discipline):	Didactics of Physics/Methods of teaching physics
Subject, Key words:	Blended learning, physics teaching, Moodle, cognitive load, motivation, scientific reasoning

² The author of doctoral dissertation has signed the following Statements:

56 – Statement on the authority,

5B – Statement that the printed and e-version of doctoral dissertation are identical and about personal data,

5r – Statement on copyright licenses.

The paper and e-versions of Statements are held at the faculty and are not included into the printed thesis.

<p>Abstract in English language:</p>	<p>In order to achieve the desired outcome and goals of teaching, it is essential to train teachers in new teaching methods that include the use of information computer systems. Equipping the school with new technology is necessary but insufficient to improve the teaching process. As technology develops exponentially, it is imperative to qualitatively and quantitatively examine the effect of different ways of its application in teaching on student performance. In this thesis, the influence of the teaching method based on hybrid learning on self-perceived mental effort, students' motivation to learn physics, scientific reasoning, and the achievement of second-grade high school students, applied to the teaching area DC electric current was investigated. The main conclusions are that the teaching method based on hybrid learning caused greater student achievement on the knowledge test, the less self-perceived mental effort of students, greater motivation to learn physics, and a higher level of scientific reasoning than the traditional method.</p>
<p>Accepted on Scientific Board on:</p>	
<p>Defended: (Filled by the faculty service)</p>	
<p>Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)</p>	<p>President: PhD Milica Pavkov Hrvojević, full professor, Faculty of Sciences University of Novi Sad</p> <p>Member: PhD Maja Stojanović, full professor, Faculty of Sciences University of Novi Sad</p> <p>Member: PhD Olivera Gajić, full professor, Faculty of philosophy, University of Novi Sad</p> <p>Member: PhD Branka Radulović, Scientific Associate, Faculty of Sciences University of Novi Sad</p>
<p>Note:</p>	

Predgovor

Ova doktorska disertacija rađena je pri Departmanu za fiziku, Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu pod mentorstvom dr Branke Radulović.

Opremanje škole novom tehnologijom predstavlja potreban ali ne i dovoljan uslov za unapređenje nastavnog procesa. Kako bi se ostvario željeni ishod i ciljevi nastave, od izuzetne je važnosti obučiti nastavnike novim nastavnim metodama koje uključuju i primenu informacionih kompjuterskih sistema. Kako se tehnologija razvija eksponencijanom brzinom, od izuzetne je važnosti kvalitativno i kvantitativno ispitati efekat različitih načina njene primene u nastavi na učeničke performanse. U ovom radu ispitan je uticaj nastavne metode bazirane na hibridnom učenju na samopercipirani mentalni napor, motivaciju učenika za učenje fizike, naučno rezonovanje, kao i postignuće učenika drugog razreda gimnazije, primenjene na nastavnu oblast Jednosmerna električna struja.

Glavni zaključci su da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju uzrokovala veće učeničko postignuće na testu znanja, manji samopercipirani mentalni napor učenika, veću motivaciju za učenje fizike i viši nivo naučnog rezonovanja nego tradicionalni metod.

Rad je pripremljen s nadom da će sakupljeni i prezentovani rezultati istraživanja biti od interesa za nastavnike fizike, ali i da će pružiti važne smernice i podatke za razvoj metodike nastave fizike.

Zahvaljujem se mentoru dr Branki Radulović na ukazanoj pomoći kroz korisne savete i podršci tokom izrade ove disertacije. Veliku zahvalnost dugujem predsedniku i članovima komisije na ukazanoj pomoći i podršci tokom izrade ove disertacije i tokom studija. Zahvaljujem se nastavnicima, učenicima i direktoru Gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj“, kao i direktorki i učenicima Gimnazije „Isidora Sekulić“ koji su mi omogućili realizaciju istraživanja.

Doktorsku disertaciju posvećujem prerano preminulom ocu fizičaru Vladimiru Radujkov, koji je na mene preneo ljubav prema fizici, astronomiji i potrazi za istinom koja je tamo negde.

Novi Sad, januar 2022.

Marina Dorocki

Sadržaj

Ključna dokumentacija.....	2
Sadržaj.....	7
1 Uvodna razmatranja	9
2 Teorijski okvir istraživanja.....	11
2.1 Teorija kognitivnog opterećenja.....	11
2.1.1 Metode merenja kognitivnog opterećenja	14
2.2 Kognitivni razvoj i naučno rezonovanje.....	15
2.2.1 Procesi kognitivnog razvoja	15
2.2.2 Stadijumi kognitivnog razvoja	16
2.2.3 Losonov test naučnog rezonovanja.....	19
2.3 Motivacija.....	21
2.4 Taksonomija hibridne i kombinovane nastave	24
2.5 Tehnološka obrazovna revolucija i Web 2.0 alati	34
2.6 Sistemi za upravljanje učenjem i virtualne laboratorije	36
2.6.1 Blackboard.....	36
2.6.2 Claroline LMS.....	37
2.6.3 Moodle.....	37
3 Metodologija naučnog istraživanja.....	41
3.1 Problem i predmet istraživanja	41
3.2 Cilj i zadaci istraživanja	42
3.3 Hipoteza istraživanja	43
3.4 Varijable israživanja.....	44
3.5 Metode istraživanja	44
3.5.1 Pedagoški eksperiment sa paralelnim grupama.....	44
3.5.2 Metode pedagoške statistike.....	44
3.6 Tehnike i instrumenti istraživanja	45
3.6.1 Test znanja.....	45
3.6.2 Test motivacije	45
3.6.3 Losonov test naučnog rezonovanja.....	46
3.7 Uzorak istraživanja.....	47

3.7.1	Procedura - Eksperimentalni program.....	47
3.7.2	Uzorak gradiva i modeli časova realizovanih primenom hibridnog modela učenja.....	48
4	Analiza rezultata istraživanja	70
4.1	Postignuće učenika na testovima znanja	70
4.1.1	Postignuće učenika na inicijalnom testu.....	70
4.1.2	Postignuće učenika na finalnom testu	70
4.1.3	Uticaj pola ispitanika na postignuće učenika	71
4.2	Mentalni napor učenika	71
4.2.1	Mentalni napor učenika na inicijalnom i finalnom testiranju.....	71
4.2.2	Uticaj pola ispitanika na samopercipirani mentalni napor	73
4.3	Instrukciona efikasnost.....	74
4.3.1	Uticaj samopercipiranog mentalnog napora učenika na njihovo postignuće	74
4.3.2	Uticaj pola ispitanika na instrukcionu efikasnost	75
4.4	Motivacija učenika za učenje fizike	76
4.4.1	Motivacija učenika za učenje fizike na inicijalnom i finalnom testiranju	76
4.4.2	Uticaj pola ispitanika na motivaciju učenika pri finalnom merenju.....	77
4.5	Nivo naučnog rezonovanja učenika.....	78
4.5.1	Uticaj primenjenih nastavnih metoda na nivo naučnog rezonovanja učenika na inicijalnom i finalnom testiranju.....	78
4.5.2	Uticaj pola ispitanika na nivo naučnog rezonovanja pri inicijalnom i finalnom testiranju ..	79
4.6	Uticaj prediktora na učeničko postignuće – model neuronskih mreža	80
5	Diskusija rezultata istraživanja i zaključak	82
6	Literatura	85
7	Prilozi	92
7.1	Prilog 1 – Test znanja	92
7.2	Prilog 2 – Test motivacije.....	92
7.3	Prilog 3 – Test naučnog rezonovanja	93
7.4	Prilog 4 – Plan i program nastave i učenja, predmeta fizike, za drugi rared gimnazije prirodno matematičkog smera.....	93
7.5	Prilog 5 – Primeri časova klasične nastave namenjeni kontrolnoj grupi.....	102
	Biografija.....	114

1 Uvodna razmatranja

Veštačka inteligencija je na putu da promeni svet i definiše nove sisteme vrednosti i potrebe tržišta. Kako bi posao osposobljavanja mladih ljudi za budućnost bio učinkovit, neophodno je menjati način obrazovanja u što kraćem roku (Holmes et al., 2019). U svojoj doktorskoj disertaciji Chandra (Čandra) postavlja pitanje da li bi nastavnik iz 1900 godine umeo da drži čas u današnjoj školi? Nažalost, takav nastavnik bi se u potpunosti uklopio u današnji obrazovni sistem (Chandra, 2004). Nesposobnost prilagođavanja obrazovnog sistema potrebama novih generacija, dovelo je do ozbiljnih problema, koji su posebno izraženi u nastavi prirodnih nauka. Iako je danas na raspolaganju neograničen pristup informacijama putem interneta, kao i razni tehnički uređaji koji se svakodnevno koriste u komunikaciji, nastava prirodnih nauka i dalje je bazirana na frontalnom predavanju uz upotrebu udžbenika i zbirke zadataka. Učenici predmet fizike doživljavaju kao zanimljiv ali težak, po prirodi formalistički i apstraktan (Angell et al., 2004). Takođe, učenici retko uviđaju primenu naučenog u svakodnevnom životu. Jedan od savremenih pristupa metodici nastave koji omogućava da se napusti tradicionalna nastava je hibridno učenje.

Učenici i nastavnici veruju da fizika nije laka za učenje, jer zahteva razumevanje apstraktnih ideja. Angell i saradnici zaključili su da učenici preferiraju aktivno učešće u nastavi sa više mogućnosti interakcije i diskusije (Angell et al., 2004). Međutim, ovaj model nije uvek moguće primeniti u realnoj nastavi. Delom zbog preobimnog gradiva a delom zbog velikog broja učenika u odeljenju. Upotrebom LMS (Learning Management Systems) sistema za učenje, nastavnici imaju mogućnost da deo teorijskog predavanja premeste u onlajn okruženje. Kako je fizika kao predmet značajna za razvoj kritičkog mišljenja i naučnog rezonovanja kod učenika tako je od izuzetne važnosti da učenik dostigne potrebne ishode ovog predmeta. U osnovi fizike kao nauke, ali i nastave leži eksperiment. Upotrebom virtualnih laboratorija, moguće je i eksperimentalni deo nastave delimično preneti u onlajn učionicu. Virtualna laboratorija svakako ne treba da zameni realnu laboratoriju, ali itekako može da se iskoristi za bolje razumevanje visoko apstraktnih koncepata fizike (Finkelstein et al., 2005). Jedan od primera visoko apstraktne nastavne teme koja se obrađuje u drugom razredu na nastavi fizike, jeste „Jednosmerna električna struja“. Kretanje naelektrisanja u električnom kolu nije vidljivo za ljudsko oko, te predstavlja fenomen

visoke apstraktnosti. Primenom virtualne laboratorije u ovoj nastavnoj temi, učenicima omogućava da znatno brže menjaju parametre i vide posledice njihove promene. Ipak, neki fizički koncepti se znatno bolje usvajaju pri eksperimentalnom radu u realnoj laboratoriji. Tu spadaju sve laboratorijske vežbe koje sadrže fizičke i taktilne osećaje, kao npr. Njutnova mehanika (Zacharia et al., 2008). Upotreba virtualnih laboratorija znatno podstiče konceptualno razumevanje, kada je adekvatno kombinovana sa realnim laboratorijama i integrisana u postojeći nastavni program (Zacharia and Anderson, 2003). Kada učenik radi laboratorijsku vežbu u realnoj laboratoriji, neophodno je da potroši određeno vreme na pripremu instrumenata kako bi izvršio neko merenje, dok učenik koji radi eksperiment u simulaciji, ima na raspolaganju znatno više vremena za razmišljanje, analiziranje i diskusiju (Ajredini et al., 2014). Brooks i saradnici ističu da „Internet menja i način učenja kao i sadržaj“ (Brooks et al., 2006), ali takođe naglašavaju da bezciljno surfovanje internetom nikako ne povećava učenička postignuća. Slične tvrdnje imali su i Wang i Bonk, koji sugerišu da uspeh tehnološki orijentisane nastave ne zavisi od tehnologije već od stručnosti moderatora. Primena onlajn učenja ne treba da isključuje učenje u učionici (Wang and Bonk, 2001). Najviši cilj bio bi iskoristiti prednosti i potencijale obe metode, virtualne i realne u cilju postizanja maksimalnog efekta laboratorijskih eksperimenata (Zacharia and Anderson, 2003). Većina istraživača zaključila je da digitalne tehnologije imaju pozitivan uticaj na rezultat učenja i učeničke performanse (Radulovic et al., 2016; Županec et al., 2018). Ipak, neki autori tvrde da višestruka prezentacija gradiva, ne podstiče formiranje mentalnih mapa tokom učenja (Mendelson, 2004).

Stoga, ova disertacija se bavi ispitivanjem uticaja hibridnog modela učenja na učeničko postignuće, samopercipirani mentalni napor, naučno rezonovanje kao i motivaciju. Za istraživanje izabrana je nastavna tema „Jednosmerna električna struja“ koja se obrađuje u drugom razredu gimnazije. Sadržaj ove teme obrađuje se i na studijama kako prirodno-matematičkih tako i tehničkih fakulteta, što dodaje značaj ovom istraživanju.

2 Teorijski okvir istraživanja

2.1 Teorija kognitivnog opterećenja

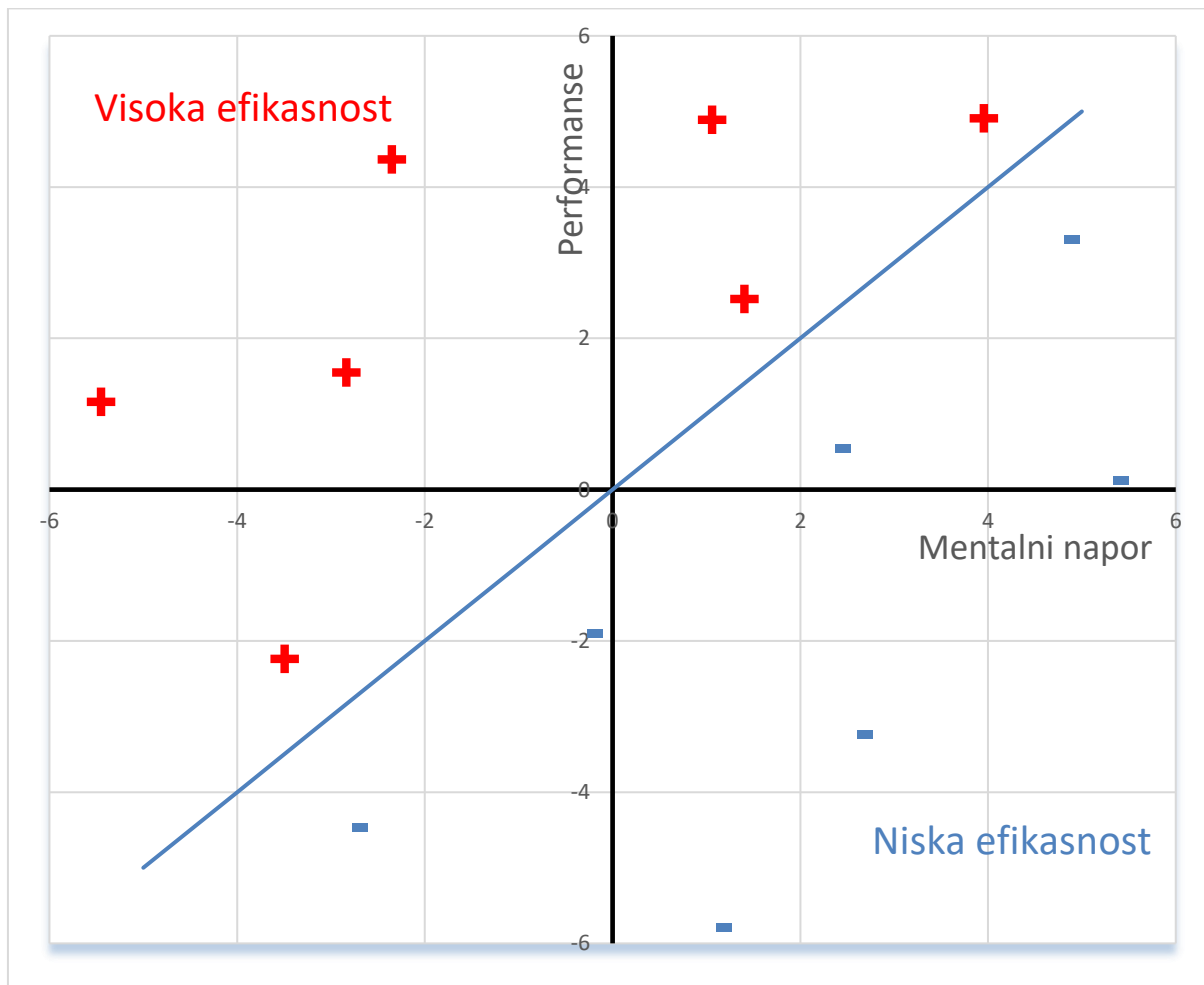
Teorija kognitivnog opterećenja (CLT od eng. Cognitive Load Theory) opisuje ograničenja kapaciteta radne memorije i rezultirajuća ograničenja sposobnosti čoveka da obrađuje dolazne informacije i opisuje različite izvore kognitivnog opterećenja (Baddeley, 1992; Miller, 1956; Sweller, 1988, 1988). Što više informacija učenik istovremeno treba da obradi, to je manja efikasnost procesuiranja. Kognitivna arhitektura definiše dve vrste ljudskog pamćenja mozga (Kirschner, 2002). Prva vrsta je kratkotrajna ili radna memorija (STM od eng. Short Term Memory). Dizajneri nastavnih metoda i različitih nastavnih materijala moraju znati da je ona ograničena na 7 ± 2 informacije ili elemenata informacija (Baddeley, 1992; Miller, 1956). Ako se ovi elementi koriste za upoređivanje ili organizovanje, kapacitet radne memorije pada istovremeno na dve ili tri informacije, za razliku od njihovog jednostavnog memorisanja. U radnoj memoriji informacija se zadržava od 18 do 20 sekundi, nakon čega nestaje ili se stapa sa paralelnim zadatkom (Peterson and Peterson, 1959; Peterson et al., 1961). Konačno, radna memorija je sistem koji implementira najmanje dve komponente režima: vizuelnoprostornu skicu i fonološku petlju koordinisanu od strane centralnog nervnog sistema (Kirschner, 2002). Druga vrsta pamćenja je dugotrajna memorija (LTM od eng. Long Term Memory) u kojoj se skladišti trajnije znanje i veštine i uključuje sve informacije u memoriji koje se trenutno ne koriste, ali koje su potrebne za razumevanje (*Handbook of Learning and Cognitive Processes (Volume 1)*, 2014). Dugotrajna memorija se može podeliti na manje grupe, deklarativnu i proceduralnu memoriju. Deklarativna memorija se sastoji od znanja stečenog obrazovanjem i govorom (kao, na primer, datum rođenja), kao i znanje stečeno ličnim iskustvom (kao na primer sećanje o putovanju na more iz detinjstva). Proceduralna memorija se odnosi na učenje kroz rutinu (učenje vožnje bicikla ili automobila). Ljudska kognicija stoga stavlja svoj glavni naglasak na sposobnost skladištenja naizgled neograničene količine informacija, uključujući velike, složene interakcije i postupke u LTM-u (Kirschner, 2002). Nastavnik mora razmotriti kako se informacije čuvaju i organizuju u LTM-u kako bi bile dostupne onda kada su potrebne kao i tamo gde su potrebne. Kako STM može da obrađuje veoma malo informacija, upotreba sheme koja može da integriše informacione elemente i pravila takođe može da smanji opterećenje STM.

CLT opisuje tri vrste kognitivnog opterećenja: intrističko, eksterno i vezano kognitivno opterećenje (de Jong, 2010; Gelman and Au, 1996; Sweller, 1994). Intrističko kognitivno opterećenje (ICL od eng. Intristic Cognitive Load) zavisi od samog nastavnog materijala, njegove formulacije i broja interaktivnih elemenata unutar gradiva (Gagić et al., 2019). Iako je uslovljeno većinom interaktivnih elemenata u kojima je mogućnost manipulacije zanemarljiva, moderniji pristupi ipak ukazuju na mogućnost manipulacije tim opterećenjem (Ayres, 2006; de Jong, 2010; Plass et al., 2010; Sweller et al., 2011). Primer takve manipulacije je podela složenog materijala na nekoliko delova niže složenosti. Učenik će uspešno rešiti problem kada se unutrašnje opterećenje smanji tako da bude manje od kapaciteta radne memorije. Međutim, za sticanje znanja potrebno je imati ICL u procesu učenja (Clark et al., 2006). Za razliku od ICL-a, postojanje eksternog kognitivnog opterećenja (ECL od eng. Extraneous Cognitive Load) nije neophodno za sticanje znanja, a za planiranje vremena i materijala za nastavu potrebno je svesti ga na minimum i osloboditi prostor za ICL (Radulović and Stojanović, 2019). ECL zavisi od načina izlaganja materijala, odabira nastavne metode i komunikacionih veština nastavnika. Povećava se efektom podeljene pažnje ili primenom različitih modaliteta. Pored ECL-a, postoji i vezano kognitivno opterećenje (GCL od eng. Germane Cognitive Load). GCL predstavlja opterećenje koje generišu procesi poput navođenja primera, klasifikacija, diferencijacija, interpretacija i slično (Clark et al., 2006). GCL je posledica traženja kalkulacija i pravilnosti u učenju materijala kako bi se stvorila semantička makrostruktura. ICL može biti veće od GCL, ali GCL ne može biti veće od ICL (Schnotz and Kürschner, 2007). Kognitivno opterećenje je višedimenzionalni konstrukt koji zavisi i od uzročno-posledičnih faktora (Paas and Van Merriënboer, 1993; Radulović, 2015). Uzročni faktori su karakteristike predmeta, složenost zadatka, okolina i njihovi međusobni odnosi (Choi et al., 2014; Paas and Van Merriënboer, 1994). Faktori procene su mentalno opterećenje, mentalni napor i performanse kao tri merljive dimenzije CL (Choi et al., 2014; Paas and Van Merriënboer, 1994). Mentalno opterećenje je deo CL koji se dodeljuje isključivo zadatkom i zahtevima životne sredine. Mentalni napor odgovara kognitivnom kapacitetu koji mu je zapravo dodeljen i može se smanjiti odvajanjem jednog velikog zadatka u nekoliko manjih zadataka (Dorocki et al., 2021; Paas et al., 2003). Performanse subjekta su odraz mentalnog opterećenja, mentalnog napora i uzročnih faktora. Stoga se mogu povećati performanse predmeta tako što će se stvoriti okruženje bez buke, jasnim definisanjem zadataka i korak po korak uputstvima ili uklanjanjem svih distraktora oko učenika.

Kombinovanjem vrednosti standardizovanog učinka učenika (P) i mentalnog napora (R) uložениh u rešavanje zadataka na testu znanja, moguće je proceniti relativnu efikasnost (E) primenjene nastavne metode (Paas and Van Merriënboer, 1993; van Gog and Paas, 2008). Formula koja broji efikasnost nastavne metode je:

$$E = \frac{P - R}{\sqrt{2}}$$

Na Slika 1 predstavljen je koordinatni sistem mentalnog napora i performansi na osnovu kojeg se može utvrditi efikasnost nastavne metode.



Slika 1 Određivanje efikasnosti nastavne metode

Positivne vrednosti efikasnosti nastavne metode imaju one metode čije koordinate grade presek u gornjem levom kvadrantu, ili ako je tačka iznad krivulje. Nastavna efikasnost određene metode

smatra se za negativnu ako koordinate grade presek u donjem desnom kvadrantu. Pozitivna vrednost nastavne efikasnosti ukazuje na to da su učenici postigli veća postignuća sa uložnim manjim mentalnim naporom.

2.1.1 Metode merenja kognitivnog opterećenja

Mnogi autori (Ayres, 2006; de Jong, 2010; Paas et al., 2003) bavili su se pronalaženjem efikasnih metoda merenja kognitivnog napora kako bi imali kvalitetan parametar u kreiranju različitih metodologija. Objektivne metode merenja kognitivnog opterećenja možemo podeliti u dve grupe: direktne i indirektno metode. Direktne metode podrazumevaju; metodologiju dvostrukog zadatka, tehniku praćenja pokreta oka i merenja aktivnosti mozga pomoću funkcionalne magnetne rezonance (fMRT). Indirektno metode obuhvataju: merenje krvnog pritiska, lupanje srca, ponašanje ispitanika i ishod učenja. Subjektivne metode delimo na direktne i indirektno. Direktna metoda podrazumeva samopercipirani nivo stresa, dok indirektno metoda podrazumeva samopercipirani mentalni napor (Tabela 1).

Tabela 1 Metode merenja kognitivnog opterećenja

Metode merenja kognitivnog opterećenja		
Objektivne metode	Direktne metode	Metodologija dvostrukog zadatka
		Tehnika praćenja pokreta oka
		Merenja aktivnosti mozga pomoću fMRI
	Indirektno metode	Merenje krvnog pritiska, lupanje srca - Eeg
		Ponašanje ispitanika
		Ishod učenja
Subjektivne metode	Direktna metoda	Samopercipirani nivo stresa
	Indirektna metoda	Samopercipirani mentalni napor

Najčešće primenjivana metoda za merenje kognitivnog opterećenja je samopercipirani mentalni napor (Paas et al., 2003). Ova metoda sastoji se u tome da učenici samostalno procenjuju visinu mentalnog napora kojeg su doživeli tokom učenja, a na osnovu zadate skale (de Jong, 2010). U ovom istraživanju korišćena je upravo metoda samopercipiranog mentalnog napora, sa petostepenom Likertovom skalom: 1 – veoma lako; 2 – lako; 3 – ni lako ni teško; 4 – teško i 5 – veoma teško.

2.2 Kognitivni razvoj i naučno rezonovanje

Jean Piaget (Žan Pijaže, 1890-1980) bio je jedan od najuticajnijih istraživača u oblasti razvojne psihologije tokom dvadesetog veka. Piaget se prvobitno obučavao u oblasti biologije i filozofije, a smatrao je sebe “genetskim epistemologom” (Huitt and Hummel, 2003). Pretežno ga je interesovao biološki uticaj na razvoj čoveka i nastanak svesnog bića. Verovao je da nas sposobnost apstraktnog simboličnog rezonovanja razlikuje od drugih životinja. U literaturi, Piagetov rad se često poredi sa radom Vygotskog (1896-1934), koji je smatrao da se kognicija i ponašanje pretežno razvija pomoću socijalne interakcije (Vygotsky, 1986). Istraživanja Piaget-a (Piaget, 1990, 1972) i Vygotskog (1986) zajedno sa Jerome Brunerom (1966) i Ulrick Neisserom (1967) formirala su osnove konstruktivističke teorije učenja i instrukcija. U istraživanju pomoću Binetovog IQ testa u Parizu, Piaget je zapazio da mlađa deca imaju znatno drugačiji način razmišljanja. Postoje dva glavna aspekta njegove teorije:

1. Proces sticanja znanja
2. Stadijumi sticanja sposobnosti.

2.2.1 Procesi kognitivnog razvoja

Kao biologa, Piageta je interesovalo kako se organizam prilagođava okruženju. To prilagođavanje opisao je kao inteligenciju, a ponašanje kao akciju koja je posledica mentalne organizacije, kognitivnog okvira koji pomaže razumevanju okruženja, nazvane sheme (Huitt and Hummel, 2003). Njegova hipoteza bila je da novorođenčad imaju urođene operativne sheme koje se zovu “refleksi”(Piaget, 1972). Kod životinja, ovi urođeni refleksi kontrolišu ponašanje tokom celog života, dok ljudi konstruktivnim shemama vrlo brzo zamenjuju urođene reflekse. Piaget definiše dva procesa koji se dešavaju tokom adaptacije: asimilacija i akomodacija (Piaget, 1972). Oba procesa koriste se tokom celog života individue, dok se tokom vremena, na sve složeniji način prilagođava okruženju. Asimilacija je proces tokom kojeg se transformiše okruženje tako da odgovara prethodnim kognitivnim strukturama. Akomodacija je proces promene kognitivne strukture u cilju prihvatanja nečega iz okruženja. Primer asimilacije bio bi kada dete nauči da koristi flašicu na cuclu i zatim dobije veću flašicu, ono će primeniti već postojeće kognitivne strukture. Primer akomodacije bio bi kada dete mora da modifikuje kognitivnu shemu kako bi uspelo da pije iz obične flaše, a prethodno je pilo na flašicu sa cuclom. Kompleksnije sheme

nazivaju se strukture, a kompleksnije strukture organizovane su u hijerarhijske manire (Huitt and Hummel, 2003).

2.2.2 Stadijumi kognitivnog razvoja

Prema Piagetu razlikujemo četiri stadijuma kognitivnog razvoja:

2.2.2.1 *Senzomotorni stadijum*

Senzomotorni stadijum sastoji se iz šest podstadijuma, a obuhvata period razvoja deteta od rođenja pa do druge godine života. Prvi podstadijum je refleksna aktivnost, karakteristična u vidu disanja i sisanja, a ona se dešava kod beba od rođenja pa do jednog meseca starosti. Drugi podstadijum je primarna cirkularna reakcija, koja je karakteristična za bebe starosti od 1 do 4 meseca. Primarna cirkularna reakcija predstavlja sposobnost deteta da koordinira senzacije pokušavajući da ponovi događaj koji se spontano desi, kao na primer sisanje palca. Treći podstadijum je sekundarna cirkularna reakcija i javlja se kod dece stare od 4 do 8 meseci. Deca postaju svesna objekata van svog tela i postaju više objektno orjentisana. Na primer dete će, nakon slučajno zazveckane zvečke, nastaviti da je tresе kako bi ponovilo zadovoljstvo zvukom kojeg proizvodi. Četvrti podstadijum je koordinacija sekundarnih cirkularnih reakcija i javlja se kod dece starosti od 8 do 12 meseci. U ovom stadijumu deca su sposobna da upotrebe neki predmet kako bi dohvatili drugi predmet. Peti podstadijum je tercijarna cirkularna reakcija i karakteristična je za decu starosti od 12 do 18 meseci. Tokom ovog podstadijuma deca istražuju nove mogućnosti objekata koji ih okružuju. I šesti podstadijum je mentalna prezentacija, a javlja se kod dece stare 18 meseci do 2 godine. Ovaj podstadijum predstavlja prelaz na simbolično mišljenje.

Period senzomotornog stadijuma je baziran na egocentričnosti, gde bebe koriste senzorne inpute kombinovane sa motornim aktivnostima. U ovom periodu korisno je postaviti dete ispod visećih zvečki, koje će pokušavati da zaljulja ne bi li stvorilo zvuk. Ovakve vežbe uče dete da bude ciljno orjentisano, odnosno da razmišlja šta treba da uradi kako bi došlo do cilja. Takođe ovom vežbom bebe uče kako da budu fokusirane na jedan objekat. U ovom stadijumu karakteristično je da deca misle da objekat postoji samo ako ga ona vide. Ukoliko predmet sakrijemo ispod, na primer, ćebeta, dete će misliti da objekat više ne postoji.

2.2.2.2 *Stadijum preoperacionalnog mišljenja*

Stadijum preoperacionalnog mišljenja traje od druge pa sve do sedme godine života. Tokom ovog stadijuma dete počinje da koristi simbole za predstavljanje objekta, razvija govor, memoriju i imaginaciju. Ovaj stadijum podeljen je na dva podstadijuma: prekonceptualni (2-3 godine) i intuitivni. Tokom prekonceptualnog podstadijuma ključnu ulogu u razvoju igra simbolično predstavljanje, koje se karakteriše imitacijom omiljenih crtanih ili igranih junaka. U ovom podstadijumu deca počinju da gledaju na svet kao nešto odvojeno od njih samih. Počinje razvoj jezika i u mogućnosti su da sastave par reči u rečenicu, kao i da prate uputstva i pravila. Intuitivni podstadijum traje od četvrte do sedme godine starosti. Nastavlja se kategorizacija sveta na višem nivou. U ovom podstadijumu počinje razvoj logike i rezonovanja. Ipak, deca u intuitivnom podstadijumu i dalje nisu u stanju da shvate održivost postojanja. Eksperiment pomoću kojeg je Piaget došao do ovog zaključka je pomoću tečnosti u čašama različitih poprečnih preseka. Ako se detetu u ovom stadijumu pokažu dve iste čaše sa jednakom količinom tečnosti, a zatim se tečnost iz jedne čaše prespe u drugu koja ima manji poprečni presek ali veću visinu, dete će misliti da u njoj ima više tečnosti nego u prvoj čaši. U ovom podstadijumu deca razvijaju govor na višem nivou, kao i transduktivno rezonovanje odnosno mogućnost da povezuju dva događaja bez upotrebe apstraktne logike. Na primer, ako dete vidi majku da pakuje poklon, pitaće je na čiji rođendan idu.

2.2.2.3 *Stadijum konkretnih operacija ili logičkog mišljenja*

Tokom stadijuma konkretnih operacija dete razvija i demonstrira logiku i simbolično predstavljanje. Ovaj stadijum traje od sedme do jedanaeste godine. Takođe, u ovom stadijumu deca razumeju koncept održanja, kao i postojanje različitih perspektiva i mišljenja od njihovog. Zbog toga se u ovom periodu izučavaju predmeti svet oko nas i priroda i društvo, kako bi deca razumela postojanje nekih prirodnih zakonitosti.

2.2.2.4 *Stadijum formalno-logičkih operacija ili apstraktnog mišljenja.*

Stadijum formalno-logičkih operacija počinje nakon jedanaeste godine života. Tokom ovog stadijuma deca razvijaju sposobnost rezonovanja i apstraktnog mišljenja. To im omogućava rešavanje različitih problema jer dobijaju mogućnost zamišljanja šta je hipotetički moguće. Dinamički su u mogućnosti da analiziraju svoje misli. Javlja se sposobnost mišljenja o mišljenju. Počinje razvoj sopstvenog identiteta u skladu sa socijalnim i moralnim okruženjem.

Dostizanje trećeg i četvrtog stadijuma neophodno je za razumevanja fizičkih koncepata kao i rešavanje računskih zadataka iz fizike.

Daljim razvojem adolescenta u odraslu osobu, može se razviti i postformalno rezonovanje. Postformalno rezonovanje opisuje se kao više fleksibilno, logično, sa prihvatanjem moralne i intelektualne složenosti, gde je dijalektičnost na znatno većem nivou od prethodnih stadijuma.

Prema Lawsonu više istraživanja otkrilo je da učenici mnogih srednjih škola kao i studenti na fakultetima, nemaju razvijeno formalno i postformalno rezonovanje obrazaca (Lawson, 2003). Samo 35% maturanata srednjih škola ima razvijeno formalno rezonovanje, a mnogi ljudi ga ne razvijaju ni tokom odraslog života (Huitt and Hummel, 2003). Ovi nedostaci rezonovanja dovode do poteškoća u rešavanju računskih zadataka, zatim razumevanju teorijskih koncepata, kao i odbacivanju miskoncepcija vezanih za prirodne nauke i matematiku. Stoga, neophodno je urgentno delovati na rezonovanje učenika. Naučno rezonovanje nalazi se u srcu nauke, tako da je ključno pitanje: Kako pomoći da učenici razvijaju formalno a zatim i postformalno naučno rezonovanje?

Često se tvrdi da je glavni cilj naučnog obrazovanja postizanje naučnog rezonovanja i kritičkog mišljenja (Wenning, 2006). Postizanjem ovog cilja, kreira se naučno pismeno društvo koje ume da odgovori na izazove sa kojima se susreće budućnost jedne nacije. Pandemija virusa COVID-19 izazvala je lavinu lažnih vesti i pogrešno zasnovanih teorija, gde se iskazao manjak naučne pismenosti ne samo našeg društva, već svih nacija na planeti. Nedostatak kritičkog mišljenja prilikom obrade naučno neosnovanih informacija ima tendenciju da ugrozi mnoge živote. Značaj sticanja visokog nivoa naučnog rezonovanja tokom školovanja, postaje sve veći u godinama pred nama. Inflacijom tehnološkog napretka i razvoja novih tehnologija, naročito veštačke inteligencije, naučna pismenost postaje osnova za sva buduća zanimanja.

Postoje dva načina postizanja proceduralnog i deklarativnog znanja, smeštajući informacije u dugoročnu memoriju. Jedan način je kroz ponavljanje ili emocionalno obojenim sadržajem. Ponavljanje i emocije mogu da "urežu" novu informaciju u sinapse suštinski pomoću pojačane presinaptičke aktivnosti do dovoljno visokog nivoa da bi se kreirala nova funkcionalna sinaptička veza (Grossberg, 1982). Drugi, kreativniji način skladišćenja informacija u dugoročnu memoriju predstavlja formiranje veza povezivanjem novih informacija sa prethodnim idejama (Grossberg,

1982). Kada se neuronske aktivnosti istovremeno stimulišu novim ulaznim informacijama i starim idejama, rezultat će biti nastajanje nove funkcionalne veze. Ovakav način učenja ima ogromnu prednost u odnosu na prethodni način skladišćenja informacija u dugoročnu memoriju. Stvaranjem ovakvih sinaptičkih veza dobija se viši nivo učenja koje kreira funkcionalno znanje primenljivo na rezonovanje i rešavanje problema (Lawson, 2004). Nakon ovakvog učenja, učenik će biti u mogućnosti da naučeno primeni i na druge primere, kao i da samostalno kreira nove situacije i nova rešenja. Stoga, u cilju podizanja nivoa učeničke sposobnosti rešavanja različitih problema, nije prihvatljivo primenjivati učenje napamet. Neophodno je kreirati takve situacije tokom kojih se od učenika zahteva logično razmišljanje, povezujući prethodno naučeno sa novim saznanjima. U ovoj disertaciji kreirani su zadaci primenom PhET simulacija, u kojima učenik može samostalno da istražuje i putem pokušaja i pogrešaka dođe do određenih zaključaka koji zatim bivaju skladišteni u dugotrajnoj memoriji, kao i povezani sa prethodnim znanjima.

2.2.3 Losonov test naučnog rezonovanja

Losonov test sastoji se od 24 pitanja grupisanih u 12 parova, čineći tako šest dimenzija kompetencija (Tabela 2).

Tabela 2 Struktura Losonovog testa

Kategorija rezonovanja	Parovi pitanja
Rezonovanje konzervacije mase i težine	1 i 2
Rezonovanje konzervacije zapremine	3 i 4
Rezonovanje proporcije	5 i 6, 7 i 8
Povezivanje promenljivih parametara	9 i 10
Povezivanje promenljivih parametara	11 i 12, 13 i 14
Probabilističko rezonovanje i kombinatorika	15 i 16, 17 i 18
Hipotetičko-deduktivno rezonovanje	21 i 22
Hipotetičko-deduktivno rezonovanje	23 i 24

Prvih 10 parova pitanja Losonovog testa sačinjena su od glavnog pitanja i podpitanja u kojem se traži objašnjenje zbog čega je dat odgovor na glavno pitanje tačan. Zadnja dva para pitanja 21-22 i 23-24 imaju nešto drugačiji oblik. Prvo pitanje je glavno pitanje a u drugom pitanju se postavlja eksperiment kojim bi se dokazalo da je odgovor na prvo pitanje netačno. Ovim se ispituje njihovo potpuno razumevanje problemske situacije jer je znatno teže pretpostaviti dijametralno suprotan odgovor i obrazložiti ga na odgovorajući način. Bodovanje Losonovog testa se vrši tako što učenik mora dati tačan odgovor na oba pitanja u jednom paru pitanja kako bi osvojio bod.

2.3 Motivacija

Motivacija je velika želja ili strast osobe koja ohrabruje osobu da proba i radi nešto u cilju uspeha. Ona je konstrukt koji je sagrađen od individualnih aktivnosti učenja i iskustva i varira od jedne do druge situacije ili konteksta (Bandura, 1997). Prema Oliću (Olić, 2016), Maehr i Meyer definišu motivaciju kao teorijski konstrukt koji se koristi za objašnjenje inicijacije, orijentacije, intenziteta, doslednosti i kvaliteta ponašanja, posebno ponašanja usmerenog prema određenom cilju. Slično tome, Hoffman je motivaciju definisao kao stepen napora i intenziteta usmeren ka cilju vezanom za učenje ili performanse (Hoffman, 2015). Motivaciju koristi kao termin za opisivanje procesa usmeravanja i primene napora i za opisivanje ponašanja. Motivacija kao višedimenzionalni konstrukt, prema Glynnu i Koballi (Glynn and Koballa, 2006), može uključivati: intrističku motivaciju, eksternu motivaciju, ličnu procenu važnosti nauke, samoodređenje, samoefikasnost i procenu anksioznosti. Intristički faktori motivacije uključuju individualne karakteristike učenika koje učenik ulaže u aktivnosti za učenje, kao što su interesovanje, odgovornost za učenje, napor, vrednosti i percipirane sposobnosti (Ainley, 2006). Eksterni faktori motivacije uključuju spoljašnje nagrade kao što su novac, ocene i pohvale. Istraživanja su pokazala da osobe koje imaju jaku intrističku motivaciju, imaju veće interesovanje, uzbuđenje, zabavu i samopouzdanje, koje vodi do boljih performansi, kreativnosti, upornosti, energičnosti, generalno do dobrog stanja osobe i sapomoštovanja, kao i veće želje za celoživotno učenje (Kohn, 1999; Ryan and Deci, 2000). Na osnovu prethodno navedenog, zaključuje se da je iznalaženje načina za povećanje intrističke motivacije kod učenika od krucijalne važnosti za razvoj učeničkih performansi kao i celoživotnog učenja. Stoga je prilikom kreiranja nastavnih metoda potrebno uzeti u obzir načine koji će pozitivno uticati na motivaciju učenika za određeni predmet ili učenje uopšte.

Motivacija može uključivati samoefikasnost, strategije aktivnog učenja, vrednost naučnog učenja, cilj performansi, cilj dostignuća i stimulaciju okruženja za učenje (Tuan et al., 2005). Svaka od komponenti može uticati na učenička postignuća. Schunk, Pintrich, & Meece, 2008, prema (Obrentz, 2012) definisali su opštu motivaciju za učenje kao unutrašnje stanje koje inicira usmeravanje i podržava ponašanje da bi se nešto naučilo. Motivacija je ključni faktor u zadržavanju učenika unutar procesa učenja i dokazano predstavlja najznačajniji faktor uticaja na akademski uspeh (Pintrich et al., 1994). Motivisani učenik vodiće računa o svom obrazovanju, imaće pozitivno mišljenje i uvek će biti raspoložen za učenje (Ross, 1999). Podučavanje bi bilo

besmisleno ukoliko učenik ne bi bio motivisan, čak i kada su kapacitet i sposobnost nastavnika izuzetno visoki (Walberg, 1988). Sopstvena motivacija je ključna u generisanju potencijala za izuzetnost i tesno je povezana sa željom za uspehom (Petri and Govern, 2013).

Razlikuju se četiri različita pristupa pojmu motivacije: bihevioristički, kognitivistički, socijalno-kognitivistički i sociokulturološki pristup. Bihevioristički pristup motivaciji podrazumeva primenu adekvatnih potkrepljenja i kazni, čijom primenom se učenik uslovljava na određeno ponašanje. Doslednom primenom ovog pristupa, moguće je stvaranje određene navike, ponašanja odnosno učenja kod učenika. Učenik stupa u akciju kako bi izbegao kaznu ili osvojio nagradu. Za primenu ove eksterne motivacije neophodno je uključivanje druge osobe koja predstavlja izvor potkrepljenja za akciju. Rezultati istraživanja pokazuju da je ovaj pristup najzastupljeniji u školskoj praksi u Republici Srbiji (Lalić-Vučetić, 2007). Kognitivistički pristup uključuje sopstvene planove, ciljeve i interesovanja učenika. Prema kognitivističkim autorima, intrinzična motivacija je prirodna osnova učenja i razvoja (Vansteenkiste et al., 2006; Wentzel, 2013). U okviru ovog pristupa nastale su mnoge teorije motivacije: teorija atribucije, teorija očekivanja i vrednosti postignuća, teorija orijentacije ka cilju, teorija samoefikasnosti, kao i teorija samodeterminacije. Socijalno-kognitivistički pristup ističe shvatanje da motivacija za učenje uključuje uzajamnu interakciju kognitivnih činilaca, ponašanja i karakteristika sredine (Bandura, 1977; Schunk et al., 2008). Istraživanje zastupnika socijalno-kognitivističkog pristupa usmereno je na otkrivanje uticaja interakcije sa drugim ljudima na učenje pojedinca. Sociokulturološki pristup zasniva se na sociokulturološkoj teoriji razvoja viših psihičkih funkcija koje je uobličio Vigotski. Najznačajniji pojam ovog pristupa je zona narednog razvoja (ZNR) u kojem je jedino moguć napredak u učenju i razvoju. ZNR podstiče kognitivne, motivacione i afektivne komponente učenikove aktivnosti, unapređujući kognitivne kompetencije a redukujući frustracije tokom učenja.

Potvrđeno je da učenici koji imaju visoku i snažnu motivaciju poseduju znatno pozitivniji stav prema fizici (Ali et al., 2010), voljni su da uče znatno efektivnije (Pintrich and Maehr, 2004) i sposobni su da doprinesu boljem radu u učionici kao i kompletnom školskom razvoju (Eccles et al., 1998). U kontekstu učenja fizike, širom sveta, ustanovljeno je da mali broj učenika bira fiziku u odnosu na druge predmete na višim nivoima obrazovanja (Dawson, 2000; Lyons, 2006; Osborne et al., 2003; Owen et al., 2008). Postoji saglasnost između učenika, nastavnika i opšte

populacije da je fizika izuzetno težak predmet (Lavonen et al., 2007; Lyons, 2006; Owen et al., 2008), što utiče na motivaciju za učenjem fizike. Za učenike, većinski deo kurikuluma fizike smatran je za dosadan i nepotreban (Angell et al., 2004; Lavonen et al., 2007; Lyons, 2006). Tokom obrazovanja, interesovanje za učenje fizike vremenom opada (Reid and Skryabina, 2002). Stoga, zaključujemo da je povećanje motivacije učenika za učenje fizike od izuzetne važnosti, kao i otkrivanje metodologije za njeno povećanje.

U brojnim istraživanjima pokazano je da se okruženje za e-učenje pokazalo pozitivnim za podsticanje motivacije za učenje učenika (Erhel and Jamet, 2013; Papastergiou, 2009). Rezultati ovih istraživanja sumirani su u ideji aktivnog učešća u kreiranju sopstvenog znanja. Okoline za e-učenje pružaju učenicima veći stepen samoregulacionog učenja. U ovakvom okruženju učenik ima mnogo veće šanse da sukcesivno prati svoj napredak, kao i da odabere vreme i trajanje svog učenja tokom dana. Dakle, ako učenik može odrediti ishode svojih aktivnosti, biće aktivno uključen u svoj sopstveni razvoj.

2.4 Taksonomija hibridne i kombinovane nastave

Šta hibridno učenje nije?

Tradicionalna nastava nije hibridno učenje. Ona predstavlja obrazovni program koji se fokusira na nastavu usmerenu na nastavnika, uključujući diskusiju predvođenu od strane nastavnika i prenošenje nastavnikovog znanja učenicima. Razredi se formiraju prema hronološkom uzrastu učenika, a retko prema njihovim sposobnostima. Stoga, svi učenici u učionici obično dobijaju jedinstven nastavni plan i program. Nastavni materijali pri ovakavom obliku rada najčešće su zasnovani na udžbenicima, predavanjima i individualnim pisanim zadacima, dok međupredmetne korelacije često nisu dovoljno naglašene, što je veoma čest slučaj na srednjoškolskom nivou obrazovanja.

Nastava bogata tehnologijom nije hibridno učenje. Ona je obrazovni program koji deli tradicionalne instrukcije, ali i digitalna poboljšanja kao što je elektronska table, široki pristup internet uređajima, kamerama za dokumente, digitalnim udžbenicima, internet alatima, i online planovima lekcija. Internet, međutim, ne isporučuje sadržaj i instrukcije, ili ako to učini, učenik još uvek nema kontrolu vremena, mesta, puta ili tempa.

Šta hibridno učenje jeste?

Hibridno učenje je generalno govoreći kombinacija onlajn aktivnosti od kuće i rada u učionici, tako da se vreme u učionici maksimalno koristi za razvoj funkcionalnog znanja učenika, imajući u vidu individualnost svakog učenika. Hibridna metoda učenja podrazumeva prenos dela učeničkih aktivnosti u onlajn okruženje bez odricanja nastave uživo u učionici (Ranganathan, 2007). Ono predstavlja vid kombinovanog učenja sa određenim udelom onlajn aktivnosti od kuće, dok se kod kombinovanog učenja mogu uključiti sve aktivnosti unutar škole, bile one onlajn ili ne. Dolaskom interneta i LMS sistema učenja, u naučnoj literaturi došlo je do skorog izjednačavanja pojma hibridnog i kombinovanog učenja (Bryan and Volchenkova, 2016).

Istorijski razvoj definicije kombinovanog učenja:

- Procter (Education in a Changing Environment Conference and University of Salford, 2003) je kombinovano učenje definisao kao: *efektivnu kombinaciju različitih načina modela i stilova učenja*.

- *Kombinovano učenje je program formalnog obrazovanja tokom kojeg učenik uči primajući sadržaj i instrukcije delom onlajn sa elementima učeničke kontrole vremena, mesta, putanje i tempa učenja, dok se jedan deo nastave odvija i u učionici (Watson and Kalmon, 2005).*
- *Kombinovano učenje predstavlja kombinaciju učenja licem u lice sa kompjuterski baziranim instrukcijama (Graham, 2006).*
- Sloan (Allen et al., 2007) definiše kombinovanu nastavu tako da se između 30% i 79% sadržaja isporučuje onlajn, a preostali sadržaj prenosi se časovima uživo: *Kombinovani kurs kombinuje onlajn i učenje uživo, tako da se značajan deo materijala isporučuje na internetu koristeći onlajn diskusije, a ponekad se održi i čas uživo.*
- Prema Chew, Jones i Turner (Chew et al., 2008) *kombinovano učenje uključuje dva pojma: obrazovanje i obrazovne tehnologije.*
- Friesen redefiniše pojam „licem u lice“ u „ko-prisutnost“ (Friesen, 2012): *Kombinovano učenje podrazumeva kombinaciju različitih internet i digitalnih medija sa ustaljenim oblicima nastave u učionici koji zahtevaju fizičku ko-prisutnost nastavnika i učenika. Friesen (Friesen, 2012) nalazi da je u ranim godinama kombinovanog učenja, ovaj termin podrazumevao skoro bilo koju kombinaciju tehnologije, pedagogije kao i zadatka.*
- *Kombinovano učenje je formalni program obrazovanja tokom kojeg se učenje bar delimično odvija onlajn sa nekim elementima učeničke kontrole vremena, mesta, toka i količine učenja, a dok se drugi deo obrazovnog programa odvija u fizičkoj zgradi škole (Staker and Horn, 2012).*
- Watson i Murin (Watson and Murin, 2014) su proširili prethodnu definiciju Stakera i Horna u: *Kombinovano učenje je formalni program obrazovanja tokom kojeg se učenje bar delimično odvija onlajn sa nekim elementima učeničke kontrole vremena, mesta, toka i količine učenja, a dok se drugi deo obrazovnog programa odvija u fizičkoj zgradi škole; vodeći računa o individualnosti učenika kreirajući integrisano iskustvo učenja.*
- *Kombinovano učenje je metod poučavanja koji kombinuje najefektnije tehnike učenja licem u lice i onlajn interaktivnu saradnju, tako da zajedno čine jednu funkcionalnu celinu (Krasnova, 2015).*
- *Odgovarajuća upotreba kombinacije teorije, metoda i tehnologija za optimizaciju učenja u datom kontekstu je kombinovano učenje (Cronje, 2020).*

Klasifikacija kombinovanog učenja

Graham (2006) je predložio klasifikaciju primenivši četiri dimenzije, četiri nivoa i tri kategorije. Njegove četiri dimenzije su:

1. **Prostor** – koji se može okarakterisati vrstom interakcije, odnosno vrstom prostora u okviru kojeg se vrši interakcija, kao licem u lice ili virtualno;
2. **Vreme** – je vreme odziva ili reakcije na interakciju, te može biti sinhrono ili asinhrono;
3. **Aktivacija čula** – koja može ukazivati na stepen i zastupljenost aktivacije čula, a može biti visoka aktivacija svih čula, niska ili samo tekst; i
4. **Ljudskost** – humanost ili udeo odgovorne osobe za rukovođenje procesom učenja, pa tako može biti nastavnik kao glavni i jedini koordinator procesa učenja, nastavnik i kompjuter podjednako, značajno učešće kompjutera, odnosno veštačka inteligencija rukovodi svim procesima učenja.

Četiri nivoa kombinovanog učenja:

1. **Kombinovanje na nivou aktivnosti** predstavlja aktivnost učenika koja sadrži razgovor sa nastavnikom licem u lice kao i kompjuterski vođenu aktivnost.
2. **Kombinovanje na nivou kursa** je kreiranje kursa tako da se jedan njegov deo odvija kompjuterski vođen. Ovde se razlikuju dva slučaja: kada je vreme za rad na računaru odvojen od vremena rada licem u lice i kada se ova dva vremena preklapaju.
3. **Kombinovanje na nivou programa** javlja se u visokom obrazovanju kada deo nastave može da se odvija onlajn a deo licem u lice.
4. **Kombinovanje na nivou institucije** sve češće se kreira na fakultetima u vidu kombinacije onlajn i nastave uživo.

Ova podela odnosi se na različitost u individualnom obrazovanju i obrazovanju u okviru institucije.

Kategorije Grahamovog kombinovanog učenja su:

1. **Moguće kombinovano učenje** koje ima fokus na pristupačnosti i fleksibilnosti. Učenicima se daje mogućnost pristupa onlajn materijalima kao i izbor njegove upotrebe.

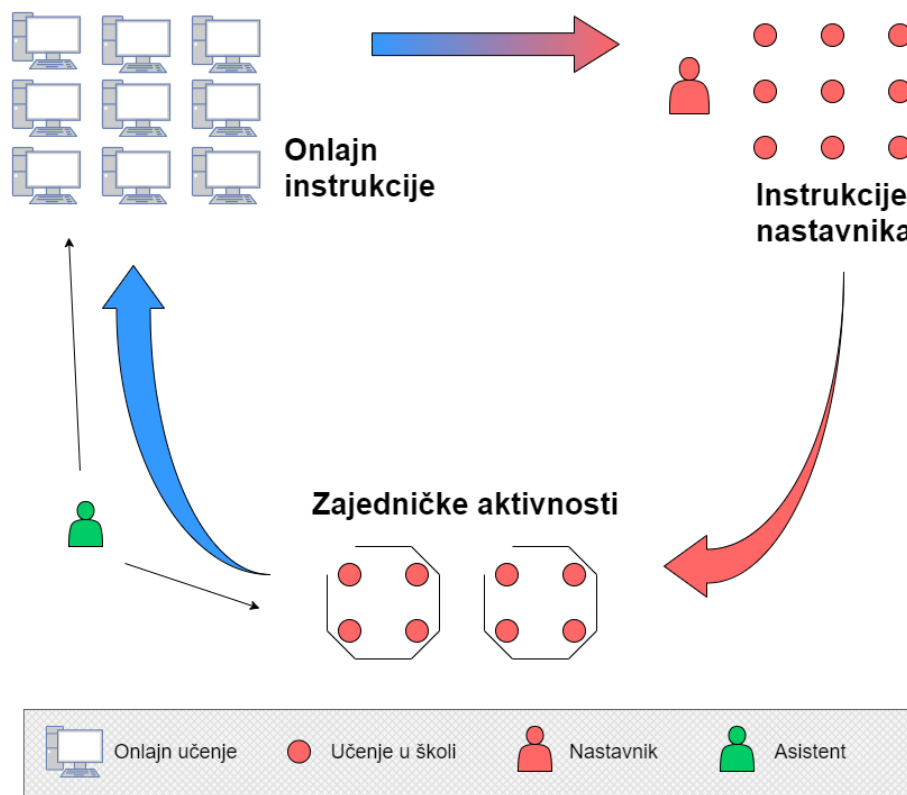
2. **Poboljšano kombinovano učenje** koje ima za cilj da poboljša tradicionalni pristup ne menjajući način na koji se učenje vrši. Na primer prilikom tradicionalnog licem u lice učenja, dodaju se materijali sa interneta.
3. **Transformativno kombinovano učenje** koje ima za cilj da promeni pedagogiju u smislu da učenici imaju znatno veću aktivnu ulogu u konstrukciji sopstvenog znanja. Na primer, menjanje modela gde učenik samo prima informacije u model gde učenik aktivno konstruiše znanje kroz dinamičke interakcije. Ovakav vid kombinovanog učenja omogućava intelektualnu aktivnost koja praktično nije moguća bez tehnologije.

Staker i Horn (2012) prvobitno su definisali šest modela kombinovanog učenja, koji su kasnije redukovani na četiri. Šest originalnih modela bili su:

1. **Model „Licem u lice“:** Klasična nastava u učionici dopunjava se sa onlajn učenjem.
2. **Rotacioni model:** Učenici se rotiraju između rada onlajn i ostalih aktivnosti u učionici.
3. **Fleksibilan model:** Učenici uče pretežno onlajn po individualno definisanom rasporedu, a razgovor licem u lice sa nastavnikom odvija se po potrebi.
4. **Model onlajn laboratorije:** Tradicionalna nastava dopunjuje se sa dodatnim onlajn aktivnostima u okviru škole.
5. **Model samostalnog kombinovanja:** Tradicionalna nastava dopunjuje se sa dodatnim onlajn aktivnostima van škole.
6. **Virtualno obogaćen model:** Učenje se odvija uglavnom onlajn van škole, sa povremenim dolaskom u školu i konsultacijama licem u lice sa nastavnikom.

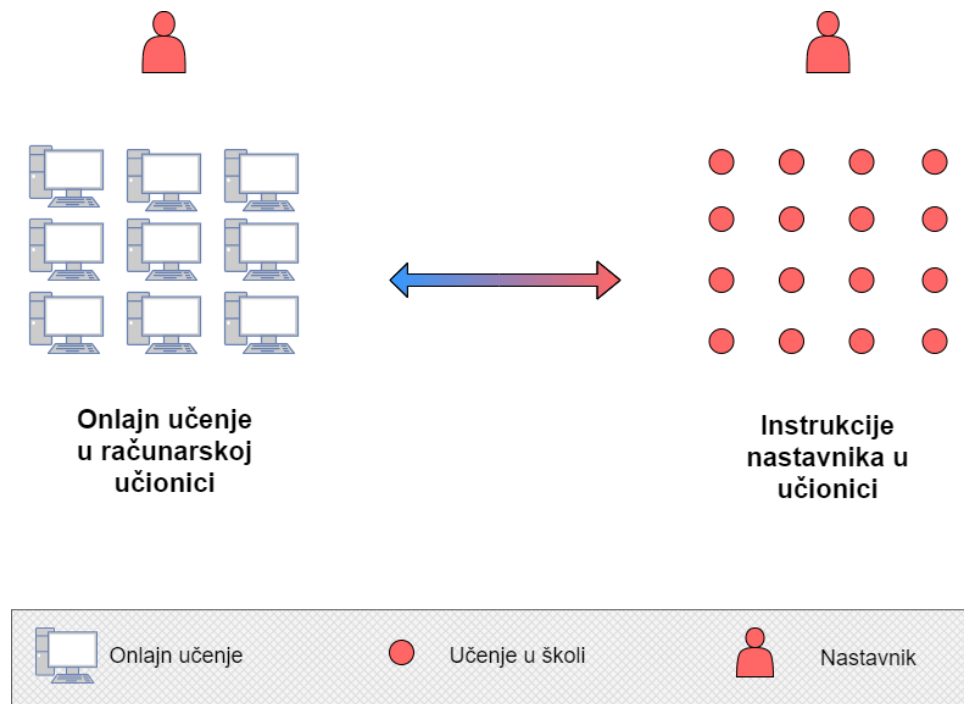
Redukovanjem ove podele, izbačen je model 1 zbog sličnosti sa modelom 2 i 3, a modeli 4 i 5 spojeni su jedinstven model. Tako su nastala 4 modela kombinovanog učenja: **rotacioni model, fleksibilan model, model samostalnog kombinovanja i virtualno obogaćen model**. Rotacioni model se deli u zavisnosti od toga da li učenik prilikom rotacije menja učionicu ili napušta školu i radi od kuće. Tako razlikuju se: **stacionarna rotacija, laboratorijska rotacija, izvrnuta učionica i individualna rotacija**.

- 1. Stacionarna rotacija** (Slika 2) predstavlja model učenja tokom kojeg se učenici rotiraju između aktivnosti u učionici, po jasno definisanom rasporedu ili rasporedu diktiranom od nastavnika, gde jedna od aktivnosti mora da sadrži onlajn učenje. Ostale aktivnosti mogu da budu instrukcije celoj grupi učenika, grupni projekti, individualne konsultacije ili zadaci pomoću papira i olovke. Rotacija može da se vrši istovremeno za celo odeljenje ili u grupama, kao i pojedinačno. Stacionarna rotacija se razlikuje od individualne rotacije jer učenici moraju da prođu kroz sve stanice rotacije, a ne samo one koje izaberu. Primer praktične primene ovog modela bi bio ako nastavnik ima 15 računara u učionici, tokom časa može da smenjuje učenike u manjim grupama od računara do rada u svesci.



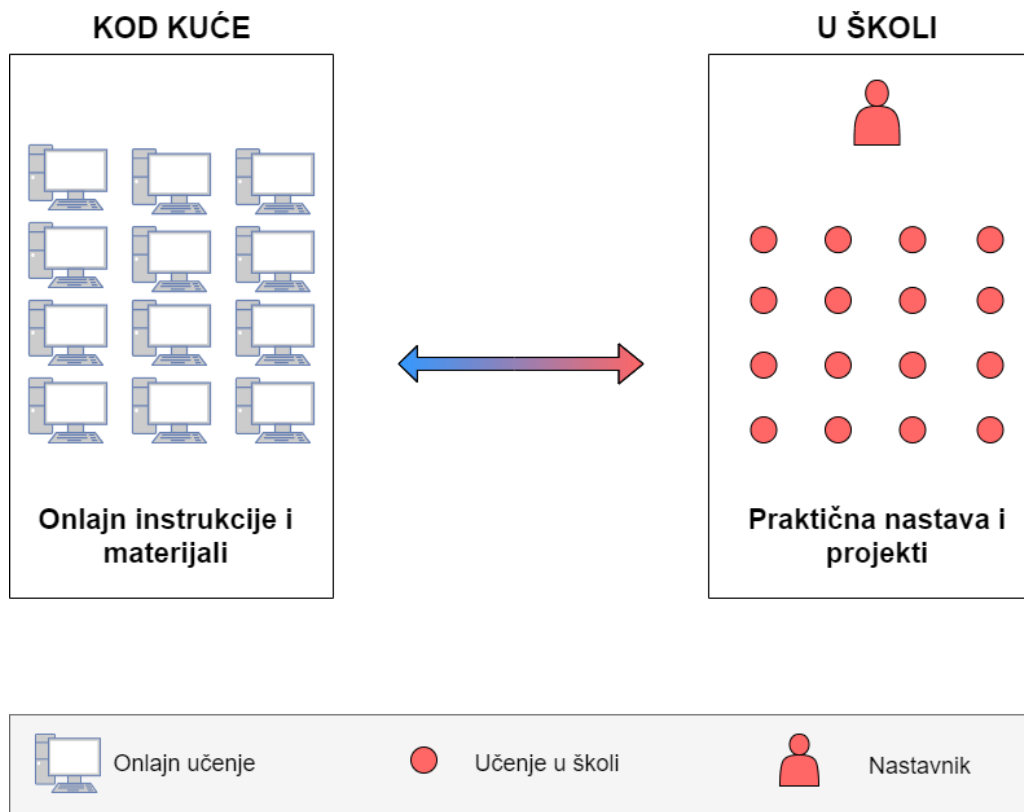
Slika 2 Stacionarna rotacija

2. **Laboratorijska rotacija** (Slika 3) je model učenja tokom kojeg se učenici rotiraju od učionice do laboratorije za onlajn učenje po tačno definisanom rasporedu ili nalogu nastavnike, a u okviru škole ali menjajući lokaciju. Najmanje jedna aktivnost nalazi se u laboratoriji za onlajn učenje, dok se ostale aktivnosti realizuju u učionici. Laboratorijska rotacija razlikuje se od stacionarne rotacije jer se sve aktivnosti ne odigravaju unutar jedne učionice, već se učenici kreću kroz školu do laboratorije za onlajn učenje. Na primer, učenici bi mogli tokom časa fizike da odu do laboratorije za onlajn učenje i urade virtualni eksperiment u PhET simulaciji, a zatim se vrate u učionicu gde diskutuju dobijene rezultate između grupa. Ova dva modela predstavljaju modele koji se odvijaju u potpunosti unutar školske zgrade.



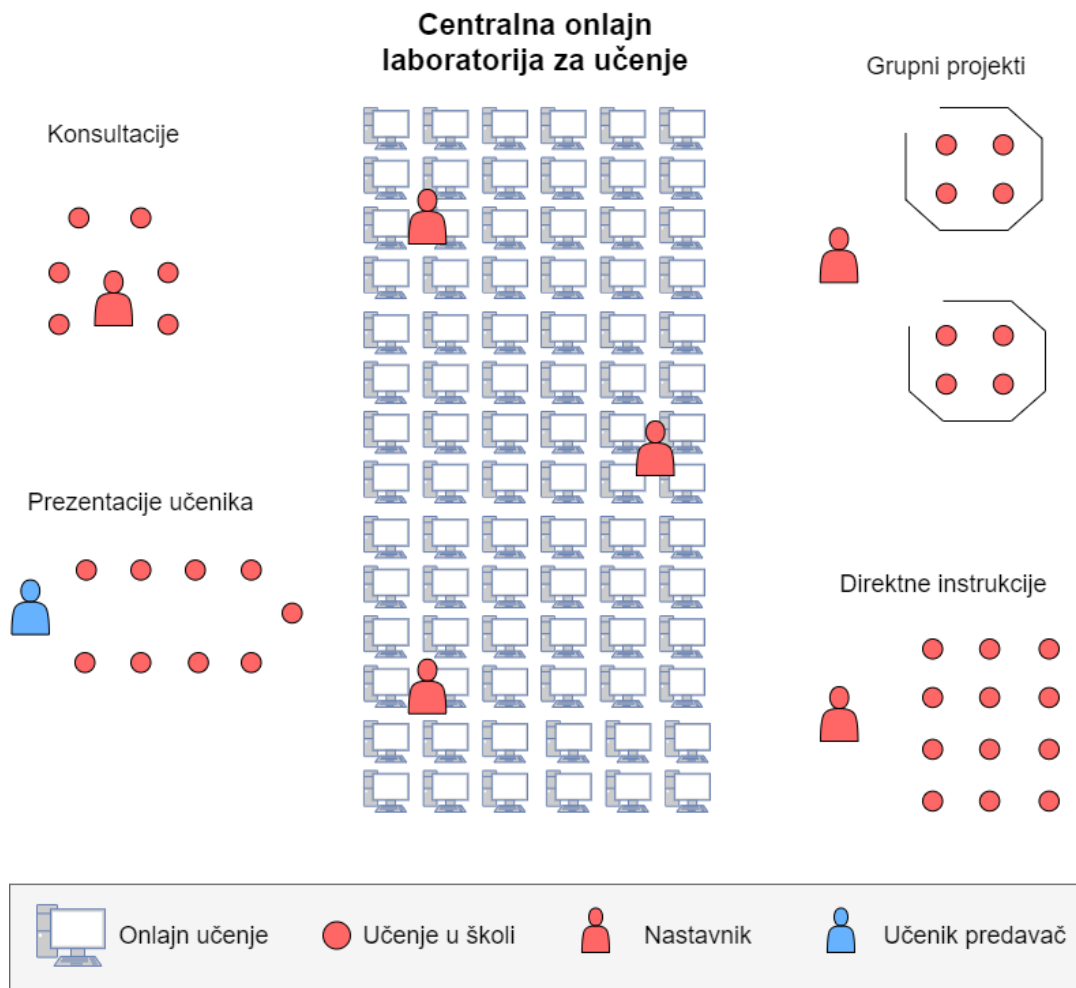
Slika 3 Laboratorijska rotacija

3. **Izvrnuta učionica** (Slika 4) je model u kojem učenik deo aktivnosti obavlja van škole, da li kod kuće ili na nekom drugom mestu gde sam izabere, koristeći računar i internet. Ova rotacija se takođe dešava prema prethodno definisanom rasporedu tako što učenik mora da završi određeni onlajn zadatak do narednog časa uživo. Izvrnuta učionica učenicima daje slobodu izbora određenih parametara učenja kao što su vreme, mesto i putanja izvršavanja zadatka. Učenici mogu da biraju kada, gde i kojim tempom će izvršiti zadatak, ali ipak moraju da ga završe do određenog roka. Na primer, nastavnik kreira onlajn Moodle kurs na kojem učenicima zadaje domaće zadatke koje mora da izvrši do određenog roka. U školi učenici primenjuju svoje stečeno znanje na konkretne probleme.



Slika 4 Izvrnuta učionica

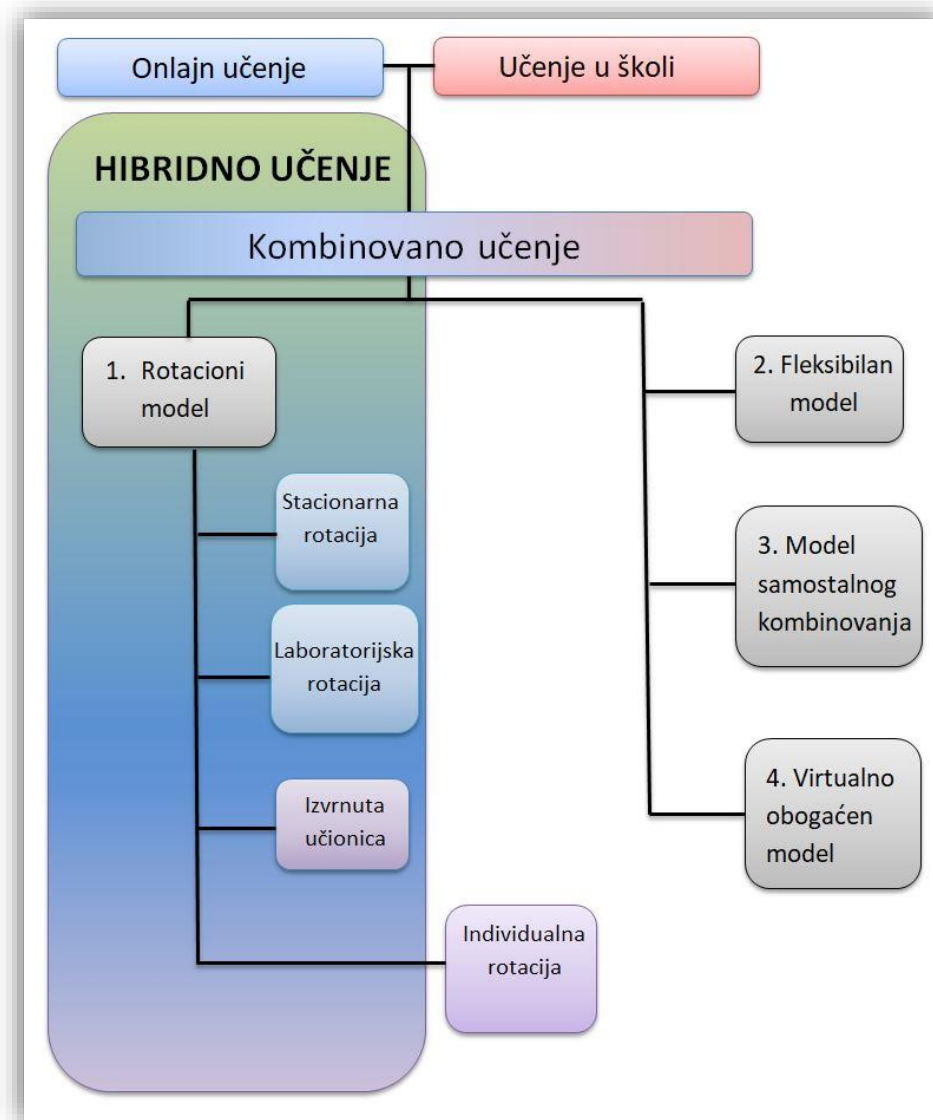
4. Individualna rotacija (Slika 5) je model koji se razlikuje od prethodna tri, stoga što svaki učenik ima svoj individualni program nezavistan od drugih učenika koji ne mora nužno da sadrži sve moguće načine učenja ali mora da sadrži bar jednu onlajn aktivnost. Ova metoda ima takođe definisan raspored, ali pruža izbor učeniku da sam izabere određeni broj aktivnosti od ponuđenih. Najpopularniji način izvođenja rotacionog modela kombinovanog učenja je izvrnuta učionica.



Slika 5 Individualna rotacija

Shema hibridnog i kombinovanog učenja

Sledeća slika prikazuje shematski prikaz preklapanja hibridnog i kombinovanog učenja. Razlikuju se četiri modela kombinovanog učenja dok hibridno učenje obuhvata deo rotacionog modela kombinovanog učenja (Slika 6).



Slika 6 Shema hibridnog i kombinovanog učenja

Hibridni model učenja je kombinovani model učenja koji ima za cilj da izvuče ono najbolje iz oba modela i tradicionalnog i onlajn učenja. Na shemi prikazani su sledeći modeli rotacionog modela učenja: stacionarna rotacija, laboratorijska rotacija i izvrnuta učionica. U ovim modelima učenja implementirane su najbolje karakteristike tradicionalne učionice i onlajn učenja. Ostali modeli kombinovanog učenja značajno zanemaruju tradicionalni model učenja, te oni ne spadaju u hibridni model.

2.5 Tehnološka obrazovna revolucija i Web 2.0 alati

Razvoj tehnike uslovio je promene pristupu obrazovanja, u tolikoj meri da se one mogu poistovetiti sa osnovnim i potrebnim koracima za stvaranje potpuno novog pristupa obrazovnom sistemu. Tokom 2016. godine došlo je do nekih ključnih idejnih rešenja koje su u potpunosti izmenile način učenja i podučavanja. Došlo je do povećanja opsega podataka kroz “augmented learning” (prošireno učenje) gde softver i jake kamere omogućavaju da se vidi ono što se ljudskim okom ne vidi. Na primer, 3D štampač koji omogućava da se opipa nešto što je jako malo tako što se uvećano odštampa. Primenom tehnologije za analizu potreba korisnika kao što je Tin Can API, došlo je i do maksimalne personalizacije učenja. Sve je veći broj firmi koji svoje zaposlene obučavaju upotrebom video igara, odnosno gamifikacijom procesa učenja. Razvojem virtualne realnosti i VR naočara, gamifikacija dobija novu dimenziju i približava se realnoj iskustvenoj praksi. Video konferencije su u upotrebi već duži niz godina, međutim primenom VR naočari u ovakvim konferencijama dolazi se do teleprisutnosti i potpunog premošćavanja fizičke udaljenosti. Kako su platforme za online učenje sve više prilagodljive i mobilnim uređajima, kao rezultat javlja se i mobilno učenje odnosno m-učenje. Pored m-učenja, uveden je i pojam mikro-učenja koje podrazumeva svakodnevno učenje u malim paketima.

Novo doba nameće celoživotno učenje gde je aktivni pojedinac prinuđen da individualno transformiše prikupljene informacije u znanje, da njima upravlja i da ih analizira. Uloga e-nastavnika predstavlja ulogu saradnika, instruktora ili trenera koji pomaže učenicima da uče na svoj način i uspešno prerade informacije u znanje-nasuprot nastavniku u školi koji predstavlja centar učionice u kojoj se odvija frontalna nastava. Upotreba IKT tehnologija u procesu obrazovanja je neizostavna, jedna od mogućnosti jeste i dopuna klasičnoj nastavi u vidu e-obrazovanja. Važna uloga e-obrazovanja jeste osposobljavanje za celoživotno učenje kao i mogućnost boljeg individualnog pristupa u visokoškolskom obrazovanju. Krajnji cilj razvoja e-učenja jeste potpuna automatizacija učenja i ona nas čeka u daljoj budućnosti.

Internet je do pojave Web 2.0 tehnologije uglavnom predstavljao skladište informacija koje su korisnici pasivno upotrebljavali. Web 2.0 predstavlja drugu generaciju interneta u kojem korisnici aktivno učestvuju u kreiranju i održavanju sadržaja. Prednosti korišćenja Web 2.0 alata u obrazovanju su: mogućnost saradničkog učenja, dostupnost elektronskih resursa koji se nalaze na internetu, korišćenje alata čija je jedna od odlika uvažavanje učeničkih interesovanja i potreba.

Mnogi od njih su besplatni i svima dostupni, te se mogu vrlo uspješno koristiti u školi kao dopuna klasičnoj nastavi i svim oblicima vannastavnih aktivnosti. Na taj način učenje prestaje biti samo konzumiranje sadržaja, već se odvija kroz saradnju i stvaranje vlastitog znanja uz pomoć raznovrsnih resursa i korisnika. Pomoću Web 2.0 alata nastavnik ima uvid u aktivnosti učenika, jer oni, osim što mogu da koriste nastavne materijale koje sam nastavnik postavi, imaju mogućnost i da sami postavljaju svoje radove na mrežu, da komuniciraju međusobno, učestvuju u grupnim projektima i sl.

2.6 Sistemi za upravljanje učenjem i virtualne laboratorije

Sistemi za upravljanje učenjem ili skraćeno LMS (*Learning Management System*) je komplet standardizovanih komponenti za učenje, koje su osmišljene tako da povežu učenje sa postojećim informatičkim sistemom unutar organizacije ili putem veb portala za učenje. Svrha mu je da pruži preduzeću, razredu ili grupi u kratkom vremenskom roku centralizovano okruženje učenja putem računara, koje ne zavisi od geografskog razmeštanja pojedinca, njihovog predznanja, uloge u posmatranoj instituciji itd. Softver koji čini osnovu LMS-a upravlja svim elementima nastave, evidentira sve parametre potrebne za praćenje procesa. Na temelju tih parametara moguće je u svakom trenutku pratiti napredak zaposlenog pojedinca ili grupe, te na kraju obrazovnog procesa, pouzdano meriti i analizirati učinak pojedinca. LMS se nalazi na vrhu piramide u strukturi modela E-učenja. Danas se nijedan ozbiljniji sistem elektronskog učenja ne može zamisliti bez takvog složenog softvera. On omogućava isporuku sadržaja za učenje, njegovo praćenje, izveštavanje i administriranje sadržaja učenja, praćenje napretka polaznika, međusobnu komunikaciju mentora i polaznika i studenata međusobno. Funkcije LMS-a su: prijava i naplata, testiranje, upravljanje procesom, korisničke funkcije, monitoring i praćenje i administracija.

2.6.1 Blackboard

Web Course Tool (WebCT) danas poznat kao *Blackboard* je softverski alat namenjen za e-učenje, a pre svega održavanje nastave na daljinu. Alat takođe može poslužiti kao dopuna za nastavu u učionici. Razvijen je na Univerzitetu *Britisch Columbia* u Kanadi 1997. godine. Prema nekim istraživanjima *WebCT* zadovoljava najviše kriterijume u izradi i odražavanju nastave na daljinu. Predznanja potrebna korisnicima ovoga alata su: osnove korišćenja računara, poznavanje koncepta rada interneta i korišćenje osnovnih internet servisa. Oprema koju je potrebno obezbediti za korišćenje *WebCT* je: računar sa pristupom internetu, web čitač *Internet Explorer* (ili neki drugi) i licenca za korišćenje ovoga alata. *WebCT* omogućuje:

- objavljivanje multimedijalnih obrazovnih sadržaja
- međusobnu komunikaciju polaznika i njihovu komunikaciju sa nastavnikom (forum, chat, whiteboard i e-mail)
- on-line testove, kroz koje polaznici mogu izvršiti samoprocenu znanja s mogućnošću automatskog ocenjivanja

- praćenje aktivnosti polaznika on-line nastave kroz mnogobrojna statističke izveštaje: vreme zadržavanja na pojedinim lekcijama, broj poseta pojedinim lekcijama, broj poruka poslatih na forume i vreme učestvovanja na chatu.

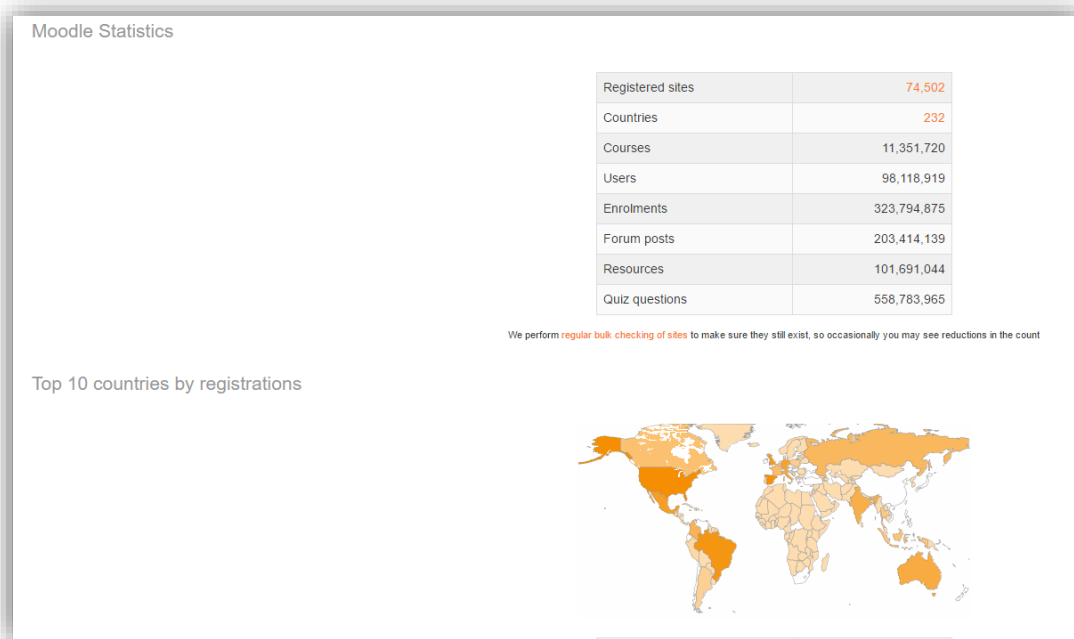
2.6.2 Claroline LMS

Claroline je besplatan onlajn sistem za upravljanje učenjem baziran na PHP-u i MySQL-u. *Claroline* je razvijen na IPM-u - *Institut de Pédagogie universitaire et des multimédias of the UCL, Université Catholique de Louvain*, a dalje se razvija u saradnji IPM-a i ECAM-a, *Institut Supérieur Industriel* iz Belgije. Prema jednom od autora *Claroline*-a, stvarajući ovaj alat, cilj im je bio omogućiti nastavnicima da ovladaju tehnološkim alatima u pedagogiji i obrazovanju, te slobodu i kreativnost u implementaciji pedagoških principa. Naziv *Claroline* dolazi od "Classroom online" u prevodu "Online učionica". Na tržištu danas postoji mnoštvo sistema za upravljanje učenjem, veliki broj tih sistema je komercijalan. *Claroline* je softver otvorenog koda te se nalazi pod GNU licencom. GNU licenca (*General public licence*) osigurava slobodu deljenja i menjanja takvog softvera, čime on postaje besplatan za sve svoje korisnike. *Claroline* je kompatibilan sa *Windows*, *Macintosh* i *Linux* okruženjem, tj. sa svim sistemima koji nude mogućnost korišćenja veb pretraživača. Iz tog razloga, smatramo ga adekvatnim za korišćenje i u Republici Srbiji, iako nije toliko rasprostranjen kao npr. *Moodle*.

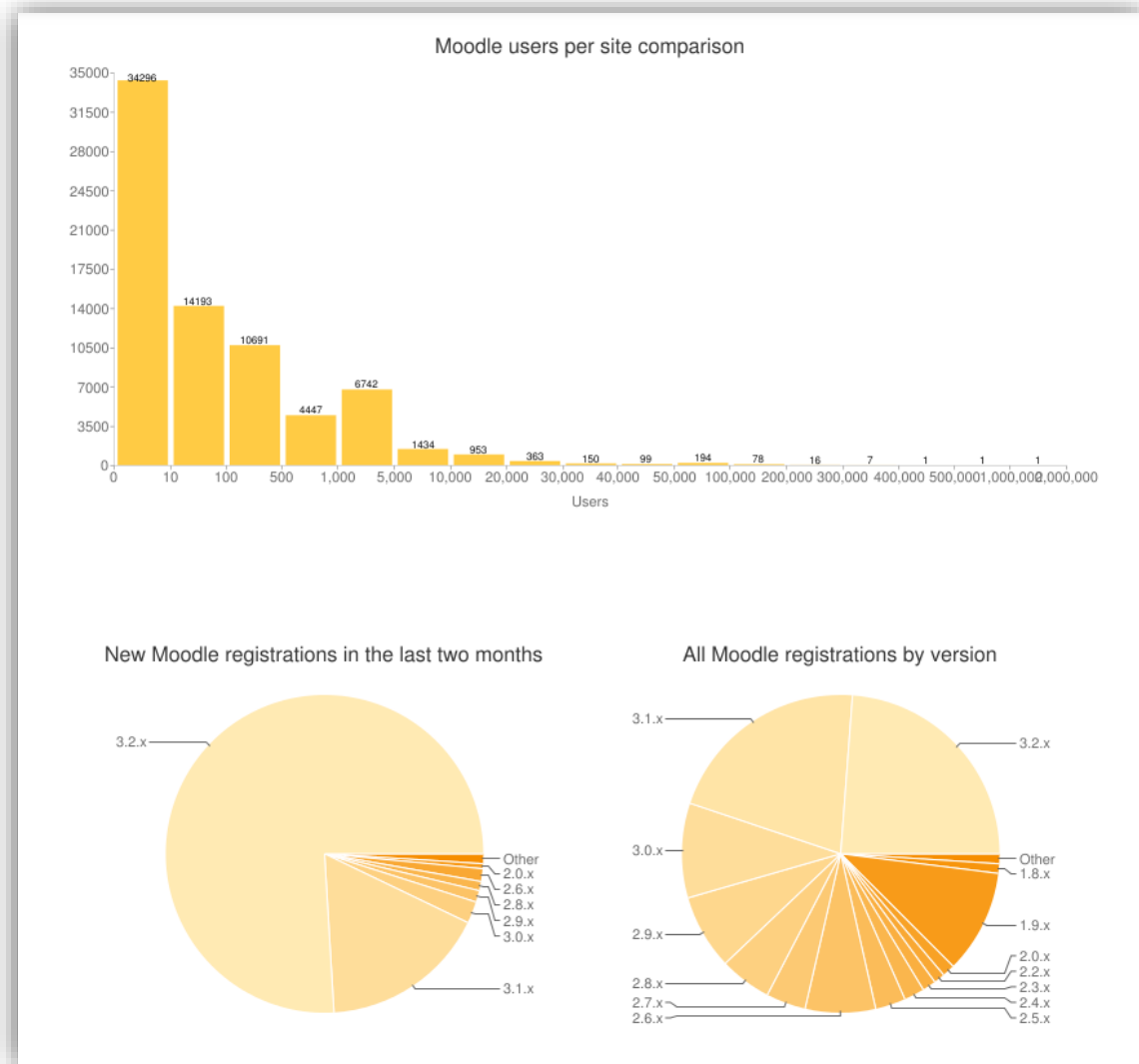
2.6.3 Moodle

Kao najpogodniju platformu za upotrebu, izdvaja se *Moodle*. Iako je besplatna platforma otvorenog koda za elektronsko obrazovanje, *Moodle* nudi sve neophodne opcije koje su potrebne jednom nastavniku. Često se naziva i *Course Management System (CMS)*, *Learning Managemenat System (LMS)* ili *Virtual Learning Enviroment (VLE)*. Do januara 2017. u svetu je registrovano više od 74 hiljade sajtova koji se zasnivaju na *Moodle* platformi, u 232 zemlje sa približno 98 miliona korisnika i preko 11 miliona kurseva. Idejni tvorac *Moodle* platforme je Martin Dougiamas, administrator WebCT (*Course Tools* - virtualno okruženje za obrazovanje (VLE) u vlasništvu kompanije *Blackboard*) na *Curtin* univerzitetu u Australiji. Nastao kao posledica izučavanja upotrebe otvorenog koda u obrazovanju zasnovanom na internetu koje je

Martin Dougiamas izučavao na doktorskim studijama. Moodle je počeo da se razvija 1999 godine, a 2001. godine se menja arhitektura samog sistema koja je i do danas ostala ista. Poslednja verzija ovog programa je 3.2.1. Kreiran je poštujući pedagoške principe, sa ciljem da omogući profesorima lako kreiranje onlajn kurseva i stvaranje efektivne i efikasne zajednice korisnika sistema za elektronsko obrazovanje a studentima lako pristupanje sadržajima istih bez obzira na lokaciju i vreme. Po mnogim anketama koje su objavljene na internetu *Moodle* predstavlja jednu od najprihvaćenijih platformi u svom segmentu. Jednostavna instalacija i eksploatacija ovaj proizvod čine veoma prihvatljivim rešenjem i za studente i profesore ali i za ljude čiji je posao održavanje aplikacije. Na Slika 7 vidimo statistiku upotrebe Moodle platforme do kraja 2016. godine širom planete.



Slika 7 Statistika upotrebe Moodle platforme – 2016. godina



Slika 8 Broj korisnika po sajtu – podaci iz 2016. godine

Na Slika 8 vidi se raspodela broja korisnika po *Moodle* sajtu. Najveći je broj sajtova (34 256) u začetku koji imaju od 0 do 10 korisnika, zatim imamo 14193 sajtova sa 10 do 100 korisnika, nešto manje (10 091 sajt) sa 100 do 500 korisnika, nakon čega imamo skok sa 500 na 1000 do 5000 korisnika, kojih ima na 6 742 sajta. Ovakvi podaci nam signaliziraju da je Moodle platforma u razvoju i da se iz godine u godinu eksponencijalno povećava broj sajtova na kojima se koristi ova platforma.

Tokom 2020-te i 2021. godine usled pandemije virusa Kovid – 19, broj aktivnih sajtova je znatno porastao. Juna 2021. godine aktivno je 193 000 Moodle sajtova, kreirano 37 000 000 kurseva, upisano 1 550 000 000 korisnika (učenika, polaznika) u 248 zemalja. Republika Srbija broji 496 registrovanih sajtova, što je najveći broj u odnosu na ostale zemlje sa teritorije bivše Jugoslavije.

3 Metodologija naučnog istraživanja

3.1 Problem i predmet istraživanja

Učenici često percipiraju fiziku kao tešku, nerazumljivu i zahtevnu nauku. Zbog nerazumevanja osnovnih fizičkih principa i njihovog neuočavanja u svakodnevnom životu, kod učenika se često javlja negativan stav prema ovom nastavnom predmetu. Zbog toga se zadnjih decenija intenzivno radi na promociji, ali i ispitivanju efekata savremenijih nastavnih metoda. Jedan od tih metoda je hibridno učenje koje postoji još od šezdesetih godina prošlog veka. Razlika između nekadašnjeg i sadašnjeg hibridnog učenja je u različitim tehnologijama. Ranijih godina se znanje prenosilo pomoću računara slabih performansi, jednostavnog softvera, kao i CD-ROM tehnologije, dok danas, širenjem interneta, postoje obrazovne platforme za učenje LMS (learning management system). Jedna od takvih platformi je i Moodle LMS. Mogućnosti izrade Moodle kursa su bezgranične te nastavnik ima svu slobodu organizacije procesa učenja. Kroz razne diskusije, forume i radionice, koji se odvijaju pod mentorstvom nastavnika, omogućena je visoka interaktivnost između mentora i učenika.

Primena novih tehnologija u obrazovanju ima znatan uticaj na razvoj metodike i didaktike nastave svih nastavnih predmeta. Stoga se mnogi naučni radovi bave istraživanjem načina integracije tehnoloških inovacija u proces učenja u cilju stvaranja podsticajne atmosfere za učenje i poboljšanja učeničkih performansi. Kako je primena ovakvih platformi novi alat u metodici nastave fizike, neophodno je izvršiti pedagoška istraživanja, u cilju pronalaska najoptimalnije primene hibridnog učenja u redovnoj nastavi. Korišćenje sistema za učenje omogućava i primenu raznih simulacija u oblasti prirodnih nauka koje, pažljivo odabranim instrukcionim dizajnom, mogu imati velik uticaj kako na mentalni napor učenika, tako i na kvalitet stečenog znanja. Kombinacija onlajn kurseva sa virtualnim eksperimentima i realnih predavanja i realnih eksperimenata, dovedu do znatno boljih rezultata ishoda učenja. Pošto je učenje složen mentalni proces na koji utiču brojni faktori, istraživači teže da otkriju što je moguće više faktora koji mogu ubrzati proces učenja, smanjiti mentalni napor učenika, a povećati motivaciju za učenje. Stoga je predmet ovog istraživanja ispitivanje i utvrđivanje uticaja hibridne metodike nastave na mentalni napor učenika, motivaciju, uspešnost na testu znanja kao i na nivo naučnog rezonovanja. Od izuzetne je važnosti ispitati uticaje ovakvog kombinovanog vida učenja, kako bi se nastavnicima predložile dalje smernice za način primene hibridne nastave. U našoj zemlji primena novih

tehnologija u obrazovanju je u svom usponu, te se upotpunjavanje ovakvim informacijama može smatrati izuzetno važnim. Ranija istraživanja nisu u isto vreme posmatrala promenu ovih parametara, te je stoga doprinos ove disertacije u sveobuhvatnijem posmatranju efekata primene hibridnog učenja.

3.2 Cilj i zadaci istraživanja

Cilj ovog istraživanja je da se utvrdi uticaj hibridne nastave na učeničke performanse, mentalni napor, naučno rezonovanje i motivaciju na časovima fizike u srednjoj školi u Srbiji.

Na osnovu cilja istraživanja formulisani su zadaci istraživanja:

1. Utvrditi da li postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u njihovom postignuću na finalnom testu, u zavisnosti od primenjene nastavne metode.
2. Utvrditi da li postoje polne razlike u učeničkom postignuću na finalnom testu.
3. Utvrditi da li postoji razlika između učenika u eksperimentalnoj (E) i kontrolnoj grupi (K) u samopercipiranom mentalnom naporu, u zavisnosti od primenjene nastavne metode.
4. Utvrditi da li postoje polne razlike u samopercipiranom mentalnom naporu učenika.
5. Odrediti instrukcionu efikasnost primenjenih nastavnih metoda.
6. Utvrditi da li postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u pogledu njihove motivacije za učenje fizike, u zavisnosti od primenjene nastavne metode.
7. Utvrditi da li postoje polne razlike u pogledu njihove motivacije za učenje fizike.
8. Utvrditi da li postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) na nivo naučnog rezonovanja, u zavisnosti od primenjene nastavne metode.
9. Utvrditi da li postoje polne razlike u nivou naučnog rezonovanja.
10. Utvrditi uticaj prediktora (primenjene nastavne metode; samopercipiranog mentalnog napora, motivacije za učenje fizike i nivoa naučnog rezonovanja) na postignuće na finalnom testu znanja.

3.3 Hipoteza istraživanja

Hipoteze ovog istraživanja su:

1. Postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u njihovom postignuću na finalnom testu, gde se pretpostavlja da će se ostvariti pozitivan uticaj hibridnog učenja na učenička postignuća na testu znanja.
2. Postoje polne razlike u učeničkom postignuću na finalnom testu.
3. Postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u njihovom samopercipiranom mentalnom naporu na finalnom testu, gde se pretpostavlja da će se ostvariti pozitivan uticaj hibridnog učenja na smanjenje samopercipiranog mentalnog napora učenika.
4. Postoje polne razlike u samopercipiranom mentalnom naporu učenika.
5. Pretpostavlja se da će nastavni metod zasnovan na hibridnom učenju imati veću vrednost instrukcione efikasnosti nego tradicionalni metod.
6. Postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u pogledu njihove motivacije za učenje fizike, gde se pretpostavlja da će se ostvariti pozitivan uticaj hibridnog učenja na povećanje motivacije učenika za učenje fizike.
7. Postoje polne razlike u pogledu njihove motivacije za učenje fizike.
8. Postoji razlika između učenika eksperimentalne (E) i kontrolne grupe (K) u nivou naučnog rezonovanja, gde se pretpostavlja da će se ostvariti pozitivan uticaj hibridnog učenja na nivo naučnog rezonovanja.
9. Postoje polne razlike u nivou naučnog rezonovanja.
10. Postoji uticaj prediktora (primenjene nastavne metode; samopercipiranog mentalnog napora, motivacije za učenje fizike i nivoa naučnog rezonovanja) na postignuće na finalnom testu znanja.

3.4 Varijable israživanja

Nakon postavljanja hipoteza definisane su varijable istraživanja: nezavisne, zavisne i kontrolne varijable.

Nezavisnu varijablu predstavlja eksperimentalni faktor.

Zavisne varijable su: postignuće učenika na finalnom testu, udeo tačnih odgovora na pitanja finalnog testa, samopercipirani mentalni napor, motivacija i nivo naučnog rezonovanja učenika.

Kontrolna varijabla su: pol ispitanika i postignuće učenika na inicijalnim testovima.

3.5 Metode istraživanja

Efekti nastavne metode proučavani su kroz: postignuća učenika na testu znanja, samopercipirani mentalni napor, nivo naučnog rezonovanja i motivaciju za učenje fizike.

3.5.1 Pedagoški eksperiment sa paralelnim grupama

Kako je cilj ovog istraživanja utvrđivanje uticaja izbora nastavne metode na samopercepciju mentalnog napora, zatim na nivo naučnog rezonovanja, uspešnost na testu znanja kao i na motivaciju učenika, primenjen je pedagoški eksperiment sa dve paralelne grupe, jednom eksperimentalnom (E) i drugom kontrolnom (K). Pre formiranja E i K grupa, urađeni su inicijalni test znanja sa skalom samopercipiranog mentalnog napora, test naučnog rezonovanja, kao i motivacije u cilju ujednačavanja grupa. Nakon obrađenih nastavnih jedinica učenicima su ponovljeni testovi kako bi se utvrdio uticaj izbora nastavne metode na sve parametre zadate zadatkom istraživanja.

3.5.2 Metode pedagoške statistike

U cilju provere postavljenih hipoteza primenjene su sledeće metode: jednofaktorska analiza varijanse, t-test uparenih uzoraka, model neuronskih mreža i deskriptivna statistika.

Za sve statističke obrade podataka sa testova, korišćen je program Statistika 12.0 i Exel.

3.6 Tehnike i instrumenti istraživanja

Za istraživanje primenjene su tehnike testiranja i skaliranja. Tehnika testiranja izvršena je u cilju ispitivanja postignuća učenika na testu znanja, testu naučnog rezonovanja kao i testu motivacije. Tehnika skaliranja izvršena je u cilju subjektivne percepcije mentalnog napora tokom izrade testa znanja, primenom petostepene skale na svakom pojedinačnom pitanju.

U istraživanju primenjeni su sledeći instrumenti:

- test ispitivanja znanja iz oblasti fizike jednosmerna struja sa skalom mentalnog napora (Prilog 1),
- test motivacije (Prilog 2),
- Losonov test naučnog rezonovanja (Prilog 3).

Primenjeni instrumenti su korišćeni i za inicijalno i finalno merenje.

3.6.1 Test znanja

U inicijalnom i u finalnom testiranju primenjen je standardizovan test znanja o jednosmernoj struji (Inventory of Basic Conceptions - DC Circuits-IBCDC) kreirao je Ibrahim Halloun (<https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=24&A=DIRECT>) a preveo autor ovog rada. Ovaj test sastoji se od 29 pitanja višestrukog izbora, a nakon svakog pitanja postavljena je Likertova skala za samopercipiranje mentalnog napora. Metoda samopercipiranja je jedna od najčešće primenjivanih metoda za merenje mentalnog napora (Paas et al, 2003). Ova metoda spada u grupu empirijskih indirektnih subjektivnih mera gde učenici sami procenjuju koliki mentalni napor su doživeli prilikom rešavanja zadatih pitanja (de Jong, 2010). U ovom radu primenjena je petostepena skala sa sledećim kategorijama: 1 – veoma lako; 2 – lako; 3 – ni lako ni teško; 4 – teško i 5 – veoma teško. Postoje i druge skale sa sedam i devet ponuđenih kategorija međutim na osnovu starosti ispitanika i njihove razvijenosti mogućnosti razlikovanja nivoa mentalnog napora, odabrana je petostepena skala. Standardizovan Cronbach Alpha za test znanja iznosio je 0.735, a za samopercipirani mentalni napor 0.971.

3.6.2 Test motivacije

Primenjen test motivacije (Student's Motivation Towards Science Learning - SMTSL) kreiran je od strane Tuan, Chin i Shieh (2005), dok su prevod na srpski uradili Olić, Ninković i Adamov (2016). Test motivacije sadrži takođe 29 pitanja na koja učenici odgovaraju u zavisnosti od toga

koliko se slažu sa izjavnom rečenicom, preko petostepene Likertove skale. Upitnik uključuje pet kategorija: učeničku samoefikasnost (7 pitanja), aktivno učenje (8 pitanja), značaj fizike (5 pitanja), motivaciju orijentisanu na postignuće (4 pitanja) i motivacija orijentisana na učenje (5 pitanja). Standardizovan Cronbach Alpha za test motivacije učenja fizike iznosio je 0.821.

3.6.3 Losonov test naučnog rezonovanja

Primenjen Losonov test naučnog rezonovanja (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning - CTSR) kreiran je od strane Anton Lawsons, a preveden na srpski jezik od strane Radulović i Stojanović (2017). Test sadrži 13 pitanja i 11 potpitanja. Podaci su obrađivani tako da ako je dat tačan odgovor i na pitanje i na potpitanje, onda je prihvaćen kao tačan odgovor, a ako je jedno od ta dva netačno, odgovor nije priznat. Standardizovan Cronbach Alpha za ovaj test iznosio je 0.790.

3.7 Uzorak istraživanja

Istraživanje je sprovedeno na uzorku od četiri odeljenja prirodno-matematičkog smera drugog razreda gimnazije. Eksperimentalna grupa sačinjena je od 64 učenika Gimnazije „Isidora Sekulić“ a kontrolna grupa od 64 učenika Gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj“.

Tabela 3 Uzorak istraživanja

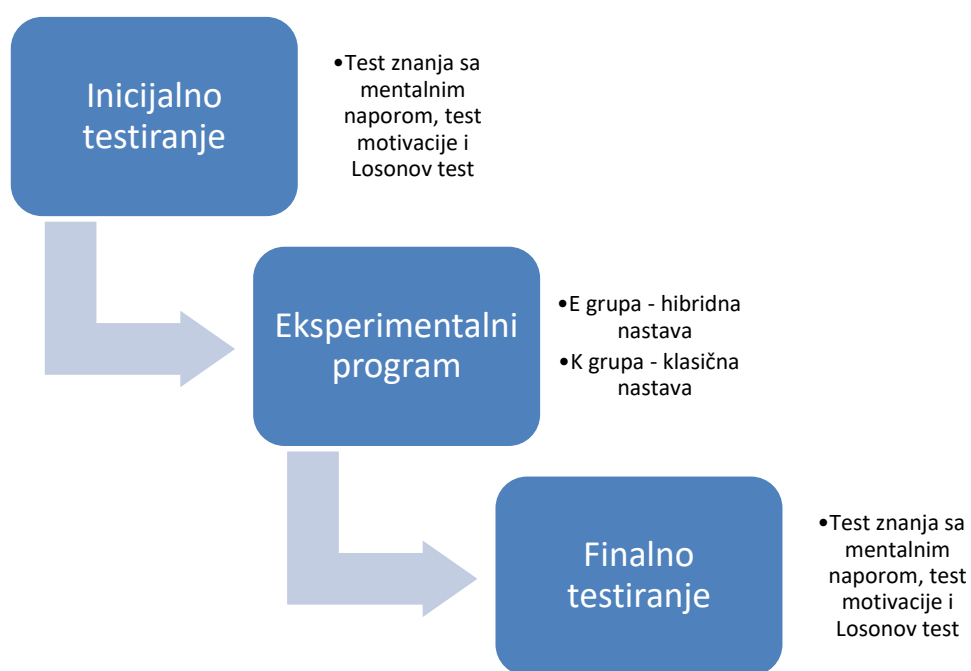
Pol \ Grupa	K	E
Muški	33	35
Ženski	31	29
Ukupno	64	64

3.7.1 Procedura - Eksperimentalni program

Za ovo istraživanje izabrana je nastavna tema Jednosmerna struja zbog svoje apstraktnosti, složenosti i specifičnosti. Većina škola nema dovoljno dobro opremljen kabinet za fiziku i neki eksperimenti se ne mogu i/ili ne smeju izvesti u laboratorijskim uslovima. Primer specifičnosti izabrane nastavne teme i nemogućnosti ostvarivanja eksperimenata u laboratorijskim uslovima ogleda se u primeru izazivanja kratkog spoja. Zbog ovakvih specifičnosti često se realni eksperiment zamenjuje virtuelnim. Tako je prednost virtuelnih laboratorija izražena ne samo u dostupnosti već i u načinu sprovođenja eksperimenata, koje je u nekim slučajevima nemoguće izvršiti u laboratorijskim uslovima. Za podršku virtuelnim PhET eksperimentima i pristupima raznim e-nastavnih materijala razvijena je Moodle platforma Gimnazije „Isidora Sekulić“, koja je u kombinaciji sa pristupom licem u lice iskorišćena za ovo istraživanje. Učenici su u ovom istraživanju postupno vođeni od lakših ka težim konceptima kroz celu nastavnu temu uzimajući u obzir kapacitet radne memorije i zahteve koje nastavni materijal nalaže.

Nakon inicijalnog testiranja utvrđena je ujednačenost E i K grupe. Nastavnicima kontrolne grupe data su jasna uputstva o načinu i planu izvođenja nastave kontrolne grupe, dok je eksperimentalnoj grupi nastavu održavao autor rada. Kontrolna grupa imala je nastavu po tradicionalnoj metodi, dok je eksperimentalna grupa imala nastavu po hibridnoj metodi. Obe škole imaju jednaku opremljenost kabineta kao i kabineta za laboratorijske vežbe. Obe grupe radile su po planu i programu Ministarstva prosveta za drugi razred gimnazije prirodno matematičkog smera, te su obe grupe imale pored predavanja i laboratorijske vežbe.

Autor rada, ujedno i administrator Moodle platforme Gimnazije „Isidora Sekulić“, kreirao je, specijalno za ovo istraživanje, onlajn Moodle kurs, koji je primenjen na eksperimentalnom programu. Učenici eksperimentalne grupe, imali su nastavu licem u lice kao i kontrolna grupa, sa tom razlikom što su za domaće zadatke dobijali određene onlajn kurseve dok je kontrolna grupa imala klasične domaće zadatke iz zbirke i udžbenika. Eksperimentalni program usmeren je ka hibridnom učenju, upotrebom onlajn kursa oplemenjenim PhET simulacijama, kreiranim tako da podstiče razvoj naučnog mišljenja. Autor rada bio je autor i realizator svih nastavnih jedinica eksperimentalne grupe, dok su nastavne jedinice kontrolne grupe realizovane od strane predmetnog nastavnika u datom odeljenju, prema priloženom scenariju autora rada.



Slika 9 Skica procesa istraživanja

Istraživanje je trajalo 6 nedelja tokom maja i juna 2017. godine.

3.7.2 Uzorak gradiva i modeli časova realizovanih primenom hibridnog modela učenja

U istraživanju je obrađena nastavna tema jednosmerna električna struja za drugi razred gimnazije prirodno-matematičkog smera po planu i programu iz 2017. godine (videti Prilog 4). Učenici su imali po 3 časa fizike nedeljno. Ova nastavna tema sastoji se iz više nastavnih jedinica: pojam električne struje, izvori električne struje, otpornost provodnika, napon, Omov zakon za deo strujnog kola, Džul-Lencov zakon, Omov zakon za celo strujno kolo i Kirhofova pravila.

Električna struja predstavlja visoko apstraktan pojam, jer učenici nisu u mogućnosti čulno - empirijskim putem da uoče fizičku pojavu. Stoga, u eksperimentalnoj grupi za demonstraciju električne struje, električnih kola i otpora provodnika upotrebljene su PhET simulacije (<https://phet.colorado.edu/>). Časovi eksperimentalne grupe realizovani su po rotacionom modelu hibridnog učenja, izvrnuta učionica. U narednom delu, prikazaće se primeri nekih teorijskih časova eksperimentalne grupe. Primere teorijskih časova kontrolne grupe nalaze se u Prilogu 5.

Priprema za čas 1

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Otpor provodnika

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa pojmom otpora provodnika i usvajanje kvalitativnog i kvantitativnog objašnjenja otpora provodnika.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma otpora provodnika.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegove dužine.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegovog poprečnog preseka.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegove specifične otpornosti.
- Primena promene parametara provodnika radi kreiranja tačno određenih intenziteta otpornosti.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.

- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za izvođenje matematičkih izraza za fizičke veličine.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10min)

Učenik pre dolaska na čas, čita i gleda video predavanje teorijskog uvoda, kojem pristupa preko posebno kreiranog Moodle kursa.

Čas počinje ponavljanjem podele materijala na provodnike i izolatore.

Pitanje: Koji materijali provode električnu struju a koji ne?

Očekivani odgovor: Materijali koji provode električnu struju su metali i elektroliti.

Pitanje: Od čega se obično prave električni provodnici, odnosno žice npr. od punjača za mobilni telefon?

Očekivani odgovor: Provodnici se obično prave od bakra.

Pitanje: Šta mislite od čega će zavisi efikasnost tih provodnika?

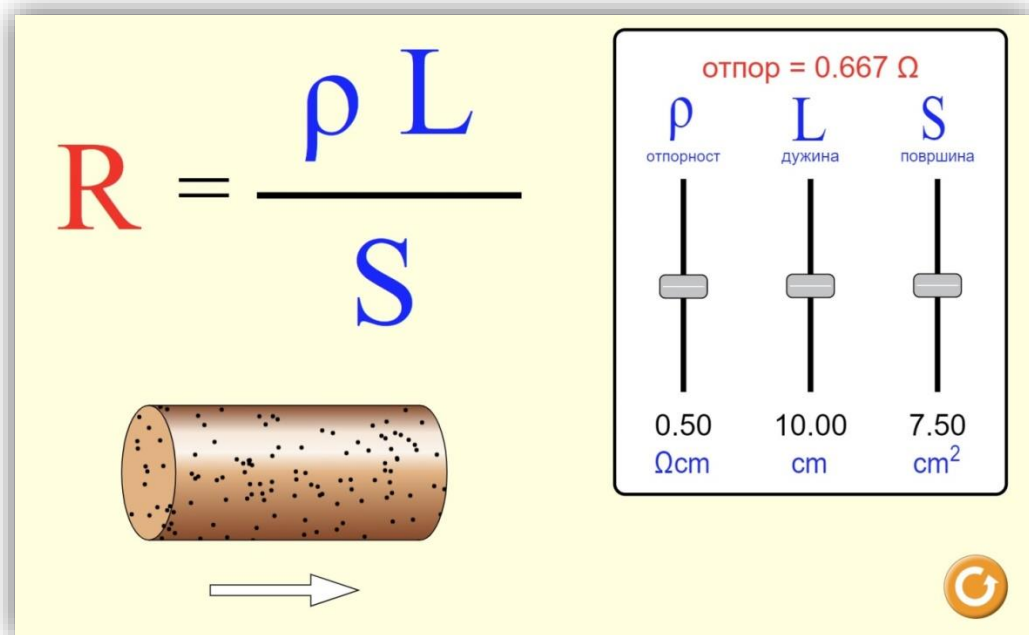
Očekivani odgovor: Efikasnost provodnika zavisiće od električnog otpora kojeg pruža prilikom proticanja električne struje.

Pitanje: A od čega zavisi električna otpornost provodnika?

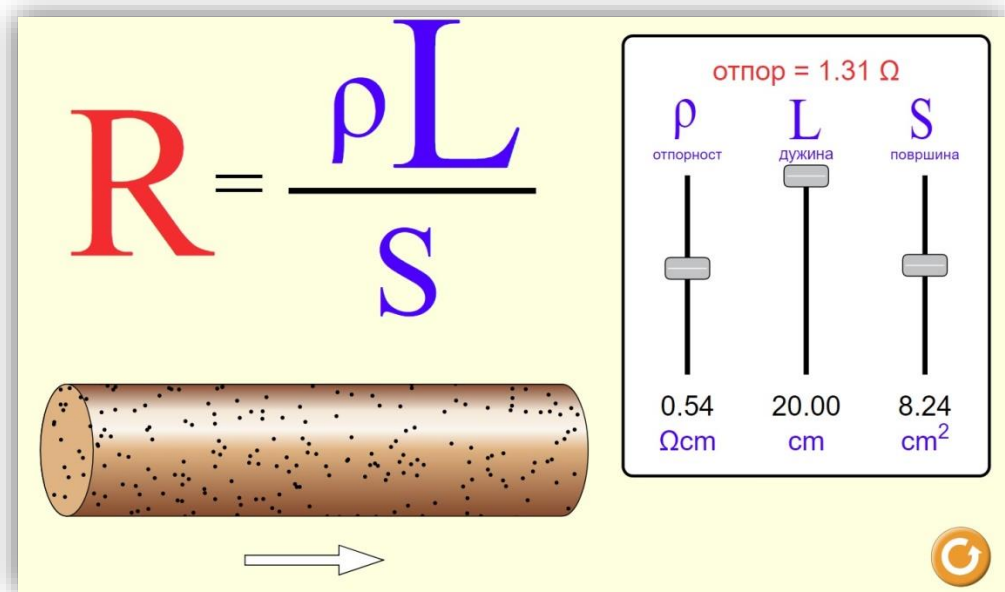
Očekivani odgovor: Otpornost provodnika zavisi od vrste materijala, njegove dužine i debljine.

Glavni deo časa (30 min)

Nastavnik pokreće PhET simulaciju za otpor provodnika (<https://phet.colorado.edu/sr/simulation/resistance-in-a-wire>) na pametnoj tabli (Slika 10). Po pokretanju simulacije, parametri su sledeći: specifična otpornosti iznosi $0.5\Omega\text{cm}$, dužina provodnika je 10cm , poprečni presek je 7.5cm^2 , a otpornost provodnika 0.667Ω .



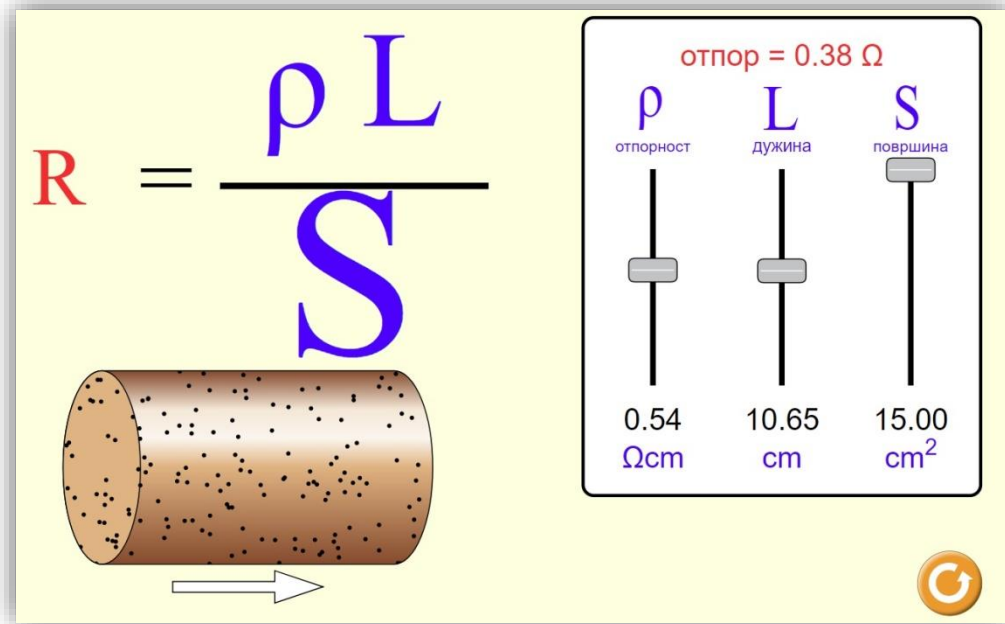
Slika 10 PhET simulacija otpor provodnika – početna postavka



Slika 11 PhET simulacija otpora provodnika – uvećana dužina provodnika

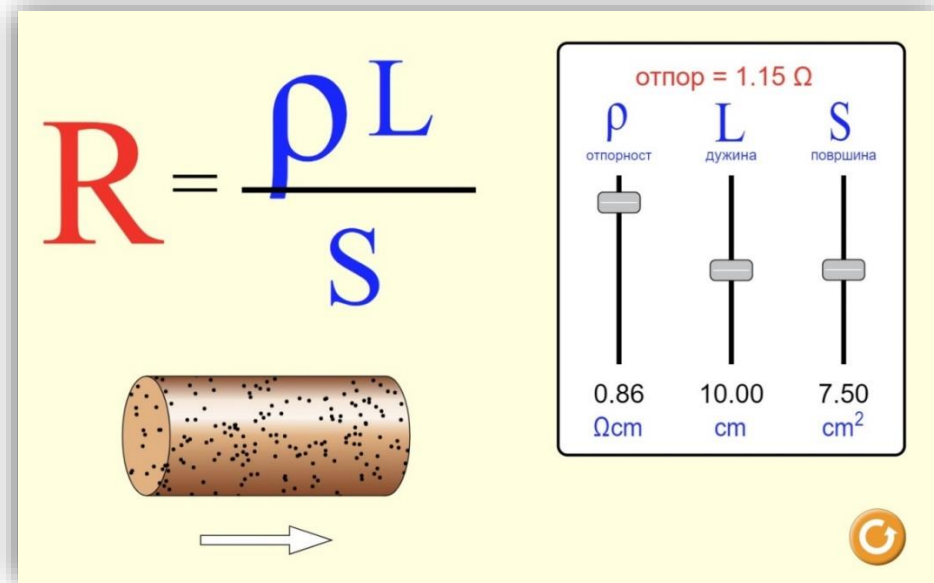
Učenici menjajući parametre po nalogu nastavnika i uviđaju određene zavisnosti, npr. povećanjem dužine provodnika povećava se otpornost provodnika. Na Slika 11 vidimo da je vrednost otpora 1.31Ω za dužinu od 20cm, što je veća vrednost u odnosu na početne parametre.

Zatim, učenici povećavaju poprečni presek provodnika i uviđaju smanjenje otpornosti provodnika u odnosu na početne parametre. Na Slika 12 vidimo da otpor sada iznosi 0.38Ω , dok je poprečni presek 15cm^2 .



Slika 12 PhET simulacija otpora provodnika – uvećan poprečni presek

Poslednji parametar koji učenici treba da promene je specifična otpornost provodnika, a njegovim povećanjem uviđaju i povećanje otpornosti provodnika. Na slici 12 vidi se da za vrednost specifične otpornosti provodnika $0.86\Omega\text{cm}$, otpor provodnika iznosi 1.15Ω .



Slika 13 PhET simulacija otpora provodnika – uvećana specifična otpornost provodnika

Na osnovu virtualnog eksperimenta, učenici samostalno pišu u sveske definiciju otpornosti provodnika, kao i zaključak eksperimenta.

Zaključak: Električni otpor provodnika srazmeran je njegovoj dužini i specifičnoj otpornosti, a obrnuto srazmeran površini poprečnog preseka provodnika.

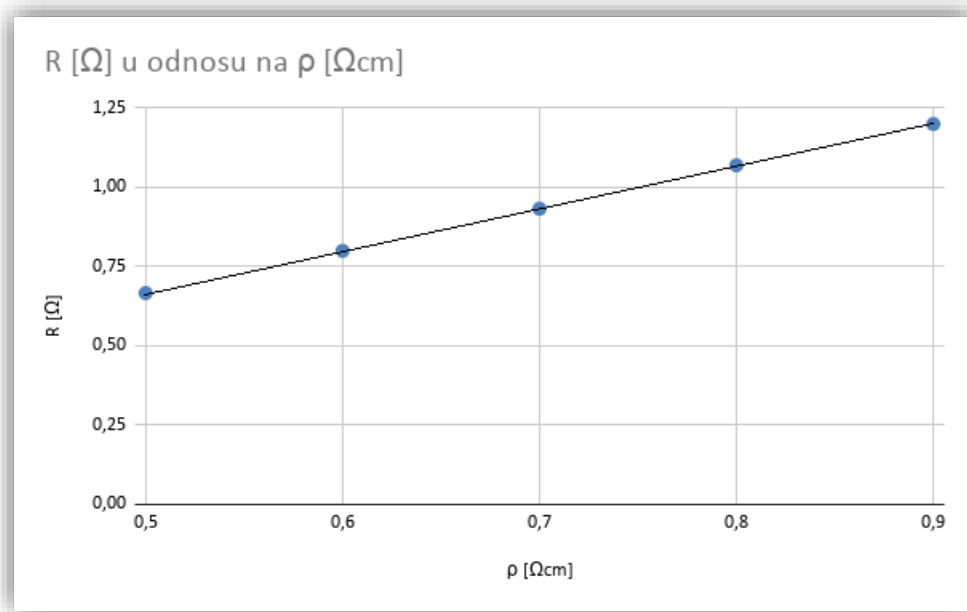
Zadnji deo časa (5-10min)

Učenici pišu na tablu završne zaključke časa. Nastavnik daje uputstva vezana za domaći zadatak. Na platformi postoje i pisana uputstva, za učenike koji nisu prisustvovali nastavi, kao i podsetnik za sve učenike.

Opis domaćeg zadatka:

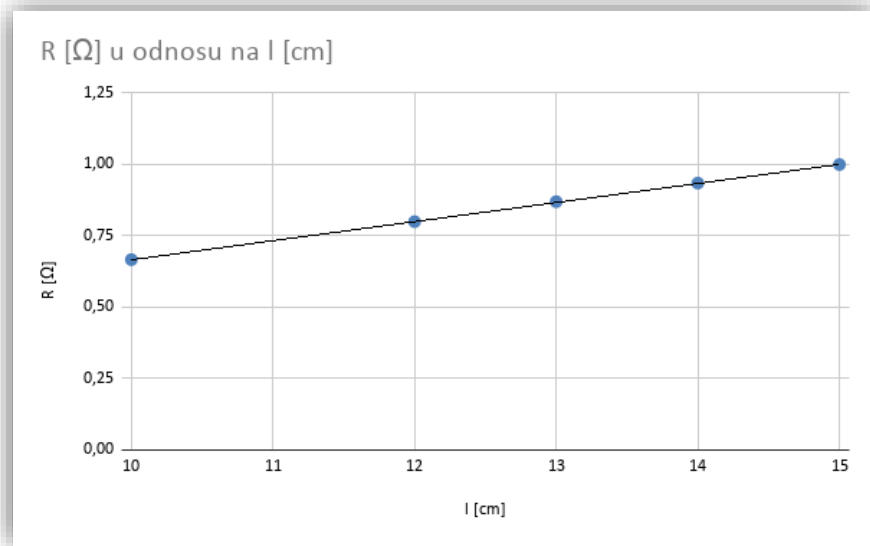
Za domaći zadatak učenici dobijaju onlajn zadatak na posebno dizajniranom Moodle kursu, u gore pomenutoj virtualnoj laboratoriji. Zadatak se sastoji iz tri dela. U prvom delu, učenici imaju zadatak da po jasno definisanim tekstualnim instrukcijama urade više merenja pri kojima menjaju parametar specifične otpornosti, a beleže intenzitet električnog otpora. Na osnovu dobijenih podataka učenik treba da nacрта grafik zavisnosti električne otpornosti provodnika od specifične

otpornosti u Excel-u i da zaključi kakva zavisnost je u pitanju. Tačan odgovor je da je u pitanju linearna direktna zavisnost prikazana na grafiku 1.



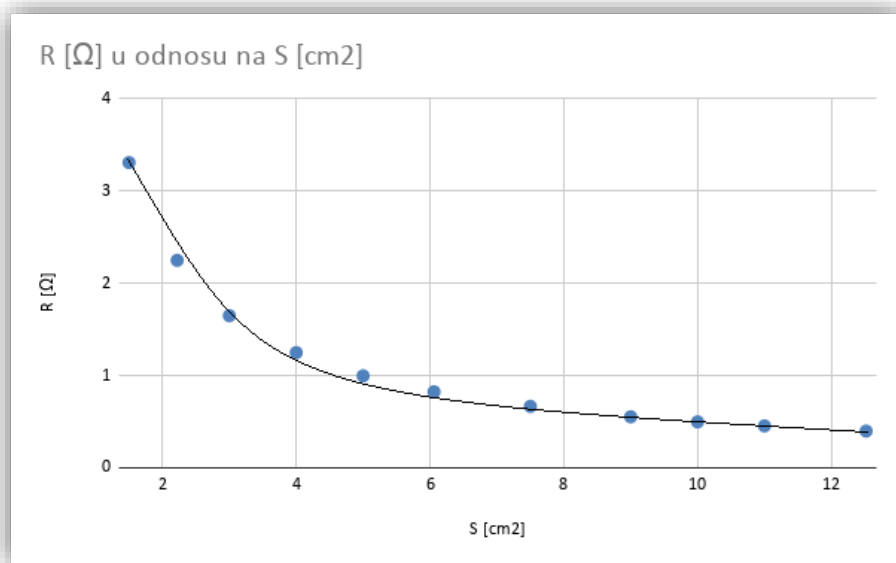
Grafik 1 Zavisnost električnog otpora provodnika od njegove specifične otpornosti

U drugom delu domaćeg zadatka učenici imaju zadatak da po jasno definisanim tekstualnim instrukcijama urade više merenja pri kojima menjaju parametar dužine provodnika, a beleže intenzitet električnog otpora. Na osnovu dobijenih podataka učenik treba da nacrtava grafik zavisnosti električne otpornosti provodnika od njegove dužine u Excel-u i da zaključi kakva zavisnost je u pitanju. Tačan odgovor je da je u pitanju linearna direktna zavisnost prikazana na grafiku 2.



Grafik 2 Zavisnost električnog otpora provodnika od njegove dužine

Treći deo zadatka je bio da učenici urade više merenja pri kojima menjaju parametar površine poprečnog preseka provodnika, mereći intenzitet električnog otpora. Na osnovu ovih podataka treba da nacrtaju grafik zavisnosti električne otpornosti provodnika od njegovog poprečnog preseka u Excel-u i da zaključe kakva se zavisnost dobija. U pitanju je funkcija $1/x$, prikazana na grafiku 3.



Grafik 3 Zavisnost električnog otpora provodnika od njegovog poprečnog preseka

Nakon izvršenog merenja, nacrtanog grafika i napisanog zaključka, učenici postavljaju svoje domaće zadatke u vidu izveštaja na određeno mesto na Moodle kursu u vidu modula aktivnosti “radionica”. Modul aktivnosti “radionica” omogućava prikupljanje radova učenika, ocenjivanje predatih radova od strane nastavnika, kao i procenu tih radova od strane drugih učenika (vršnjačka procena). Učenici, kao svoj rad, mogu da predaju različite digitalne sadržaje (datoteke), kao što su npr. tekstualni dokumenti ili proračunske tabele, a takođe, mogu direktno da upisuju tekst koristeći editor teksta. Predati radovi se procenjuju korišćenjem obrasca za procenu na osnovu skupa kriterijuma koje je definisao nastavnik. Proces (vršnjačke) procene radova drugih učenika, kao i razumevanje obrasca za procenu, mogu prethodno da se vežbaju sa primerima radova koji su dobijeni od nastavnika, zajedno sa referentnim procenama. Učenici imaju mogućnost da procene jedan ili više radova svojih vršnjaka, pri čemu i radovi koji se procenjuju i recenzenti (učenici) mogu da bude anonimni, ako je to potrebno.

U okviru radionice polaznici dobijaju dve ocene - jednu za svoj rad, a drugu za svoje procene radova drugih kolega. Obe ocene se beleže u knjigu ocena.

Krajnji broj bodova se računa tako što nastavnik prvo oceni njegov izveštaj, a zatim oceni kako je učenik ocenio drugarov izveštaj. Na taj način podstiče se kritičko mišljenje učenika kao i vršnjačko učenje.

Priprema za čas 2

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Električno strujno kolo i Omov zakon

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa pojmom električnog strujnog kola, kratkim spojem, načinom vezivanja ampermetra i voltmetra, kao i svim komponentama strujnog kola.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma električno strujno kolo.
- Razumevanje delova strujnog kola.
- Razumevanje kratkog spoja.
- Razumevanje načina vezivanja ampermetra i voltmetra.
- Primena vezivanja ampermetra i voltmetra radi merenja intenziteta električne struje i napona na delu strujnog kola.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10min)

Učenik pre dolaska na čas, čita i gleda video predavanje teorijskog uvoda, kojem pristupa preko posebno kreiranog Moodle kursa.

Pitanje: Od čega se sastoji najjednostavnije strujno kolo.

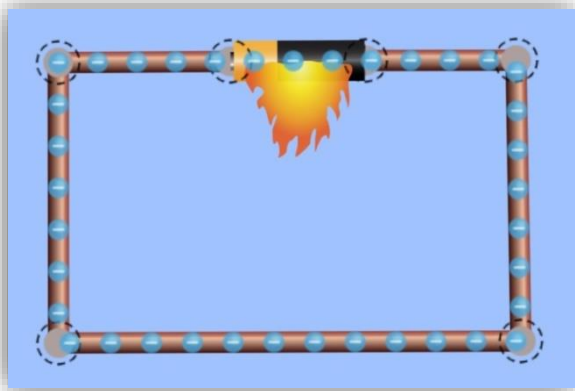
Očekivani odgovor: Najjednostavnije strujno kolo sastoji se od izvora električne struje, provodnika i potrošača (optornika).

Pitanje: Šta se dešava sa strujnim kolom ako u njemu nemamo potrošača?

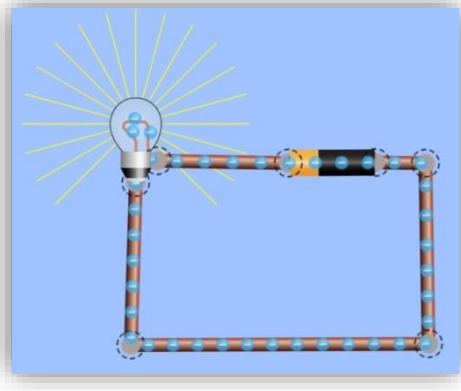
Očekivani odgovor: Ukoliko u strujnom kolu nemamo potrošača, dolazi do kratkog spoja i mogućeg požara.

Glavni deo časa (30min)

Nastavnik pokreće PhET simulaciju, a zatim učenici pomoću pametne table prave strujno kolo vezano u kratkom spoju, kao i strujno kolo sa potrošačem. Zatim, učenici crtaju u



Slika 14 Kratak spoj



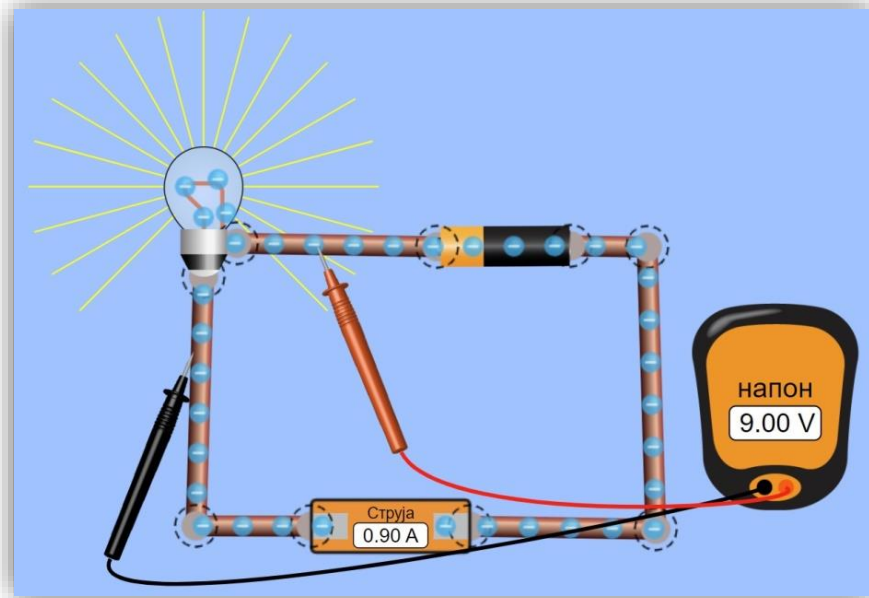
Slika 15 Najjednostavnije strujno kolo bez prekidača

svoje sveske ova dva strujna kola i beleže značaj izbegavanja kratkog spoja (slika 14 i 15).

Nastavnik postavlja sledeće pitanje: Kako biste povezali ampermetar i voltmetar u ovo naše virtualno električno kolo?

Očekivani odgovor: Ampermetar vezujemo redno a voltmetar paralelno.

Učenik koji je dao tačan odgovor u virtualnoj laboratoriji uključuje i ove uređaje u prethodno kreirano strujno kolo. Dobijeno strujno kolo, sada izgleda kao na slici 16.



Slika 16 Vezivanje ampermetra i voltmetra

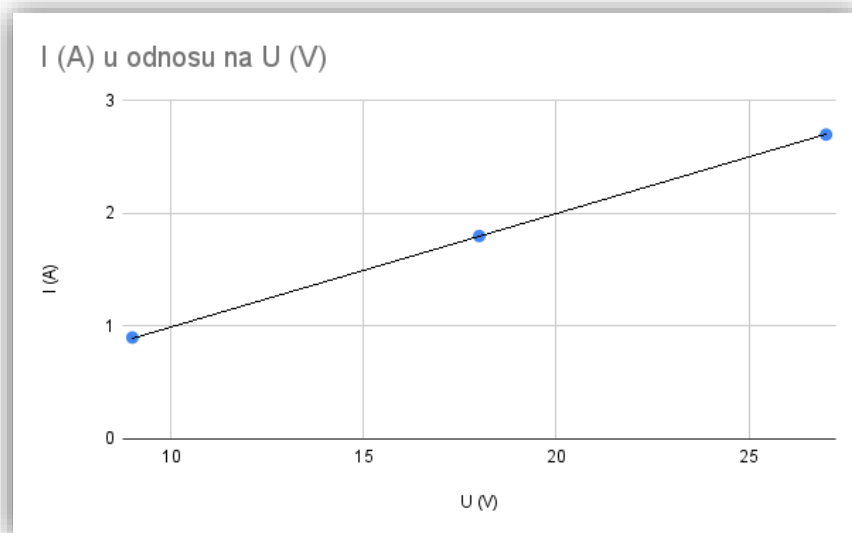
Nastavnik zadaje učenicima zadatak da povećaju jačinu izvora elektromotorne sile, tako što dodaju jednu po jednu bateriju, redno vezanu u kolo. Mereći napon, učenici uviđaju da se napon na sijalici povećava, te ona jače svetli.

Zadnji deo časa (5-10min)

Učenici pišu na tablu završne zaključke časa. Nastavnik daje uputstva vezana za domaći zadatak. Na platformi postoje i pisana uputstva, za učenike koji nisu prisustvovali nastavi, kao i podsetnik za sve učenike.

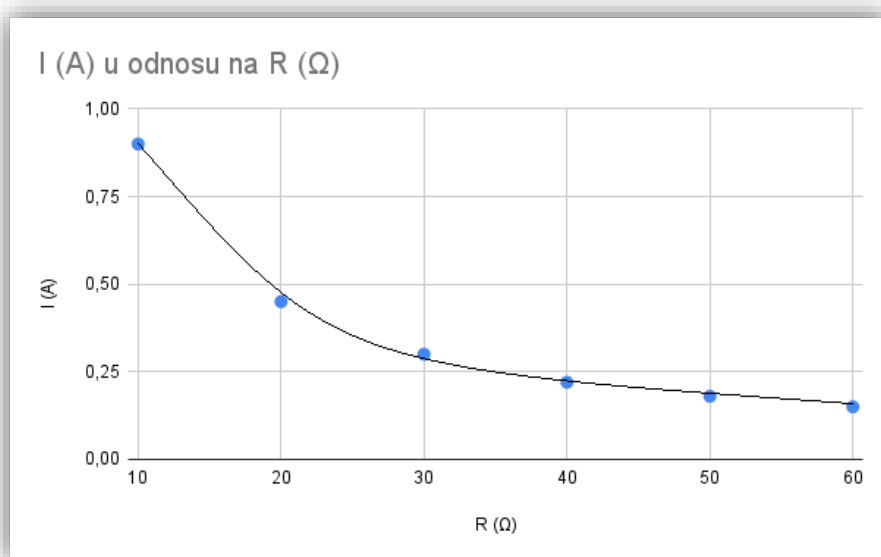
Opis domaćeg zadatka:

Pored merenja napona, učenici dobijaju za domaći zadatak da kod kuće ponove virtualni eksperiment, na Moodle platformi, mereći i promene jačine električne struje. Na osnovu tri merenja, učenici treba da nacrtaju tabelu i grafik zavisnosti struje od napona. Na grafiku 4 prikazan je izgled poželjnog rezultata, te učenici uviđaju da je jačina električne struje srazmerna promeni napona u kolu.



Grafik 4 Zavisnost električne struje od napona

Drugi deo domaćeg zadatka, sastoji se od promene otpora sijalice i merenja promena jačine električne struje. Na osnovu izmerenih vrednosti, učenici crtaju grafik zavisnosti jačine električne struje od otpornosti u strujnom kolu. Izgled poželjnog rezultata prikazan je na grafiku 5, te učenici zaključuju da je dobijena funkcija zavisnosti oblika $f(x)=1/x$, a jačina električne struje je obrnuto srazmera otpornosti u kolu.



Grafik 5 Zavisnost jačine električne struje od otpora u kolu

Po završetku merenja i obradi podataka, učenik samostalno izvodi zaključke i dolazi do definicije Omovog zakona za deo strujnog kola, nakon čega sledi grupna diskusija.

Sve rezultate i zaključke, učenici postavljaju na definisano mesto na Moodle kursu, gde takođe u vidu radionice, imaju mogućnost da međusobno sarađuju, a nastavnik ocenjuje svaku učeničku aktivnost.

Priprema za čas 3

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Vezivanje otpornika i izvora elektromotorne sile (EMS)

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa načinom vezivanja otpornika, izračunavanjem efektivnog otpora kao i načinima vezivanja izvora EMS.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma paralelna i redna veza.
- Razumevanje efektivnog otpora.
- Razumevanje redne i paralelne veze izvora EMS.
- Primena vezivanja otpornika radi povećanja ili smanjenja ukupne otpornosti u strujnom kolu.
- Primena vezivanja izvora EMS radi povećanja ukupnog napona u strujnom kolu.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.

- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10 min)

Učenik pre dolaska na čas, čita i gleda video predavanje teorijskog uvoda, kojem pristupa preko posebno kreiranog Moodle kursa.

Pitanje: Kako biste povećali otpornost u strujnom kolu?

Očekivani odgovor: Dodavanjem otpornika.

Pitanje: Kako biste vezali u kolu nove otpornike?

Očekivani odgovor: Jedan za drugim (redno).

Glavni deo časa (30min)

Učenici pomoću pametne table kreiraju strujno kolo tako da se ukupna otpornost povećava. Nastavnik od učenika zahteva da primene naučeno sa prethodnog časa i u strujno kolo povežu i ampermetar pomoću kojeg bi merili intenzitet električne struje, kao i voltmetar kako bi izmerili napon na pojedinim delovima strujnog kola. Očekivano strujno kolo prikazano je na slici 17.

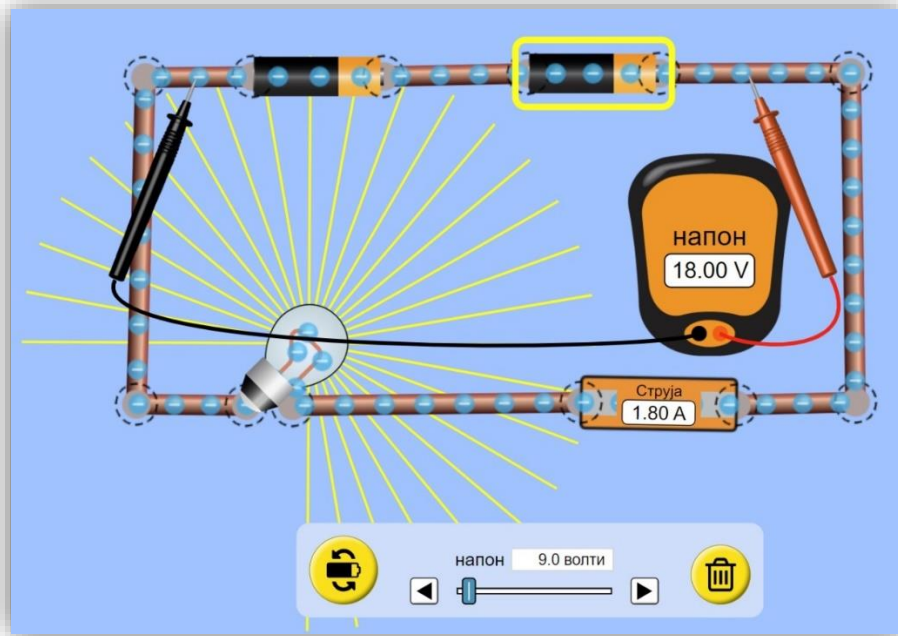


Slika 17 Vezivanje otpornika

Učenicima se postavlja zadatak da pomoću voltmetra izmere napone na svakom od otpornika, kao i na oba otpornika zajedno. Zajednički dolaze do zaključka da je zbir pojedinačnih napona jednak ukupnom naponu, odnosno EMS izvora.

Nakon redne veze otpornika, učenici kreiraju paralelnu vezu otpornika, kako bi uvideli da se tada otpornost kola smanjuje. Učenici pomoću formule: $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ izračunavaju ukupnu otpornost kola. Mereći napon i struju pomoću pravilno priključenog voltmetra i ampermetra, učenik primenom ovog zakona proverava dobijeni rezultat ukupne otpornosti u kolu.

Drugi deo glavnog dela časa u učionici baziran je na vezivanju izvora EMS. Nastavnik postavlja pitanje: Kako treba povezati baterije da bi se povećao ukupan napon u strujnom kolu? Očekivani odgovor: redno. Učenika pomoću pametne table kreira rednu vezu baterija. Takođe, primenjujući znanje sa prethodnog časa, učenik u kolo vezuje i ampermetar i voltmetar. Očekivano strujno kolo izgleda kao na slici 18.



Slika 18 Vezivanje baterija

Učenici zaključuju da se pri redno vezanim baterijama, napon na krajevima dobija kao zbir napona na svakoj bateriji.

Zadnji deo časa (5-10min):

Učenici pišu na tablu završne zaključke časa. Nastavnik daje uputstva vezana za domaći zadatak. Na platformi postoje i pisana uputstva, za učenike koji nisu prisustvovali nastavi, kao i podsetnik za sve učenike.

Domaći zadatak:

Za domaći zadatak, na Moodle platformi i specijalno kreiranom kursu, učenici samostalno, u ugrađenoj virtualnoj laboratoriji, ponovo vezuju identično strujno kolo kao na slici 16, ali sa instrukcijama promene otpornosti otpornika i izračunavaju ekvivalentni otpor, čiji rezultat proveravaju pomoću Omovog zakona celog strujnog kola. U odeljku diskusije, na Moodle kursu, učenici zajednički razmatraju svoje rezultate, a nastavnik vrednuje svaku učeničku aktivnost.

Takođe ponovo kreiraju strujno kolo sa slike 17, sa 2 i više baterija. Za svako kolo potrebno je da izmere napon na krajevima.

Priprema za čas 4

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Kirhofova pravila

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa Kirhofovih pravilima.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje prvog Kirhofovog pravila.
- Razumevanje drugog Kirhofovog pravila.
- Primena Kirhofovih pravila u konkretnim strujnim kolima.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.

- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5 – 10 min)

Učenik pre dolaska na čas, čita i gleda video predavanje teorijskog uvoda, kojem pristupa preko posebno kreiranog Moodle kursa. Nakon odgledanog teorijskog uvoda učenik je upoznat sa strujnim kolom sa granjanjem, kao i čvorom strujnog kola pomoću paralele sa vodenim crevom.

Nastavnik postavlja pitanje učenicima: Ako imamo jedno vodeno crevo koje se grana na dva creva jednakih poprečnih preseka, u kojem delu će voda brže proticati?

Očekivani odgovor: Voda će brže proticati kroz jedno crevo.

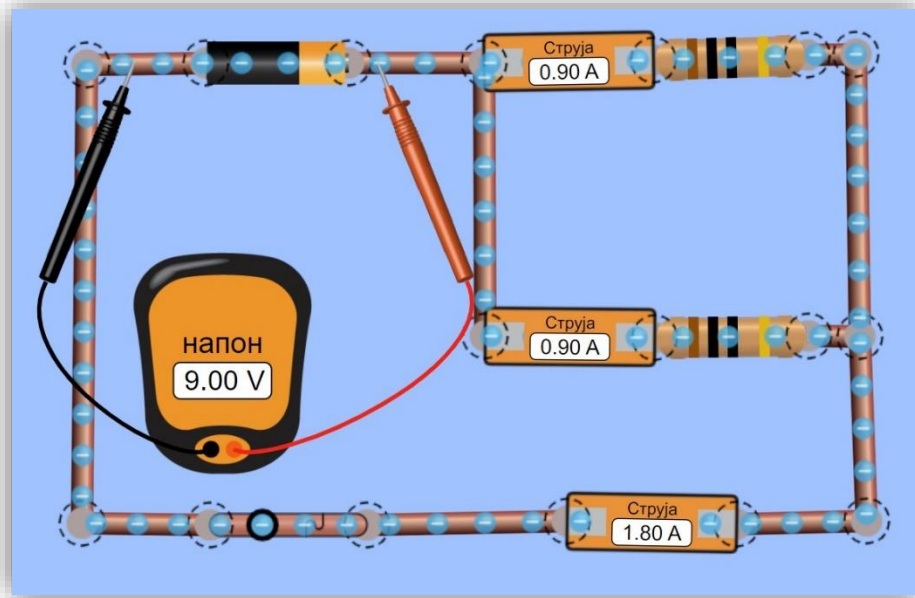
Pitanje: Kakav će biti odnos brzina proticanja vode kroz creva?

Očekivani odgovor: Kroz prvo crevo voda će proticati duplo brže.

Učenici uglavnom ove odgovore znaju instiktivno, iz prethodno stečenog životnog iskustva. Kako se u drugom razredu u prvom polugodištu izučava dinamika fluida (prilog 4), učenici bi trebalo da znaju i jednačinu kontinuiteta koja im takođe daje odgovore na ova pitanja.

Glavni deo časa (30 min)

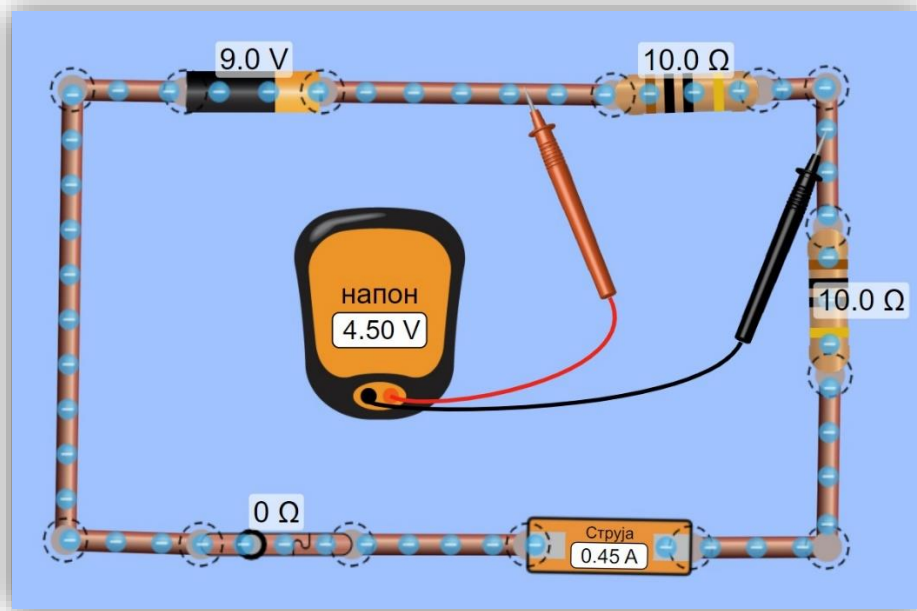
Učenici pomoću pametne table kreiraju strujno kolo sa granjanjem, primenjujući znanja sa prethodnih časova. Svi učenici učestvuju kroz diskusiju. Očekivano strujno kolo prikazano je na slici 19. Nakon kreiranog strujnog kola, nastavnik navodi učenike da iskustveno dođu do formule prvog Kirhofovog pravila, odnosno odnosa intenziteta električnih struja u svim provodnicima strujnog kola. Očekivana formula glasi: $I = I_1 + I_2$, gde je I intenzitet električne struje provodnika pre granjanja strujnog kola, a I_1 i I_2 intenziteti električnih struja posle granjanja, odnosno nakon strujnog čvora. Nakon definisane jednačine, učenici samostalno formiraju definiciju prvog Kirhofovog pravila i zapisuju je u svesku.



Slika 19 Prvo Kirhofovo pravilo

Drugi deo glavnog dela časa, odnosi se na drugo Kirhofovo pravilo. Učenici pomoću pametne table kreiraju jednostavno strujno kolo, bez granjanja sa 2 otpornika. Očekivano strujno kolo prikazano je na slici 20. Nastavnik uvodi pojam strujne konture i objašnjava da strujna kola mogu biti složenija, odnosno ukoliko imaju granjanje, imaće i više strujnih kontura. Učenicima se postavlja pitanje: Kakav je odnos pojedinačnih napona u delovima strujnog kola? Eksperimentalnim putem, mereći napon na krajevima svakog od otpornika, kao i na izvoru EMS odnosno bateriji, učenici zajednički dolaze do zaključka da je zbir svih padova napona na otpornicima unutar strujne konture jednak naponu izvora EMS. Dobijena jednačina za kreirano strujno kolo glasi:

$$\varepsilon = U_1 + U_2$$



Slika 20 Drugo Kirhofovo pravilo

Zadnji deo časa (5min):

Učenici pišu na tablu završne zaključke časa. Nastavnik daje uputstva vezana za domaći zadatak. Na platformi postoje i pisana uputstva, za učenike koji nisu prisustvovali nastavi, kao i podsetnik za sve učenike.

Domaći zadatak:

Za domaći zadatak, učenici imaju da na Moodle kursu, kreiraju složenija strujna kola, sa dva i više čvorova, izmere parametre i primene Kirhofova pravila. Svoje zadatke postavljaju u odeljak radionice, a nastavnik vrednuje sve učeničke aktivnosti.

Zajednički izgled Moodle platforme za sve učeničke aktivnosti

Izgled ugrađene virtualne PhET laboratorije u Moodle platformu prikazan je na slici 21, a ono što je zajedničko za sve domaće zadatke jeste da učenik nakon svake od vežbi mora tačno da odgovori na postavljena pitanja vezana za samu vežbu, kako bi prešao na sledeću lekciju. Na taj način, učenik se motiviše da zaista sa razumevanjem uradi sve što je potrebno.

The screenshot displays a Moodle course interface with a sidebar on the left containing various course elements like 'FM2', 'Učesnici', 'Bedževi', 'Kompetencije', 'Ocene', and 'Jednosmerna struja'. The main content area shows a PhET simulation titled 'Otpor provodnika Phet simulacija'. The simulation window features the formula $R = \frac{\rho L}{A}$, a 3D wire model, and three sliders for parameters: resistivity (ρ) at 0.50 Ωcm , length (L) at 10.00 cm, and area (A) at 7.50 cm^2 . The calculated resistance is shown as 0.667 ohms. Below the simulation, there is a brief instruction in Croatian: 'Menjajte parametre i vidite šta se dešava sa otporom provodnika u slučaju kada povećavate dužinu (L), poprečni presek (A) ili specifičnu otpornost (ρ). Zatim, postavite specifičnu otpornost na 0,7 Ω cm. Postavite površinu poprečnog preseka (A-area) na vrednost 7,5 cm².'

Slika 21 Izgled dela Moodle kursa

Nakon obrađenog teorijskog gradiva, učenici su na časovima računskih vežbi rešavali računске zadatke iz zbirke zadataka za drugi razred gimnazije prirodno-matematičkog smera, autora Nataše Čaluković. Prilikom izrade računskih domaćih zadataka, učenici su i dalje imali pristup ugrađenoj PhET simulaciji na Moodle kursu, tako da su po potrebi mogli da je upotrebe u cilju boljeg razumevanja datog strujnog kola u konkretnom računskom zadatku iz zbirke zadataka.

4 Analiza rezultata istraživanja

4.1 Postignuće učenika na testovima znanja

4.1.1 Postignuće učenika na inicijalnom testu

ANOVA je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između grupa u pogledu njihovog postignuća na inicijalnom testu znanja, $F(df = 1) = 0.093$, $p = 0.761$. Učenici K grupe ($M = 8.05$, $SD = 3.18$) osvijili su gotovo isto postignuće kao i učenici E grupe ($M = 8.21$, $SD = 2.65$). Dobijeni rezultat pokazuje da su grupe ujednačene pre uvođenja predagoškog eksperimenta po kriterijumu učeničkog postignuća na testu znanja.

4.1.2 Postignuće učenika na finalnom testu

ANOVA je pokazala statistički značajnu razliku između grupa u pogledu postignuća na finalnom testu, $F(df = 1) = 4.508$, $p = 0.036$, $\eta^2 = 0.035$. Eta-kvadrat pokazatelj ukazuje na postojanje uticaja primenjenih nastavnih metoda male do srednje jačine. Dobijeno je da su učenici E grupe ostvarili veće postignuće na testu znanju nego učenici K grupe. Učenici K grupe ($M = 9.70$, $SD = 3.36$) osvijili su nešto manje postignuće od učenika E grupe ($M = 10.84$, $SD = 2.64$). Dobijeni rezultat je potvrdio polaznu hipotezu 1.

Da bi se bolje sagledao doprinos eksperimentalnog faktora primenjen je t-test uparenih uzoraka (tabela 4).

Tabela 4 Rezultati t-testa uparenih uzoraka za učeničko postignuće na finalnom testu znanja

Grupa	t	p	η^2
K	3.435	0.001	0.158
E	6.257	0.000	0.383

Kao primeri zadataka koji se mogu izdvojiti u okviru kojeg su učenici E grupe ostvarili značajno bolje rezultate nego učenici K grupe su pitanja vezana za poređenje jačine struje u tačno određenim tačkama u strujnom kolu. Na primer, prosto strujno kolo koje se sastoji od izvora i sijalice kao potrošača. Postavlja se pitanje da li postoji razlika u jačini struje u tački 1 (neposredno pre potrošača) i u tački 2 (neposredno posle potrošača) ili je ona jednaka u obe tačke. Na ovo pitanje 81.5% učenika E grupe i 58.5% učenika K grupe je dalo tačan odgovor.

U okviru drugog pitanja u kojem se ostvarila značajna razlika zahtevalo se poređenje jačine svetlosti sijalica u dva različita stujna kola. U kolu 1 postoje dva paralelno vezana potrošača i jedan izvor napajanja, dok u drugom kolu postoji jedan izvor i jedan potrošač. Od učenika se tražilo da uporede jačinu svetlosti vezajući je za jačinu struje, pošto su svi potrošači istih karakteristika. Na ovo pitanje 70.9% učenika E grupe i 39.6% učenika K grupe je dalo tačan odgovor. Jedino na pitanju da li je električno polje unutar žarulje jednako nuli ili različito od nule, oko 19% učenika K grupe je dalo tačan odgovor, dok je isto učinilo svega oko 4% učenika iz E grupe. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju uzrokovala bolje razumevanje građiva.

4.1.3 Uticaj pola ispitanika na postignuće učenika

ANOVA nije pokazala statistički značajnu razliku između dečaka i devojčica unutar K, $F(df = 1) = 0.073$, $p = 0.788$, odnosno unutar E grupe, $F(df = 1) = 0.223$, $p = 0.639$, što znači da su dečaci i devojčice obe grupe ostvarili isto postignuće na inicijalnom testu. Na finalnom merenju, ANOVA nije pokazala da postoji statistički značajna razlika između dečaka i devojčica K ($F(df = 1) = 0.803$, $p = 0.374$) i E grupe ($F(df = 1) = 0.023$, $p = 0.880$) (tabela 5). Dobijeni rezultat nije potvrdio polaznu hipotezu 2, ali se vidi značajni pomak u postignuću učenika.

Tabela 5 Uticaj pola ispitanika na postignuće učenika

Grupa		pre pedagoškog eksperimenta		posle pedagoškog eksperimenta	
		M	SD	M	SD
K	dečaci	7.93	3.28	9.30	3.71
	devojčice	8.15	3.13	10.06	3.02
E	dečaci	8.35	2.83	10.79	3.08
	devojčice	8.03	2.47	10.90	2.06

4.2 Mentalni napor učenika

4.2.1 Mentalni napor učenika na inicijalnom i finalnom testiranju

ANOVA je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između grupa u pogledu njihovog samopercipiranog mentalnog napora tokom inicijalnog testiranja, $F(df = 1) = 0.368$, $p = 0.545$. Dobijeni rezultat pokazuje da su grupe bile ujednačene i po ovom kriterijumu. Učenici K grupe

($M = 3.50$, $SD = 1.13$) percipirali su gotovo isti mentalni napor kao i učenici E grupe ($M = 3.61$, $SD = 0.81$). Međutim, nakon sprovedenog pedagoškog eksperimenta, ANOVA je pokazala statistički značajno postojanje razlika među grupama u pogledu njihovog samopercipiranog mentalnog napora uzrokovanog primenjenim pristupom, $F (df = 1) = 10.622$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.079$. Vrednost eta-kvadrat pokazatelja ukazuje na srednju jačinu veze među varijablama. Učenici K grupe ($M = 3.32$, $SD = 1.04$) percipirali su nešto veći mentalni napor nego učenici E grupe ($M = 2.83$, $SD = 0.58$). Dobijeni rezultat je potvrdio polaznu hipotezu 3.

Da bi se bolje sagledao doprinos eksperimentalnog faktora primenjen je t-test uparenih uzoraka (Tabela 6).

Tabela 6 Rezultati t-testa uparenih uzoraka za učeničko postignuće na finalnom testu znanja

Grupa	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	η^2
K	-0.18	1.43	1.013	0.315	-
E	-0.78	0.69	8.993	0.000	0.566

T-vrednost ukazuje na veći doprinos smanjenju samopercipiranog mentalnog napora nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju nego tradicionalna metoda.

4.2.2 Uticaj pola ispitanika na samopercipirani mentalni napor

ANOVA nije pokazala statistički značajnu razliku između dečaka i devojčica unutar K, $F(df = 1) = 0.112$, $p = 0.739$, dok se unutar E grupe pokazala razlika, $F(df = 1) = 5.025$, $p = 0.029$, $\eta^2 = 0.076$. U Tabeli 6 su prikazani rezultati za obe grupe. Na finalnom merenju, ANOVA je pokazala da postoji statistički značajna razlika između dečaka i devojčica K ($F(df = 1) = 8.818$, $p = 0.004$, $\eta^2 = 0.126$) dok za E grupu to nije bio slučaj, $F(df = 1) = 1.906$, $p = 0.172$ (Tabela 7). Dobijeni rezultati su pokazali delimičnu potvrdu polazne hipoteze 4. Naime, došlo je do promene u samopercipiranom mentalnom naporu u K grupi, dok u E grupi rodne razlike nisu ostvarene.

Tabela 7 Uticaj pola ispitanika na samopercipirani mentalni napor

Grupa		pre pedagoškog eksperimenta		posle pedagoškog eksperimenta	
		M	SD	M	SD
K	dečaci	3.55	1.10	2.93	1.02
	devojčice	3.45	1.17	3.67	0.95
E	dečaci	3.40	0.79	2.74	0.56
	devojčice	3.85	0.78	2.94	0.59

Da bi se bolje razumela razlika, u tabeli 8 su prikazani rezultati t-testa uparenih uzoraka kako bi se jasno utvrdio doprinos primenjenog pedagoškog eksperimenta na samopercipirani mentalni napor dečaka, odnosno devojčica.

Tabela 8 T-test uparenih uzoraka za utvrđivanje rodni razlika u samopercipiranom mentalnom naporu

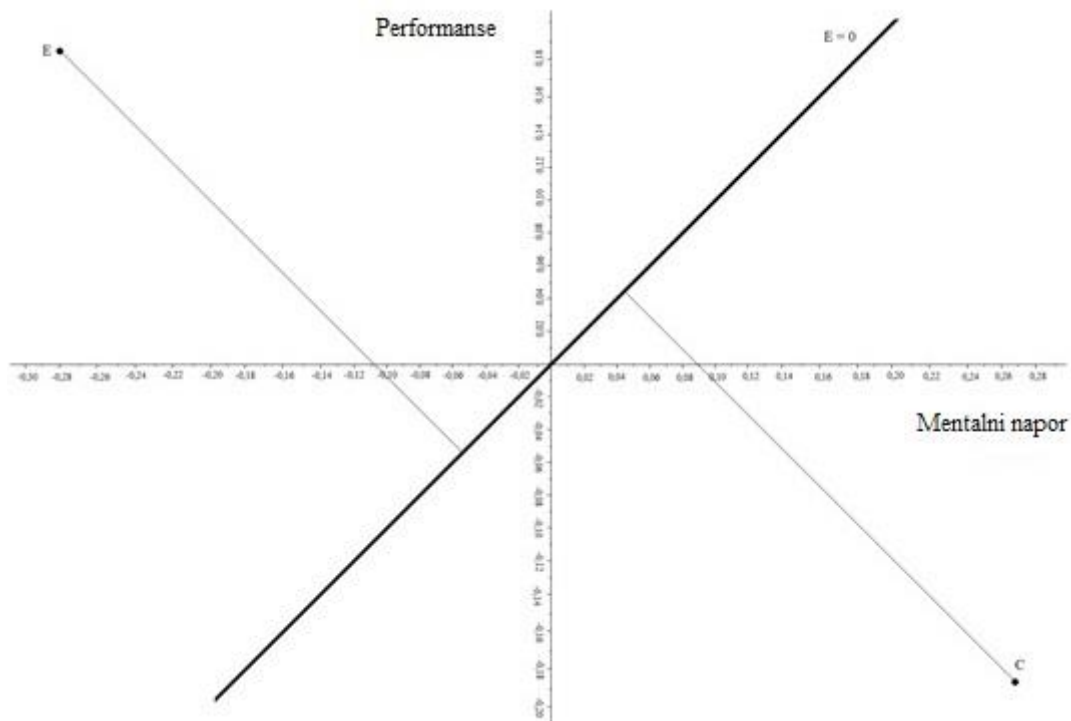
Grupa		M	SD	t	p	η^2
K	dečaci	-0.62	1.26	-2.690	0.012	0.200
	devojčice	0.21	1.47	0.836	0.409	-
E	dečaci	-0.57	0.73	-5.330	0.000	0.463
	devojčice	-.091	0.62	-7.885	0.000	0.689

Može se uočiti doprinos nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju u statistički značajnom smanjenju samopercipiranog mentalnog napora i dečaka i devojčica, dok tradicionalni metod nije uzrokovao značajne razlike kod devojčica.

4.3 Instrukciona efikasnost

4.3.1 Uticaj samopercipiranog mentalnog napora učenika na njihovo postignuće

Za određivanje instrukcione efikasnosti, nužno je odrediti standardizovane vrednosti učeničkih postignuća i samopercipiranog mentalnog napora. Standardizovana srednja vrednost postignuća K grupe iznosila je $zP_K = -0.1866$, dok je za E grupu ona iznosila $zP_E = 0.1865$. Standardizovana srednja vrednost samopercipiranog mentalnog napora K grupe iznosila je $zR_K = 0.268$, dok je za E grupu ona iznosila $zR_E = -0.280$. Koristeći se formulom za izračunavanjem instrukcione efikasnosti dobijeno je da instrukciona efikasnost tradicionalnog metoda iznosi $E_K = -0.32$, dok je instrukciona efikasnost nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju $E_E = 0.33$, slika 22. Dobijeni rezultati su potvrdili polaznu hipotezu 5.



Slika 22 Instrukciona efikasnost primenjenih nastavnih metoda

Na slici 22 jasno se vidi da je tačka E koja je okarakterisana standardizovanim vrednostima postignuća i samopercipiranog mentalnog napora uzrokovanim nastavnom metodom zasnovanom na hibridnom učenju u gornjem levom kvadrantu, dok se tačka C koja predstavlja rezultate uzrokovane tradicionalnim pristupom nalazi u donjem desnom kvadrantu. Tako se na osnovu

slike dobija dodatna potvrda da se primena nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju može smatrati pogodnijom za učenike jer je njena instrukciona efikasnost pozitivna i mnogo veća od instrukcione efikasnosti konvencionalnog, tradicionalnog metoda.

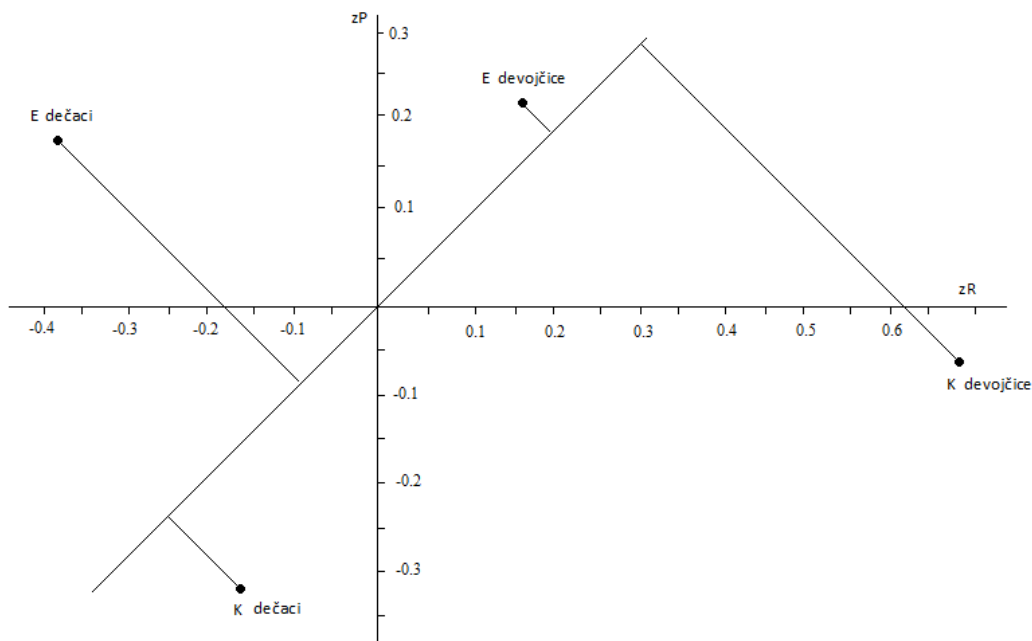
4.3.2 Uticaj pola ispitanika na instrukcionu efikasnost

Da bi se bolje razumeli doprinosi nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju, na slici 22 predstavljene su instrukcione efikasnosti po polu ispitanika. Standardizovane vrednosti učenickog postignuća i samopercipiranog mentalnog napora prema polu ispitanika prikazane su u tabeli 9.

Tabela 9 Uticaj pola ispitanika na instrukcionu efikasnost

Grupa	Pol	zP	zR	E
K	dečaci	-0.3167	-0.1608	-0.1106
	devojčice	-0.0684	0.6802	-0.5309
E	dečaci	0.1711	-0.3857	0.3949
	devojčice	0.2046	-0.1556	0.2555

Dobijene vrednosti prikazane su grafički na slici 23.



Slika 23 Uticaj pola ispitanika na instrukcionu efikasnost

4.4 Motivacija učenika za učenje fizike

4.4.1 Motivacija učenika za učenje fizike na inicijalnom i finalnom testiranju

U okviru inicijalnog istraživanja ispitana je i motivacija učenika za učenje fizike kako bi se grupe ujednačile i po tom kriterijumu. ANOVA je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika u pogledu njihove motivacije pre izvođenja pedagoškog eksperimenta, $F(df = 1) = 0.552$, $p = 0.459$, što znači da su učenici obe grupe ($M_E = 97.67$, $SD_E = 13.57$; $M_K = 99.23$, $SD_K = 9.94$) iskazali gotovo istu motivaciju za učenje fizike. Nakon sprovedenog pedagoškog eksperimenta ANOVA je pokazala da postoji statistički značajna razlika između grupa u pogledu njihove motivacije, $F(df = 1) = 5.351$, $p = 0.022$, $\eta^2 = 0.041$. Vrednost eta-kvadrat pokazatelja ukazuje na postojanje pozevazosti među varijablama male do srednje jačine. Učenici E grupe su iskazali veću motivaciju za učenje fizike ($M_E = 101.94$, $SD_E = 7.31$) nego učenici K grupe ($M_K = 97.44$, $SD_K = 13.74$). Poređenjem dobijenih srednjih vrednosti vidi se da je kod učenika E grupe došlo do povećanja, dok je kod učenika K grupe došlo do smanjenja učeničke motivacije za učenjem fizike, čime se potvrđuje polazna hipoteza 6. Posle pedagoškog eksperimenta učenici E grupe su više percipirali sledeće iskaze nego učenici K grupe: *Mislim da je učenje fizike važno jer mi može koristiti u svakodnevnom životu. Mislim da je učenje fizike važno jer me podstiče na razmišljanje. Mislim da je u fizici važno naučiti kako se rešavaju problemi.*

Da bi se bolje sagledale razlike u učeničkoj motivaciji uzrokovane primenom odgovarajućeg nastavnog pristupa, primenjen je t-test uparenih uzoraka koji je posmatran za svaku ispitivanu kategoriju (Tabela 10).

Tabela 10 T-test uparenih uzoraka za učeničku motivaciju

		$SM_{post} - SM_{pre}$	$AU_{post} - AU_{pre}$	$CF_{post} - CF_{pre}$	$OP_{post} - OP_{pre}$	$OU_{post} - OU_{pre}$
E	M	0.63	1.41	1.44	0.17	0.63
	SD	2.47	5.17	4.00	3.87	4.01
K	M	0.48	-0.98	-0.52	-0.08	-0.48
	SD	3.97	6.93	4.85	2.95	5.66

4.4.2 Uticaj pola ispitanika na motivaciju učenika pri finalnom merenju

Posle pedagoškog eksperimenta, ANOVA je pokazala da ne postoji uticaj pola u E grupi na učeničku motivaciju, $F(df = 1) = 0.754$, $p = 0.388$, što znači da je motivacija dečaka ($M = 100.71$, $SD = 8.75$) gotovo ista kao i kod devojčica ($M = 102.34$, $SD = 5.83$), s tim da je primećena nešto viša motivacija devojčica. ANOVA je pokazala da ne postoji uticaj pola u K grupi, $F(df = 1) = 1.455$, $p = 0.233$, gde su dečaci ($M = 99.97$, $SD = 6.55$) percipirali nešto veću motivaciju nego devojčice u ovoj grupi ($M = 95.68$, $SD = 18.38$).

Kada se pogledaju ispitivane kategorije, statistički značajna razlika je dobijena za kategoriju motivacije orjektisanu ka postignuću, $F(df = 1) = 7.163$, $p = 0.010$, $\eta^2 = 0.104$. Eta-kvadrat pokazatelj ukazuje na veliki uticaj pola na motivaciju učenika. Dobijeno je da su dečaci ($M = 9.11$, $SD = 2.86$) E grupe percipirali veću motivaciju orijentisanu ka postignuću nego devojčice ($M = 7.33$, $SD = 2.25$). Kod drugih kategorija nije dobijena statistička značajnost, $F(df = 1) = 0.130$, $p = 0.720$ za opaženu samoefikasnost; $F(df = 1) = 1.242$, $p = 0.269$ za primenu strategije aktivnog učenja; $F(df = 1) = 0.012$, $p = 0.911$ za uvažavanje značaja nauke; i $F(df = 1) = 0.113$, $p = 0.738$ za motivaciju orijentisanu na učenje.

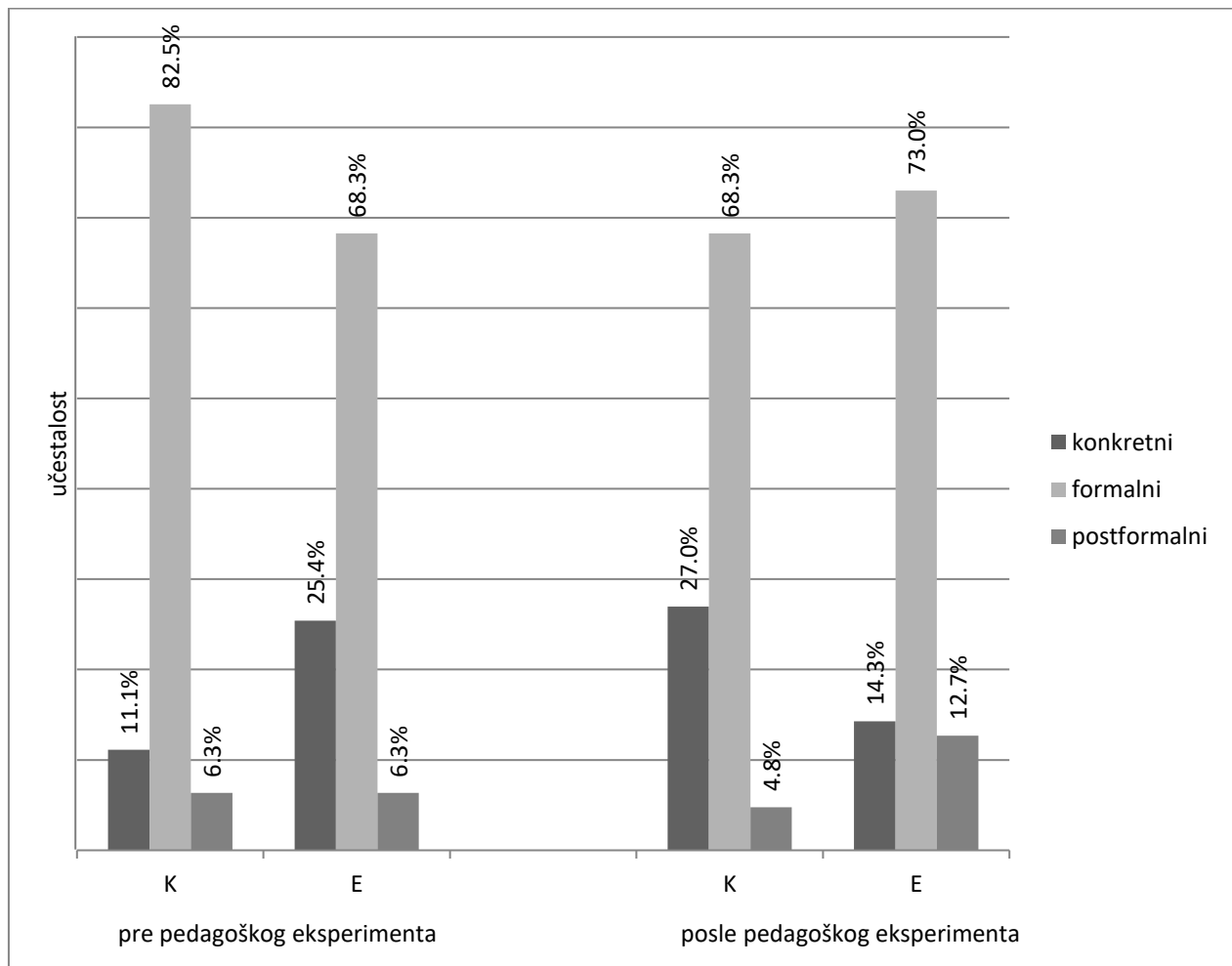
Za učenike K grupe dobijeni su slični rezultati. Naime, posmatrano prema ispitivanim kategorijama, jedino je za kategoriju motivacije orijentisanu ka postignuću dobijena statistička značajnost, $F(df = 1) = 7.070$, $p = 0.010$, $\eta^2 = 0.105$. Eta-kvadrat pokazatelj ukazuje na veliki uticaj pola na motivaciju učenika. Dobijeno je da su dečaci ($M = 7.57$, $SD = 1.99$) E grupe percipirali nešto manju motivaciju orijentisanu ka postignuću nego devojčice ($M = 8.97$, $SD = 2.15$). Kod drugih kategorija, takođe, nije dobijena statistička značajnost, $F(df = 1) = 0.033$, $p = 0.857$ za opaženu samoefikasnost; $F(df = 1) = 0.029$, $p = 0.865$ za primenu strategije aktivnog učenja; $F(df = 1) = 0.114$, $p = 0.737$ za uvažavanje značaja nauke; i $F(df = 1) = 0.020$, $p = 0.889$ za motivaciju orijentisanu na učenje. Dobijeni rezultati delimično potvrđuju polaznu hipotezu 7.

Poređenjem dobijenih rezultata za kategoriju motivacije orijentisane ka postignuću, vidi se da su devojčice K grupe iskazale veću motivaciju za ovu kategoriju nego devojčice u E grupi. Ovaj rezultat se može razumeti kao promenu orijentacije motivacije devojčica iz E grupe ka razumevanju sadržaja, dok se kod devojčica K grupe primećuje posvećenost oceni kao spoljašnjem motivacionom faktoru.

4.5 Nivo naučnog rezonovanja učenika

4.5.1 Uticaj primenjenih nastavnih metoda na nivo naučnog rezonovanja učenika na inicijalnom i finalnom testiranju

ANOVA je pokazala da su grupe bile ujednačene prema posmatranim nivoima, $F(df = 1) = 2.790$, $p = 0.097$, dok se razlika pokazala na finalnom testiranju, $F(df = 1) = 4.910$, $p = 0.029$, $\eta^2 = 0.038$. Dobijeni rezultat potvrđuje polaznu hipotezu 8. Na Histogram 1 prikazani su uporedni podaci prema nivoima rezonovanja.



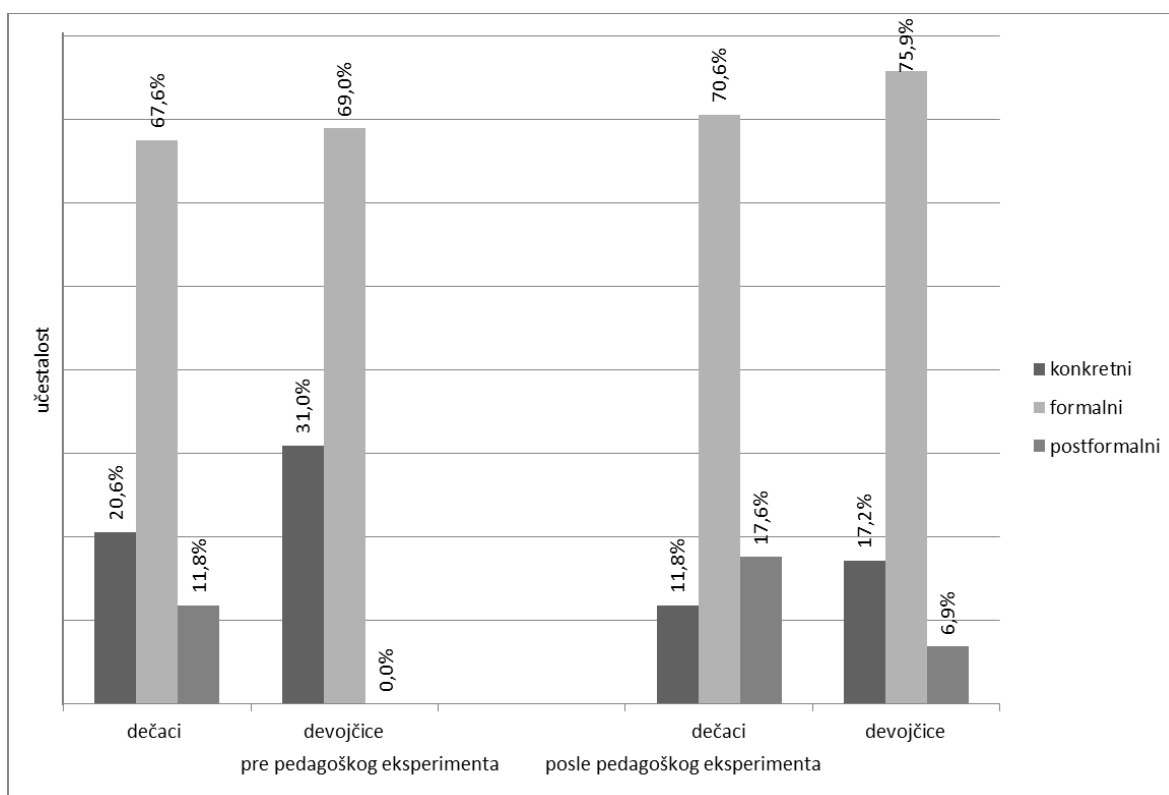
Histogram 1 Nivoi naučnog rezonovanja za obe nastavne metode pri inicijalnom i finalnom testiranju

Kako se može videti na histogramu 1, kod učenika E grupe je došlo do povećanja broja učenika na najvišem, postformalnom nivou, dok se kod učenika K grupe nije došlo do takvih promena.

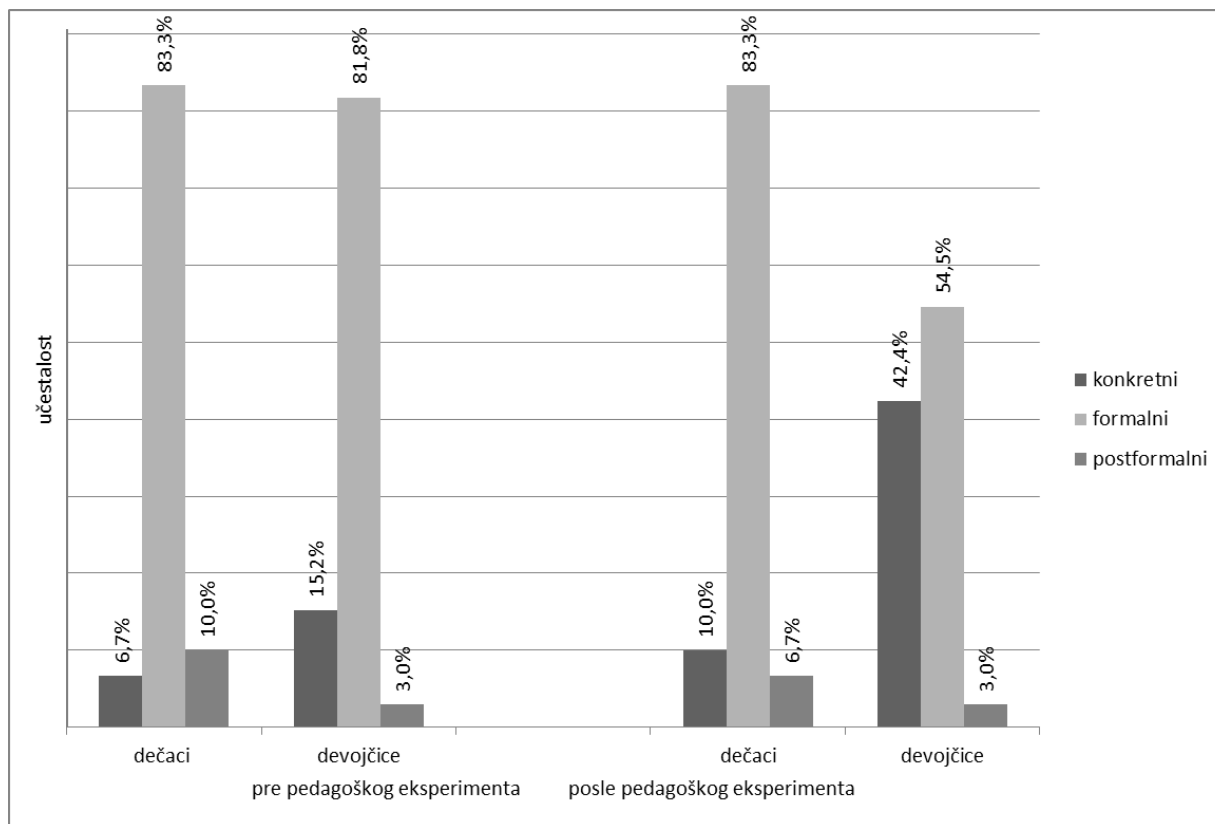
Istovremeno, učenici K grupe su brojniji od učenika E grupe na konkretnom nivou. Dobijeni rezultati se mogu razumeti kao podsticanje učenika E grupa na kreativnost i kritički pristup problemu.

4.5.2 Uticaj pola ispitanika na nivo naučnog rezonovanja pri inicijalnom i finalnom testiranju

Na histogramima 2 i 3 prikazani su nivoi naučnog rezonovanja prema polu ispitanika za E i K grupu, redom.



Histogram 2 Nivoi naučnog rezonovanja za K grupu pri inicijalnom i finalnom testiranju



Histogram 3 Nivoi naučnog rezonovanja za E grupu pri inicijalnom i finalnom testiranju

Poređenjem rezultata vidi se blag porast devojčica E grupe na postformalnom nivou, dok se kod K grupe može uočiti stagnacija za postformalni nivo, a povećanje broja devojčica na konkretnom nivou. Dobijeni rezultat pokazuje da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju pogodnija za devojčice. Postojanje razlika potvrđuje polaznu hipotezu 9.

4.6 Uticaj prediktora na učeničko postignuće – model neuronskih mreža

Pirosonov koeficijent korelacije je pokazao da postoji statistički značajna povezanost između učeničkog postignuća na finalnom testu i motivacije za učenje fizike ($r = 0.258$, $p = 0.004$), nivoa naučnog rezonovanja ($r = 0.278$, $p = 0.002$), i samopercipiranog mentalnog napora ($r = -0.201$, $p = 0.024$). Takođe, dobijeno je da i prediktori međusobno koreliraju. Naime, dobijeno je da je korelacija između motivacije učenika i nivoa naučnog rezonovanja ($r = 0.220$, $p = 0.013$), a između nivoa naučnog rezonovanja i samopercipiranog mentalnog napora ($r = -0.202$, $p = 0.023$). Pošto prediktori međusobno koreliraju, primenjen je model neuronskih mreža. Površina ispod

krive iznosila je 0.728. U tabeli 11 prikazani su (normalizovani) uticaji prediktora na objašnjenje varijanse učenikog postignuća.

Tabela 11 Uticaj i normalizovani uticaj prediktora na učeničko postignuće

	Uticaj	Normalizovan uticaj
nastavna metoda	0.192	54.6%
nivo naučnog rezonovanja	0.352	100.0%
motivacija učenika za učenjem fizike	0.189	53.7%
samopercipirani mentalni napor	0.267	75.8%

Kako se može videti iz tabele 11, svi prediktori značajno utiču na objašnjenje varijanse učenikog postignuća. Nivo naučnog rezonovanja i samopercipirani mentalni napor u nešto većoj meri nego nastavna metoda i motivacija utiču na objašnjenje varijanse. Dobijeno se može razumeti da ukoliko učenici razviju kritičko mišljenje lakše će uviđati relacije među fizičkim zakonitostima što će rezultirati većim postignućem. Sa druge strane, izbor nastavne metode direktno utiče na nivo naučnog rezonovanja, te je potrebno uzeti u obzir sve prediktore i njihove povezanosti za detaljnije objašnjenje varijanse učenikog postignuća.

5 Diskusija rezultata istraživanja i zaključak

U poslednjih deset godina ostvaren je eksponencijalni rast u broju korisnika LMS sistema. Prema Moskalu i saradnicima (Moskal et al., 2013) od 2010 do 2015. godine došlo je do značajnog pada u broju kurseva koji se održavaju na tradicionalan način i to sa 14.1 milion na 4.1 milion kurseva. Ovaj nagli porast upotrebe LMS sistema ukazuje na potrebu ispitivanja njegovih efekata na učeničke performanse, kao i načina njegove integracije u proces nastave. Stoga je cilj ovog istraživanja bio utvrđivanje uticaja hibridne nastave na učeničke performanse, mentalni napor, naučno rezoniranje i motivaciju na časovima fizike u srednjoj školi u Srbiji.

Mnoga istraživanja pokazala su da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju pozitivno utiče na ostvarenje obrazovnih ciljeva (Horn and Fisher, 2017; Luo et al., 2017). Prema Luou i saradnicima nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju, koja kombinuje objektno orijentisano dinamičko okruženje kao što je Moodle platforma, sa učenjem licem u lice, ostvaruje odlične rezultate u kontekstu učeničkih stavova prema onlajn učenju i praksi (Luo et al., 2017). Postavljanjem određenih instrukcija u onlajn okruženje, nastavnik ima mogućnost da se, tokom časa uživo, više posveti praktičnom radu i diskusiji sa učenicima u manjim grupama (Horn and Fisher, 2017). Aktivnosti nastave nekih oblasti fizike moguće je i do 50% realizovati u onlajn okruženju (Cavanagh et al., 2017; Garnham and Kaleta, 2002).

Rezultati su pokazali da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju pozitivno utiče na učeničko postignuće jer statistički značajno utiče na njegovo povećanje. Slični rezultati dobijeni su u drugim istraživanjima. U istraživanju Suliswora i saradnika dobijeno je da je postignuće učenika koji su pohađali nastavu zasnovanu na hibridnom učenju, na značajno višem nivou u odnosu na postignuće učenika kojima je isti sadržaj prikazivan tradicionalnom metodom (licem u lice) (Sulisworo et al., 2016). Sauna i saradnici u svom istraživanju pokazali su pozitivan uticaj nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju na postignuća učenika u okviru oblasti „Osnove fizike 1“ koja obuhvata nastavne teme: vektori, linearno kretanje i dinamiku translacionog kretanja (Suana et al., 2017).

Da bi se upotpunile informacije o efektima nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju, u okviru ovog istraživanja ispitan je njegov uticaj na samopercipirani mentalni napor učenika. Rezultati su pokazali da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju uzrokuje i statistički

značajno smanjenje samopercipiranog mentalnog napora učenika. Ovo znači da je zauzetost radne memorije učenika iz E grupe bila manja nego kod učenika K grupe. Dobijeni rezultat pokazuje da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju pogodnija za učenike nego tradicionalna metoda jer uzrokuje manji mentalni napor što ukazuje i na smanjenje opterećenosti radne memorije. Smanjenje mentalnog napora i manja zauzetost radne memorije daje mogućnost učeniku da poveže više informacija sa već postojećim u dugotrajnoj memoriji.

Uzrokovano povećanje učeničkog postignuća i smanjenje samopercipiranog mentalnog napora pokazalo je da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju ima pozitivne i značajno više vrednosti instrukcione efikasnosti nego tradicionalna metoda. U istraživanju Županec i saradnici (Županec et al., 2018) dobijena je pozitivna i značajno veća vrednost instrukcione efikasnosti nastavne metode izvrnute učionice u odnosu na tradicionalnu nastavnu metodu, u okviru nastave biologije. Stoga ovi rezultati potvrđuju da je primena nastavnih metoda zasnovanih na hibridnom učenju pogodna kako za nastavu fizike tako i za nastavu drugih prirodnih nauka.

Primenom nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju ostvarena je veća motivacija učenika za učenje fizike. Posebno su se izdvojile komponente aktivno učenje i uvažavanje značaja fizike kao nauke, u okviru kojih je došlo do povećanja vrednosti ovih komponenti kod učenika E grupa, a do smanjenja kod učenika K grupe. U istraživanju Županec i sar. (Županec et al., 2018) pokazano je da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju ima pozitivnu i značajno veću vrednost instrukcione angažovanosti učenika nego tradicionalna metoda. Kako instrukciona angažovanost u sebe posredno, uključuje motivaciju, može se zaključiti da nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju uzrokuje povećanje učeničke motivacije za učenje fizike, odnosno drugih prirodnih nauka.

Da bi se upotpunile informacije o efektima nastavne metode zasnovane na hibridnom učenju ispitan je i njen uticaj na nivo naučnog rezonovanja. Prema dobijenim rezultatima, ova metoda pokazala je statistički značajan doprinos na povećanje nivoa naučnog rezonovanja. Unutar E grupe, došlo je do povećanja broja učenika koji su dostigli postformalni nivo naučnog rezonovanja, dok značajnijih promena unutar K grupe nije bilo.

Model neuronskih mreža pokazao je da svi prediktori (nastavna metoda, nivo naučnog rezonovanja, motivacija učenika za učenjem fizike, samopercipirani mentalni napor) pokazuju

značajan doprinos objašnjenju varijanse učeničkog postignuća. Sumiranjem rezultata može se zaključiti da je nastavna metoda zasnovana na hibridnom učenju pogodna za učenike drugog razreda gimnazije prirodno-matematičkog smera, u okviru nastave fizike, jer uzrokuje povećanje učeničkog postignuća, smanjenje mentalnog napora, povećanje motivacije za učenje fizike i povećanje nivoa naučnog rezonovanja.

6 Literatura

- Ainley, M., 2006. Connecting with Learning: Motivation, Affect and Cognition in Interest Processes. *Educ Psychol Rev* 18, 391–405. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9033-0>
- Ajredini, F., Izairi, N., Zajkov, O., 2014. Real Experiments versus Phet Simulations for Better High-School Students' Understanding of Electrostatic Charging. *European Journal of Physics Education*.
- Ali, E., Ismail, Y., Sedef, A., 2010. Investigating of Relationships between Attitudes towards Physics Laboratories, Motivation and Amotivation for the Class Engagement. *Eurasian J. Physics and Chemistry Education Jan (Special Issue)*, 59–64.
- Allen, I., Seaman, J., Garrett, R., 2007. Blending In: The Extent and Promise of Blended Education in the United States.
- Angell, C., Guttersrud, O., Henriksen, E.K., Isnes, A., 2004. Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Sci. Ed.* 88, 683–706. <https://doi.org/10.1002/sce.10141>
- Ayres, P., 2006. Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction* 16, 389–400. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.001>
- Baddeley, A., 1992. Working memory. *Science* 255, 556–559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Bandura, A., 1997. Self-efficacy: The exercise of control. W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Bandura, A., 1977. Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review* 84, 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Brooks, D.W., Nolan, D.E., Gallagher, S.M., 2006. Web-Teaching: A Guide to Designing Interactive Teaching for the World Wide Web. Springer Science & Business Media.
- Bruner, J., 1966. Studies in cognitive growth: A collaboration at the Center for Cognitive Studies.
- Bryan, A., Volchenkova, K.N., 2016. Blended learning: definition, models, implications for higher education. *EES* 8, 24–30. <https://doi.org/10.14529/ped160204>
- Cavanagh, T.B., Thompson, K., Futch, L., 2017. Supporting Institutional Hybrid Implementations: Supporting Institutional Hybrid Implementations. *Teaching and Learning* 2017, 111–119. <https://doi.org/10.1002/tl.20233>
- Chandra, V., 2004. The Impact of a Blended Web-based Learning Environment on the Perceptions, Attitudes, and Performance of Boys and Girls in Junior Science and Senior Physics. Curtin University of Technology.
- Chew, E., Jones, N., Turner, D., 2008. Critical Review of the Blended Learning Models Based on Maslow's and Vygotsky's Educational Theory, in: Fong, J., Kwan, R., Wang, F.L. (Eds.), *Hybrid Learning and*

Education, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 40–53. https://doi.org/10.1007/978-3-540-85170-7_4

Choi, H.-H., van Merriënboer, J.J.G., Paas, F., 2014. Effects of the Physical Environment on Cognitive Load and Learning: Towards a New Model of Cognitive Load. *Educ Psychol Rev* 26, 225–244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6>

Clark, R.C., Nguyen, F., Sweller, J., Baddeley, M., 2006. Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load. *Perf. Improv.* 45, 46–47. <https://doi.org/10.1002/pfi.4930450920>

Cronje, J., 2020. Towards a New Definition of Blended Learning. *EJEL* 18. <https://doi.org/10.34190/EJEL.20.18.2.001>

Dawson, C., 2000. Upper primary boys' and girls' interests in science: have they changed since 1980? *International Journal of Science Education* 22, 557–570. <https://doi.org/10.1080/095006900289660>

de Jong, T., 2010. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instr Sci* 38, 105–134. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>

Dorocki, M., Radulović, B., Stojanović, M., Gajić, O., 2021. Impact of blended learning approach on students' achievement and mental effort. *Can. J. Phys.* cjp-2019-0602. <https://doi.org/10.1139/cjp-2019-0602>

Eccles, J.S., Wigfield, A., Schiefele, U., 1998. Motivation to Succeed. In W. Damon (Series Ed.) & N. Eisenberg (Vol. Ed.), in: *Handbook of Child Psychology: Vol. 3. Social, Emotional, and Personality Development*. New York: Wiley, pp. 1017–1095.

Education in a Changing Environment Conference, University of Salford (Eds.), 2003. Blended learning in practice, in: *Education in a Changing Environment: Scholarship, Educational Research and Development at the University of Salford : Proceedings of the University of Salford's Inaugural Learning and Teaching Research Conference, 17-18 September 2003*. University of Salford, Salford?

Erhel, S., Jamet, E., 2013. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. *Computers & Education* 67, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.019>

Finkelstein, N.D., Adams, W.K., Keller, C.J., Kohl, P.B., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., Reid, S., LeMaster, R., 2005. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 1, 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>

Friesen, N., 2012. Report: Defining Blended Learning.

Gagić, Z.Z., Skuban, S.J., Radulović, B.N., Stojanović, M.M., Gajić, O., 2019. THE IMPLEMENTATION OF MIND MAPS IN TEACHING PHYSICS: EDUCATIONAL EFFICIENCY AND STUDENTS' INVOLVEMENT. *JBSE* 18, 117–131. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.117>

- Garnham, C., Kaleta, R., 2002. Introduction to hybrid courses. *Teaching with technology today* 5–14.
- Gelman, R., Au, T.K.-F. (Eds.), 1996. *Perceptual and cognitive development, Handbook of perception and cognition*, 2nd edition. Academic Press, San Diego, Calif.
- Glynn, S.M., Koballa, T.R., 2006. Motivation to learn in college science, in: *Handbook of College Science Teaching*. National science teachers association press, Arlington, pp. 25–32.
- Graham, C.R., 2006. Blended learning systems, in: *The Handbook of Blended Learning*. pp. 3–21.
- Grossberg, S., 1982. *Studies of mind and brain: neural principles of learning, perception, development, cognition, and motor control*, Boston studies in the philosophy of science. D. Reidel Pub. Co. ; Sold and distributed in the U.S.A. and Canada by Kluwer Boston, Dordrecht, Holland ; Boston : Hingham, MA.
- Handbook of Learning and Cognitive Processes (Volume 1): Introduction to Concepts and Issues*, 1st ed, 2014. . Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315781075>
- Hoffman, B., 2015. *Motivation for learning and performance*. Elsevier Academic Press, Boston.
- Holmes, W., Bialik, M., Fadel, C., 2019. *Artificial intelligence in education: promises and implications for teaching and learning*.
- Horn, M., Fisher, J.F., 2017. New Faces of Blended Learning. *Educational Leadership* 74(6), 59–63.
- Huitt, W., Hummel, J., 2003. *Piaget's Theory of Cognitive Development*. Educational Psychology Interactive, Valdosta, GA: Valdosta State University.
- Kirschner, P.A., 2002. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction* 12, 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00014-7)
- Kohn, A., 1999. *Punished by rewards: the trouble with gold stars, incentive plans, A's, praise, and other bribes*. Houghton Mifflin Co, Boston.
- Krasnova, T., 2015. A Paradigm Shift: Blended Learning Integration in Russian Higher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 166, 399–403. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.543>
- Lalić-Vučetić, N., 2007. *Podsticanje učenika pohvalom i nagradom*. Beograd: Institut za pedagoška istraživanja.
- Lavonen, J., Angell, C., Bymen, R., Henriksen, E.K., Koponen, I.T., 2007. Social Interaction in Upper Secondary Physics Classrooms in Finland and Norway: A survey of students' expectations. *Scandinavian Journal of Educational Research* 51, 81–101. <https://doi.org/10.1080/00313830601079082>
- Lawson, A.E., 2004. The Nature and Development of Scientific Reasoning: A Synthetic View. *Int J Sci Math Educ* 2, 307–338. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3224-2>

- Lawson, A.E., 2003. The Neurological basis of learning, development, and discovery implications for science and mathematics instruction. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Luo, L., Cheng, X., Wang, S., Zhang, J., Zhu, W., Yang, J., Liu, P., 2017. Blended learning with Moodle in medical statistics: an assessment of knowledge, attitudes and practices relating to e-learning. *BMC Med Educ* 17, 170. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-1009-x>
- Lyons, T., 2006. The Puzzle of Falling Enrolments in Physics and Chemistry Courses: Putting Some Pieces Together. *Res Sci Educ* 36, 285–311. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9008-z>
- Mendelson, A.L., 2004. For Whom is a Picture Worth a Thousand Words? Effects of the Visualizing Cognitive Style and Attention on Processing of News Photos. *Journal of Visual Literacy* 24, 1–22. <https://doi.org/10.1080/23796529.2004.11674600>
- Miller, 1956. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 63, 81–97.
- Moskal, P., Dziuban, C., Hartman, J., 2013. Blended learning: A dangerous idea? The Internet and Higher Education 18, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2012.12.001>
- Neisser, U., 1967. *Cognitive psychology of the child*. New York: Appleton-Century Crofts.
- Obrentz, S.B., 2012. Predictors of Science Success: The Impact of Motivation and Learning Strategies on College Chemistry Performance | Semantic Scholar. Georgia State University.
- Olić, S., 2016. Motivation and Appreciation of Learning Styles as a Determinant of Pupil Achievement in Chemistry. University of Novi Sad, Faculty of Science, Novi Sad.
- Osborne, J., Simon, S., Collins, S., 2003. Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25, 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Owen, S., Dickson, D., Stanisstreet, M., Boyes, E., 2008. Teaching physics: Students' attitudes towards different learning activities. *Research in Science & Technological Education* 26, 113–128. <https://doi.org/10.1080/02635140802036734>
- Paas, F., Tuovinen, J.E., Tabbers, H., Van Gerven, P.W.M., 2003. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist* 38, 63–71. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_8
- Paas, F.G.W.C., Van Merriënboer, J.J.G., 1994. Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educ Psychol Rev* 6, 351–371. <https://doi.org/10.1007/BF02213420>
- Paas, F.G.W.C., Van Merriënboer, J.J.G., 1993. The Efficiency of Instructional Conditions: An Approach to Combine Mental Effort and Performance Measures. *Hum Factors* 35, 737–743. <https://doi.org/10.1177/001872089303500412>

- Papastergiou, M., 2009. Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education* 52, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Peterson, L., Peterson, M.J., 1959. Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology* 58, 193–198. <https://doi.org/10.1037/h0049234>
- Peterson, L.R., Peterson, M.J., Miller, A., 1961. Short-term retention and meaningfulness. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie* 15, 143–147. <https://doi.org/10.1037/h0083216>
- Petri, H.L., Govern, J.M., 2013. *Motivation: theory, research and application*, 6th ed. ed. Wadsworth, Cengage Learning, Belmont, CA.
- Piaget, J., 1990. *The child's conception of the world*. New York: Littlefield Adams.
- Piaget, J., 1972. *The psychology of the child*. New York: Littlefield Adams.
- Pintrich, P.R., Maehr, M.L., 2004. *Advances in motivation and achievement: Motivating students, improving schools*. Oxford, England: JAI, An Imprint of Elsevier Science.
- Pintrich, P.R., Roeser, R.W., de Groot, E.A.M., 1994. Classroom and Individual Differences in Early Adolescents' Motivation and Self-Regulated Learning. *The Journal of Early Adolescence* 14, 139–161. <https://doi.org/10.1177/027243169401400204>
- Plass, J.L., Moreno, R., Brünken, R., 2010. *Cognitive Load Theory*. Cambridge University Press.
- Radulović, B., 2015. Kognitivno opterećenje učenika drugog razreda gimnazije u nastavi fizike. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet.
- Radulović, B., Stojanović, M., 2019. Comparison of Teaching Instruction Efficiency in Physics through the Invested Self-Perceived Mental Effort. VO 152–175. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2019-3-152-175>
- Radulovic, B., Stojanovic, M., Zupanec, V., 2016. The effects of laboratory inquire-based experiments and computer simulations on high school students' performance and cognitive load in physics teaching. *Zb Inst pedagog istraz (Beogr)* 48, 264–283. <https://doi.org/10.2298/ZIP1602264R>
- Ranganathan, S., 2007. Hybrid learning: Balancing face-to-face and online class sessions [WWW Document]. ResearchGate. URL https://www.researchgate.net/publication/255594155_HYBRID_LEARNING_BALANCING_FACE-TO-FACE_AND_ONLINE_CLASS_SESSIONS (accessed 9.22.20).
- Reid, N., Skryabina, E.A., 2002. Attitudes towards Physics. *Research in Science & Technological Education* 20, 67–81. <https://doi.org/10.1080/02635140220130939>

- Ross, C.M., 1999. *The Relationship among Academic Achievement Motivation, Motivation Orientation, and Ability-Achievement Differences in Reading*. University of Alabama, USA.
- Ryan, R.M., Deci, E.L., 2000. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25, 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Schnotz, W., Kürschner, C., 2007. A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educ Psychol Rev* 19, 469–508. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4>
- Schunk, D.H., Pintrich, P.R., Meece, J.L., Pintrich, P.R., 2008. *Motivation in education: theory, research, and applications*, 3rd ed. ed. Pearson/Merrill Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Staker, H., Horn, M., 2012. *Classifying K-12 Blended Learning*.
- Suana, W., Maharta, N., Nyeneng, I.D.P., Wahyuni, S., 2017. Design and Implementation of Schoology-Based Blended Learning Media for Basic Physics I Course. *JPII* 6. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.8648>
- Sulisworo, D., Agustin, S.P., Sudarmiyati, E., 2016. Cooperative-blended learning using Moodle as an open source learning platform. *IJTEL* 8, 187. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2016.078089>
- Sweller, J., 1994. Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction* 4, 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J., 1988. Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science* 12, 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S., 2011. *Cognitive load theory, 1. ed. ed, Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies*. Springer, New York, NY.
- Tuan, H., Chin, C., Shieh, S., 2005. The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education* 27, 639–654. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323737>
- van Gog, T., Paas, F., 2008. Instructional Efficiency: Revisiting the Original Construct in Educational Research. *Educational Psychologist* 43, 16–26. <https://doi.org/10.1080/00461520701756248>
- Vansteenkiste, M., Lens, W., Deci, E.L., 2006. Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination Theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation. *Educational Psychologist* 41, 19–31. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4101_4
- Vygotsky, L., 1986. *Thought and language*. Boston: MIT Press.
- Walberg, H.J., 1988. The nature of creativity, in: *Creativity as Learning*. New York: Cambridge University Press, pp. 340–361.
- Wang, F.-K., Bonk, C.J., 2001. A design framework for electronic cognitive apprenticeship. *OLJ* 5. <https://doi.org/10.24059/olj.v5i2.1883>

- Watson, J., Kalmon, S., 2005. Keeping pace with K-12 online learning: A review of state-level policy. Learning Point Associates.
- Watson, J., Murin, A., 2014. A History of K-12 Online and Blended Instruction in the United States, in: Handbook of Research on K-12 Online and Blended Learning. Carnegie Mellon University, ECT Press, Pittsburgh?
- Wenning, C.J., 2006. Assessing nature-of-science literacy as one component of scientific literacy. Journal of Physics Teacher Education Online 3(4), 3–14.
- Wentzel, K.R., 2013. Motivating Students to Learn, 0 ed. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203858318>
- Zacharia, Z., Anderson, O.R., 2003. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. American Journal of Physics 71, 618–629. <https://doi.org/10.1119/1.1566427>
- Zacharia, Z.C., Olympiou, G., Papaevripidou, M., 2008. Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. J. Res. Sci. Teach. 45, 1021–1035. <https://doi.org/10.1002/tea.20260>
- Županec, V., Radulović, B., Pribičević, T., Miljanović, T., 2018. Determination of educational efficiency and students' involvement in the flipped biology classroom in primary school. Journal of Baltic Science education.

7 Prilozi

7.1 Prilog 1 – Test znanja

U inicijalnom i u finalnom testiranju primenjen je standardizovan test znanja o jednosmernoj struji (Inventory of Basic Conceptions - DC Circuits-IBCDC) kreirao je Ibrahim Halloun (<https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?I=24&A=DIRECT>) a preveo autor ovog rada.

7.2 Prilog 2 – Test motivacije

Upitnik SMTSL (verzija prilagođena i prevedena na srpski jezik)

Tvrđnja

Samoefikasnost

1. Bez obzira da li je gradivo fizike teško ili lako siguran/a sam da ću ga razumeti. (+)
2. Nisam siguran/a da mogu da razumem teške fizičke pojmove. (-)
3. Siguran/a sam da na kontrolnom zadatku iz fizike mogu da dobijem dobru ocenu. (+)
4. Bez obzira koliko se trudim ne mogu da naučim gradivo fizike. (-)
5. Kada su zadaci iz fizike preteški uradim samo one lakše delove. (-)
6. Dok učim fiziku radije tražim odgovor od drugih nego da sam razmišljam. (-)
7. Ako smatram da je neko gradivo fizike teško ne pokušavam da ga naučim. (-)

Aktivno učenje

8. Kada učim nove fizičke pojmove pokušavam da ih razumem. (+)
9. Kada učim nove fizičke pojmove povezujem ih sa prethodnim znanjem i iskustvom. (+)
10. Kada ne razumem neki fizički pojam koristim druge izvore (dodatnu literaturu, internet) koji će mi pomoći da ga razumem. (+)
11. Kada mi je nejasno gradivo fizike pokušavam da ga razumem kroz razgovor sa nastavnikom ili drugim učenicima. (+)
12. Prilikom učenja pokušavam da povezujem različite delove gradiva. (+)
13. Kada pogrešim pokušavam da shvatim gde sam pogrešio. (+)
14. Čak i ako ne razumem gradivo fizike, ipak ću pokušati da ga naučim. (+)
15. Kada se novo gradivo fizike koje učim ne slaže sa mojim prethodnim znanjem pokušavam da razumem zašto. (+)

Značaj fizike

16. Mislim da je učenje fizike važno jer mi može koristiti u svakodnevnom životu. (+)
 17. Mislim da je učenje fizike važno jer me podstiče na razmišljanje. (+)
 18. Mislim da je u fizici važno naučiti kako se rešavaju problemi. (+)
 19. Mislim da je u fizici važno učestvovati u istraživačkim aktivnostima. (+)
 20. Važno mi je da u učenju fizike zadovoljim svoju radoznalost. (+)
-

Motivacija orijentisana na postignuće

-
21. Učim fiziku da bih dobio/la dobru ocenu. (-)
-
22. Učim fiziku s ciljem da budem bolji/a od drugih učenika. (-)
-
23. Fiziku učim kako bi drugi učenici mislili da sam pametan/a. (-)
-
24. Učim fiziku kako bi nastavnik obraćao pažnju na mene. (-)
-

Motivacija orijentisana na učenje

-
25. Osećam zadovoljstvo kada ostvarim dobar rezultat na kontrolnom zadatku iz fizike. (+)
-
26. Osećam zadovoljstvo kada sam siguran u svoje znanje. (+)
-
27. Osećam zadovoljstvo kada mogu da rešim težak zadatak iz fizike. (+)
-
28. Osećam zadovoljstvo kada nastavnik fizike prihvata moje ideje. (+)
-
29. Osećam zadovoljstvo kada učenici prihvataju moje ideje. (+)
-

Napomena: (+) pozitivna tvrdnja; (-) negativna tvrdnja

7.3 Prilog 3 – Test naučnog rezonovanja

Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning - CTSR kreiran je od strane Anton Lawson-a, a preveden na srpski jezik od strane Radulović i Stojanović (2017). Test je dostupan na adresi <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?A=CTSR>.

7.4 Prilog 4 – Plan i program nastave i učenja, predmeta fizike, za drugi rared gimnazije prirodno matematičkog smera

FIZIKA

Cilj i zadaci

Cilj nastave fizike u gimnaziji jeste sticanje funkcionalne pismenosti (prirodno-naučne, matematičke, tehničke), sistematsko sticanje znanja o fizičkim pojavama i procesima i njihovo razumevanje na osnovu fizičkih modela i teorija, osposobljavanje učenika za primenu znanja i rešavanje problema i zadataka u novim i nepoznatim situacijama, aktivno sticanje znanja o fizičkim pojavama kroz istraživački pristup, sticanje radnih navika, odgovornosti i sposobnosti za samostalan rad i za timski rad, formiranje osnove za dalje obrazovanje.

Zadatak nastave fizike jeste stvaranje raznovrsnih mogućnosti da kroz različite sadržaje i oblike rada, primenom savremenih metodičkih i didaktičkih postupaka u nastavi, ciljevi i zadaci obrazovanja u celini, kao i ciljevi nastave fizike budu u punoj meri realizovani.

Ostali zadaci nastave fizike su da učenici:

- razvijaju funkcionalnu pismenost (prirodno-naučna, matematička, tehnička);
- sistematski stiču znanja o fizičkim pojavama i procesima;
- razumeju pojave, procese i odnose u prirodi na osnovu fizičkih modela i teorija;
- razvijaju način mišljenja i rasuđivanja u fizici;
- razvijaju svest o značaju eksperimenta u saznavanju, razumevanju i proveravanju fizičkih zakona;
- budu osposobljeni za primenu fizičkih metoda merenja u svim oblastima fizike;
- steknu sposobnost za uočavanje, formulisanje, analiziranje i rešavanje problema;
- razvijaju kompetencije za izvođenje jednostavnih istraživanja;
- razvijaju logičko i apstraktno mišljenje i kritički stav u mišljenju;
- shvate značaj fizike za tehniku i prirodne nauke;
- razvijaju sposobnosti za primenu znanja iz fizike;
- stiču znanja o prirodnim resursima, njihovoj ograničenosti i održivom korišćenju;
- razvijaju pravilan odnos prema zaštiti, obnovi i unapređenju životne sredine;
- razvijaju motivisanost za učenje i zainteresovanost za sadržaje fizike;
- razvijaju radne navike, odgovornost i sposobnost za primenu stečenih znanja.

II razred (godina 2017.)

gimnazija prirodno-matematičkog smera

(3 časa nedeljno, 108 časova godišnje)

SADRŽAJI PROGRAMA

I Molekulsko-kinetička teorija gasova (11)

1.Uvod (molekuli, kretanje molekula). Raspodela molekula gasa po brzinama. Difuzija (kvalitativno). (R)

Merenje najverovatnije brzine molekula gasa. Srednji slobodni put molekula gasa. (O)

2.Model idealnog gasa. Pritisak gasa. Temperatura. (P)

3.Jednačina stanja idealnog gasa. Izoprocesi i gasni zakoni. (P)

Gasni termometar. (O)

Demonstracioni ogledi:

- Toplotno kretanje molekula (model Braunovog kretanja).
- Rejljev ogled.
- Izotermiski procesi.

Laboratorijska vežba

- Provera Bojl-Mariotovog zakona.

II Termodinamika (16)

1. Unutrašnja energija. Toplotna razmena i količina toplote. Prvi princip termodinamike (P).

2. Rad pri širenju gasa. Primena I principa termodinamike na izoprocese u idealnom gasu. Toplotne kapacitativnosti. Adijabatski proces. (P)

3. Povratni i nepovratni procesi. (R)

Drugi princip termodinamike. Statistički smisao II principa. (R)

Entropija. (O)

4. Osnovni princip toplotnih motora i uređaja za hlađenje. Koeficijent korisnog dejstva. Karnoov ciklus. (P)

Demonstracioni ogledi:

- Adijabatski procesi (kompresija, ekspanzija).
- Statistička raspodela (Galtonova daska).

III Osnovi dinamike fluida (14)

1. Fizički parametri idealnog fluida pri kretanju. Jednačina kontinuiteta. (P)

2. Bernulijeva jednačina. Primene Bernulijeve jednačine. (P)

Demonstracioni ogledi:

- Bernulijeva jednačina (Vertikalna sonda, Pitoova cev, Prantlova cev, Bernulijeva cev).
- Magnusov efekat.

Laboratorijska vežba (2)

- Venturijeva cev.

IV Molekulske sile i agregatna stanja (16)

1. Molekulske sile. (R)

Toplotno širenje čvrstih tela i tečnosti. (P)

2.Struktura čvrstih tela (kristali). (R)

Elastičnost čvrstih tela, Hukov zakon. (P)

3.Viskoznost u tečnosti, Njutnov i Stoksov zakon. Površinski napon tečnosti i kapilarnost. (P)

4.Isparavanje i kondenzovanje, zasićena para, ključanje. Topljenje i očvršćavanje. Isparavanje kristala i sublimacija. Dijagrami prelaza. (R)

5.Promene unutrašnje energije pri faznim prelazima. Jednačina toplotnog balansa. (P)

Demonstracioni ogledi:

- Toplotno širenje metala i gasova.
- Vrste elastičnosti, plastičnost.
- Kapilarne pojave. Površinski napon (ramovi sa opnom od sapunice i drugi načini).
- Ključanje na sniženom pritisku.
- Modeli kristalnih rešetki.
- Isparavanje i kondenzacija.
- Difuzija gasova.

Laboratorijske vežbe (4)

- Određivanje modula elastičnosti žice.
- Merenje koeficijenta površinskog napona.

V Elektrostatika (22)

1.Kulonov zakon. Jačina električnog polja. Linije sile. Električni fluks. (P)

2.Potencijalna energija elektrostatičke interakcije. Rad u električnom polju. Potencijal polja i električni napon. (P)

Ekvipotencijalne površi. Veza jačine polja i potencijala. (R)

3.Provodnik u električnom polju. Elektrostatička zaštita. (P)

4. Električni dipol, delovanje električnog polja na dipol. Dielektrik u električnom polju. (R)

Jačina polja u dielektriku. (P)

5. Električna kapacitivnost. Kondenzatori i njihovo vezivanje. Energija električnog polja u kondenzatoru. (P)

Zapreminska gustina energije električnog polja. (R)

Demonstracioni ogledi:

- Naelektrisavanje tela.
- Linije sila kod elektrostatičkog polja.
- Linije električnog polja (elektrolitička kada).
- Ekvipotencijalnost metalne površine, električni vetar.
- Faradejev kavez.
- Električna kapacitivnost provodnika (zavisnost od veličine i prisustva drugih tela).
- Zavisnost kapacitivnosti od rastojanja ploča kondenzatora i od dielektrika (elektrometar, rasklopni kondenzator).

VI Stalna električna struja (26)

1. Izvori električne struje i elektromotorna sila. Jačina i gustina struje. (P)

2. Omov zakon za provodnik. Električna otpornost provodnika, vezivanje otpornika. (P)

3. Džul-Lencov zakon. Omov zakon za kolo. Kirhofova pravila. (P)

4. Električna provodljivost metala. Omov i Džulov zakon na osnovu elektronske teorije provodljivosti metala. (R)

Kontaktne potencijali. Termoelektrične pojave. (O)

5. Električna struja u elektrolitima. Omov zakon i provodljivost elektrolita. Faradejevi zakoni elektrolize. (R)

6. Termoelektronska emisija. Katodna cev. (R)

7. Električna struja u gasovima. Vrste pražnjenja u gasovima. (R)

Plazma (O).

Demonstracioni ogledi:

- Omov zakon za deo i za celo strujno kolo.
- Električna provodljivost elektrolita.
- Džulov zakon.
- Struja u tečnosti i gasu.
- Električna otpornost provodnika.
- Pražnjenje u gasu pri snižavanju pritiska gasa.

Laboratorijske vežbe: (4)

- Provera Omovog zakona.
- Merenje otpora Vitstonovim mostom.

NAČIN OSTVARIVANJA PROGRAMA

U nedostatku standarda znanja korisni će biti nivoi obrazovno-vaspitnih zahteva, koji definišu obim i dubinu proučavanja pojedinih elemenata sadržaja programa sa kojima treba upoznati učenike na početku svake tematske celine

Prvi nivo: obaveštenost (O)

Obaveštenost kao nivo obrazovno-vaspitnih zahteva iziskuje da učenik može da se seti - reprodukuje ono što je učio: termine, specifične činjenice, metode i postupke, opšte pojmove, principe (zakone) ili teorije. Znači, od učenika se očekuje da gradivo koje je učio samo poznaje: da može da ga iskaže, ispriča, opiše, navede i sl., tj. da može da ga reprodukuje u bitno neizmenjenom obliku.

Drugi nivo: razumevanje (R)

Razumevanje kao nivo obrazovno-vaspitnih zahteva iziskuje da učenik bude osposobljen da gradivo koje je učio reorganizuje: da određene činjenice, pojmove i principe (zakone) objasni,

analizira, dovede u nove veze, koje nisu bile neposredno date u gradivu.

Razumevanje kao obrazovno-vaspitni nivo uključuje u sebe i prethodni nivo - obaveštenost. Ukoliko se ovde gradivo interpretira, onda se to čini ne u formi u kojoj je bilo prethodno dato, već u reorganizovanom, tj. u bitno izmenjenom obliku.

Treći nivo: primena (P)

Primena kao nivo obrazovno-vaspitnih zahteva iziskuje da učenik bude osposobljen da određene generalizacije, principe (zakone), teorije ili opšte metode primenjuje u rešavanju problema i zadataka.

Ovde je reč o primeni onog što se zna i razume u rešavanju novih problema (zadataka), a ne o njegovom jedinstvenom, reproduktivnom korišćenju u pojedinim situacijama. Primena kao najviši obrazovno-vaspitni nivo uključuje u sebe oba prethodna nivoa - obaveštenost i razumevanje.

Nastavnicima društveno-jezičkog smera je ostavljena sloboda da, prema potrebi, smanje nivo obrazovno-vaspitnih zahteva u tematskim celinama za koje smatraju da je to potrebno (npr. sa nivoa (P) na nivo (R)).

Ciljevi i zadaci nastave fizike ostvaruju se kroz sledeće osnovne oblike rada sa učenicima:

1. izlaganje sadržaja teme uz odgovarajuće demonstracione oglede;
2. rešavanje kvalitativnih i kvantitativnih zadataka;
3. laboratorijske vežbe;
4. korišćenje i drugih načina rada koji doprinose boljem razumevanju sadržaj teme (domaći zadaci, seminarski radovi, projekti...);
5. sistematsko praćenje rada svakog pojedinačnog učenika.

Praćenje rada učenika

Nastavnik kontinuirano prati rad svakog učenika kroz neprekidnu kontrolu njegovih usvojenih znanja, stečenih na osnovu svih oblika nastave: demonstracionih ogleda, predavanja, rešavanja kvantitativnih i kvalitativnih zadataka, laboratorijskih vežbi, seminarskih radova i projekata...

Kontinuirano se proverava i ocenjuje znanje učenika pomoću usmenog ispitivanja, kratkih (15-minutnih) pismenih provera, testova na kraju većih celina (5 testova), kontrolnih računskih vežbi (po jednom u polugodištu), proverom eksperimentalnih veština.

Na početku rada sa učenicima, poželjno je sprovesti dijagnostički test. Takav test govori sa kakvim predznanjem i kojim potencijalima učenici ulaze u novu školsku godinu. Takođe, predložimo testove sistematizacije gradiva na kraju svakog poučavanja ili na kraju školske godine. Priprema za ovaj test, kao i sam test, trebalo bi da osiguraju trajno usvajanje najosnovnijih i najvažnijih znanja iz prethodno obrađenih oblasti.

Dodatna i dopunska nastava

Dodatni rad namenjen je darovitim učenicima i treba da zadovolji njihova interesovanja za fiziku. Organizuje se sa jednim časom nedeljno. U okviru ove nastave se produbljuju i proširuju sadržaji iz redovne nastave, rade se novi sadržaji, teži zadaci, složeniji eksperimenti od onih u redovnoj nastavi... Učenici se slobodno opredeljuju pri izboru sadržaja programa. Zato je nužno sačiniti individualne programe rada sa učenicima na osnovu njihovih prethodnih znanja, interesovanja i sposobnosti. Korisno je da nastavnik pozove istaknute stručnjake da u okviru dodatne nastave održe popularna predavanja kao i da omogući učenicima posete institutima.

Dopunska nastava se takođe organizuje sa po jednim časom nedeljno. Nju pohađaju učenici koji u redovnoj nastavi nisu bili uspešni. Cilj dopunske nastave je da učenik, uz dodatnu pomoć nastavnika, stekne minimum osnovnih znanja iz sadržaja koje predviđa program fizike u gimnaziji.

7.5 Prilog 5 – Primeri časova klasične nastave namenjeni kontrolnoj grupi

Priprema za čas 1

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Otpor provodnika

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa pojmom otpora provodnika i usvajanje kvalitativnog i kvantitativnog objašnjenja otpora provodnika.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma otpora provodnika.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegove dužine.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegovog poprečnog preseka.
- Razumevanje veze između otpornosti provodnika i njegove specifične otpornosti.
- Primena promene parametara provodnika radi kreiranja tačno određenih intenziteta otpornosti.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za izvođenje matematičkih izraza za fizičke veličine.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Firmiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10min)

Čas počinje ponavljanjem podele materijala na provodnike i izolatore.

Pitanje: Koji materijali provode električnu struju a koji ne?

Očekivani odgovor: Materijali koji provode električnu struju su metali i elektroliti.

Pitanje: Od čega se obično prave električni provodnici, odnosno žice npr. od punjača za mobilni telefon?

Očekivani odgovor: Provodnici se obično prave od bakra.

Pitanje: Šta mislite od čega će zavisi efikasnost tih provodnika?

Očekivani odgovor: Efikasnost provodnika zavisiće od električnog otpora kojeg pruža prilikom proticanja električne struje.

Pitanje: A od čega zavisi električna otpornost provodnika?

Očekivani odgovor: Otpornost provodnika zavisi od vrste materijala, njegove dužine i debljine.

Glavni deo časa (30 min)

Otpor provodnika

Provodnici dobro provode električnu struju. Metali spadaju u dobre provodnike. Neki od njih bolje, a neki slabije provode električnu struju. Od metala najbolji provodnik jeste srebro, pa zatim bakar, dok je olovo skoro 15 puta slabiji provodnik od srebra.

Bez obzira na to koliko je dobar, provodnik će se suprotstavljati proticanju naelektrisanja. Fizička veličina kojom merimo tu osobinu provodnika naziva se električna otpornost. Jedinica za električnu otpornost je om (Ω), a najčešće korišćena oznaka R

Električna otpornost je fizička veličina kojom se opisuje stepen suprotstavljanja provodnika proticanju struje. Jedinica za električnu otpornost je om (Ω).

Posmatrajmo metalne provodnike. Najčešće su to metalne žice izrađene od bakra ili nekog drugog metala koji dobro provodi električnu struju.

Uporedimo žice iste debljine (istog poprečnog preseka) napravljene od istog metala, ali različite dužine. Jasno je da je otpornost duže žice veća. Dakle, otpornost je direktno srazmerna dužini metalnog provodnika.

Posmatrajmo dva metalna provodnika napravljena od istog materijala, iste dužine, a različitih poprečnik preseka. Koji će provodnik imati veću otpornost? Što je poprečni presek manji, struja će teže proticati kroz provodnik, pa će njegova otpornost biti veća. Dakle, otpornost je obrnuto srazmerna površini poprečnog preseka provodnika.

Na kraju posmatrajmo provodnike iste dužine i istog poprečnog preseka koji su napravljeni od različitih metala, bakra i olova na primer. Gvozdeni provodnik će pružiti veći otpor proticanju električne struje, pa je njegova otpornost veća. Zavisnost otpornosti od vrste materijala opisujemo fizičkom veličinom koja se naziva specifična otpornost.

Nastavnik definiše otpor provodnika, piše formulu na tablu a učenici zapisuju definiciju. Nastavnik objašnjava sve parametre u formuli, a izgled table je sledeći:

$$R = \rho \frac{S}{l}$$

R- otpor provodnika

P – specifična otpornost provodnika

S – poprečni presek provodnika

l – dužina provodnika

Nastavnik pokreće PhET simulaciju za otpor provodnika (<https://phet.colorado.edu/sr/simulation/resistance-in-a-wire>) na pametnoj tabli (Slika 10). Po

pokretanju simulacije, parametri su sledeći: specifična otpornost iznosi $0.5\Omega\text{cm}$, dužina provodnika je 10cm , poprečni presek je 7.5cm^2 , a otpornost provodnika 0.667Ω . Učenici zajednički menjaju parametre i potvrđuju prethodno definisanu zavisnost otpora provodnika od poprečnog preseka provodnika, njegove dužine kao i specifične otpornosti. Učenici zapisuju podatke u tabelu, a za domaći zadatak samostalno, svaki učenik za sebe, crta grafike zavisnosti identične kao u prvom času eksperimentalne grupe. Učenici nemaju međusobnu saradnju, niti diskusiju dok izrađuju domaći zadatak. Po povratku u školu, nastavnik ocenjuje radove svakom učeniku posebno.

Zadnji deo časa (5min)

Učenici zajednički sa nastavnikom ponavljaju zaključke sa časa, a zatim nastavnik daje instrukcije za domaći zadatak upućujući ih na udžbenike i radnu svesku.

Priprema za čas 2

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Električno strujno kolo i Omov zakon

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa pojmom električnog strujnog kola, kratkim spojem, načinom vezivanja ampermetra i voltmetra, kao i svim komponentama strujnog kola.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma električno strujno kolo.
- Razumevanje delova strujnog kola.
- Razumevanje kratkog spoja.
- Razumevanje načina vezivanja ampermetra i voltmetra.

- Primena vezivanja ampermetra i voltmetra radi merenja intenziteta električne struje i napona na delu strujnog kola.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10min)

Nastavnik postavlja pitanje: Od čega se sastoji najjednostavnije strujno kolo.

Očekivani odgovor: Najjednostavnije strujno kolo sastoji se od izvora električne struje, provodnika i potrošača (otpornika).

Pitanje: Šta se dešava sa strujnim kolom ako u njemu nemamo potrošača?

Očekivani odgovor: Ukoliko u strujnom kolu nemamo potrošača, dolazi do kratkog spoja i mogućeg požara.

Glavni deo časa (30min)

Nastavnik pomoću pametne table kreira kratak spoj u PhET simulaciji. Učenici zapisuju u sveske definiciju kratkog spoja i njene posledice. Kratak spoj nastaje kada strujno kolo ne sadrži

potrošača. Usled kratkog spoja dolazi do oslobađanja toplotne energije, te je moguće da dođe do požara. Zatim, nastavnik u strujno kolo dodaje i potrošač kako ne bi došlo do kratkog spoja. Nastavnik postavlja sledeće pitanje: Kako biste povezali ampermetar i voltmetar u ovo naše virtualno električno kolo?

Očekivani odgovor: Ampermetar vezujemo redno a voltmetar paralelno.

Nastavnik crta na tabli strujno kolo uvodeći redno vezan ampermetar i paralelno vezan voltmetar. Učenici precrtavaju strujno kolo u sveske.

Omov zakon

Nemački fizičar Georg Om (Georg Ohm, 1787–1854) eksperimentalno je utvrdio vezu između napona na krajevima otpornika i jačine struje koja protiče kroz njega. Napon izvora u ovom kolu mogao je da se menja. Povećavajući napon izvora primetio je da se povećava vrednost jačine struje koja protiče kroz kolo i da raste napon na krajevima otpornika. Jačinu struje merio je ampermetrom, a napon na otporniku voltmetrom. Ovaj eksperiment izveo je davne 1826. godine i njime uveo pojam električne otpornosti u fiziku. Zato je jedinica za otpornost nazvana po njemu. Om je svoj eksperiment ponovio za više različitih otpornika. Uvek je dobijena linearna zavisnost napona od jačine struje. Shvatio je da napon na krajevima otpornika zavisi od jačine struje i fizičke veličine kojom opisujemo karakteristike provodnika u kolu – otpornosti.

Definicija Omovog zakona glasi: Jačina struje kroz provodnik direktno je srazmerna naponu na njegovim krajevima, a obrnuto srazmerna njegovoj električnoj otpornosti.

Učenici zapisuju definiciju u svesku, nakon čega nastavnik zapisuje formulu na tabli:

$$I = \frac{U}{R}$$

Učenici prepisuju formulu i zapisuju merne jedinice za sve fizičke veličine:

$$[A] = \frac{[V]}{[\Omega]}$$

Nastavnik postavlja pitanje učenicima: Kako i koliko puta će se promeniti intenzitet električne struje ukoliko se napon u kolu poveća 4 puta?

Očekivani odgovor je: Intenzitet električne struje povećaće se 4 puta.

Završni deo časa (5-10min)

Nastavnik daje instrukcije učenicima kako da od izmerenih podataka, za domaći zadatak, nacrtaju grafike zavisnosti struje od napona i zavisnost struje od otpora u kolu. Učenici samostalno kod kuće izrađuju domaći zadatak, a nastavnik ga pregleda na narednom času.

Priprema za čas 3

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Vezivanje otpornika i izvora elektromotorne sile (EMS)

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa načinom vezivanja otpornika, izračunavanjem efektivnog otpora kao i načinima vezivanja izvora EMS.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje pojma paralelna i redna veza.
- Razumevanje efektivnog otpora.
- Razumevanje redne i pralelne veze izvora EMS.
- Primena vezivanja otpornika radi povećanja ili smanjenja ukupne otpornosti u strujnom kolu.
- Primena vezivanja izvora EMS radi povećanja ukupnog napona u strujnom kolu.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.

- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5-10min)

Nastavnik ponavlja sa učenicima gradivo sa prethodnog časa: električni otpornik, njegova oznaka i merna jednica, kao i šematski prikaz.

Glavni deo časa (30min)

Nastavnik definiše rednu vezu otpornika. Ako otpornike vezujemo redom jedan za drugi, dobijamo rednu vezu otpornika. Nastavnik crta rednu vezu otpornika na tablu.

U ovom kolu redno su vezani otpornici otpornosti R_1 i R_2 . Jačinu struje koja protiče kroz otpornike merimo ampermetrom i ona je ista kroz oba otpornika. Napone U_1 , U_2 i U merimo voltmetrima V i oni su različiti za svaki otpornik. Efektivni otpor ovog strujnog kola je: $R_e = R_1 + R_2$.

Nastavnik definiše paralelnu vezu otpornika. Ukoliko svaki kraj otpornika vežemo za krajeve drugog otpornika, dobijamo paralelnu vezu otpornika. Nastavnik crta paralelnu vezu otpornika na tablu. Jačina struje u ovim otpornicima ima različite vrednosti ukoliko je jačina otpora različita. Napon na krajevima svakog otpornika je isti. Efektivni otpor ovog strujnog kola računa se kao:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Učenici precrtavaju strujna kola i formule u svesku.

Nastavnik daje primer računskog zadatka: Ukoliko su redno vezana dva otpornika otpornosti 3Ω i 5Ω , kolika je njihova efektivna otpornost. Izračunati i efektivnu otpornost ukoliko iste otpornike vežemo paralelno.

Učenici zajedno sa nastavnikom rešavaju računski zadatak na tabli:

Za rednu vezu važi sledeća jednačina:

$$R_e = R_1 + R_2$$

Zamenom brojeva dobijamo:

$$R_e = 3\Omega + 5\Omega$$

$$R_e = 8\Omega$$

Za paralelnu vezu važi sledeća jednačina:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Zamenom brojeva dobijamo:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{5\Omega}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{5\Omega + 3\Omega}{15\Omega}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{8}{15\Omega}$$

$$R_e = 1,875\Omega$$

Završni deo časa (5-10min)

Učenici zajedno sa nastavnikom izvode zaključak o načinu povećanja otpornosti celog strujnog kola vezivanjem otpornika u rednu vezu i obrnuto. Takođe, učenici zapisuju i zaključak o karakteristikama redne i paralelne veze baterija (EMS).

Priprema za čas 4

Nastavni predmet: Fizika

Razred: drugi

Nastavna tema: Jednosmerna električna struja

Nastavna jedinica: Kirhofova pravila

Tip časa: obrada novog gradiva

Obrazovni nivo: razumevanje i primena

Nastavne metode: demonstraciona, monološka, dijaloška

Nastavna sredstva: pametna tabla, tabla i flomaster

Mesto rada: učionica

Cilj časa: Upoznavanje učenika sa Kirhofovima pravilima.

Obrazovni zadaci:

- Razumevanje prvog Kirhofovog pravila.
- Razumevanje drugog Kirhofovog pravila.
- Primena Kirhofovih pravila u konkretnim strujnim kolima.

Funkcionalni zadaci:

- Razvijanje logičkog mišljenja.
- Razvijanje sposobnosti uviđanja uzročno-posledičnih veza.
- Razvijanje sposobnosti zaključivanja.
- Razvijanje sposobnosti povezivanja stečenog znanja sa novim.
- Osposobljavanje učenika za spajanje strujnog kola.
- Osposobljavanje učenika za samostalni rad u PhET simulaciji, kao priprema za ulazak u laboratoriju uživo.

Vaspitni zadaci:

- Razvijanje svesti o značaju funkcionalnog učenja u cilju razvoja sposobnosti primene naučenog.
- Razvijanje svesti o značaju fizike u elektrotehnici.
- Formiranje radnih navika.
- Formiranje osećaja odgovornosti za izradu domaćih zadataka.

Uvodni deo časa (5 – 10 min)

Nastavnik crta na tabli primer složenijeg strujnog kola.

Glavni deo časa (30min)

Prvo Kirhofovo pravilo

Nastavnik objašnjava pojam strujnog čvora i Prvo Kirhofovo pravilo. Čvor u složenom strujnom kolu jeste tačka u kojoj se spajaju tri ili više elemenata kola. Za te tačke važi zakon održanja naelektrisanja, po kome količina naelektrisanja koja utekne u čvor mora da bude jednaka količini naelektrisanja koja iz čvora istekne. Ako se taj proces posmatra tokom nekog vremenskog intervala, može se zaključiti da je algebarska suma jačina struja koje uteknu u čvor jednaka algebarskoj sumi jačina struja koje ističu iz čvora. Ta konstatacija predstavlja prvo Kirhofovo pravilo (Gustav Kirchoff, 1845. godina), koje glasi: u bilo kojoj tački električnog kola gde se naelektrisanje ne menja tokom vremena, suma struja koje utiču u tačku jednaka je sumi struja koje ističu iz tačke.

Kada smo uvodili pojam električne struje, koristili smo analogiju s protokom fluida, vode na primer. Količina vode koja utekne u sistem tokom nekog vremena jednaka je količini vode koja istekne iz sistema. Po toj analogiji i količina naelektrisanja koja utekne u čvor tokom nekog vremena jednaka je količini naelektrisanja koja istekne iz čvora za to vreme. Pošto znamo da je količina naelektrisanja koja protekne kroz provodnik u jedinici vremena jednaka električnoj struji, zaključujemo da je zbir struja koje utiču u čvor jednak zbiru struja koje iz čvora ističu. Učenici zapisuju u sveske formulu i definiciju Prvog Kirhofovog pravila: Algebarski zbir struja u čvoru jednak je nuli. Ako struja utiče u čvor, njen predznak u algebarskoj sumi je pozitivan, a ako ističe iz čvora, negativan.

Drugo Kirhofovo pravilo

Složena strujna kola mogu da sadrže veliki broj elemenata, otpornika, izvora, kondenzatora itd. U svakom složenom kolu možemo uočiti zatvorene strujne konture. Zatvorena strujna kontura bila bi deo složenog kola unutar koga nema grananja. Unutar jedne zatvorene strujne konture algebarski zbir elektromotornih sila i padova napona mora da bude jednak nuli. Ta zakonitost predstavlja drugo Kirhofovo pravilo. Drugo Kirhofovo pravilo zapravo je posledica zakona održanja energije. Izvori unutar zatvorene strujne konture predaju energiju koja se troši na otpornicima.

Zbir napona između krajeva otpornika mora da bude jednak zbiru napona izvora u konturi (zakon održanja energije).

Učenici zapisuju definiciju: Algebarski zbir svih elektromotornih sila i svih napona na otpornicima u zatvorenoj strujnoj konturi jednak je nuli.

Određivanje predznaka:

- Ako se smer obilaženja i smer struje kroz otpornik poklapaju, napon na otporniku u algebarskoj sumi uzimamo s pozitivnim predznakom.
- Ako su smer obilaženja i smer struje kroz otpornik suprotni, napon na otporniku u algebarskoj sumi uzimamo s negativnim predznakom.
- Ako pri obilaženju po strujnoj konturi kroz izvor prolazimo od negativnog ka pozitivnom polu, znak elektromotorne sile u algebarskoj sumi je negativan.
- Ako pri obilaženju po strujnoj konturi kroz izvor prolazimo od pozitivnog ka negativnom polu, znak elektromotorne sile u algebarskoj sumi je pozitivan.

Zadnji deo časa (5-10min)

Nastavnik učenicima zadaje za domaći zadatak da primene definisana pravila i reše 3 računski zadatka iz zbirke.

Biografija



Marina (Radujkov) Dorocki rođena je 23.10.1982. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu „Jovan Popović” završila je u Novom Sadu sa Vukovom diplomom, nakon čega upisuje Gimnaziju „Isidora Sekulić” prirodno-matematičkog smera. Sve četiri godine srednjoškolskog školovanja, pohađa seminare astronomije u istraživačkoj stanici Petnica. Postaje član Petničke meteorske organizacije, a po završetku gimnazije, upisuje prirodno-matematički fakultet, smer diplomirani fizičar. Tokom školske 2004-2005 učestvuje u prvoj razmeni studenata u Republici Srbiji u okviru projekta Campus Europae, te četvrtu godinu studija završava u Portugalu na Univerzitetu Aveiro.

Kao zaljubljenik u nuklearnu fiziku, po povratku iz Portugala, diplomira 2008. godine na katedri za nuklearnu fiziku sa ocenom 10, a ukupnim prosekom 9,2. Godine 2009. u januaru dobija posao nastavnika fizike u Žablju u mešovitoj srednjoj školi „22. Oktobar”. Godine 2012. upisuje master studije iz metodike nastave i u roku ih završava. Godine 2013. dobija posao nastavnika fizike u Gimnaziji „Isidora Sekulić”. Po dolasku u gimnaziju, unapređuje nastavu fizike uvodeći nove metodičko-didaktičke pristupe učenju. Pokretanjem školske Moodle platforme 2014. godine, učenicima gimnazije „Isidora Sekulić” kreira hibridan model nastave fizike, primenom najmodernijih fizičkih simulacija. Realizator je seminara za stručno usavršavanje nastavnika „Vršnjačko učenje i konceptualna nastava prirodnih nauka”. Više godina nastupa kao predavač na British Council konferencijama "Nove tehnologije u obrazovanju", 2015. i 2016. Više godina drži predavanja i radionice na Republičkim seminarima fizike. Izabrana je za nacionalnog pobjednika ODS (Open Discovery Space) takmičenja u scenariju časa 2015., dobivši stručno usavršavanje u Atini. Nagrađena je kao Microsoft ugledni nastavnik 2015. godine. A godine 2019. dobija nagradu Najedukatora Srbije “Živojin Mišić”. U dva navrata, stručno se usavršava u CERN-u. Godine 2018. učesnik je na nacionalnoj obuci nastavnika fizike, a 2019. godine biva izabrana za jednog od 38 nastavnika fizike iz celog sveta, za učešće u internacionalnoj obuci nastavnika fizike u CERN-u. U saradnji sa RTV medijskom kućom, autor je video lekcija pripreme za malu maturu u okviru emisije “Ja biram”. Ambasador je mobilne aplikacije za merenje fizičkih veličina „Phyphox”, prilagodivši je na naš jezik. Autor je sajta fizike “Marinina razumljiva fizika”, čije resurse godinama koriste nastavnici i učenici. Godine 2020. pokreće prvu

interaktivnu onlajn školu u Srbiji „Znanje je in“, kreirajući preko 3000 video predavanja iz fizike, te na taj način značajno doprinosi kvalitetu onlajn učenja kako u Srbiji tako i u celom regionu tokom pandemije Kovid-19 virusa. Autor je više objavljenih radova u naučnim časopisima, a svoj doprinos kvalitetu obrazovanja daje i evaluacijom kao i recenzijom mnogih udžbenika fizike.

Plan tretmana podataka

Naziv projekta/istraživanja/disertacije
Uticaj primene hibridne nastave upotrebom Moodle platforme i PhET simulacija u fizici na učeničke performanse
Naziv institucije/institucija u okviru kojih se sprovodi istraživanje
a) Gimnazija „Isidora Sekulić“ u Novom Sadu b) Gimnazija „Jovan Jovanović Zmaj“ u Novom Sadu
Naziv programa u okviru kog se realizuje istraživanje
Istraživanje je deo doktorske disertacije i nije vezano za naučni projekat.
1. Opis podataka
1.1 Vrsta studije Sproveden je pedagoški eksperiment sa paralelnim grupama, kontrolnom i eksperimentalnom. _____
1.2 Vrste podataka a) kvantitativni b) kvalitativni
1.3. Način prikupljanja podataka a) <u>ankete, upitnici, testovi</u> b) kliničke procene, medicinski zapisi, elektronski zdravstveni zapisi v) genotipovi: navesti vrstu _____ g) administrativni podaci: navesti vrstu _____ d) uzorci tkiva: navesti vrstu _____ đ) snimci, fotografije: navesti vrstu _____ e) tekst, navesti vrstu _____ ž) mapa, navesti vrstu _____ z) ostalo: opisati _____
1.3 Format podataka, upotrebljene skale, količina podataka
1.3.1 Upotrebljeni softver i format datoteke: a) <u>Excel fajl, datoteka</u> _____ b) SPSS fajl, datoteka _____ c) PDF fajl, datoteka _____ d) Tekst fajl, datoteka _____ e) JPG fajl, datoteka _____ f) Ostalo, datoteka _____
1.3.2. Broj zapisa (kod kvantitativnih podataka) a) broj varijabli 11 _____ b) broj merenja (ispitanika, procena, snimaka i sl.) 2 merenja; 128 ispitanika _____

1.3.3. Ponovljena merenja

a) da

b) ne

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

- a) временски размак између поновљених мера је 6 недеља
- б) варијабле које се више пута мере односе се на ученичке перформансе
- в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као - _____

Napomene: _____

*Da li formati i softver omogućavaju deljenje i dugoročnu validnost podataka?*a) Dab) Ne

Ako je odgovor ne, obrazložiti _____

2. Prikupljanje podataka

2.1 Metodologija za prikupljanje/generisanje podataka

2.1.1. U okviru kog istraživačkog nacrta su podaci prikupljeni?

- a) eksperiment, navesti tip - pedagoški peksperiment sa paralelnim grupama
- b) korelaciono istraživanje, navesti tip _____
- c) analiza teksta, navesti tip _____
- d) ostalo, navesti šta _____

2.1.2 Navesti vrste mernih instrumenata ili standarde podataka specifičnih za određenu naučnu disciplinu (ako postoje).

Primenjeni su standardizovani test znanja, motivacije, mentalnog napora i naučnog rezonovanja

2.2 Kvalitet podataka i standardi

2.2.1. Tretman nedostajućih podataka

- a) Da li matrica sadrži nedostajuće podatke? Da
- Ne

Ako je odgovor da, odgovoriti na sledeća pitanja:

- a) Koliki je broj nedostajućih podataka? _____
- b) Da li se korisniku matrice preporučuje zamena nedostajućih podataka? Da Ne
- в) Ako je odgovor da, navesti sugestije za tretman zamene nedostajućih podataka _____

2.2.2. Na koji način je kontrolisan kvalitet podataka? Opisati

Primenjeni su standardizovani testovi i u bazi se nalaze samo potpuni podaci.

2.2.3. Na koji način je izvršena kontrola unosa podataka u matricu?

У базу су унети само потпуни подаци.

3. Tretman podataka i prateća dokumentacija

3.1. Tretman i čuvanje podataka

3.1.1. Podaci će biti deponovani u računar kojim raspolaže kandidat i mentor.

3.1.2. URL adresa _____

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Da li će podaci biti u otvorenom pristupu?

a) Da

b) Da, ali posle embarga koji će trajati do _____

v) Ne

Ako je odgovor ne, navesti razlog - U istraživanju su učestvovali maloletni učenici.

3.1.5. Podaci neće biti deponovani u repozitorijum, ali će biti čuvani.

Obrazloženje

3.2 Metapodaci i dokumentacija podataka

3.2.1. Koji standard za metapodatke će biti primenjen? _____

3.2.1. Navesti metapodatke na osnovu kojih su podaci deponovani u repozitorijum.

Ako je potrebno, navesti metode koje se koriste za preuzimanje podataka, analitičke i proceduralne informacije, njihovo kodiranje, detaljne opise varijabli, zapisa itd. _____

3.3 Strategija i standardi za čuvanje podataka

3.3.1. Do kog perioda će podaci biti čuvani u repozitorijumu? _____

3.3.2. Da li će podaci biti deponovani pod šifrom? Da Ne

3.3.3. Da li će šifra biti dostupna određenom krugu istraživača? Da Ne

3.3.4. Da li se podaci moraju ukloniti iz otvorenog pristupa posle izvesnog vremena?

Da Ne

Obrazložiti _____

4. Bezbednost podataka i zaštita poverljivih informacija

Ovaj odeljak MORA biti popunjen ako vaši podaci uključuju lične podatke koji se odnose na učesnike u istraživanju. Za druga istraživanja treba takođe razmotriti zaštitu i sigurnost podataka.

4.1 Formalni standardi za sigurnost informacija/podataka

Istraživači koji sprovode ispitivanja s ljudima moraju da se pridržavaju Zakona o zaštiti podataka o ličnosti (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) i odgovarajućeg institucionalnog kodeksa o akademskom integritetu.

4.1.2. Da li je istraživanje odobreno od strane etičke komisije? Da Ne

Ako je odgovor Da, navesti datum i naziv etičke komisije koja je odobrila istraživanje _____

4.1.2. Da li podaci uključuju lične podatke učesnika u istraživanju? Da Ne

Ako je odgovor da, navedite na koji način ste osigurali poverljivost i sigurnost informacija vezanih za ispitanike:

a) Podaci nisu u otvorenom pristupu

b) Podaci su anonimizirani

c) Ostalo, navesti šta _____

5. Dostupnost podataka

5.1. Podaci će biti

a) javno dostupni

b) dostupni samo uskom krugu istraživača u određenoj naučnoj oblasti

c) zatvoreni

Ako su podaci dostupni samo uskom krugu istraživača, navesti pod kojim uslovima mogu da ih koriste: _____

Ako su podaci dostupni samo uskom krugu istraživača, navesti na koji način mogu pristupiti podacima: _____

5.4. Navesti licencu pod kojom će prikupljeni podaci biti arhivirani. _____

6. Uloge i odgovornost

6.1. Navesti ime i prezime i mejl adresu vlasnika (autora) podataka

Marina Dorocki, mdorocki@gmail.com ; Branka Radulović, branka.radulovic@df.uns.ac.rs

6.2. Navesti ime i prezime i mejl adresu osobe koja održava matricu s podacima

Branka Radulović, branka.radulovic@df.uns.ac.rs

6.3. Navesti ime i prezime i mejl adresu osobe koja omogućuje pristup podacima drugim istraživačima
Podaci se neće deliti sa drugim istraživačima.