



Univerzitet u Novom Sadu
Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju, biohemiju
i zaštitu životne sredine



Dušica D. Milenković

**Razvoj i evaluacija instrukcione strategije zasnovane
na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja
neorganske hemije u srednjoškolskom obrazovanju**

–doktorska disertacija–

Novi Sad, 2014.

PREDGOVOR

Ova disertacija je urađena na Katedri za Metodiku nastave hemije Departmana za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Prirodno-matematičkog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu, u okviru projekta „Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u Evropskoj perspektivi“, finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Disertacija se bavi razvojem instrukcione strategije zasnovane na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja i ispitivanjem njene efikasnosti. Čine je sledećih pet poglavlja: (i) Uvod, (ii) Teorijski okvir istraživanja, (iii) Metodologija istraživanja, (iv) Rezultati i diskusija i (v) Zaključak.

U prvom poglavlju dat je sažeti prikaz aktuelnih problema savremene nastave hemije i navedeni su osnovni izvori poteškoća u učenju hemije. Na kraju prvog dela opisan je problem i naglašene su potrebe za ovakvim istraživanjem.

U drugom poglavlju detaljno su prikazani svi teorijski okviri relevantni za problem istraživanja. Posebna pažnja posvećena je teoriji višestrukih nivoa reprezentacije znanja sa naglaskom na vezu sa teorijom kognitivnog opterećenja. Zatim su opisane metode merenja kognitivnog opterećenja, kao i metode procene efikasnosti instrukcione strategije. Pored toga, dat je pregled srodnih istraživanja, koja se tiču predmeta disertacije.

U trećem poglavlju prikazana je metodologija istraživanja sa navedenim i precizno objašnjenim elementima istraživačkog dizajna.

U četvrtom poglavlju prikazani su svi rezultati istraživanja, kao i diskusija dobijenih rezultata i komparacija sa dosadašnjim istraživanjima koja se tiču problema disertacije.

U petom poglavlju disertacije data su zaključna razmatranja, koja obuhvataju ocenu prikazanih rezultata sa navedenim prednostima, ograničenjima studije i implikacijama za dalja istraživanja.

* * *

Želela bih da se zahvalim osobama čije su smernice, saveti i podrška bili od neprocenjive vrednosti za izradu ove doktorske disertacije. Neizmernu zahvalnost dugujem prof. dr Mirjani Segedinac, koja je kao mentor predložila temu za ovu disertaciju i rukovođila njenom izradom. Najlepše joj se zahvaljujem na posvećenosti i pažljivoj čitanju svakog odeljka ove disertacije, kao i na stalnoj podršci i ukazanom poverenju.

Posebnu zahvalnost dugujem članovima komisije: prof. dr Miri Popović, prof. dr Jasni Adamov, prof. dr Oliveri Gajić i doc. dr Snežani Babić-Kekez na interesovanju za rad i stručnim savetima.

Veliko hvala mojim kolegama sa Katedre za Metodiku nastave hemije: Tamari Hrin, Jeleni Tutić i dr Tiboru Halašiju na podršci i razumevanju.

Hvala nastavnicima hemije i učenicima gimnazije „Svetozar Marković“ i gimnazije „Laza Kostić“ koji su učestvovali u ovom istraživanju, na saradnji i uloženom trudu.

Najveću zahvalnost dugujem porodici – roditeljima, sestri i Marku na ljubavi i podršci.

Novi Sad,

Dušica Milenković

Decembar, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA	3
2.1 Miskoncepcije.....	3
2.1.1 Miskoncepcije u oblasti hemijskih reakcija	4
2.1.2 Načini identifikacije miskonceptija kod učenika	6
2.1.2.1 Zadaci višestrukog izbora	7
2.1.2.2 Dvoslojni dijagnostički test.....	9
2.1.3 Eliminacija miskonceptija kod učenika.....	10
2.2 Hemijski triplet.....	11
2.2.1 Makroskopski nivo reprezentacije znanja	14
2.2.2 Submikroskopski nivo reprezentacije znanja.....	16
2.2.3 Simbolički nivo reprezentacije znanja.....	18
2.2.4 Povezivanje nivoa reprezentacije znanja	21
2.3. Kognitivistički pristup učenju	23
2.3.1 Senzorna memorija.....	24
2.3.2 Radna memorija	25
2.3.3 Dugoročna memorija	28
2.3.3.1 Konstrukcija šema.....	30
2.3.3.2 Automatizacija šema	31
2.4 Teorija kognitivnog opterećenja	31
2.4.1 Unutrašnje kognitivno opterećenje	35
2.4.2 Spoljašnje kognitivno opterećenje.....	37
2.4.2.1 Efekat deljenja pažnje.....	38
2.4.2.2. Efekat suvišnosti	39

2.4.2.3 Efekat modaliteta	39
2.4.2.4 Efekat rada kroz primere	40
2.4.2.5 Efekat rada sa zadacima kompletiranja	40
2.4.2.6 Efekat ekspertskeg preokreta.....	41
2.4.2.7 Efekat smanjivanja instrukcije.....	41
2.4.2.8 Efekat oslobađanja od cilja	42
2.4.3 Vezano kognitivno opterećenje	42
2.4.4 Smanjenje kognitivnog opterećenja i povećanje efektivnosti učenja	44
2.4.5 Merenje kognitivnog opterećenja.....	46
2.4.5.1 Kognitivna kompleksnost.....	47
2.4.5.2 Procena instrukcione efikasnosti	48
3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	51
3.1 Problem istraživanja	51
3.2 Cilj i zadaci istraživanja	52
3.3 Varijable istraživanja	53
3.4 Metode istraživanja	53
3.5 Uzorak istraživanja	54
3.6 Prikupljanje podataka.....	55
3.7 Instrumenti istraživanja.....	57
4. REZULTATI I DISKUSIJA	63
4.1 Analiza rezultata inicijalnog testa	63
4.2 Analiza performansi učenika na finalnom testu.....	66
4.2.1 Analiza performansi po zadacima.....	69
4.2.2 Analiza performansi prema polu	70
4.3 Analiza procene mentalnog napora na finalnom testu	74
4.3.1 Analiza procene uloženog mentalnog napora po zadacima.....	76

4.3.2 Analiza procene uloženog mentalnog napora prema polu	77
4.4 Usporedna analiza efikasnosti nastavne strategije zasnovane na TMRS i tradicionalnog nastavnog pristupa.....	78
4.5 Analiza miskoncepcija.....	80
4.6 Analiza kognitivne kompleksnosti zadataka	99
4.7 Uticaj TMRS na performanse različitih grupa učenika	108
5. ZAKLJUČAK	111
5.1 Prednosti istraživanja.....	112
5.2 Ograničenja istraživanja.....	113
5.3 Implikacije za dalja istraživanja.....	113
LITERATURA.....	115
PRILOG	129
BIOGRAFIJA.....	181

1. UVOD

Dosadašnja istraživanja u oblasti hemijskog obrazovanja pokazala su da je hemija izuzetno kompleksan i težak predmet za razumevanje i učenje, u svim nivoima obrazovanja. U prilog ovome govore istraživanja mnogobrojnih miskoncepcija, koja su činila dominantnu oblast istraživanja u hemijskom obrazovanju u poslednjih tridesetak godina (Adbo i Taber, 2009; Ayas i Özmen, 2002; Ayas, Özmen i Çalik, 2010; Boz, 2006; Franco i Taber, 2009; Johnson i Papageorgiou, 2010; Nakhleh, 1992; Stavy, 1991). Kao rezultat tih istraživanja, danas je kod učenika, za gotovo svaku nastavnu temu početnih kurseva hemije, identifikovan veliki broj ustaljenih miskoncepcija i alternativnih koncepata (Gabel, 1999). Naime, već se u početnoj nastavi hemije od učenika očekuje da usvoje mnoštvo kompleksnih i visoko apstraktnih pojmova, kao i da shvate i razumeju brojne hemijske pojave i procese, koji su nedostupni direktnom čulnom opažanju (Ben-Zvi, Eylon i Silberstein, 1988). S druge strane, učenike ovog uzrasta karakteriše još uvek ograničena sposobnost apstraktnog mišljenja pa ne začuđuje činjenica da mnogi od njih imaju poteškoće u usvajanju hemijskih koncepata (Ben-Zvi i dr, 1988; Nakhleh, 1992; Sirhan, 2007; Treagust, Duit i Nieswandt, 2000). Ipak, ti prvi pojmovi su izuzetno važni, jer predstavljaju osnovu za smisleno razumevanje novih hemijskih pojmova, kao i hemijskih zakona i teorija.

Prvi problem, koji se javlja već u početnoj nastavi hemije, su učenički predkoncepti, odnosno pojmovi koji se kod učenika formiraju pre procesa formalnog učenja, a koji nisu u skladu sa naučnim saznanjima. Tako na primer, ako učenike sedmog razreda pitamo šta se dešava sa kockom šećera koju stavimo u usta, veliki broj učenika će odgovoriti da se šećer *topi*, oslanjajući se pri tome na saznanja iz svakodnevnog života. Ukoliko nastavnik ne primeti takve pogrešne predkoncepte na vreme, do formiranja ispravnih koncepata neće doći, nego pre do razvoja alternativnih koncepata ili miskoncepcija.

Dodatne poteškoće može da stvori i jezik, odnosno upotreba reči, koje se koriste u svakodnevnom životu, ali koje pri objašnjavanju hemijskih fenomena imaju posebno, hemijsko, značenje (Bergquist i Heikkinen, 1990) kao što su, na primer, termini: *čista*, *veza*, *neutra-*

lno i sl. U pogledu jezika velike nejasnoće mogu da stvore i sami nastavnici hemije ili pisci udžbenika nekonzistentnom i nepreciznom upotrebom jezika (Chittleborough, 2004). Tako na primer, nastavnik rečenicom „Amonijak se sastoji od azota i vodonika“, može nesvesno navesti učenika da pomisli da je amonijak smeša koju čine azot i vodonik.

U novije vreme, literatura ukazuje na još jedan izuzetno važan izvor poteškoća, a to je izučavanje hemije u tri nivoa, od kojih je samo jedan direktno dostupan čulnom opažanju (Chandrasegaran, Treagust i Mocerino, 2009; Johnstone, 1991; Nelson, 2002; Tsapalis, 1997). Ti nivoi se nazivaju *makroskopski*, *submikroskopski* i *simbolički*, a ideja o ovom, nedavno nazvanom, „*hemijskom tripletu*“, bila je jedna od najmoćnijih i najproduktivnijih u oblasti hemijskog obrazovanja u poslednjih tridesetak godina (Talanquer, 2011).

Sa radovima Paas-a i van Merriënboer-a (1993; 1994) i Swellera, van Merriënboer-a i Paas-a (1998) započeta su opsežna istraživanja i razvoj instrukcionih metoda koje efikasno koriste ograničen kognitivni kapacitet ljudi sa ciljem stimulacije njihovih sposobnosti za primenu stečenih znanja u novim situacijama. Pomenuti autori zastupaju ideju da bi nastavnici, pri dizajniranju nastavnih instrukcija, posebno trebalo da obrate pažnju na radnu memoriju i njen ograničen kapacitet.

Da bi se nastava hemije učinila što efikasnijom neophodno je razviti takve strategije učenja koje će poboljšati performanse učenika, ali istovremeno voditi i smanjenju kognitivnog opterećenja. Jedna od metoda koja se pokazala efikasnom u pogledu performansi učenika jeste nastava zasnovana na integraciji nivoa reprezentacije znanja (Bunce i Gabel, 2002). Međutim tek su nedavno, radovima Milenković, Segedinac i Hrin (2014a), Milenković, Segedinac, Hrin i Cvjetičanin (2014b) i Milenković, Segedinac, Hrin i Papović (2013) započeta istraživanja koja povezuju nivoe reprezentacije i kognitivno opterećenje. U ovoj disertaciji biće detaljno ispitan odnos dva pomenuta konstrukta.

2. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

2.1 Miskoncepcije

Prema konstruktivističkoj teoriji učenja, ljudska bića sposobna su da razvijaju mentalne modele kojima objašnjavaju svet oko sebe. Pri tome, da bi generisali svoje sopstvene konstrukcije oni se oslanjaju na stavove, sposobnosti i iskustva iz svakodnevnog života, a nova informacija koju je potrebno usvojiti, dobija smisao samo ukoliko se može ugraditi u već postojeći šematski model pojedinca.

Prema saznanjima iz nastavne prakse, konstrukcije učenika su sasvim idiosinkratične, što znači da će nakon uvođenja novog koncepta, svaki učenik formirati sopstvenu verziju istog koja će se u izvesnoj meri razlikovati od ostalih (Allen, 2010). Ti se koncepti veoma često razlikuju i od onih koje nastavnik želi da predstavi, odnosno od naučno prihvaćenih konceptata. Neki od termina koji se koriste za opisivanje takvih pogrešnih konceptata su: predkoncepti, miskoncepcije, alternativni koncepti, nerazumevanje, naivna verovanja, pogrešne ideje, spontano rezonovanje, pogrešne interpretacije i dr. (Stojanovska, Petruševski i Šoptrajanov, 2014; Barke, Hazari i Yitbarek, 2009). Budući da u literaturi preovladava termin miskoncepcije isti će se koristiti i u ovom radu.

Prema Kembričkom onlajn rečniku (2012), miskoncepcija se definiše kao ideja koja nije ispravna jer je zasnovana na neuspešnom pokušaju da se određena situacija razume. Generalno, miskoncepcije obuhvataju sve učeničke pojmove koji nisu u skladu sa naučnim saznanjima.

Prilikom formiranja sopstvenih konstrukcija učenici ulažu značajan mentalni napor, pa je jednom stvorenu i usvojenu miskoncepciju teško iskoreniti i zameniti ispravnim, naučnim konceptom. Uz to, perzistentnosti miskoncepcija doprinosi i njihova jednostavnost i intuitivna razumljivost. Nasuprot tome, hemija je predmet koji se nužno zasniva na konceptima koji su apstraktni, pa ih je stoga teško shvatiti i učiti, a posebno onda kada su učenici

stavljani u poziciju da veruju u ono što ne mogu čulno da opaze (Stojanovska i dr., 2014). Prema Fisher-u (1985) neke od zajedničkih karakteristika miskoncepcija su:

- U suprotnosti su sa naučno prihvaćenim konceptima;
- Često se javljaju kod velikog broja pojedinaca;
- Često se ne mogu lako eliminisati;
- Često uključuju alternativna shvatanja sastavljena od predloga koji su za učenike logički povezani;
- Mogu nastati kao posledica životnog iskustva ili nastave u školi i tada se nazivaju „miskoncepcijama stečenim u školi“.

Veliki deo dosadašnjih istraživanja u oblasti hemijskog obrazovanja bio je usmeren ka identifikaciji i korekciji učenih miskoncepcija. Tako je do sada ispitan i ustanovljen veliki broj miskoncepcija, a neke od takozvanih „klasičnih“ miskoncepcija uključuju ispitivanja: koncepta mola (Gilbert i Watts, 1983), sastava i strukture supstance (Krnjel, Glažar i Watson, 2003) atomske strukture (Harrison i Treagust, 1996), kinetičke teorije (Taylor i Coll, 1997), oksido-redukcionih reakcija (Garnett i Treagust, 1992a), procesa isparavanja i kondenzacije (Chang, 1999; Prain, Tytler i Peterson, 2009), hemijske veze (Butts i Smith, 1987), elektrohemijskih procesa (Garnett i Treagust, 1992b) i dr.

Budući da su u ovom radu ispitivana znanja učenika u oblasti neorganskih reakcija, dalje u tekstu biće dat literaturni pregled do sada ispitanih miskoncepcija u oblasti hemijskih reakcija.

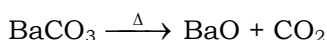
2.1.1 Miskoncepcije u oblasti hemijskih reakcija

Veliki broj istraživača bavio se utvrđivanjem učeničkih miskoncepcija u oblasti hemijskih reakcija (Andersson, 1990). Na osnovu tih istraživanja prikupljen je obiman materijal i ukazano na postojanje većeg broja miskoncepcija, a neke od njih navedene su dalje u tekstu.

Gensler (1970) se bavio ispitivanjem problema sa kojima se učenicu sreću pri izučavanju fizičkih i hemijskih promena. Naime, poznato je da se hemijske promene od fizičkih razlikuju pre u teori-

jskom smislu, nego u smislu čulno dostupnih svojstava. Na primer, eksperti znaju da je termalna dekompozicija amonijum-hlorida hemijska promena dok je topljenje leda fizička promena, jer poseduju predznanja i razvijene modele o korpuskularnoj prirodi supstance. S druge strane, učenici se pri identifikaciji fizičkih i hemijskih promena najčešće oslanjaju na čulna zapažanja, pa im i neke fizičke promene mogu delovati velike i dramatične kao da su u pitanju hemijske (Taber, 2009).

Sledeći problem sa kojim se pojedini učenici susreću pri izučavanju hemijskih reakcija javlja se kod onih reakcija (*vide infra*) u kojima postoji samo jedan reaktant. Utvrđeno je da učenici veruju da su za odvijanje hemijske reakcije neophodna bar dva učesnika reakcije.



U navedenom primeru učenicima je teško da razumeju da se radi o hemijskoj reakciji kada barijum-karbonat „nema sa čim da reaguje“.

Poznato je da se u okviru nastave hemije izučava samo ograničen broj tipova hemijskih reakcija, a budući da te kategorije nisu uzajamno isključive, često se dešava da učenici imaju velike poteškoće da ih shvate i razlikuju. Taber (2002) navodi nekoliko primera u kojima se uočavaju problemi pri određivanju tipa hemijske reakcije. Jedan od primera je reakcija sagorevanja metana, koju veliki broj učenika svrstava u reakciju zamene uz objašnjenje da atomi kiseonika menjaju atome vodonika u molekulu metana. Zatim, navodi se i reakcija razgradnje bakar-karbonata koju učenici vide kao redukciju, budući da se bakar (II)-karbonat razlaže na bakar (II)-oksid i ugljen-dioksid (ili prema rečima učenika „redukuje“ na dva prostija jedinjenja).

Posebne teškoće se javljaju kada učenici treba da objasne „zašto“ se neka reakcija odigrava. Naime, nađeno je da veliki broj učenika razlog odigravanja neke hemijske reakcije nalazi u „oktetnom pravilu“, čak i kada informacije u zadatku jasno sugerišu da takvo objašnjenje ne može biti validno. Kao primer ove miskoncepcije Taber (2002) navodi zadatak u kome se od učenika

traži da objasne zašto molekuli fluora reaguju sa molekulima vodonika pri čemu nastaju molekuli fluorovodonika. Nalazi ove studije pokazali su da učenici kao odgovor navode da „fluor“ ima sedam elektrona u poslednjem energetsom nivou, a „vodonik“ jedan, te da se obrazovanjem zajedničkog elektronskog para stvara stabilna celina, molekul fluorovodonika. Ovaj odgovor je dao najveći procenat ispitivanih učenika, uprkos činjenici da je u zadatku eksplicitno navedeno da se radi o molekulima fluora i molekulima vodonika.

Danas je poznato da miskonceptije deluju kao barijera u procesu uspešnog učenja i usvajanja znanja u svim nivoima obrazovanja. Zato njihova identifikacija i pronalaženje načina njihove eliminacije imaju ključnu ulogu u unapređivanju procesa učenja.

2.1.2 Načini identifikacije miskonceptija kod učenika

Da bi se eliminisalo što više pogrešno percipiranih pojmova potrebno ih je prvo identifikovati. Tehnike koje se uobičajeno primenjuju za utvrđivanje miskonceptija moguće je klasifikovati na subjektivne i objektivne (Dhindsa i Treagust, 2009). Danas se češće upotrebljavaju objektivne tehnike utvrđivanja miskonceptija (intervjui, crteži, konceptne mape, testovi sa zadacima višestrukog izbora, dvoslojni dijagnostički testovi i dr.) budući da njihova realizacija ne zateva puno vremena, te da omogućava ispitivanje velikog broja učenika. Nedostatak ovih metoda ogleda se u činjenici da pitanja u ovakvim testovima usmeravaju razmišljanje učenika ka gledištu istraživača. S druge strane subjektivne tehnike se sve ređe primenju budući da zahtevaju puno vremena i da su neefikasne za prikupljanje podataka iz većih uzoraka (Dhindsa i Treagust, 2009).

Navedenim postupcima za utvrđivanje miskonceptija, moguće je utvrditi broj učenika kod kojih se javljaju miskonceptije i ostvariti uvid u one miskonceptije koje se kod učenika najčešće javljaju. Identifikacija miskonceptija u nastavi od izuzetne je važnosti budući da daje uvid u problematiku savladavanja kompleksnijih pojmova i time omogućava iznalaženje novih načina obrade gradiva, kako bi ono bilo prikazano na način koji je učenicima jasniji i prihvatljiviji. Budući da je identifikacija miskonceptija u ovom radu izvršena

korišćenjem dvoslojnih testova koji su sadržavali zadatke višestrukog izbora, dalje u tekstu biće više reči o njima i njihovim prednostima u odnosu na druge oblike utvrđivanja miskoncepcija.

2.1.2.1 Zadaci višestrukog izbora

Zadaci višestrukog izbora predstavljaju tradicionalan način ocenjivanja i procene znanja učenika, budući da se njima postiže najveća objektivnost pri testiranju. Sastoje se iz dva osnovna dela: pitanja ili osnove zadatka i ponuđenih odgovora. Ponuđeni odgovori sadrže jedan ili više tačnih odgovora i netačne odgovore, ili takozvane, distraktore (Burton, Sudweeks, Merrill i Wood, 1991). U ovim zadacima od učenika se traži da se nakon analize osnovnog dela zadatka, opredele za jedan ili više odgovora. Zadaci višestrukog izbora se mogu pojaviti u više različitih oblika:

- Jedan tačan odgovor – od ispitanika se traži da od više ponuđenih odaberu jedini tačan odgovor;
- Najbolji odgovor – od ispitanika se traži da od više ponuđenih odgovora koji takođe mogu biti tačni, odaberu najbolji odgovor odnosno odgovor koji je očito ispravniji od ostalih;
- Negativni odgovor – od ponuđenih se bira netačan odgovor. Ovakav oblik zadataka višestrukog izbora često se izbegava, jer može nepotrebno da zbuni ispitanika;
- Više odgovora – među ponuđenim odgovorima ispitanici biraju dva ili više tačnih odgovora;
- Kombinovani odgovor – ispitanici biraju jedan tačan odgovor ili seriju tačnih odgovora izborom jedne od kombinacije odgovora.

Prednosti zadataka višestrukog izbora u odnosu na druge tipove zadataka koji se mogu primeniti u testovima znanja prema Burton i dr. (1991) ogledaju se u sledećem:

- Moguće je ispitati različite kognitivne nivoe znanja, od najjednostavnijih do najsloženijih;
- Lako menjaju oblik promenom distraktora ili redosleda ponuđenih odgovora;

- Vremenski su veoma ekonomični jer njihovo rešavanje ne zahteva puno vremena, a s druge strane lako i jednostavno se pregledaju odnosno ocenjuju;
- Mogu obuhvatiti veliku količinu gradiva;
- Dobro sastavljeni zadaci višestrukog izbora veoma su pouzdani i za razliku od zadataka alternativnog tipa mogućnost pogađanja tačnog odgovora je značajno smanjena;
- Objektivni su, jer se boduju samo tačni odgovori, čime se isključuje potencijalna subjektivnost ocenjivača.

Iako poseduju niz prednosti u odnosu na druge tipove zadataka, zadaci višestrukog izbora imaju i nekoliko potencijalnih nedostataka (Burton i dr., 1991; Haladyna, 2004):

- Sastavljanje kvalitetnih zadataka višestrukog izbora je dosta složeno i vremenski zahtevno;
- Iako je mogućnost pogađanja tačnog odgovora smanjena u odnosu na zadatke alternativnog tipa, ona u izvesnoj meri postoji;
- Ovim zadacima se ne može testirati kreativnost ispitanika, kao što se to može uraditi, na primer, zadacima esejskog tipa.

Krucijalna komponentna sastavljanja zadataka višestrukog izbora su prethodno dobro definisani ishodi. Neka od opštih uputstava za sastavljanje zadataka višestrukog izbora prema Towns (2014) su:

- Osnova zadatka treba da bude napisana jasno i precizno i bez suvišnih reči;
- Pitanja u negativnom obliku bi trebalo izbegavati;
- Najbolje je da među ponuđenim odgovorima postoji samo jedan tačan odgovor;
- Tačan odgovor ne treba da bude vidno duži od ostalih odgovora, jer su učenici skloni heuristici „potraži najduži odgovor“;
- Odgovore kao što su „sve od navedenog“ i „ništa od navedenog“ bi trebalo izbegavati;

- Pri konstrukciji distraktora trebalo bi koristiti neke od uobičajenih grešaka učenika odnosno opcije koje učenicima mogu delovati prihvatljivo;
- Zadaci višestrukog izbora na testu ne bi trebalo da budu povezani;
- Broj ponuđenih odgovora ne bi trebalo da bude manji od 3;
- Položaj tačnog odgovora u zadacima treba varirati;
- Pre sprovođenja testiranja neophodno je primeniti ajtem analizu i na taj način proveriti kalitet zadataka i distraktora.

Pri konstrukciji zadataka višestrukog izbora naročito je potrebno voditi računa o izboru distraktora. Naime, distraktori moraju biti smisleni i funkcionalni, odnosno, to moraju biti odgovori koji su učenicima prihvatljivi. Poznato je da se povećanjem broja distraktora smanjuje mogućnost pogađanja tačnog odgovora, međutim, utvrđeno je da povećanje opcija (sa 3 na 4 ili sa 3 na 5) ne utiče značajno na težinu zadatka, diskriminativnost i relijabilnost, budući da veći broj distraktora istovremeno podrazumeva i uključivanje nefunkcionalnih distraktora (Tarrant, Ware i Mohamed, 2009). U novije vreme mogućnost pogađanja tačnog odgovora u zadacima višestrukog izbora često se smanjuje primenom dvoslojnog testa, koji je korišćen i u ovom istraživanju.

2.1.2.2 Dvoslojni dijagnostički test

Kao što je pomenuto, jedan od načina eliminacije efekta pogađanja tačnog odgovora u zadacima višestrukog izbora jeste primena dvoslojnih dijagnostičkih testova, odnosno testova koji sadrže dvoslojne zadatke. Takvi zadaci se sastoje iz dva dela, tako da prvi deo sadrži pitanje, a drugi deo razumno obrazloženje pitanja iz prvog sloja (Chandrasegaran, Treagust i Mocerino, 2007). Ako uzmemo da klasični zadatak višestrukog izbora sadrži 4 ponuđena odgovora, jasno je da mogućnost pogađanja tačnog odgovora iznosi čak 25%. Međutim, u zadacima višestrukog izbora dvoslojnog tipa, u kojima se od učenika traži da za odabrani odgovor iz prvog sloja nađu obrazloženje među ponuđenim odgovorima u drugom sloju, verovatnoća pogađanja se značajno smanjuje i za zadatke sa četiri

ponuđena odgovora u svakom sloju ona iznosi približno 6% (Heredia, Xu i Lewis, 2012).

Upotreba dvoslojnih testova omogućava nastavnicima i istraživačima ne samo da razumeju učeničke koncepte i alternativne koncepte, nego i da istraže rezonovanje koje se krije iza njih. Pored toga ovi testovi olakšavaju ispitivanje i ocenjivanje miskonceptija na velikom broju ispitanika na efikasan i jednostavan način, budući da su pogodni za administriranje i da vreme potrebno za njihovu realizaciju minimalno opterećuje raspoloživo nastavno vreme (Chandrasegaran i dr., 2007).

Na osnovu rezultata ostvarenih na dvoslojnom testu u zadacima višestrukog izbora moguće je utvrditi da li učenici poseduju neke miskonceptije i u kom stepenu su ostvarili razumevanje određenih konceptata. Naime, prema Gilbert-u (1977) zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja postoji ukoliko bar 75% ispitivanih učenika odabere tačan odgovor (u zadacima sa četiri ponuđena odgovora). Ukoliko je taj procenat manji (50–74%) onda možemo govoriti o približno adekvatnom učinku. Procenat biranja tačnog odgovora 25–49% ukazuje na neadekvatan učinak u velikoj meri, dok procenat biranja tačnog odgovora manji od 25% ukazuje na neadekvatan učinak. S druge strane, prema ovom autoru, na osnovu procenta biranja distraktora moguće je utvrditi postojanje miskonceptija kod učenika. Tako frekvencija biranja nekog distraktora veća od 20% može služiti kao pouzdan indikator postojanja miskonceptije u ispitivanoj grupi učenika. Ovakav način analize miskonceptija korišćen je i u ovoj disertaciji.

2.1.3 Eliminacija miskonceptija kod učenika

Nakon utvrđivanja miskonceptija, veoma je važno razviti efikasne strategije njihovog uklanjanja, budući da to može da bude veoma spor i dugotrajan proces. Da bi došlo do transformacija miskonceptija u naučno prihvaćene koncepte neophodno je da postoji nezadovoljstvo učenika postojećim konceptima, odnosno nemogućnost da se njima objasne novi problemi ili situacije. Da bi novi koncepti bili usvojeni oni moraju biti razumniji, jasniji, prihvatljiviji i verodostojniji od postojećih konceptata (Posner, Strike, Hewson i Gertzog, 1982). Uvođenjem novih, često provokativnih

ideja, postojeći koncepti učenika mogu biti dovedeni u pitanje što može voditi stvaranju kognitivnog konflikta, koji je nezaobilazan u procesu eliminacije miskoncepcija (Trumper, 1997).

Jedna od preporuka je da se novi koncepti uvode preko postojećih ispravnih koncepata učenika, odnosno primenom takozvanih „premošćavajućih analogija“ (Clement, 1993). Veoma često se u tu svrhu u nastavi izvode eksperimenti, koji omogućavaju učenicima da integrišu znanje na smislen način (Chittleborough, 2004). Kao posebno važno ističe se ohrabrivanje učenika da razmatraju svoje ideje kroz aktivnu diskusiju i razmenu mišljenja i stavova (Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou i Papademetriou, 2001).

Nastavnik i nastavne metode, uključujući i hemijske modele i reprezentacije, igraju veoma važnu ulogu u pronalaženju objašnjenja za apstraktne koncepte. Danas je poznato i opšteprihvaćeno stanovište da nastava koja se temelji na interkorelaciji nivoa reprezentacije sadržaja (hemijском tripletu) predstavlja ključnu komponentu smislenog razumevanja hemijskih koncepata (Gabel, 1999).

2.2 Hemijski triplet

Relevantnost nivoa reprezentacije znanja u hemijском obrazovanju prvi je eksplicitno naglasio Johnstone (1982). U kasnijim publikacijama Johnstone (1991; 2000) predstavlja nivoe reprezentacije u obliku trougla (slika 2-1) i povezuje ih sa nalazima drugih studija, koje su se bavile procesom učenja, a prvenstveno sa studijama iz oblasti procesiranja informacija (Taber, 2013). Iako je Džonstonova ideja bila široko prihvaćena među istraživačima u oblasti hemijskog obrazovanja, dugo su postojale nesuglasice oko adekvatnih termina za predstavne nivoe. Tako su različiti autori koristili različite termine, a neki od njih su prikazani u tabeli 2-1. Budući da danas većina istraživača koristi izraze *makroskopski*, *submikroskopski* i *simbolički*, isti će biti korišćeni i u ovoj doktorskoj disertaciji.

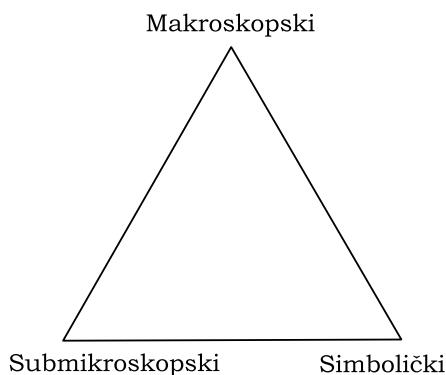
Tabela 2–1. Korišćeni termini za tri nivoa reprezentacije znanja (prilagođeno iz Gilbert i Treagust, 2009).

Godina	Autori	Termini
1986.	Andersson	makroskopski svet atomski svet
1987.	Ben-Zvi i dr.; Gabel i dr.	makroskopski nivo submikroskopski nivo simbolički nivo
1991.	Johnstone	makro nivo submikro nivo simbolički nivo
1992.	Bodner	makroskopski svet hemije molekulski svet hemije simbolički svet hemije
1993.	Johnstone	makrohemija submikrohemija predstavna hemija
1994.	Fensham	makroskopski svet atomski svet
1994.	Nakhleh i Krajcik	makroskopski sistem submikroskopski sistem simbolički sistem algebarski sistem
2000.	Johnstone	makro submikro predstava
2003.	Treagust i dr.	makroskopski submikroskopski simbolički
2011.	Talanquer	iskustva modeli vizualizacije

Pregled literature i rezultati brojnih studija navode da je tripletni model, kako su ga nazvali Gilbert i Treagust (2009), bio inspiracija za mnoge istraživačke studije i diskusije u oblasti hemijskog obrazovanja. Pored toga ideja o tripletnom modelu reprezentacije znanja imala je snažan uticaj na rad mnogih

nastavnika hemije, na osnivače brojnih hemijskih obrazovnih softvera i pisce udžbenika širom sveta (Talanquer, 2011).

Nivoi reprezentacije su međusobno povezani i zajedno doprinose smislenom učenju i razumevanju (Devetak, Vogrinc i Glažar, 2009; Johnstone, 1982; Johnstone, 2000; Raviolo, 2001; Treagust, Chittleborough i Mamiala, 2003; Tsaparis, 1997).

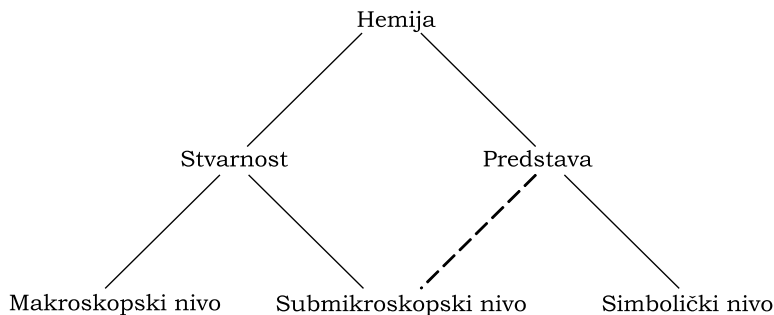


Slika 2–1. Hemijski trougao (prilagođeno iz Johnstone, 1991)

Makroskopski nivo uobičajeno se odnosi na svojstva hemijskih supstanci i procesa koji se mogu iskusiti čulima, kao što su: boja, miris, fizička svojstva ili promena boje, stvaranje taloga, izdvajanje gasova. Prema nekim autorima (Gilbert i Treagust, 2009; Nakhleh i Krajcik, 1994), on takođe podrazumeva i vidljiva svojstva koja se mogu meriti, kao što su: temperatura, masa, gustina i slično. Submikroskopski nivo može se opisati idejom o čestičnoj prirodi supstance i uključuje strukturu atoma, molekula, kretanje jona ili elektrona. Prema Gilbertu i Treagustu (2009), ovaj nivo prikaza sadržaja pruža objašnjenja čulno dostupnih dešavanja i učenicima je najteži za razumevanje. Treći nivo je simbolički i podrazumeva prikaze koji omogućavaju detaljnija objašnjenja fenomena na makroskopskom i submikroskopskom nivou.

Za makroskopski nivo se često kaže da je stvaran, budući da je dostupan direktnom čulnom opažanju. Simbolički nivo je predstava stvarnosti, dok je submikroskopski nivo baziran na stvarnim opservacijama, ali ipak zahteva teoriju koja daje objašnjenja suštinskih

dešavanja na molekulskom nivou i upravo zato ovaj nivo predstavlja vezu između stvarnosti i predstave (slika 2–2).

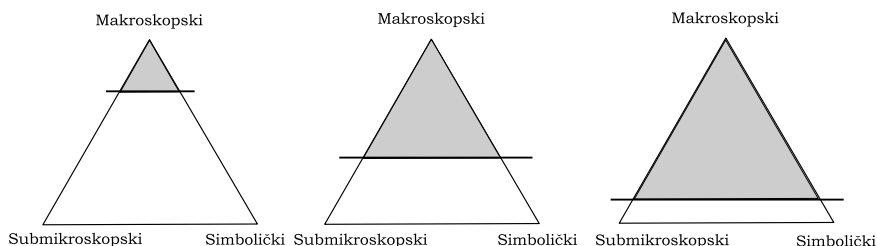


Slika 2–2. Odnosi među nivoima reprezentacije (prilagođeno iz Chittleborough, 2004)

2.2.1 Makroskopski nivo reprezentacije znanja

Makroskopski nivo reprezentacije se odnosi na fenomene koji proističu iz direktnog ili indirektnog posmatranja čulno dostupnih pojava i procesa (Gabel, 1999). Budući da samu suštinu hemijskih procesa nije moguće opaziti čulima, direktnom čulnom opažanju dostupne su isključivo posledice hemijskih transformacija supstance kao što su: promena boje, izdvajanje taloga, razvijanje gasa i sl. Pojedini autori smatraju da je u početnoj nastavi hemije makroskopski nivo ključan i da je rano uvođenje submikroskopskog i simboličkog nivoa u hemijsko obrazovanje često uzrok neomiljenosti hemije kod mlađih učenika (Tsaparlis, 2009). Džonston (citirano u Tsaparlis, 2009) čak navodi da bi dizajneri udžbenika i nastavnih programa hemije trebalo da razmotre potrebu za proširivanjem dela hemije u kojem se učenici upoznaju sa naučnim mišljenjem primenom makroskopskog nivoa reprezentacije sadržaja. U skladu sa tim su Georgiadou i Tsaparlis (2000) predložili takozvani „trociklični

model nastave“, prema kome se tri nivoa reprezentacije sadržaja izučavaju odvojeno, odnosno u tri ciklusa, a prvom, makro-ciklusu posvećuje se čak polovina od ukupno raspoloživog nastavnog vremena. U okviru ovog ciklusa učenici upoznaju hemijske supstance i njihova svojstva, a ključnu ulogu imaju hemijski eksperimenti. Nakon prvog ciklusa u nastavu se postepeno uvode drugi i treći ciklus odnosno simbolički i submikroskopski nivo. Za ovakav model nastave Chittleborough (2004) je predložila naziv „rastući ledeni breg“ (slika 2–3).



Slika 2–3. Rastući ledeni breg (prilagođeno iz Chittleborough, 2004)

Kao što se sa slike vidi, makroskopski nivo, kao najprikladniji za početnike, uvek je uključen u nastavu, dok se simbolički i submikroskopski nivo uvode postupno tek kada učenici dostignu više nivoe razumevanja.

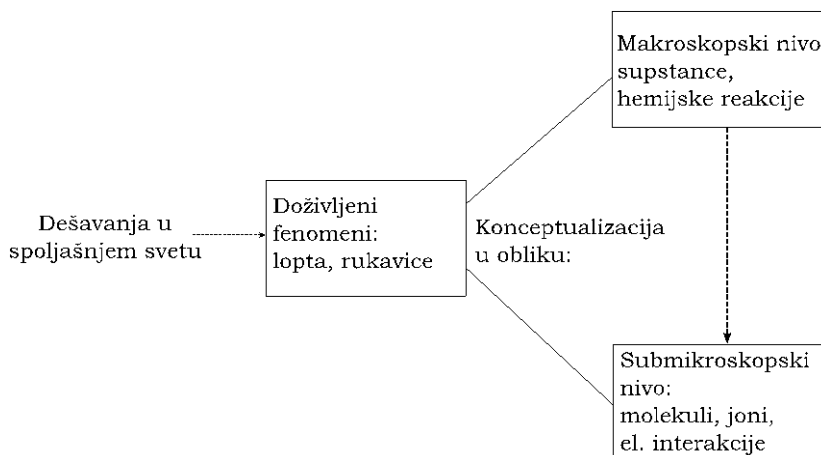
Kao što je već pomenuto, učenje na makroskopskom nivou u značajnoj meri može biti potpomognuto praktičnom nastavom odnosno laboratorijskim radom. Laboratorijske aktivnosti veoma su bitne budući da podstiču razvoj ne samo psihomotoričkih, već i kognitivnih domena učenja. Pored toga, Chittleborough (2004) navodi da je laboratorijski rad esencijalna, ali i obavezna komponenta svakog hemijskog kursa u okviru kog se sprovode pažljivo odabrani ogledi, koji obezbeđuju makroskopske primere izučavanih koncepata. Prema ovom autoru, laboratorijski rad ujedno predstavlja i jedinu komponentu makroskopskog nivoa reprezentacije znanja.

2.2.2 Submikroskopski nivo reprezentacije znanja

Submikroskopski nivo predstavlja nivo atoma, molekula i jona, a odnosi se i na opisivanje kretanja ovih čestica. Prema Taber-u (2013) ključni makroskopski koncepti postaju smisleni tek onda kada se dovedu u vezu sa submikroskopskim teoretskim modelima, pa se može reći da je za razumevanje hemijskih koncepata neophodno razmišljenje u dva nivoa (slika 2–4): u nivou formalne deskripcije posmatrananih fenomena (makroskopski nivo) i u nivou teoretskih modela (submikroskopski nivo). Dakle, može se reći da razumevanje supstance na submikroskopskom nivou podrazumeva shvatanje njene čestične prirode (Bucat i Mocerino, 2009). Budući da se supstanca na ovom nivou ne može opaziti čulima i da operacije na ovom nivou zahtevaju određeni stepen imaginarnih i vizuelnih sposobnosti, ovaj korak u učenju hemijskih koncepata je za učenike najteži. Upravo zato se dešava da učenici zaobilaze submikroskopski nivo reprezentacije znanja zadržavajući se na nivou percepcije. Međutim, smisleno razumevanje hemijskih koncepata je moguće samo ukoliko se kod učenika razvije sposobnost hemijskog mišljenja na nivou čestica (van Berkel, Pilot i Bulte, 2009). Usled neadekvatnog savladavanja gradiva na submikroskopskom nivou, učenici se suočavaju sa brojnim poteškoćama. Naime, veoma često se dešava da učenici prenose čulno dostupna makroskopska svojstva na submikroskopske čestice, odnosno smatraju da se čestice ponašaju kao umanjene kopije vidljivog makroskopskog sistema (Rappoport i Ashkenazi, 2008). Tako, na primer, Patrick i Garnett navode da učenici veruju da su atomi sumpora žuti (citirano u Chittleborough, 2004), atomi bakra kovni (Ben-Zvi, Eylon i Silberstein, 1986), molekuli vode sfernog oblika (Griffiths i Preston, 1992), da se oblik i svojstva molekula vode razlikuju u zavisnosti od agregatnog stanja ili da se pri širenju gasa šire i čestice koje ga izgrađuju (Barke i dr., 2009).

Dodatnu konfuziju pri izučavanju gradiva na submikroskopskom nivou mogu da stvore i naučnici, nastavnici i pisci udžbenika koji nemaju običaj da u svom govoru jasno razdvajaju makroskopski i submikroskopski nivo reprezentacije znanja (Bucat i Mocerino, 2009). Na primer, često se dešava da nastavnici kažu: „napisati reakciju“ umesto „napisati jednačinu“, „napisati etan“ umesto „napisati formulu molekula etana“, dok se u udžbenicima može naći da „stearinska kiselina ima dugi niz C-atoma“, umesto „molekul stearinske

kiseline“ ili da „benzen ima ravan simetrije“ umesto „molekul benzena“. Pored toga, nerazumevanju gradiva na submikroskopskom nivou u izvesnoj meri doprinose i ograničenja dvodimenzionalnih prikaza, kao i nepoznavanje primene jednočestičnih i višečestičnih prikaza. Naime, struktura molekula može biti predstavljena na nekoliko načina, ali je nađeno da učenici ne mogu lako da transformišu jedan prikaz u drugi, nego različite strukturne prikaze istih molekula često doživljavaju kao prikaze molekula različitih supstanci. S druge strane, svaki od postojećih dvodimenzionalnih prikaza poseduje i izvesna ograničenja kao što su: loša slika uglova između veza, nemogućnost prikazivanja vibracija ili rotacija oko pojedinačnih veza, sternih smetnji i dr. Stoga, ne začuđuje što učenici imaju poteškoće u njihovoj interpretaciji (Bucat, 2004).



Slika 2–4. Dva povezana nivoa konceptualizacije hemijskog znanja (prilagođeno iz Taber, 2013)

Značaj poznavanja primene jednočestičnih i višečestičnih prikaza u cilju boljeg usvajanja znanja u submikroskopskom nivou prvi je istakao Bucat (2004). On navodi da je potrebno biti oprezan pri upotrebi jednočestičnih prikaza, jer dok je takav oblik prikaza pogodan za predstavljanje uglova veza, *cis-trans* izomerije, polarnosti molekula i sl., njima se ne mogu opisati procesi kao što su: ključanje, rastvorljivost, difuzija, optička aktivnost i dr. Do sada je identifikovan

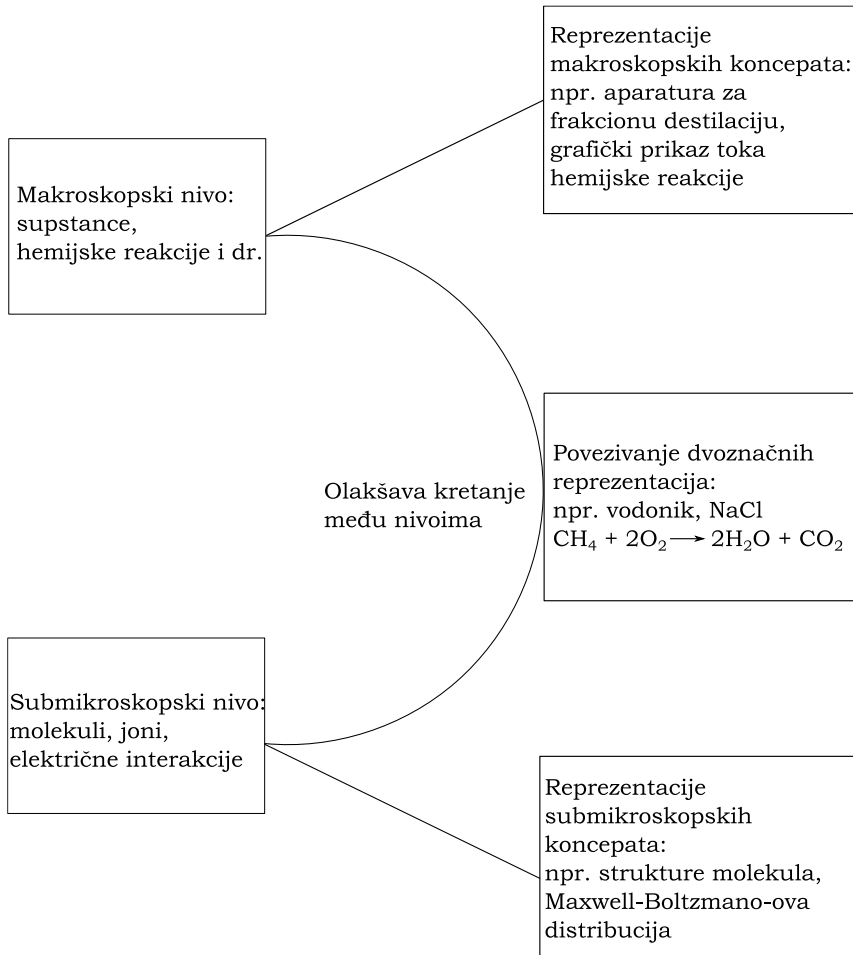
veći broj miskoncepcija, koje se mogu dovesti u vezu sa nepravilnom upotrebom jednočestičnih prikaza.

Danas je od izuzetne važnosti razvoj kompjuterskih tehnologija, koje omogućavaju izvanredne projekcije i slike submikroskopskog nivoa. Konkretno, vizualizacije odnosno eksterne vizuelne predstave jesu pokušaj da se apstraktni i čulno nedostupni koncepti približe učenicima, primenom nekih poznatih funkcija, kao što su boja, veličina, oblik, rastojanje i sl. (Hinze i dr., 2013). Kada učenici shvate reprezentacije, trebalo bi da budu u stanju da generišu tumačenja, prevode jedan oblik reprezentacije u drugi i mentalno manipulišu njima. Više o vizuelnim reprezentacijama biće rečeno u narednom odeljku.

2.2.3 Simbolički nivo reprezentacije znanja

Hemija je vizuelna nauka koja obiluje simbolima i reprezentacijama. Da bi prikazali hemijske fenomene hemičari koriste specijalizovane simboličke sisteme koji im omogućavaju bolju komunikaciju i vizualizaciju (Wu i Shah, 2004). Simboličke reprezentacije uključuju: simbole, slova, brojeve, znakove, a koriste se za predstavljanje: atoma, molekula, jona, supstanci i hemijskih procesa. Prema Gkitzia-i, Salta-i i Tzougraki-u, (2011), karakteristični primeri simboličkih reprezentacija su: hemijski simboli, hemijske formule, hemijske jednačine, reakcioni mehanizmi, Njumanove i Fišerove projekcije, Luisove strukturne formule, grafikoni i dr. Navedene simboličke predstave se široko upotrebljavaju u hemiji i predstavljaju alate koji omogućavaju efikasnije objašnjavanje pojmova na makroskopskom i submikroskopskom nivou (slika 2–5).

Jedna od specifičnosti hemije po kojoj se ona razlikuje od drugih prirodnih nauka je razvijeni sistem naučne komunikacije – hemijski jezik. To je specifičan i univerzalan sistem koji obuhvata sveukupnost hemijske terminologije, simbolike i nomenklature. Hemijski jezik omogućava povezivanje realnih hemijskih pojava sa hemijskim teorijama.



Slika 2–5. Simbolički nivo kao konstrukt koji povezuje makroskopski i submikroskopski nivo (prilagođeno iz Taber, 2013)

Često se događa da se reči iz hemijskog jezika koriste i u svakodnevnom životu, ali tada imaju drugo značenje što učenicima može stvarati poteškoće. Konfuzija nastaje kada nastavnici prilikom objašnjavanja nekih hemijskih pojmova koriste reči koje se upotrebljavaju i u svakodnevnom životu, unapred pretpostavljajući da će ih učenici razumeti na hemijski način (Boo, 1998). Nekada čak i u samoj hemiji jedna reč može imati više značenja što dodatno frustrira učenike. Studije pokazuju da precizna i konzistentna upotreba hemijskog jezika, naročito pri opisivanju supstance na

submikroskopskom nivou poboljšava kod učenika sposobnost tumačenja pojmova (Chittleborough, 2004).

Da bi učenicima olakšali usvajanje pojmova na submikroskopskom nivou nastavnici često primenjuju modele, budući da upotreba modela u nastavi predstavlja dobru vežbu koja angažuje učenike i pomaže im da razviju svoje sopstvene mentalne modele (Chittleborough, 2004).

Međutim, studije pokazuju da učenici ne razumeju razloge zbog kojih se modeli upotrebljavaju. Utvrđeno je da samo mali broj učenika apstraktno razumeva upotrebu modela u hemiji, a pored toga nađeno je i da veliki procenat nastavnika hemije ima ograničena iskustva kad su modeli u pitanju (Treagust i dr., 2003). Naime, široka upotreba modela u nastavi dovela je do pojave da učenici modele posmatraju kao stvarnost odnosno da ne prave razliku između modela i pojmova koje bi modeli trebalo da objasne. Kleinman, Griffin i Kerner (1987) su detaljnije istraživali ovu pojavu. U jednom istraživanju, navedeni autori su učenicima prikazali formulu molekula brombenzena sa zadatkom da odrede da li dati molekul ima ravan simetrije. Veliki broj učenika je verovao da dati molekul nema ravan simetrije budući da $B \neq r$. Time je pokazano da veliki broj učenika razmišlja u simboličkom nivou i da nema dovoljno razvijene modele u submikroskopskom odnosno čestičnom nivou.

Chittleborough, Treagust i Mocerino (2002) navode da su za to delimično odgovorni i nastavnici hemije budući da se veliki deo gradiva hemije uči kroz simboličke reprezentacije odnosno da nastavnici veoma često objašnjenja daju upravo u simboličkom nivou. Hinton i Nakhleh (1999) čak navode da su učenici sposobni da identifikuju makroskopska svojstva hemijskih reakcija, kao i da izvode algoritamske radnje na hemijskim jednačinama, a da pri tome ne razumeju suštinu reakcije na submikroskopskom nivou. Međutim, kao što je već pomenuto, suštinsko razumevanje gradiva koje može obezbediti primenu naučenog je moguće ostvariti jedino povezivanjem tri nivoa reprezentacije znanja.

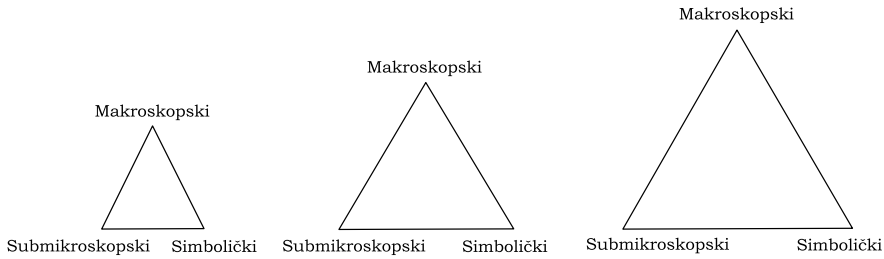
2.2.4 Povezivanje nivoa reprezentacije znanja

Prema Gabel-u (1999) jedan od načina da se poboljša konceptualno razumevanje hemije jeste integrisanje tri nivoa reprezentacije znanja, što se može ostvariti kroz rad u laboratoriji odnosno laboratorijske eksperimente.

Istraživanja pokazuju da eksperimenti imaju značajnu ulogu u unapređivanju kognitivnih, metakognitivnih i praktičnih veština, da menjaju stav učenika prema hemiji i jačaju njihov interes i motivaciju za učenje hemije (Hofstein, 2004). Međutim, prema Gabel-u (1999), nedostatak učenja kroz hemijske eksperimente je taj što nastavnici i edukatori često ne uviđaju koliko malo učenici iz njih mogu da nauče kada se uče na tradicionalan način, odnosno kada su učenici više zainteresovani za rezultat eksperimenta, nego za razumevanje značaja rezultata eksperimenta. S toga je od izuzetne važnosti da se svaka promena, koja prati odgovarajući eksperiment izuči kroz sva tri nivoa reprezentacije znanja. Naime, neophodno je prvo zapaziti čulno dostupne promene na makroskopskom nivou (kao što su promena boje, izdvajanje gasa, taloga i sl.), pa zapažene promene objasniti na nivou čestica odnosno na submikroskopskom nivou, a zatim nastale promene predstaviti simbolički (Stojanovska, Petruševski i Šoptrajanov, 2012).

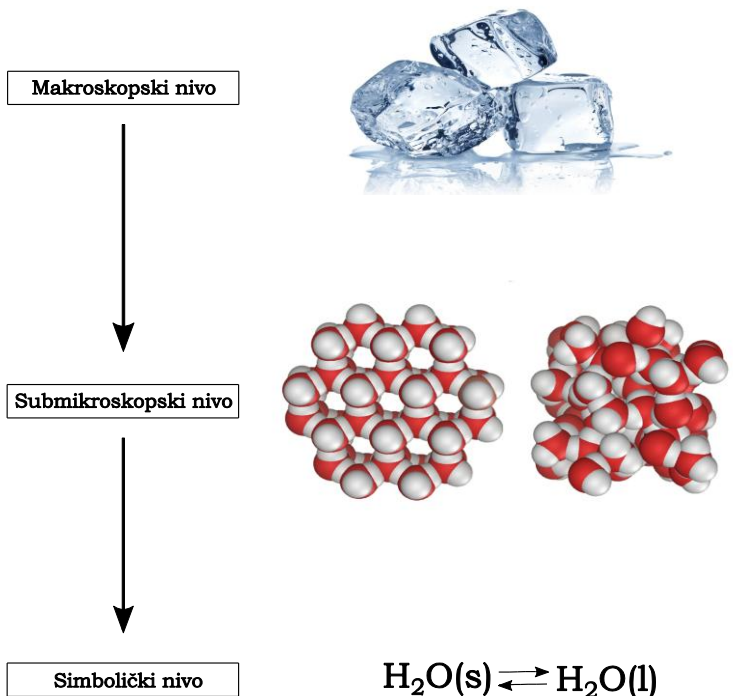
Jedan od modela nastave koji se zasniva na ideji Džonstonovog trougla predlaže da učenici prvo u najosnovnijem obliku izučavaju hemijske koncepte paralelno u sva tri nivoa, a zatim da se po pravilu spiralnog kurikuluma nastavni sadržaji nadograđuju uzlaznom spiralom u sva tri nivoa iz razreda u razred. Za ovakav model nastave Chittleborough (2004) je predložila naziv „*rastući trougao*“ (slika 2–6).

Prema ovom modelu, što učenici više izučavaju i usvajaju gradivo u tri nivoa reprezentacije, sve su sposobniji da ih povezuju u smislenu celinu. Primer kako se nivoi reprezentacije mogu povezivati dat je na slici 2–7. Kao što je prikazano na slici prvo je potrebno izvesti ogled gde će na makroskopskom nivou učenici zapaziti da se led topi i da iz čvrstog prelazi u tečno agregatno stanje. Zatim na submikroskopskom nivou učenicima treba objasniti da se i tečna voda i led sastoje od identičnih molekula vode, ali da postoji razlika u broju vodoničnih veza između molekula vode u ledu i u tečnoj vodi.



Slika 2-6. Rastući trougao (prilagođeno iz Chittleborough, 2004)

Naime, potrebno je objasniti da je u kristalnoj rešetki leda svaki molekul vode tetraedarski okružen sa četiri molekula vode i sa njima vezan vodoničnim vezama usled čega nastaje struktura koja se odlikuje velikim međumolekulskim prostorima. U tečnoj vodi pak zbog toplotnog kretanja dolazi do raskidanja vodoničnih veza i stvaranja novih, pa svaki molekul vode u proseku obrazuje 3,4 vodonične veze.



Slika 2-7. Povezivanje nivoa reprezentacije na primeru „Topljenje leda“

To znači da molekuli nisu u pravilnom tetraedarskom okruženju, pa su šupljine koje postoje u strukturi leda delimično popunjene. Nastalu promenu je zatim potrebno predstaviti simbolički kao što je to prikazano na slici 2–7 uz detaljno objašnjenje značenja svih upotrebljenih znakova i simbola.

Ovakva nastavna instrukcija pokazala se kao veoma efikasna kada se radi o performansama učenika. Međutim performanse nisu i ne mogu biti jedini pokazatelj efikasnosti neke instrukcione strategije.

Da bi neka instrukcija bila efikasna, ona pored performansi mora da uvažava i osnovnu ideju teorije kognitivnog opterećenja o ograničenom kapacitetu radne memorije, odnosno ona ne sme nameštati učenicima suviše visoko kognitivno opterećenje. U narednom poglavlju biće dat literaturni pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti kognitivnog opterećenja.

2.3. Kognitivistički pristup učenju

Fenomen pamćenja dugo se nalazio u središtu pažnje brojnih mislilaca i praktičara, dok se eksperimentalno proučavanje pamćenja vezuje za kraj XIX veka i pojavu bihevizma. Pokušaji da se odgovori na pitanja vezana za prirodu i procese koji odlikuju sisteme ljudske memorije doveli su do izdvajanja psihologije pamćenja kao posebne oblasti psihologije, naročito onog njenog dela koji se bavi kognicijom. Kognitivističke teorije učenja dobijaju na značaju 60-tih godina XX veka kao alternativa bihevizističkim teorijama. Ove teorije prvenstveno se bave ispitivanjem načina percipiranja i interpretiranja informacija kao i ispitivanjem načina pozivanja informacija i rešavanja problema (Chen, 2009). Kognitivističke teorije gledaju na učenje kao na proces razvijanja misaonih struktura koji se odvija usled uklapanja novih informacija u već postojeći šematski sistem. Šeme koje pojedinac stiče tokom svog razvoja vremenom postaju sadržinski bogatije, složenije i bolje strukturirane.

Kao prirodni sistem obrade informacija, ljudska kognicija nije jedinstvena, pa karakteristike takvih sistema variraju u zavisnosti od njihovih funkcija. Ipak svi prirodni sistemi obrade informacija dele

identičnu osnovnu strukturu. Prema većini savremenih udžbenika iz kognitivne psihologije postoje tri osnovne faze pamćenja: senzorno, kratkoročno i dugoročno pamćenje (slika 2.5).

Senzorno pamćenje (senzorna memorija) odnosi se na percepciju informacija dejstvom nekog stimulusa na čula. Naime, informacije se prvobitno obrađuju u senzornoj memoriji, a zatim prelaze u kratkoročnu (radnu) memoriju gde se odvija svesna kognitivna obrada informacija. Informacije se zatim u obliku opšteg znanja skladište u dugoročnoj memoriji (Kotcherlakota, 2007).

2.3.1 Senzorna memorija

Senzorna memorija predstavlja sistem koji spoljašnje stimulse pretvara u informacije koje je moguće registrovati. Prvi korak u formiranju pamćenja dešava se u čulima, gde se fizička energija pretvara u električnu aktivnost (Lieberman, 2012). Primljene informacije se, međutim, u senzornoj memoriji u nepromenjenoj formi, zadržavaju veoma kratko. Za sluh to vreme iznosi približno dve sekunde, a za vid svega pola sekunde (Zarevski, 2007). Međutim, veoma je bitno da se informacije ne prenose samo na temelju nadražaja nego i na temelju senzornog pamćenja o tom nadražaju, koje traje još izvesno vreme nakon prestanka dejstva draži. Kako živa bića nisu okružena samo dugotrajnim nadražajima, koji omogućavaju sigurno prepoznavanje, već i onim nadražajima koji traju vrlo kratko, veoma je bitna sposobnost senzorne memorije da zadržava informacije o draži još neko vreme nakon prestanka delovanja te draži i to u obliku koji je dostupan za kasnije faze prepoznavanja i procese pamćenja.

Još jedna veoma važna uloga senzorne memorije jeste uloga filtera. Naime, u senzornoj memoriji dolazi do selekcije i organizacije informacija za dalju obradu, tako da većina stimulusa koja aktivira senzornu memoriju biva izgubljena i pre nego što stigne do radne i dugoročne memorije. Ova uloga je veoma bitna budući da štiti radnu i dugoročnu memoriju od trivijalnih detalja i nepotrebnih informacija (Hudmon, 2006).

2.3.2 Radna memorija

Nakon što je informacija bila nakratko „zapisana“ ili „zvučno snimljena“ u senzornoj memoriji, ona prelazi u radnu memoriju, gde se menja i interpretira tako da bude smisljena za pojedinca. Promena informacije u oblik koji je pogodan za skladištenje i kasnije pozivanje predstavlja proces kodiranja (Zarevski, 2007).

Svaki pojedinac poseduje jedinstven način kodiranja informacija, koji za cilj ima:

- redukciju količine informacija koju treba usvojiti (odbacivanje nevažnog i suvišnog), i
- olakšavanje pronalaženja informacija.

Radna memorija ima nekoliko različitih funkcija (Zarevski, 2007) (slika 2–8):

- Čuvanje informacije ponavljanjem u nepromenjenom obliku (u ovoj fazi radna memorija je osetljiva na ometanje).
- Kodiranje sa ciljem što uspešnijeg čuvanja (ukoliko informacija treba da bude zadržana duži period).
- Pronalaženje informacije u dugoročnoj memoriji i vraćanje u radnu.

Radna memorija u suštini obezbeđuje privremeno skladište za informacije iz senzorne memorije i veoma je značajna budući da bi se bez nje um bavio samo nadražajima u realnom vremenu i ne bi mogao da odredi kontekst odnosno „širu sliku“ dejstva nekog nadražaja (Hudmon, 2006).

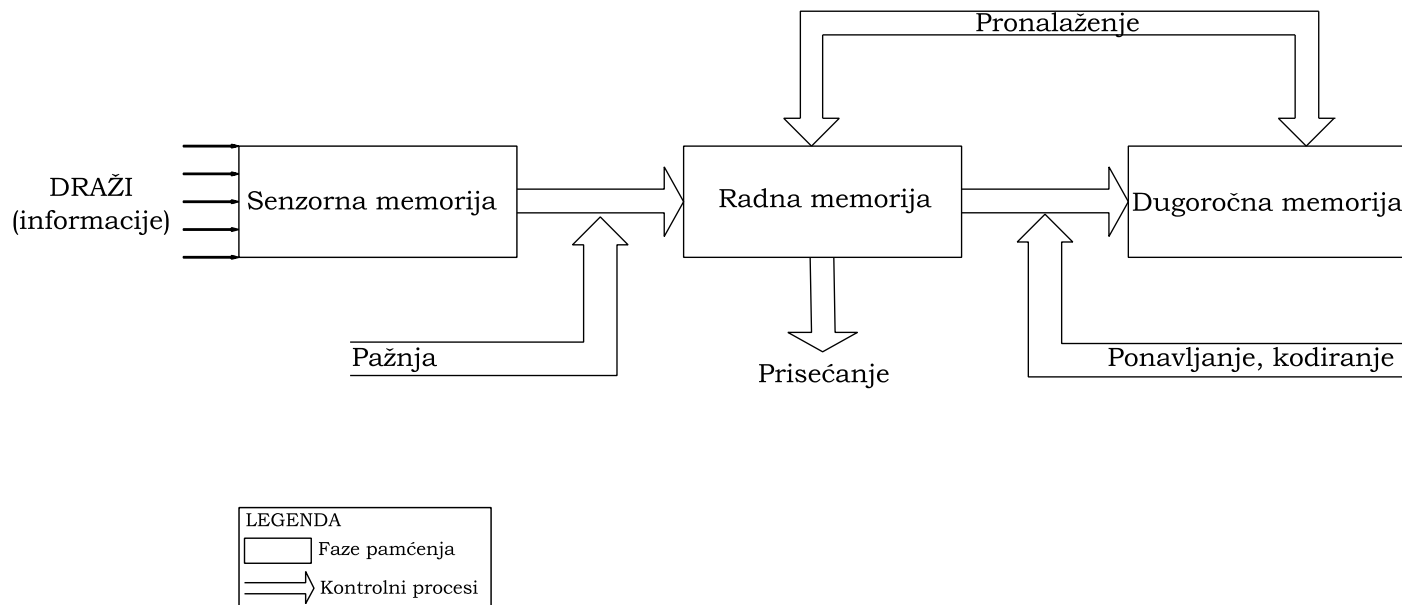
Jedna od dobro istraženih i prihvaćenih karakteristika radne memorije je njen ograničen kapacitet, a prvi koji je to utvrdio bio je Džordž Miler. Naime, u velikoj studiji koju je sproveo, a koja se zasnivala na seriji testova radne memorije, kojim je ispitivan broj elemenata informacije koje pojedinac može da zapamti, utvrđeno je da je radna memorija u stanju da istovremeno zadrži svega 7 ± 2 ajtema ili informacije u ajtemu (Miller, 1956). Naknadna istraživanja pokazala su da su ljudi sposobni da rade samo sa dva ili tri elementa istovremeno ako je u pitanju procesiranje, a ne samo zadržavanje dobro poznatih informacija u radnoj memoriji, s obzirom da se radna memorija najčešće koristi za obradu podataka u smislu organizovanja, razlikovanja, poređenja ili za procesiranje informacija na neki

drugi način (Sweller i dr. 1998). Ovo se objašnjava činjenicom da među elementima informacije u radnoj memoriji postoji interaktivnost, što zahteva angažovanje dela kapaciteta radne memorije, smanjujući na taj način broj elemenata koji se istovremeno mogu u njoj procesirati. Pored ograničenja u kapacitetu, radna memorija je, slično senzornoj, ograničena i po pitanju vremena, pa može da traje svega 20tak sekundi (Hudmon, 2006).

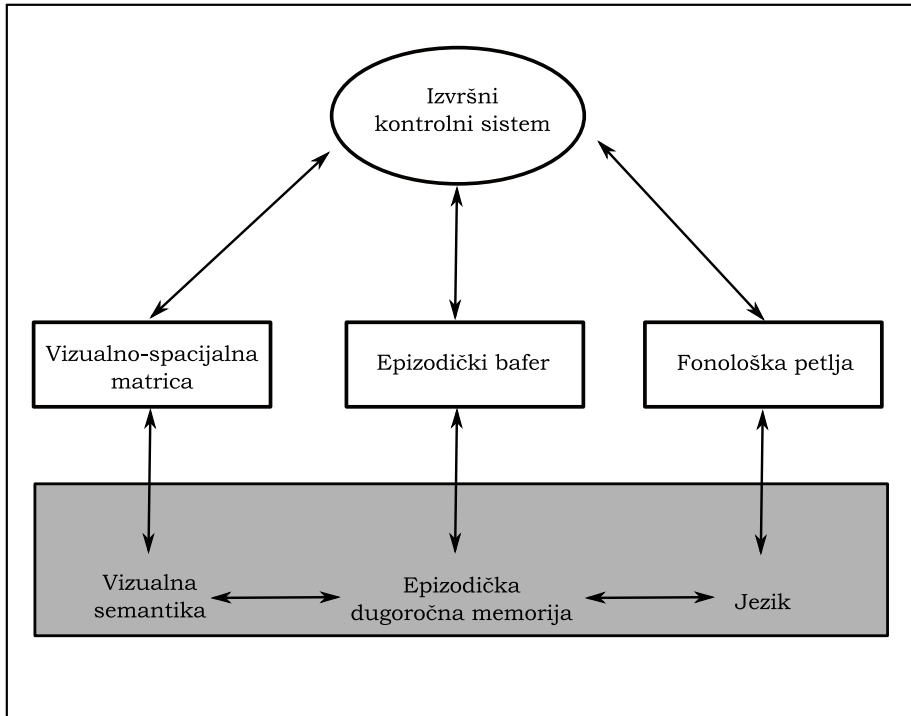
Prema modelu koji su predložili Baddeley i Hitch (1974) radnu memoriju sačinjavaju tri komponente – izvršni kontrolni sistem, čija je uloga održavanje i usmeravanje pažnje i dva „potčinjena“ sistema. To su vizualno-spacijalna matrica, koja vrši manipulacije nad vizuelnim predstavama i fonološka petlja koja vrši analogne operacije nad verbalnim materijalom. Pomenuti autori sugerišu da vizualno-spacijalni sistem zadržava vizuelni materijal ne samo dok traje obrada, nego i kasnije kada se ponovo poziva iz dugoročne memorije, a slično tome prema ovoj teoriji i fonološka petlja zadržava zvučne materijale i na taj način obezbeđuje dovoljno vremena za njihovu analizu.

Pored navedenog, veoma je bitno i to da su vizualno-spacijalna zona i fonološka petlja dva potpuno nezavisna sistema, koja omogućavaju istovremeno slušanje i gledanje i to nezavisno jedno od drugog (Lieberman, 2012). Ovaj model revidiran je 2000. godine, kada Baddeley uvodi još jednu komponentu potčinjenog sistema (Baddeley, 2000). To je epizodički bafer, koji predstavlja hipotetički sistem u kome se odvija povezivanje i integracija informacija iz različitih domena, a pored toga predstavlja i veoma važnu, iako malu količinu dodatnog kapaciteta memorije, koji ne zavisi od perceptivne prirode draži (slika 2–9).

Uprkos očiglednim ograničenjima radne memorije, poznato je da se grupisanjem elemenata može značajno povećati njen kapacitet. Na primer, da bi naučili sledeći niz brojeva 6 1 0 2 3 neizmenjenim redosledom, potrebno je opteretiti radnu memoriju sa pet elemenata, međutim ako primetimo da ovi brojevi predstavljaju vrednost Avogadrovog broja ($6 \cdot 10^{23}$) značajno rasterećujemo radnu memoriju, jer data vrednost postaje jedan element. To znači da radnu memoriju ne opterećujemo sa pet, nego sa jednim elementom.



Slika 2-8. Tok kretanja informacija kroz različite faze pamćenja (prilagođeno iz Zarevski, 2007)

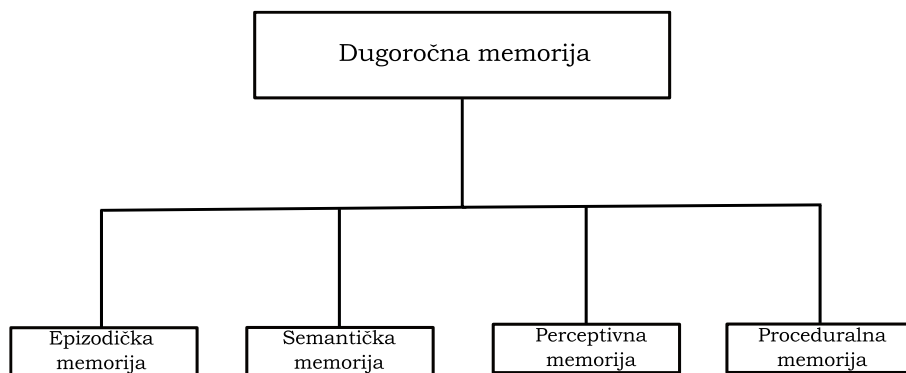


Slika 2-9. Revidirani model radne memorije (prilagođeno iz Baddeley, 2000)

2.3.3 Dugoročna memorija

U dugoročnoj memoriji uskladištena su opšta znanja i informacije koje omogućavaju učeniku da percipira, usvoji i reši problem. Dugoročna memorija, kao i senzorna, ima praktično neograničen kapacitet. Međutim, za razliku od senzorne memorije gde se informacije brzo gube, u dugoročnoj memoriji one u velikoj meri ostaju sačuvane za ceo život. Veliki broj autora čak smatra da sve informacije koje su u nekom trenutku percipirane postoje u dugoročnom pamćenju, ali da postoji problem sa pronalaženjem tih informacija te da se zato stiče utisak da su zaboravljene (Zarevski, 2007).

Kao što je to slučaj sa radnom memorijom, utvrđeno je da se i u dugoročnoj memoriji sećanja formiraju u odvojenim podsistemima. Iako postoji veći broj teorija i različitih shvatanja o ovim podsistemima, vremenom su se stavovi istraživača oblikovali i usklađivali tako da danas postoji opšte stanovište po kom dugoročnu memoriju čine četiri podsistema, koji se uobičajeno nazivaju: epizodička, semantička, perceptivna i proceduralna memorija (slika 2-10) (Lieberman, 2012).



Slika 2-10. *Podsistemi dugoročne memorije*

Epizodička memorija se odnosi na sećanja koja potiču iz sopstvenog iskustva odnosno iskustva iz života. Za sam događaj se pri tom vezuju i mesto i vreme njegovog odvijanja. Semantička memorija odnosi se na pamćenje činjenica, perceptivna memorija na poboljšanje sposobnosti obrade senzornih draži sa iskustvom, dok se proceduralna memorija odnosi na promene koje se dešavaju u načinu reagovanja na draži. Naime, kada jednom prepoznamo stimulus, brže odlučujemo kako na njega da delujemo.

Dugoročno pamćenje nije prosto memorisanje činjenica, nego formiranje mentalnih šema i struktura koje čine bazu znanja i imaju ključnu ulogu za proces ljudskog razmišljanja (Kotcherlakota, 2007). To znači da ljudska intelektualna snaga dolazi od uskladištenog zna-

nja, a ne od sposobnosti pojedinca da informacije ulančava u duge nizove u radnoj memoriji. Tako nalazi o ograničenju radne memorije potvrđuju neuspeh ljudi da daju složena obrazloženja ukoliko elementi nisu bili prethodno uskladišteni u dugoročnoj memoriji. Radna memorija jednostavno nije u stanju da koristi kompleksne interakcije novih elemenata (Sweller i dr., 1998).

2.3.3.1 Konstrukcija šema

Šeme su definisane kao difuzne jedinice i integrisani elementi znanja, prostorno i/ili vremenski organizovane strukture koje se formiraju na osnovu prethodnih iskustava. Prema Chi-u, Glaser-u i Rees-u šeme kategorišu elemente informacija u skladu sa načinom na koji će biti korišćeni (citirano u Sweller i dr., 1998). Šeme mogu biti specifične ili opšte, neke uključuju i redosled operacija ili događaja i ključne su za formiranje naših očekivanja u određenim situacijama. Razvijaju se spontano i predstavljaju okvir u koji se uklapaju spoljašnje informacije. Da bi nova informacija bila asimilovana postojeća struktura se mora akomodirati pri čemu dolazi do ponovnog obrazovanja strukture. Ukoliko pak, postoji nesklad između spoljnih informacija i kognitivne strukture učenika do ugrađivanja novih informacija neće doći. Da bi učenik određene informacije usvojio, on ih prvo mora „raspakovati“, a zatim „prepakovati“ u formu koja se može ugraditi u već postojeći sistem znanja.

Osnovne funkcije konstruisanih šema su da obezbede mehanizam, organizaciju i skladištenje znanja, kao i da smanje opterećenje radne memorije. Naime, iako radna memorija ima ograničen kapacitet, odnosno broj elemenata koji je moguće istovremeno u njoj obraditi, njihova veličina i kompleksnost nije ograničena, pa se na taj način veliki broj umreženih elemenata u dugoročnoj memoriji može tretirati kao jedan entitet. Drugim rečima, subelementi ili šeme nižeg nivoa koje su inkorporirane u šeme višeg nivoa ne zahtevaju veliki kapacitet radne memorije (Sweller i dr., 1998).

2.3.3.2 Automatizacija šema

Informacije mogu biti procesirane svesno ili automatski (Shiffrin i Schneider, 1977). Svesna obrada dešava se u radnoj memoriji, dok se automatskom obradom zaobilazi angažovanje radne memorije ili se u velikoj meri smanjuje njeno opterećenje (Sweller i dr., 1998). Kotovsky, Hayes i Simon (1985) su detaljnije ispitivali proces automatizacije i došli do zaključka da kod učenika koji problemske zadatke rešavaju primenom automatizacije, preostaju značajne rezerve kapaciteta radne memorije za pronalaženje rešenja problema, dok se kod učenika koji pri rešavanju problema ne koriste automatizam, najveći deo radne memorije angažuje za pronalaženje pravila, a samo mali deo njenog kapaciteta ostaje slobodan za pronalaženje rešenja problema. To znači da slično procesu formiranja šema i proces automatizacije može da oslobađa značajan deo kapaciteta radne memorije.

Uz automatizaciju poznati zadaci rešavaju se lako i jednostavno, dok se nepoznati zadaci mogu rešiti, ali uz veliki utrošak vremena i slab učinak. Važno je napomenuti i to da se nepoznati zadaci, za čije je rešavanje potrebna i primena automatizovanih pravila, mogu efikasno rešavati, budući da automatizovane šeme o poznatim aspektima zadatka oslobađaju deo kapaciteta radne memorije i na taj način obezbeđuju dobar učinak u nepoznatim aspektima zadatka (Sweller i dr., 1998).

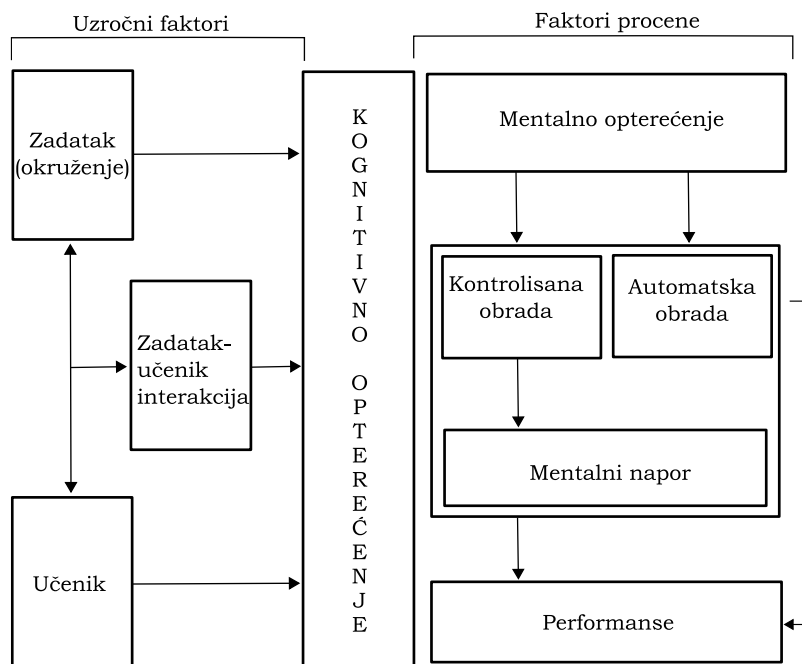
2.4 Teorija kognitivnog opterećenja

Smisao teorije kognitivnog opterećenja (TKO) ogleda se u težnji da se predvide ishodi učenja uz uvažavanje sposobnosti i ograničenja ljudske kognitivne arhitekture (Plass, Moreno i Brünken, 2010). Za TKO se može reći da je psihološka teorija budući da pokušava da objasni psihološke fenomene odnosno fenomene ponašanja, koji su rezultat nastavne instrukcije. Dva osnovna konstrukta koja čine TKO su *kognitivno opterećenje* (po kome teorija nosi naziv) i *učenje*. Kognitivno opterećenje predstavlja teorijski koncept koji odražava odnos između strukture informacija i kognitivnih karakteristika učenika i podrazumeva opterećenje nametnuto kognitivnom sistemu pojedinca

pri rešavanju određenog problema odnosno zadatka (Kalyuga, 2009). Prethodio mu je termin *mentalno opterećenje*, koji je definisan kao odnos između zahteva zadatka i sposobnosti pojedinca da odgovori na te zahteve. Pojam mentalnog opterećenja vremenom se razvijao, pa više nije podrazumevao samo rad koji je potrebno utrošiti za rešavanje nekog zadatka, nego je uključivao i očekivanja zahteva, stvarni uloženi mentalni napor kao i percipirani napor u toku rešavanja zadatka (Moreno i Park, 2010). Slično mentalnom i kognitivno opterećenje uzima u obzir zahteve koje određeni zadatak nameće pojedincu, međutim, za razliku od mentalnog opterećenja, kognitivno opterećenje ne razmatra psihološke efekte, kao što su verovanja i očekivanja pojedinca.

Paas i van Merriënboer (1994) definišu kognitivno opterećenje kao multidimenzionalni konstrukt koga karakterišu dve dimenzije, prva koja je uzročna i koja se odnosi na interakciju zadatka i kognitivnih karakteristika pojedinca i druga, dimenzija procene koja se odnosi na merljive koncepte kognitivnog opterećenja, odnosno mentalno opterećenje, mentalni napor i performanse (slika 2-11). Prema ovim autorima, mentalno opterećenje se odnosi na zahteve koji potiču od same strukture zadatka, dok mentalni napor predstavlja aspekt kognitivnog opterećenja koji je u vezi sa kognitivnim kapacitetima koji se izdvajaju za procesiranje zahteva nametnutih zadatkom i prema Paas-u, Tuovinen-u, Tabbers-u i van Gerven-u (2003a) merilo je stvarnog kognitivnog opterećenja. Treći koncept su performanse koje se definišu kao učeničko postignuće mereno brojem tačnih odgovora, brojem grešaka ili vremenom potrebnim za rešavanje zadatka.

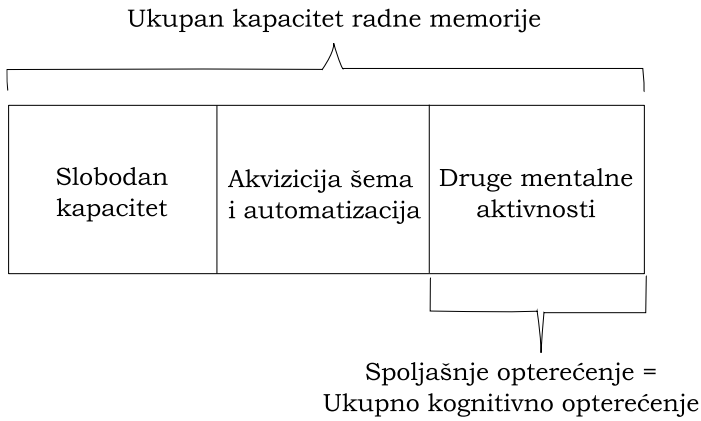
Prema Sweller-u (1999) TKO polazi od pretpostavke da neka okruženja za učenje nameću veće zahteve od drugih, što za posledicu ima veća ograničenja radne memorije. Naime, ljudska kognitivna arhitektura intereaguje sa instrukcionim materijalom i omogućava interakcije elemenata informacija na različite načine. Informacije, prisutne u ljudskom pamćenju, variraju u kontinuumu od niske do visoke interaktivnosti. Svaki element niske interaktivnosti se može naučiti i razumeti pojedinačno, bez razmatranja nekog drugog elementa, dok se elementi visoke interaktivnosti mogu naučiti individualno, ali se ne mogu razumeti sve dok se svi intereagujući elementi ne obrade istovremeno. Kao posledica toga, elementi visoke interaktivnosti su teški za razumevanje (Paas i dr., 2003a).



Slika 2-11. Šematski prikaz konstrukta Kognitivno opterećenje (prilagođeno iz Paas i Merriënboer, 1994)

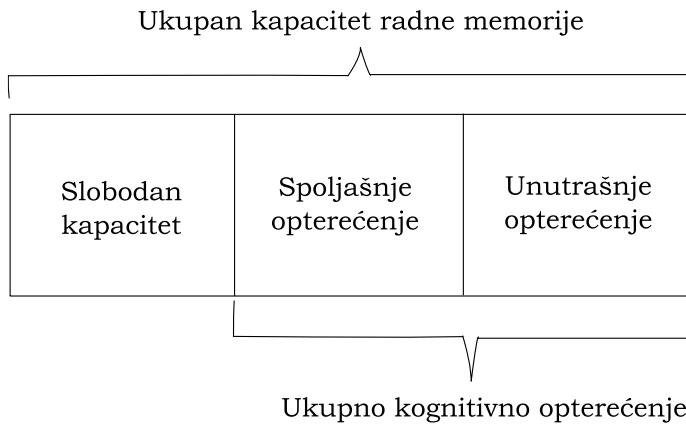
Na osnovu različitih izvora kognitivnog opterećenja Sweller i dr. (1998) ističu: unutrašnje, spoljašnje i vezano kognitivno opterećenje. Unutrašnje kognitivno opterećenje svojstvo je materijala koji se uči, spoljašnje kognitivno opterećenje određeno je instrukcionim dizajnom, dok vezano kognitivno opterećenje odražava napor koji doprinosi konstrukciji šema i na taj način poboljšava učenje (Sweller i dr., 1998).

U razvoju TKO uočavaju se tri etape. Osnovna karakteristika prve etape je da spoljašnje kognitivno opterećenje stvara negativne efekte u procesu učenja, kao i da ukupno kognitivno opterećenje potiče isključivo od spoljašnjeg kognitivnog opterećenja (2-12).



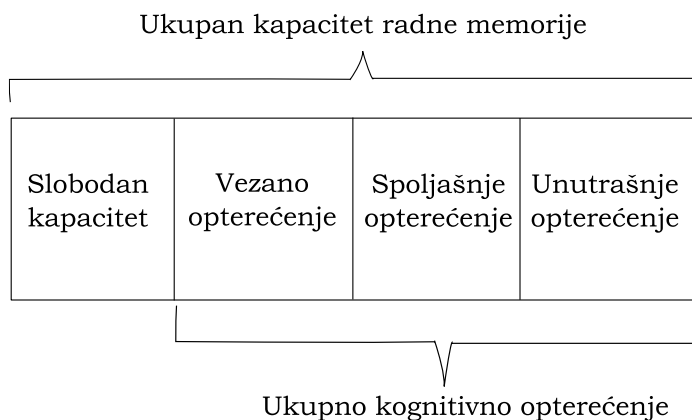
Slika 2-12. Prva etapa u razvoju TKO (prilagođeno iz Moreno i Park, 2010)

Druga etapa TKO okarakterisana je uvođenjem dodatnog izvora kognitivnog opterećenja, takozvanog unutrašnjeg kognitivnog opterećenja. U ovoj fazi postoji stav da je ukupno kognitivno opterećenje jednako zbiru unutrašnjeg i spoljašnjeg opterećenja (slika 2-13).



Slika 2-13. Druga etapa u razvoju TKO (prilagođeno iz Moreno i Park, 2010)

Treću etapu karakteriše uvođenje još jednog tipa kognitivnog opterećenja – vezano opterećenje, koje povećava ukupno kognitivno opterećenje, ali istovremeno i doprinosi poboljšanju učenja (slika 2-14) (Moreno i Park, 2010).



Slika 2-14. Treća etapa u razvoju TKO (prilagođeno iz Moreno i Park, 2010)

2.4.1 Unutrašnje kognitivno opterećenje

Istraživači su u okviru TKO identifikovali tri različita izvora kognitivnog opterećenja u toku prezentacije informacija, a najočiglednije je ono koje se jasno doživljava pri učenju kompleksnog materijala. Kao posledica takvih kognitivnih aktivnosti javlja se modifikacija postojećih ili stvaranje novih kognitivnih šema u dugoročnoj memoriji. Ovo opterećenje se naziva unutrašnjim kognitivnim opterećenjem i funkcija je prirodne kompleksnosti prezentovanih informacija, pa se može reći da nivo integrisanosti zadataka odnosno nivo interaktivnosti elemenata u zadatku, predstavlja glavni izvor unutrašnjeg kognitivnog opterećenja (Paas, Renkl i Sweller, 2003b).

Gradivo koje je potrebno usvojiti, može se dramatično razlikovati u stepenu interaktivnosti njegovih elemenata, budući da se neke oblasti gotovo u potpunosti sastoje od elemenata koji su u interakciji i kao takvi nameću veliko kognitivno opterećenje, dok druge oblasti, koje sadrže mnogo elemenata sa niskim stepenom interaktivnosti u najvećem broju slučajeva uzrokuju malo kognitivno opterećenje. Ako je gradivo sa niskim stepenom interaktivnosti elemenata ipak teško za učenje, onda je razlog za to ukupan broj elemenata koje treba asimilovati, a ne broj elemenata koji je potrebno asimilovati simultano.

U izvesnom smislu, efekat interaktivnosti je nepromenljivo svojstvo materijala koji se uči budući da je to i njegovo suštinsko svojstvo. Ipak, važno je pomenuti da se bez obzira na interaktivnost, određeno gradivo uvek može naučiti, tako što se usvaja jedan po jedan element nezavisno, ali u tom slučaju možemo govoriti samo o učenju, ali ne i o razumevanju. Do razumevanja može doći jedino ako se svi elementi informacije istovremeno obrađuju u radnoj memoriji. Efekat visoke interaktivnosti moguće je delimično redukovati samostalnim učenjem. Naime, ukoliko se set intereagujućih elemenata inkorporira u šemu, u radnoj memoriji će se tada obrađivati samo šema, a ne i intereagujući elementi informacije. U skladu sa tim redukuje se i opterećenje radne memorije (Sweller, 2010a).

Meru interakcije među elementima informacije moguće je odrediti subjektivnom metodom procene broja elemenata, koji se moraju istovremeno obraditi u radnoj memoriji kako bi se naučila određena procedura. Međutim, procena šta je to element neke informacije zavisi od nivoa ekspertize pojedinca koji uči dati materijal, jer ono što predstavlja jedan element za neku osobu za drugu može predstavljati nekoliko elemenata. Istraživači koji procenjuju interakciju elemenata moraju pretpostaviti da je osoba koja uči novi materijal upoznata sa nekim, ali ne sa svim njegovim konstitutivnim delovima – elementima i njihovim interakcijama (Sweller i Chandler, 1994). Zato je za određivanje elementa interaktivnosti od suštinske važnosti poznavanje karakteristika potencijalne ciljne grupe ispitanika.

Pored efekta interaktivnosti, postoji još jedan efekat, koji se odnosi na unutrašnje kognitivno opterećenje, a to je takozvani efekat *izolovanih i intereagujućih elemenata*. To znači da se učenje poboljšava ukoliko se gradivo, koje karakteriše veoma visok element interaktivnosti, na početku prezentuje kroz izolovane, a zatim kroz intereagujuće elemente (Pollock, Chandler i Sweller, 2002).

Kako je unutrašnje kognitivno opterećenje esencijalno za postizanje specifičnih ciljeva učenja (razumevanje problema, konstrukciju viših struktura znanja i postizanje fleksibilnosti takvih struktura) neophodno je da ono bude u granicama kapaciteta radne memorije. Ukoliko unutrašnje kognitivno opterećenje pređe granice radne memorije do učenja neće doći, pa se moraju izvršiti adekvatne izmene. Sadržaj je u tom slučaju potrebno pojednostaviti ili očekivane ciljeve podeliti u više subciljeva. S druge strane ako je sadržaj suviše jednostavan odnosno ako veliki deo kognitivnih kapaciteta ostane neisko-

rišćen, takođe neće doći do učenja. U takvim slučajevima korisno je primeniti tehniku povećanja unutrašnjeg kognitivnog opterećenja. To se postiže primenom podsticajnih zadataka i navođenjem učenika na samostalno utvrđivanje grešaka u zadacima i spontano pronalaženje ispravnih rešenja (Kalyuga, 2009).

2.4.2 Spoljašnje kognitivno opterećenje

Visoka interaktivnost elemenata nije jedini izvor kognitivnog opterećenja, nego se ono u izvesnoj meri javlja i kao posledica instrukcionog dizajna. Ovaj tip kognitivnog opterećenja izazvan je kognitivnim aktivnostima koje potiču od spoljašnjih faktora kao što su: oblik multimedijalnog prikaza, redosled postavljenih zadataka ili dizajn nastavne situacije, pa se naziva spoljašnjim kognitivnim opterećenjem. Tako na primer ako su srodni tekstualni, grafički ili audio elementi razdvojeni vremenski ili prostorno, njihova integracija će zahtevati intenzivne procese pretraživanja i opozivanje nekih elemenata u toku obrađivanja drugih. Takvi procesi mogu u velikoj meri povećati opterećenje radne memorije, jer nisu usmereni na usvajanje i automatizaciju šema.

Sledeći primeri, prema Kalyuga-i (2009), predstavljaju najtipičnije situacije koje uzrokuju spoljašnje kognitivno opterećenje:

- Odvojene (prostorom i/ili vremenom) srodne predstave koje zahtevaju od učenika intenzivnu pretragu i spajanje procesa;
- Prevelika količina informacija, čime se uvodi značajan broj novih elemenata u radnu memoriju, ili se elementi uvode suviše brzo da bi bili uspešno inkorporirani u strukture znanja dugoročnog pamćenja;
- Deficit direkcija što učenike navodi da do rešenja dolaze nasumično, jer date direkcije ne kompenzuju ograničenu količinu znanja učenika;
- Preklapanje datih direkcija sa postojećim strukturama znanja učenika, usled čega dolazi do takozvane situacije suvišnosti, jer se učenici mentalno upućuju na drugačije predstave jedne iste informacije.

Iako su ograničenja ljudi u procesiranju informacija odavno poznata, i dalje se nastavni dizajn i nastavne tehnike razvijaju bez uvažavanja, ili uz minimalno uvažavanje ove osnovne činjenice o ljudskim mentalnim aktivnostima. Donedavno su čak bile retke i diskusije o implikacijama kognitivnog opterećenja u tradicionalnim i inovativnim nastavnim procedurama (Paas, 1992). Posledica toga je primena nastavnih tehnika koje rezultuju nepotrebno visokim stepenom interaktivnosti elemenata dizajna i time nameću visoko spoljašnje kognitivno opterećenje.

Po pitanju efekata koji se odnose na spoljašnje kognitivno opterećenje, Sweller (2010b) navodi sledeće:

- Efekat deljenja pažnje,
- Efekat suvišnosti,
- Efekat modaliteta,
- Efekat rada kroz primere,
- Efekat rada sa zadacima kompletiranja,
- Efekat ekspertskeg preokreta,
- Efekat smanjivanja instrukcije i
- Efekat oslobađanja od cilja.

2.4.2.1 Efekat deljenja pažnje

Efekat deljenja pažnje dešava se usled činjenice da je nastavni materijal često dizajniran tako da učenike nepotrebno dovodi u situaciju da dele pažnju između različitih izvora informacija. Značajniji rezultati o efektu deljenja pažnje dobijeni su istraživanjem procesa učenja na gradivu sa visokim stepenom interaktivnosti elemenata, čime je ukazano na značaj kako unutrašnjeg, tako i spoljašnjeg kognitivnog opterećenja. Naime, kada je unutrašnje kognitivno opterećenje nisko, radna memorija nije preopterećena i spoljašnje kognitivno opterećenje, nametnuto deljenjem pažnje zbog instrukcionog dizajna, ne dolazi do izražaja. Ipak, kada je element interaktivnosti visok, a samim tim i unutrašnje kognitivno opterećenje, onda je bitno da nastavna instrukcija bude dizajnirana tako da ne izaziva deljenje

pažnje učenika, jer ono vodi povećanju spoljašnjeg, a samim tim i povećanju ukupnog kognitivnog opterećenja (Sweller i dr., 1998).

Dokazi izvedeni iz velikog broja eksperimenata, pod najrazličiti-jim uslovima, ukazuju na negativne posledice deljenja pažnje. Zbog toga je veoma važno da dizajneri nastavnog materijala kao i nastavnici razmotre štetne posledice efekta deljenja pažnje i eliminišu ga iz nastavnog konteksta kada god je to moguće (Sweller i dr., 1998).

2.4.2.2. Efekat suvišnosti

Uvođenjem suvišnih informacija ili izvora informacija dolazi do negativnog kognitivnog efekta koji je poznat pod nazivom efekat suvišnosti. Obrada suvišnih informacija zahteva dodatno angažovanje kapaciteta radne memorije kada je suvišna informacija fizički integrisana sa esencijalnom informacijom, jer se u tom slučaju povećava i element interaktivnosti, što ima negativan uticaj na proces učenja (Chandler i Sweller, 1991). Nakon pionirskog istraživanja Sweller-a i Chandler-a (1991) sproveden je veliki broj eksperimentalnih istraživanja, koja su se bavila ispitivanjem efekta suvišnosti, na kognitivno opterećenje učenika (Bobis, Sweller i Cooper, 1994; Sweller i Chandler, 1994; Chandler i Sweller, 1996). Utvrđeno je da učenici veoma teško ignorišu integrisane informacije različitih formata što uslovljava slabije performanse učenika u takvim zadacima i veće kognitivno opterećenje. Pored toga utvrđeno je da je najbolji instrukcioni dizajn onaj koji eliminiše suvišne informacije ili bar omogućava učenicima da višak materijala ignorišu (Sweller i dr., 1998).

2.4.2.3 Efekat modaliteta

Efekat modaliteta usko je povezan sa multimedijalnim učenjem i instrukcijama u kojima se primenjuju višestruki oblici unosa informacija i reprezentacija. Prema Mayer-u (2009) kognitivna obrada povezanih tekstualnih materijala i slika uključujući i vizualizacije, kao što su animacije i simulacije, zahteva selekciju i organizaciju relevantnih elemenata vizuelnih i auditornih informacija, stvarajući jedinstvenu koherentnu predstavu (Sweller, Ayres i Kalyuga, 2011).

Na osnovu rezultata većeg broja istraživanja u oblasti efekta modaliteta pokazano je da je kognitivno opterećenje značajno više pri korišćenju vizuelno/vizuelne prezentacije nego pri korišćenju vizuelno/auditivne prezentacije. Na taj način nalazi ispitivanja efekta modaliteta pružili su dokaze o mogućnosti povećanja kapaciteta radne memorije čime bi se olakšao proces učenja. Naime, u uslovima deljenja pažnje, odnosno fizičke integracije različitih oblika informacije, učenje se može olakšati predstavljanjem vizuelnih informacija u režimu auditornih. Ovaj efekat je od suštinske važnosti za učenje putem multimedija (Sweller i dr., 1998).

2.4.2.4 Efekat rada kroz primere

Efekat rada kroz primere nastaje kada učenici kojima su prezentovani primeri zadataka u narednim testovima pri rešavanju zadataka ostvaruju više performanse nego učenici koji nisu obučavani kroz rad sa primerima (Sweller i dr., 2011). Urađeni primeri na veoma efikasan način omogućavaju formiranje šema za rešavanje problemskih zadataka, koje se skladište u dugoročnoj memoriji. Jednom kada su šeme uskladištene u dugoročnoj memoriji pojedinac ih može koristiti za rešavanje sličnih problema koristeći princip povezivanja. Za razliku od konvencionalnih problema u radu kroz primere pažnja se fokusira na problemsku situaciju čime se učenici podstiču da pronađu generalizovana rešenja ili šeme (Sweller i dr., 1998).

Opšti zaključak je da rad kroz primere ima značajne benefite kada je proces učenja u pitanju. Međutim, važno je istaći da nedostatak vežbanja originalnih problemskih zadataka može voditi smanjenju motivacije učenika.

2.4.2.5 Efekat rada sa zadacima kompletiranja

Jedna od osnovnih zamerki rada kroz primere jeste dovođenje učenika u pasivni položaj. Kao alternativu van Merriënboer i Krammer (1987) su predložili strategiju kompletiranja odnosno dovršavanja problema. To su zadaci u kojima je predstavljen problem, cilj problema i dato delimično rešenje problema, kao podrška učenicima od kojih se traži da ga kompletiraju.

Na osnovu rezultata istraživanja u ovoj oblasti, može se zaključiti da ova strategija slično strategiji rada kroz primere smanjuje spoljašnje kognitivno opterećenje, olakšava konstrukciju šema i dovodi do boljeg transfera performansi nego što je to slučaj sa strategijom konvencionalnog rešavanja problema. Pored toga nađeno je i da u poređenju sa strategijom rada kroz primere, rad sa zadacima kompletiranja više pomaže učenicima u održavanju motivacije i fokusiranju pažnje na korisne korake u rešavanju, koji su dostupni kroz parcijalno rešene primere (Sweller i dr., 1998).

2.4.2.6 Efekat ekspertskeg preokreta

Efekat ekspertskeg preokreta javlja se kada neka informacija koja je korisna za početnika postane suvišna za eksperta. Na primer ukoliko se u sklopu dijagrama prikažu i detaljna tekstualna objašnjenja koja se ne mogu ignorisati, početnicima to može biti od esencijalne važnosti, ali je ekspertima suvišno. U takvim situacijama ni dijagram ni tekstualna informacija za početnike nisu suvišni, budući da ta dva izvora informacija za njih pojedinačno nisu razumljiva. Nasuprot tome, predstavljanje istog dijagrama i tekstualne informacije ekspertu nameće obradu suvišnog materijala što zahteva angažovanje dodatnih kognitivnih resursa (Sweller i dr., 2011).

Adaptirana okruženja za učenje, koja podrazumevaju postepeno smanjivanje nastavne instrukcije sa povećanjem nivoa ekspertize učenika, imaju najbolji potencijal za optimizaciju kognitivnog opterećenja, koje se javlja usled efekta ekspertskeg preokreta.

2.4.2.7 Efekat smanjivanja instrukcije

Efekat smanjivanja instrukcije zasniva se na pretpostavci da postepenim smanjivanjem instrukcije i povećanjem zahteva odnosno povećanjem ekspertize, učenici zadržavaju dovoljno kapaciteta radne memorije za bavljenje povećanim zahtevima. Sa povećanjem ekspertize, znanja zadržana u dugoročnoj memoriji mogu se upotrebiti i time smanjiti opterećenje radne memorije. Oslobođeni resursi radne memorije se na taj način mogu upotrebiti za rešavanje problema (Sweller i dr., 2011).

Istraživanja strategija smanjivanja instrukcije još uvek su u ranoj fazi i broj studija u ovoj oblasti je ograničen, ali ipak je nađeno da ispitane metode poboljšavaju ishode učenja kako kod početnika tako i kod eksperata (Sweller i dr., 2011).

2.4.2.8 Efekat oslobađanja od cilja

Efekat oslobađanja od cilja predstavlja prvi instrukcioni efekat koji je ispitan u okviru teorije kognitivnog opterećenja. Osnovna pretpostavka je da ukoliko se obezbedi okruženje u kom učenici nisu direktno usmereni ka tačno određenom cilju, učenje neće biti podređeno primeni tačno određene strategije. Umesto toga učenici će biti fokusirani samo na trenutno stanje prezentovanog problema i iznalaženje načina za njegovo rešavanje. Na taj način oslobađa se izvesna količina kapaciteta radne memorije i time obezbeđuje više preostalog slobodnog kapaciteta radne memorije za proces učenja. Istovremeno se smanjuje i element interaktivnosti što dodatno umanjuje ukupno kognitivno opterećenje (Sweller i dr., 2011).

2.4.3 Vezano kognitivno opterećenje

Na samom početku teorija kognitivnog opterećenja bila je fokusirana isključivo na redukciju i eliminaciju spoljašnjeg kognitivnog opterećenja. Zatim su započeta istraživanja u oblasti unutrašnjeg kognitivnog opterećenja, dok je pojam vezanog opterećenja uveden u teoriju kognitivnog opterećenja 1998. godine od strane Sweller-a i dr., u cilju razdvajanja korisnih i za učenje relevantnih kognitivnih procesa od irelevantnih i za učenje nebitnih oblika kognitivnih procesa (Sweller i dr., 1998).

Prema Kalyuga-i (2009) vezano opterećenje prouzrokovano je različitim kognitivnim aktivnostima koje vode povećanju ukupnog kognitivnog opterećenja, ali istovremeno doprinose poboljšanju učenja i povećanju motivacije učenika (osim u slučajevima kada ukupno kognitivno opterećenje premašuje kapacitete radne memorije). U izvesnom smislu, vezano opterećenje predstavlja ono što se u edukativnoj psihološkoj literaturi generalno naziva samoregulacija.

Ako je unutrašnje kognitivno opterećenje veliko, a spoljašnje kognitivno opterećenje malo, vezano opterećenje će biti veliko, jer učenik posvećuje veliki deo kapaciteta radne memorije samim sadržajima koje obrađuje. Ako se pak, spoljašnje kognitivno opterećenje poveća, vezano opterećenje se smanjuje, a samim tim i učenje, jer učenik veći deo kapaciteta radne memorije posvećuje elementima koji su nebitni za proces učenja, a koje najčešće nameće sam nastavni proces. Što se kapaciteti radne memorije više posvećuju spoljašnjem kognitivnom opterećenju, to će biti manje kapaciteta radne memorije na raspolaganju za unutrašnje kognitivno opterećenje, čime se redukuje učenje (Sweller, 2010a). Ipak, smanjenje spoljašnjeg kognitivnog opterećenja ima veoma mali značaj ukoliko na taj način oslobođeni kapacitet radne memorije ne bude iskorišćen za produktivno učenje. Pri konstruisanju nastavne instrukcije trebalo bi voditi računa da ona bude dizajnirana tako da kognitivni resursi budu usmereni ka sticanju šema i automatizaciji.

U pogledu vezanog kognitivnog opterećenja ispitana su dva efekta: efekat varijabilnih primera i efekat imaginacije. Efekat varijabilnih primera ispitivali su Pass i Merriënboer (1994) i zaključili da primena takvih primera u nastavi vodi povećanju kognitivnog opterećenja, ali da su oni veoma bitni za usvajanje šema, te da je zbog toga važno da budu uključeni u nastavni dizajn. Značajan broj istraživača u oblasti kognitivnog opterećenja se bavio ispitivanjima drugog gore pomenutog efekta vezanog opterećenja, odnosno efektom imaginacije (Cooper, Tindall-Ford, Chandler, Sweller, 2001; Ginns, Chandler i Sweller, 2003; Leahy i Sweller, 2004). Ovi autori sugerišu da upućivanjem na zamišljanje procedura i koncepata nastavnici olakšavaju učenicima proces učenja. Tražeći od učenika da zamisle izvesne procedure ili koncepte, nastavnici uvode oblik namerne prakse, kojom podstiču učenike da u radnoj memoriji obrađuju materijale, što za cilj ima jačanje šema u dugoročnoj memoriji. Za kognitivne zadatke, mentalna praksa ili zamišljanje može predstavljati efektivan i efikasan oblik namerne prakse.

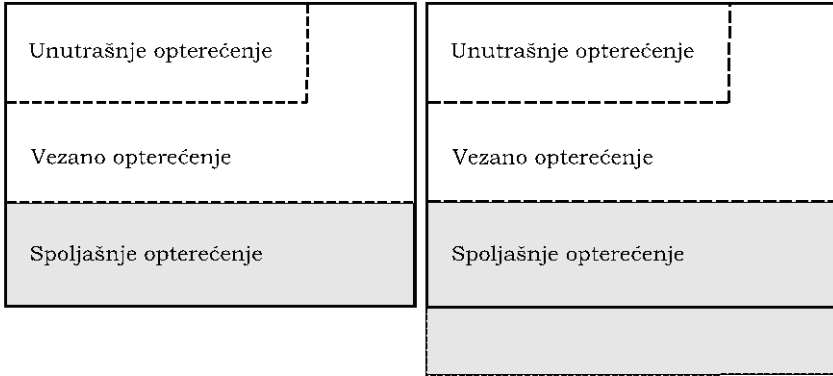
Važno je napomenuti da unutrašnje, spoljašnje i vezano opterećenje rezultuju u ukupnom kognitivnom opterećenju, a da bi došlo do učenja, ukupno opterećenje ne sme preći kapacitet radne memorije.

2.4.4 Smanjenje kognitivnog opterećenja i povećanje efektivnosti učenja

Na slici 2–15 prikazane su moguće konfiguracije različitih tipova kognitivnog opterećenja. Pri uspostavljanju veza između elemenata materijala koji se uči, istovremeno dolazi do formiranja povezanih mentalnih predstava u radnoj memoriji, a mentalni napor koji se pri tome ulaže predstavlja unutrašnje i/ili vezano kognitivno opterećenje (svetla oblast na slici 2–15). S druge strane, spoljašnje kognitivno opterećenje (osjenčena oblast na slici 2–15) predstavlja kognitivne kapacitete uložene za aktivnosti koje nisu relevantne za proces učenja. Punom crnom linijom na slici 2–15 predstavljene su granice kapaciteta radne memorije. Kada je zbir sva tri kognitivna opterećenja u okviru granica kapaciteta radne memorije (slika 2–15 a) do učenja može doći, pa nije potrebno vršiti izmene u pogledu nastavnog materijala ili nastavnih metoda. Međutim, ako ukupno kognitivno opterećenje prevazilazi granice radne memorije (slika 2–15 b) prvi korak bi trebalo da bude smanjenje ili eliminacija spoljašnjeg kognitivnog opterećenja.

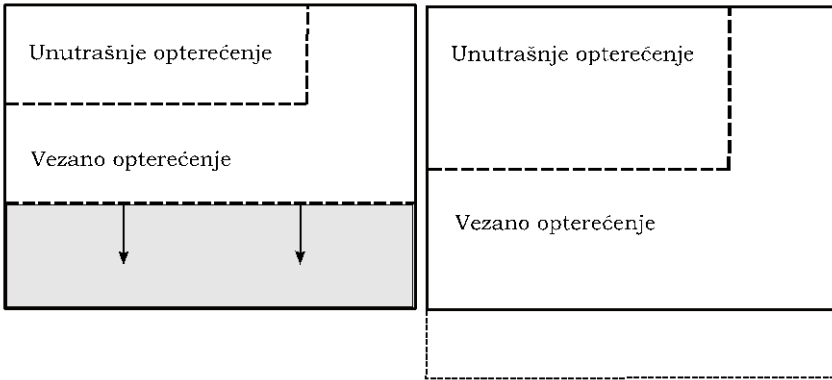
Ukoliko se spoljašnje kognitivno opterećenje efikasno eliminiše (slika 2–15 c) oslobođeni kapaciteti radne memorije mogu se iskoristiti za povećanje unutrašnjeg opterećenja u okviru kapaciteta radne memorije. Ukoliko se ovi kapaciteti prevaziđu (slika 2–16 d) potrebno je smanjiti unutrašnje kognitivno opterećenje na odgovarajući način. U nekim situacijama i sama kompleksnost materijala može izazvati kognitivno preopterećenje, čak i bez uticaja spoljašnjeg i vezanog kognitivnog opterećenja (slika 2–15 e).

Danas postoji veliki broj metoda za smanjivanje ukupnog kognitivnog opterećenja kroz smanjivanje pojedinih komponenti kognitivnog opterećenja, ali je pri tom potrebno voditi računa da su kognitivna opterećenja relativna i da zavise od postojećih kognitivnih struktura pojedinca (Kalyuga, 2009).



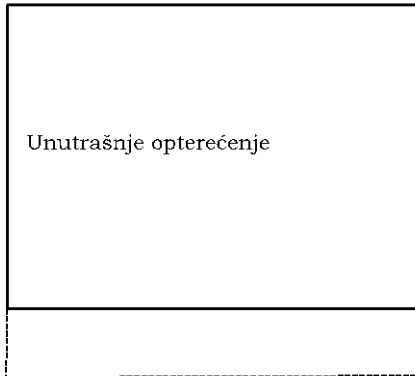
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Slika 2-15. *Moguće konfiguracije različitih tipova kognitivnog opterećenja (prilagođeno iz Kalyuga, 2009)*

2.4.5 Merenje kognitivnog opterećenja

Prema Xie-u i Salvendy-u (2000) postoje dva osnovna pristupa merenju kognitivnog opterećenja: analitički i empirijski. Analitički je zasnovan na matematičkim modelima, dok se empirijski pristup bazira na iskustvu u proceni kognitivnog opterećenja i može se podeliti u nekoliko kategorija na osnovu dve dimenzije: objektivnosti (na subjektivne i objektivne) i kauzalnim odnosima (na direktne i indirektne). U literaturi se najčešće sreće klasifikacija merenja kognitivnog opterećenja na subjektivni i objektivni pristup. Objektivni pristup uglavnom se temelji na fiziološkim merama i merama ponašanja, a neke od najčešćih tehnika koje se primenjuju u okviru objektivnih mera su: praćenje zenice oka (Tang i Pienta, 2012), merenje moždane aktivnosti (Whelan, 2007) i kontrola kardiovaskularnih indikatora (Paas i Merriënboer, 1994). Ove tehnike u najvećoj meri primenjuju dostignuća u modernoj tehnologiji. Subjektivne mere, psihofiziološke mere i metod sekundarnog zadatka predstavljaju najčešće primenjene empirijske metode za merenje kognitivnog opterećenja. Među njima, po popularnosti među istraživačima posebno se ističu subjektivne mere, koje se zasnivaju na pretpostavci da su ljudi u stanju da preispitaju svoje kognitivne procese i dodele numeričku vrednost samopercipiranom mentalnom naporu (Paas i dr., 2003a). Uprkos kontroverznim shvatanjima o efikasnosti subjektivnih metoda, pri čemu se prvenstveno misli na rejting skale uloženog mentalnog napora, brojni autori veruju da su takve metode najprikladnije za primenu u školskim uslovima, jer su dovoljno pouzdane, a pre svega jednostavne i praktične za primenu (Eggemeier, 1998).

Upotreba Likertove skale kao pouzdanog mernog instrumenta za procenu uloženog mentalnog napora široko je dokumentovana u literaturi (Ayres, 2006; Kalyuga, Chandler i Sweller, 1999; Kalyuga, Chandler i Sweller, 2000; Kalyuga, Chandler i Sweller, 2001; Tindall-Ford, Chandler i Sweller, 1997; Paas, 1992; Paas, van Merriënboer i Adam, 1994;). Navedeni autori sugerišu da su pomenute mere procene najpouzdanije i najosetljivije za detekciju relativno malih razlika u mentalnom naporu. U prilog tome govore istraživanja Moray-a i O'Donnell-a (citirano u Kalyuga i dr., 2001) i Eggemeier-a (Egge-meier, 1998) koji su utvrdili da subjektivne mere procene mentalnog napora visoko koreliraju sa objektivnim merama (korelacije se kreću u opsegu 0,80 – 0,99). Pored toga, Kalyuga i dr. (2001) navode još

jednu prednost rejting skala, a to je njihova neintruzivna priroda, odnosno činjenica da njihovo javljanje u zadatku ni na koji način ne ometa vršenje datog zadatka, kao što to čine neke druge tehnike, na primer, tehnika sekundarnog zadatka. Prema Kalyuga-i (2009) najpreciznije rejting skale su one sa 7 ili 9 stupnjeva.

2.4.5.1 Kognitivna kompleksnost

Kognitivna kompleksnost je koncept koji je predložio Bieri 1955. godine u obliku bipolarnog termina *kognitivna kompleksnost-jednostavnost* (Bieri, 1955). Prema predloženom modelu, kognitivno-kompleksan sistem je onaj koji u velikoj meri pravi razliku među pojedincima, dok sistem koji u manjoj meri pravi razliku među pojedincima predstavlja sistem kognitivno-jednostavne strukture. Vremenom je termin – kognitivna kompleksnost-jednostavnost zamenjen uprošćenim terminom – *kognitivna kompleksnost*.

Važan aspekt koncepta kognitivne kompleksnosti jeste mogućnost njene procene. Pri tome, u poseban fokus se može staviti ispitivanje merenja kompleksnosti koja proističu iz razmatranja kognitivnih zahteva koje nameće zadatak i koja se oslanjaju na teoriju kognitivnog opterećenja. Može se reći da razmatranje težine elemenata znanja i njihove interaktivnosti predstavlja ključnu komponentu procene kognitivne kompleksnosti. U osnovi, ovakve mere se zasnivaju na ekspertskoj proceni težine zadataka (Raker, Trate, Holme i Murphy, 2013).

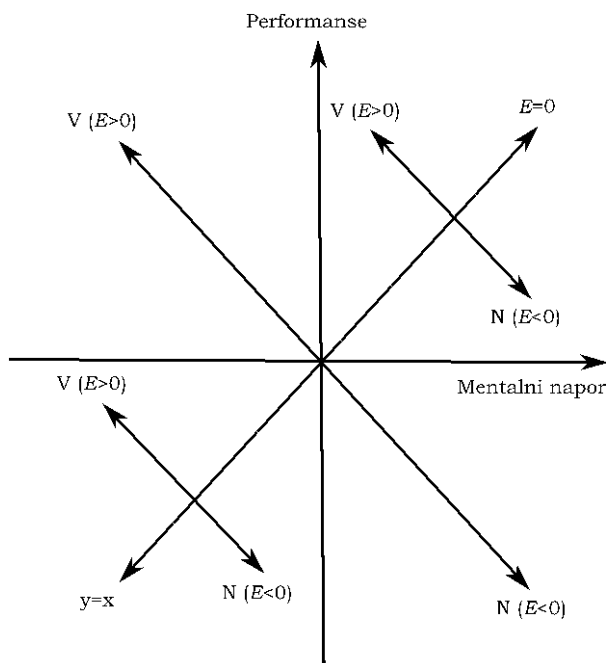
Razvoj instrumenata za procenu kognitivne kompleksnosti nedavno je dokumentovan u radovima Knaus-a, Murphy-a, Blecking-a i Holme-a (2011) i Raker-a i dr. (2013). Navedeni istraživači dizajnirali su validan i pouzdan instrument za procenu kognitivne kompleksnosti, koji se zasniva na konstrukciji rubrika u cilju dobijanja numeričke vrednosti ove veličine. Pomenuti autori predlažu ekspertsku procenu broja elemenata znanja ili koncepata, neophodnih za rešavanje zadatka, zatim ekspertsku procenu relativne težine svake komponente zadatka iz perspektive učenika i na kraju ekspertsku procenu uloge distraktora kao aditivne komponente u okviru ukupne kompleksnosti.

2.4.5.2 Procena instrukcione efikasnosti

Nastavne strategije mogu biti manje ili više efikasne, ali budući da je broj nastavnih časova u okviru svakog predmeta strogo određen i ograničen, važno je da nastavnik primenjuje što efikasnije metode. Efikasnost nekog instrukcionog formata, moguće je brojno iskazati kroz veličinu koja se naziva *instrukciona efikasnost*, a koja je u bliskoj vezi sa mentalnim naporom. Na taj način, efikasnijom se smatra ona strategija koja obezbeđuje iste performanse uz manje uloženi mentalnog napora.

Efikasniji oblici nastave omogućavaju učenicima da u toku faze učenja usvoje više znanja, a samim tim i da rešavaju zadatke uz ulaganje manje mentalnog napora. Van Gog i Paas (2008) to ilustruju na primeru dve grupe učenika koji se obučavaju kroz dva različita instrukciona formata. Ako se uzme da obe grupe ostvare približno iste performanse na testu (na primer oko 80%), a da jedna grupa proceni uloženi mentalni napor sa 4 (od 9), a druga sa 7 (od 9), sa sigurnošću se može zaključiti da navedene strategije nisu podjednako efikasne. Naime, ukoliko bi se za procenu efikasnosti instrukcionih strategija uzimale u obzir samo performanse, na ovom primeru moglo bi se pogrešno zaključiti da se radi o dve podjednako efikasne strategije. Međutim, zbog manje uloženi mentalnog napora, jasno je da je u toj grupi kvalitet učenja na višem nivou, odnosno da su ti učenici postigli viši nivo ekspertize.

U cilju što validnije procene efikasnosti neke instrukcione strategije, pored mera procene koje se zasnivaju na merenju performansi, razvijene su i kombinovane metode procene, koje se zasnivaju na merenju performansi i mentalnog napora koji učenici ulažu u toku rešavanja problema. Jedan od afirmisanih pristupa u modelovanju odnosa između indikatora performansi i mentalnog napora predložili su Paas i van Merriënboer (1993). Ovaj model omogućava da se na relativno jednostavan način uporede različite nastavne instrukcije, utvrđivanjem odnosa između performansi i mentalnog napora kao indeksa kognitivnog opterećenja. Prema ovom modelu obe varijable se najpre transformišu svođenjem na uporedive skale, odnosno z-skorove oduzimanjem aritmetičke sredine od realne vrednosti rezultata i deljenjem sa standardnom deviacijom, a zatim se dobijeni z-skorovi unose u *R-P* dijagram (slika 2-16).



Slika 2–16. Grafička reprezentacija instrukcione efikasnosti. *V*-visoka instrukciona efikasnost; *N*-niska instrukciona efikasnost (Prilagođeno iz Sweller i dr., 2011)

Efikasnost se zatim računa kao normalno rastojanje od linije nulte efikasnosti primenom sledećeg matematičkog izraza:

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

U navedenoj formuli, P predstavlja standardizovanu vrednost performanse, a R standardizovanu vrednost mentalnog napora. Na taj način dobija se brojni iskaz, koji ukazuje na *visoku efikasnost* kada je doživljeni mentalni napor manji od očekivanog na osnovu rezultata performansi, odnosno na *nisku efikasnost* kada je doživljeni mentalni napor veći od očekivanog na osnovu rezultata performansi.

U slučaju da je P jednako R , vrednost instrukcione efikasnosti je 0, što je na slici 2–16 prikazano linijom nulte efikasnosti ($y=x$). Vrednosti instrukcione efikasnosti koje se na grafiku nalaze iznad ove linije ukazuju na efikasne instrukcione strategije (visoke performanse uz manje ulaganje mentalnog napora), dok vrednosti instrukcione efikasnosti koje se na grafiku nalaze ispod ove linije ukazuju na manje efikasne instrukcione strategije (niže performanse uz više ulaganja mentalnog napora) (Kalyuga, 2009).

Ovakav pristup u proceni instrukcione efikasnosti veoma je popularan među istraživačima, a njegova uspešna primena u brojnim istraživačkim okruženjima široko je dokumentovana u literaturi (Kalyuga i dr., 1999; Kalyuga i dr., 2000; Kalyuga i dr., 2001; Milenković i dr., 2014a; Paas i dr., 2003a; Tindall-Ford i dr., 1997).

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

3.1 Problem istraživanja

Nagli razvoj hemije kao nauke i njena prisutnost u raznim aspektima života savremenog čoveka važni su motivacioni faktori za učenje hemije. Sa druge strane, učenici doživljavaju hemiju kao izuzetno težak nastavni predmet za učenje, a razlozi za to variraju od apstraktne prirode hemijskih koncepata do teškoća usled upotrebe hemijskog jezika. U novije vreme literatura pak ukazuje na još jedan izvor poteškoća, a to je izučavanje hemijskih pojmova u tri nivoa – makroskopskom, submikroskopskom i simboličkom. Poznato je da konceptualno razumevanje hemijskih pojmova podrazumeva sposobnost prikaza i translacije hemijskih problema između sva tri nivoa. Tako su sa jedne strane interakcije među nivoima neophodne za smisleno razumevanje hemijskih sadržaja, a sa druge strane simultana upotreba sva tri nivoa dovodi do velikog kognitivnog opterećenja učenika. Da bi se nastava hemije učinila efikasnijom, između ostalog, neophodno je razviti strategije učenja koje će doprineti povećanju performansi učenika, a istovremeno voditi smanjenju kognitivnog opterećenja u toku učenja.

Dosadašnja istraživanja u ovoj oblasti su akcenat stavljala uglavnom na ispitivanje performansi učenika u različitim nivoima reprezentacije znanja kao i na poređenja performansi učenika obučavanih kroz primenu tripletnog modela reprezentacije sadržaja i onih obučavanih na tradicionalan način (Bunce i Gabel, 2002; Milenković i dr., 2014b). Međutim, prema našem saznanju, u literaturi ne postoje istraživanja koja pružaju informacije o efikasnosti instrukcione strategije koja uvažava principe tripletnog modela reprezentacije sadržaja (TMRS), a koja su zasnovana na kombinovanom merenju performansi učenika i uloženog mentalnog napora. Stoga je ispitivanje efikasnosti ovakve instrukcione strategije koja, pored performansi učenika, uključuje i ispitivanje uloženog mentalnog napora veoma važna oblast istraživanja.

3.2 Cilj i zadaci istraživanja

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se ispita u kojoj meri će nastavni pristup fokusiran na interakciji makroskopskog, submikroskopskog i simboličkog nivoa reprezentacije sadržaja kod učenika poboljšati smisleno razumevanje neorganskih reakcija u poređenju sa tradicionalnim nastavnim pristupom i na koji način će primenjena instrukcija uticati na njihovu procenu uloženog mentalnog napora. U skladu sa ciljem utvrđeni su sledeći zadaci istraživanja:

Z1: Ispitati da li nastava koja se zasniva na TMRS utiče na performanse učenika u oblasti neorganskih reakcija.

Z2: Utvrditi da li postoje razlike u performansama među polovima u obe grupe ispitanika.

Z3: Utvrditi da li nastava koja se zasniva na TMRS utiče na mentalni napor koji je potrebno uložiti pri rešavanju problema iz oblasti neorganskih reakcija.

Z4: Utvrditi da li postoje razlike u proceni uloženog mentalnog napora među polovima u obe grupe ispitanika.

Z5: Uporediti efikasnost instrukcione strategije zasnovane na TMRS i tradicionalne instrukcione strategije.

Z6: Identifikovati miskonceptije u oblasti neorganskih reakcija kod učenika obučavanih na tradicionalan način i ispitati da li se iste miskonceptije javljaju i kod učenika obučavanih kroz TMRS.

Z7: Ispitati kognitivnu kompleksnost zadataka i utvrditi da li postoji statistički značajna korelacija između sledećih varijabli: performanse-kognitivna kompleksnost, performanse-mentalni napor i mentalni napor-kognitivna kompleksnost za obe ispitivane grupe učenika.

Z8: Ispitati kako nastava zasnovana na TMRS utiče na performanse različitih grupa učenika eksperimentalne grupe: (I) koji su na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu svrstani u kategoriju najmanje uspešnih učenika, (II) koji su na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu svrstani u kategoriju srednje uspešnih učenika i (III) koji su na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu svrstani u kategoriju najuspešnijih učenika.

3.3 Varijable istraživanja

Nakon postavljenih zadataka istraživanja definisane su tri vrste varijabli:

- *Nezavisna* – primenjena instrukciona strategija (pristup zasnovan na TMRS ili tradicionalni nastavni pristup).
- *Zavisne* – performanse, procenjeni mentalni napor, kognitivna kompleksnost i efikasnost instrukcione strategije.
- *Demografska* – pol ispitanika.

3.4 Metode istraživanja

U ovom istraživanju primenjene su sledeće metode istraživanja:

- *Analitička metoda.* Ovu metodu čine genetička analiza u toku koje je analiziran nastanak i razvoj predmeta istraživanja, zatim strukturalna analiza u toku koje su analizirani činioci strukture problema i kauzalna analiza koja je usmerena na pronalaženje uzročno-posledičnih veza između definisanih varijabli.
- *Metoda pedagoškog eksperimenta.* U ovom istraživanju primenjen je eksperiment sa paralelnim grupama: eksperimentalnom i kontrolnom. Karakteristike ovog eksperimenta koje mu daju prednost nad drugim eksperimentalnim metodama ogledaju se u sledećem: u obe ispitivane grupe obrađuju se isti nastavni sadržaji, nastava se istovremeno odvija u obe grupe, a primenjeni merni instrumenti su identični.
- *Statistička metoda.* U obradi podataka korišćeni su odgovarajući moduli statističkih paketa Stat Graphics Centurion XVI.I, IBM SPSS Statistics 20 i Microsoft Office Excel. U prvoj fazi statističke obrade podataka procenjene su metrijske karakteristike primenjenog testa za merenje performansi i mentalnog napora. U drugoj fazi izračunati su osnovni deskriptivni parametri testa (aritmetička sredina, standardna devijacija, maksimalni skor, minimalni skor i opseg). Treća faza statističke

obrade podataka obuhvata ispitivanje razlika u performansama i uloženom mentalnom naporu između kontrolne i eksperimentalne grupe kao i između polova primenom Wilcoxon-Mann-Whitney testa. U četvrtoj fazi izračunata je efikasnost primenjene instrukcione strategije, primenom modela koji su predložili Paas i van Merriënboer (1993), u petoj korelacija između sledećih varijabli: performanse-kognitivna kompleksnost, performanse-mentalni napor i mentalni napor-kognitivna kompleksnost, primenom jednostavne regresione analize dok je u poslednjoj fazi statističke obrade podataka ispitan uticaj primenjene instrukcije na različite grupe ispitanika primenom Wilcoxon-Mann-Whitney testa (*vide supra*).

3.5 Uzorak istraživanja

Ukupan uzorak ovog istraživanja činilo je 11 odeljenja sa 313 učenika iz dve gimnazije u Novom Sadu (Republika Srbija). Obe gimnazije su opšteg tipa, a prema Nastavnom planu (Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja, 2013) učenici izučavaju Hemiju kao nastavni predmet sa po dva časa nedeljno u toku sve četiri godine školovanja. Gimnaziju „Svetozar Marković“ pohađa oko 1080 učenika, odnosno 270 učenika po godini. Od toga, 240 učenika pohađa nastavu na srpskom, a 30 na mađarskom jeziku. Gimnaziju „Laza Kostić“ pohađa oko 720 učenika, odnosno 180 učenika po godini (Konkurs za upis učenika u srednju školu, 2014).

Učenici koji su učestvovali u ovom istraživanju su pohađali drugi razred i bili su uzrasta 16–17 godina. 313 učenika učestvovalo je u inicijalnom testiranju, čiji je cilj bio ujednačavanje grupa za naredna testiranja, koja su sprovedena u toku školske 2012/2013. godine. Od ukupnog broja testiranih učenika na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu odabrano je 8 odeljenja (po četiri iz svake škole) i to 4 odeljenja za kontrolnu i 4 za eksperimentalnu grupu sa ukupno 195 učenika. Na finalnom testiranju učestvovalo je ukupno 189 ispitanika (od toga 88 ispitanika muškog i 101 ispitanik ženskog pola), dok se 6 ispitanika (1 iz eksperimentalne i 5 iz kontrolne grupe) nije pojavilo u školi na dan finalnog testiranja. Struktura ispitanika prema ocenama iz hemije na kraju prvog razreda

gimnazije, bila je sledeća: 16,93% ispitanika na kraju prvog razreda iz hemije imalo je ocenu dva, 19,58% ocenu tri, 31,75% ocenu četiri i 31,75% ocenu pet. Ispitanici su pripadali urbanoj populaciji, mešovito-og socioekonomskog statusa.

3.6 Prikupljanje podataka

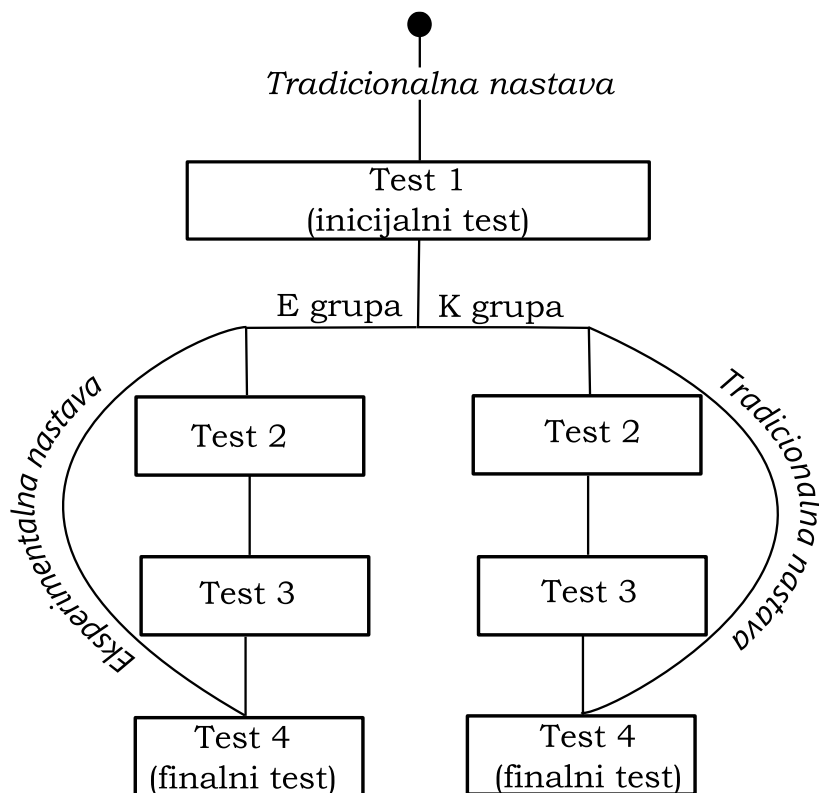
Kao merni instrument za procenu performansi korišćena su 4 testa znanja (detaljan opis testova dat je u odeljku Instrumenti istraživanja). Na osnovu performansi ostvarenih na prvom, inicijalnom testu, izvršeno je ujednačavanje grupa i podela na kontrolna (K) i eksperimentalna (E) odeljenja. U daljoj fazi istraživanja kontrolna grupa je obučavana na tradicionalan način, a eksperimentalna primenom TMRS.

Nastavu u svih osam odeljenja izvodila su dva nastavnika hemije sa položenim ispitom za licencu. Pri tome je svaki od dva nastavnika predavao u dva eksperimentalna i dva kontrolna odeljenja. Pri izboru nastavnika vodilo se računa o tome da imaju približan broj godina nastavne prakse i da u svom radu postižu optimalne vaspitno-obrazovne rezultate, a prvenstveno da su upućeni u teoriju višestrukih nivoa reprezentacije znanja. Važno je napomenuti da su u obe grupe izvođeni identični demonstracioni ogledi i da je za njihovu obradu korišćena ista količina vremena, ali da su obrađivani na različit način. Naime, u K grupi nakon što nastavnik demonstrira eksperiment, učenici daju svoja zapažanja vezana za čulno dostupne promene. Nakon toga, učenici vežbaju pisanje i izjednačavanje hemijskih jednačina i rešavaju računске zadatke, koji se tiču prikazanih reakcija. Po pitanju submikroskopskog nivoa nastavnik iznosi činjenice, postavlja pitanja ali ne ostvaruje vezu sa prethodno obrađenim sadržajima na makroskopskom i simboličkom nivou. Ovakav tip nastave ima pretežno deskriptivni karakter. S druge strane u E grupi nastavnici primenjuju instrukcioni dizajn zasnovan na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja. Trebalo bi istaći da su oba nastavnika bila dobro upućena u teoriju višestrukih nivoa reprezentacije znanja pre istraživanja, a pored toga i instruirana kako da integrišu nivoe reprezentacije na način koji su predložili Jaber i Boujaoude (2012), Chandrasegaran i dr., (2009) i Gabel (1999). Naime, u

E grupi nakon što demonstrira eksperiment nastavnik ohrabruje učenike da daju svoja zapažanja (izdvajanje gasa, formiranje obojenog jedinjenja, izdvajanje taloga, zvučni efekat), a zatim da pokušaju da objasne uočenu promenu na čestičnom nivou. Pri tome uloga nastavnika je da usmerava učenike ka tačnom odgovoru i olakša im put do tačnog odgovora. To postiže upotrebom molekulskih modela, trodimenzionalnih predstava, grafikona i crteža i postavljenjem pitanja kojima održava diskusiju na čestičnom nivou. Uloga nastavnika, takođe je da aktivira što više učenika i uključi ih u aktivnu diskusiju. Nakon što učenici uspeju da ostvare vezu između „vidljivog“ i „čestičnog“, nastavnik ih dalje usmerava na simbolički nivo, tražeći da zapažene promene prikažu u obliku hemijske jednačine. Međutim, važno je napomenuti, da za razliku od K grupe, u kojoj su učenici takođe trebali da uočene promene predstave hemijskom jednačinom, u E grupi od učenika je traženo da prepoznaju i uvide značaj simbola i formula kojima su prikazane hemijske jednačine. Nastavnik se posebno trudi da učenici shvate značenje simbola i na taj način uvide relacije simboličkog sa makroskopskim i submikroskopskim nivoom, na primer, značenje strelice iza formule proizvoda okrenute naviše ili naniže (veza sa makroskopskim nivoom) ili značenje indeksa i koeficijenta $4P$ ili P_4 (veza sa submikroskopskim nivoom). Stoga, može se reći da su u E grupi učenici ohrabrivani da dođu do objašnjenja prikazanog ogleđa u sva tri nivoa, bez zanemarivanja pojedinih nivoa, što je često odlika tradicionalne nastave i učenja, a pored toga, učenici su podsticani da stečena znanja integrišu u jedinstvenu celinu.

Važno je napomenuti i to da su u cilju obezbeđivanja validnosti primenjene strategije praćeni svi časovi u E i K grupi u toku celokupnog trajanja istraživanja.

Nakon inicijalnog testiranja, sprovedena su još dva testa u cilju praćenja promena u postignuću i uložnom mentalnom naporu u toku sprovođenja interventne strategije. Na samom kraju školske godine sproveden je četvrti, finalni test, čiji su rezultati diskutovani u ovoj disertaciji. Šematski prikaz etapa istraživanja prikazan je na slici 3-1.



Slika 3-1. Etape istraživanja

3.7 Instrumenti istraživanja

Primenjeni instrumenti istraživanja, sa izuzetkom inicijalnog testa, sastojali su se iz 4 dela. Prvi deo sadržavao je uputstvo za rešavanje testa. Drugi deo činio je upitnik koji je za cilj imao prikupljanje opštih podataka o ispitanicima. Treći deo je test znanja i četvrti deo skale procene uloženog mentalnog napora. Za razliku od ostalih testova inicijalni test nije sadržavao skale procene uloženog mentalnog napora, budući da je cilj sprovođenja ovog testa bio ujednačavanje grupa za dalji tok istraživanja, koje je realizovano isključivo na osnovu ostvarenih performansi.

Sva 4 primenjena testa znanja su bila u formi dvoslojnog testa, konstruisana prema modelu opisanom u Chandrasegaran i dr. (2007). U tekstu koji sledi biće dat primer jednog zadatka sa finalnog testa, dok su svi testovi u celosti dati u prilogu ove disertacije.

Primer zadatka:

U epruvetu se sipa na vrh špatule kalijum-permanganata i epruveta zagreva na plamenu špiritusne lampe. Šta se zapaža ako se nakon nekog vremena u epruvetu unese užareno drvce? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Užareno drvce se gasi.
- b) Plamen se razbuktava.
- c) Čuje se glasan prasak.
- d) Ne dolazi do vidljive promene.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli vode, koji gase plamen.
- II. U reakciji nastaju molekuli kiseonika, koji pospešuju gorenje.
- III. Molekul kalijum-permanganata je stabilan pri povišenoj temperaturi.
- IV. U reakciji nastaju molekuli mangan (VII)-oksida.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Kao što se na prikazanom primeru može videti, svaki zadatak u testu sastojao se iz dva sloja, tako da prvi sloj sadrži pitanje, a drugi sloj razumno obrazloženje pitanja iz prvog sloja. Ajtemi iz prvog sloja sadržavali su pitanja iz makroskopskog i simboličkog nivoa, dok su se pitanja u drugom sloju odnosila na submikroskopski nivo. U oba sloja ajtemi su formulisani u obliku pitanja višestrukog izbora, sa jednim tačnim odgovorom. Svi konstruisani zadaci u skladu su sa preporukama Towns (2014) (*vide supra*). Prema Chandrasegaran-u i dr. (2007) ovakvi testovi su pogodni za administriranje, a vreme potrebno za njihovu realizaciju minimalno opterećuje raspoloživo nastavno vreme.

Vreme izrade svakog testa bilo je 45min, odnosno jedan školski čas. Prvi test (inicijalni) sadržavao je 16 zadataka odnosno 32 ajtema. Svaki ajtem bodovan je jednim bodom, pa je maksimalno moguće postignuće na testu iznosilo 32 boda. Ovim testom obuhvaćeni su demonstracioni oglede koji pripadaju sledećim nastavnim jedinicama:

- Vodoničnik
- Elementi 1. grupe PSE
- Elementi 2. grupe PSE
- Elementi 13. grupe PSE

Test je obuhvatao sledeće demonstracione oglede:

- 1.1 Dobijanje vodonika reakcijom cinka sa hlorovodoničnom kiselinom
- 1.2 Sagorevanje vodonika
- 1.3 Bojenje plamena jonima alkalnih metala
- 1.4 Reakcije natrijuma i kalijuma sa vodom
- 1.5 Sagorevanje magnezijumove trake
- 1.6 Rastvaranje magnezijuma u vodi
- 1.7 Ispitivanje amfoternosti aluminijuma, aluminijum-oksida i aluminijum-hidroksida. Reakcije sa natrijum-hidroksidom odnosno hlorovodoničnom kiselinom.

Drugi test je sadržavao 12 zadataka, odnosno 24 ajtema. Maksimalno moguće postignuće na testu iznosilo je 24 boda.

Test je obuhvatao sledeće nastavne jedinice:

- Elementi 14. grupe PSE
- Elementi 15. grupe PSE

Testom su obuhvaćeni sledeći demonstracioni ogledi:

- 2.1 Dobijanje ugljenik(IV)-oksida. Reakcija kalcijum-karbonata i hlorovodonične kiseline
- 2.2 Adsorpcija na aktivnom uglju
- 2.3 Paljenje crvenog fosfora
- 2.4 Dobijanje i svojstva amonijaka. Reakcija amonijum-hlorida i kalcijum-hidroksida

Treći test obuhvatao je 16 zadataka (32 ajtema). Maksimalno moguće postignuće na testu iznosilo je 32 boda.

Testom su obuhvaćene sledeće nastavne jedinice:

- Elementi 16. grupe PSE
- Elementi 17. grupe PSE
- Prelazni metali

Test je obuhvatao sledeće demonstracione ogledе:

- 3.1 Dobijanje plastičnog sumpora
- 3.2 Dobijanje kiseonika zagrevanjem kalijum-permanganata
- 3.3 Reakcija hlorovodonične kiseline sa natrijum-acetatom
- 3.4 Hemijski kameleon. Reakcija kalijum-permanganata i saharoze u baznoj sredini.

Četvrti test je ujedno predstavljao i finalni test. Ovim testom obuhvaćeno je gradivo drugog i trećeg testa, odnosno ogledi 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3 i 3.4. Test je sadržavao 15 zadataka, odnosno 30 ajtema pa je maksimalno moguće postignuće na testu iznosilo 30 bodova.

Svi primenjeni testovi okarakterisani su pre-test i post-test garantima kvaliteta prema modelu opisanom u Segedinac, Segedinac, Konjović i Savić (2011). Pre-test garanti kvaliteta ocenjeni su od strane ekspertske grupe koju su sačinjavala dva univerzitetska profesora i tri istraživača Metodike nastave hemije, 1 profesor hemije koji radi u srednjoj školi i 1 univerzitetski profesor pedagogije.

Eksperti su uradili višestruku validaciju testova ocenjujući raznolikost pitanja, upotrebljene termine, smislenost zahteva, dužinu rečenica i procenili da su testovi validni. Pored toga urađena je i validacija sadržaja, čime je utvrđeno da su korišćeni testovi u skladu sa zahtevima nastavnog programa.

Post-test garanti kvaliteta podrazumevali su izračunavanje: relijabilnosti (računanjem Cronbach α koeficijenta), zatim indeksa težine zadataka (računanjem prosečne vrednosti postignuća svih učenika po zadatku), indeksa težine testa (računanjem prosečne vrednosti indeksa težine zadataka na testu), indeksa diskriminativnosti zadataka (računanjem razlika u prosečnom postignuću između 27% najuspešnijih i 27% najmanje uspešnih učenika prema ukupnom skor na testu) i indeks diskriminativnosti testa (računanjem prosečne vrednost indeksa diskriminativnosti zadataka na testu).

Kao što je već pomenuto, pored performansi su prikupljene i procene uloženog mentalnog napora za svaki zadatak za svakog učenika. U okviru svakog podzadatka nalazila se sedmostepena skala Likertovog tipa sa deskriptorima izuzetno lako, veoma lako, lako, ni teško ni lako, teško, veoma teško i izuzetno teško, a učenici su na osnovu sopstvene procene ocenjivali stepen uloženog mentalnog napora. Korišćeni deskriptori su u daljoj analizi numerički kodirani od 1–7, tako da deskriptor izuzetno lako odgovara kodu 1, deskriptor veoma lako kodu 2, deskriptor lako kodu 3, ni teško ni lako kodu 4, teško kodu 5, veoma teško kodu 6 i izuzetno teško kodu 7.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Kao što je ranije pomenuto u toku ovog istraživanja izvršena su četiri testovska ispitivanja. Prvi test imao je za cilj ujednačavanje grupa, dok su drugi i treći test sprovedeni u cilju praćenja napretka učenika u obe ispitivane grupe. Četvrti, finalni, test sproveden je na samom kraju školske godine. Zbog obimnosti rezultata i diskusije, koju bi zahtevala analiza svakog pojedinačnog testa, te zbog činjenice da je finalni test uključivao celokupno gradivo prethodnih testova (testa 2 i testa 3), u ovoj disertaciji naglasak će biti na analizi, interpretaciji i diskusiji rezultata finalnog testa.

4.1 Analiza rezultata inicijalnog testa

Kao što je pomenuto, inicijalno testiranje imalo je za cilj ujednačavanje grupa i podelu na eksperimentalna i kontrolna odeljenja. Početni uzorak obuhvatio je 11 odeljenja sa ukupno 313 učenika, ali je za potrebe daljeg istraživanja, nakon ujednačavanja grupa, koje je vršeno isključivo na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu odabrano 8 odeljenja sa ukupno 195 ispitanika. Analizi dobijenih rezultata prethodila je analiza validnosti i pouzdanosti testa. Validnost testa procenjivali su eksperti pre sprovođenja istraživanja. Oni su procenili da su pitanja raznovrsna, zahtevi zadataka smisleni, dužine rečenica i upotrebljeni termini prikladni za uzrast ispitivanih učenika, a pokriveni sadržaji u skladu sa zahtevima nastavnog programa. Pouzdanost testa proverena je računanjem Cronbach α koeficijenta. Dobijena vrednost ovog koeficijenta (0,62) veća je od granične i uzimajući u obzir prirodu istraživanja ukazuje na zadovoljavajuću pouzdanost. Pored Cronbach α koeficijenta ispitani su i indeksi težine i diskriminativnosti zadataka na testu kao i celog testa. Indeksi težine kreću se u opsegu 7,18–75,38%. Od toga u trinaest zadataka (~40%) indeks težine je manji od 30%, što prema Mitra-i, Nagaraja-i, Ponnudurai-u i Judson-u (2009) ukazuje na teške zadatke, dok je u preostalih 19 zadataka (~60%) indeks težine između 30% u 80%, što

ukazuje na zadatke umerene težine. Indeks težine testa iznosi 33,18% na osnovu čega ovaj test možemo svrstati u kategoriju testova umerene težine. U pogledu indeksa diskriminativnosti dobijene vrednosti variraju u opsegu 0,02 i 0,56. Dvanaest od trideset dva zadatka ima indeks diskriminativnosti veći od 0,40, što ih prema Ebelu i Frisbie-u (1991) svrstava u kategoriju zadataka odlične diskriminativnosti. Šest zadataka ima indeks diskriminativnosti u opsegu 0,30–0,39 što ih svrstava u kategoriju zadataka dobre diskriminativnosti. Jedanaest zadataka ima prihvatljiv indeks diskriminativnosti ($0,20 < Id < 0,29$), dok deset zadataka ima indeks diskriminativnosti manji od 0,20, što znači da bi ih za narednu upotrebu u izvesnoj meri trebalo revidirati. Nijedan od zadataka nije okarakterisan negativnim indeksom diskriminacije, što znači da nijedan od korišćenih zadataka nije potrebno eliminisati. Indeks diskriminativnosti testa iznosi 0,30 i na osnovu ove vrednosti ga možemo svrstati u kategoriju testova dobre diskriminativnosti.

Rezultati analize ukupnih performansi i prikaz osnovnih statističkih deskriptora za inicijalni test dat je u tabeli 4–1.

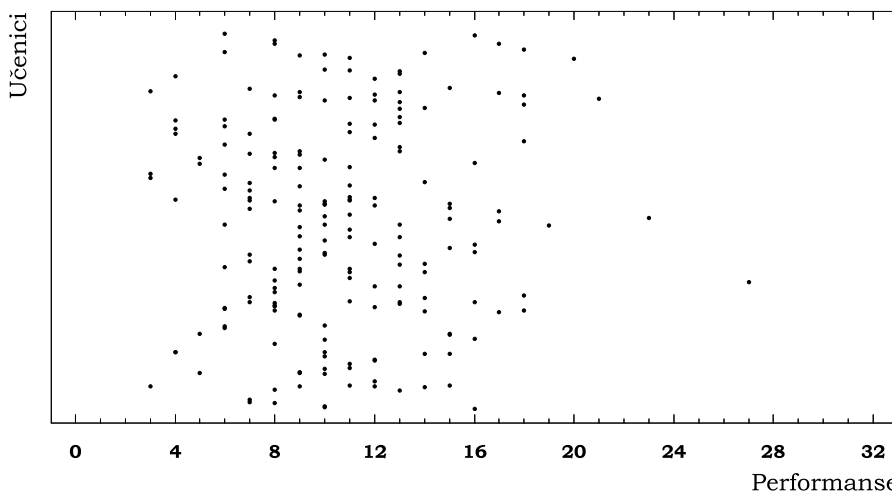
Tabela 4–1. Deskriptivna statistika za performanse na inicijalnom testu

Parametar	Performanse učenika na finalnom testu^a
Aritmetička sredina	10,62
SD	4,03
Minimum	3,00
Maksimum	27,00
Opseg	24,00

^aMogući skorovi na testu su u opsegu od 0–32.

Kao što se iz tabele 4–1 vidi, prosečno postignuće svih učenika iznosi 10,62 odnosno svega 33,19%. Ako pogledamo i pojedinačna postignuća učenika na inicijalnom testu (slika 4–1), može se zapaziti da sa izuzetkom nekoliko učenika, najveći procenat ima veoma niska ukupna postignuća. Važno je naglasiti da su svi učenici, koji su učestvovali u inicijalnom testiranju bili obučavani na tradicionalan

način, pa bi ovako loš rezultat na testu mogao da bude indikator manjkavosti tradicionalnog oblika nastave u okviru ovog istraživanja.



Slika 4–1. Skater dijagram učenčkih performansi na inicijalnom testu

Kako je za dalji tok istraživanja značajna podela učenika na eksperimentalna i kontrolna odeljenja, u tabeli 4–2 prikazani su osnovni statistički parametri rezultata performansi na inicijalnom testu za dve formirane grupe ispitanika, nakon čega je proverena i potvrđena ekvivalencija grupa.

Tabela 4–2. Deskriptivna statistika za performanse na inicijalnom testu po grupama

Parametar	Performanse učenika na inicijalnom testu ^a	
	Grupa E (N = 95)	Grupa K (N = 100)
Aritmetička sredina	10,96	10,29
SD	4,61	3,37
Minimum	3,00	4,00
Maksimum	27,00	19,00
Opseg	24,00	15,00

^aMogući skorovi na testu su u opsegu od 0–32.

Kako raspodela rezultata za performanse u obe formirane grupe odgovara normalnoj, što je pokazano Kolmogorov-Smirnov-ljevim testom za E (K-S: $p=0,48$; $DN=0,11$) i K grupu (K-S: $p=0,17$; $DN=0,11$), moguće je ispitati ekvivalenciju grupa primenom dva jednostrana t -testa prema Schuirmann-ovoj metodi opisanoj u Lewis i Lewis (2005). Rezultati ove analize pokazali su da se dve ispitivane grupe mogu smatrati statistički jednakim ($t_1=4.70 > t_{(\alpha=0.1)}=1.29$; $t_2=2.40 > t_{(\alpha=0.1)}=1.29$) pa je na osnovu toga u daljoj fazi istraživanja kontrolna grupa obučavana na tradicionalan način, a eksperimentalna primenom TMRS. Dalje u testu sledi analiza rezultata dobijenih finalnim testiranjem.

4.2 Analiza performansi učenika na finalnom testu

Primenjeni instrument pokazao je zadovoljavajuće metrijske karakteristike. Mera unutrašnje konzistencije, izražena Cronbach α koeficijentom, iznosi 0,91, što ukazuje na odličnu pouzdanost testa. Indeksi težine zadataka na testu u E grupi variraju u opsegu 29,79% i 92,55%, dok je u K grupi taj interval značajno uži i iznosi od 23,16–51,58%. U skladu sa tim su i dobijene vrednosti indeksa težine testova. Poredeći ove vrednosti, može se zapaziti da je indeks težine testa dobijen za E grupu (70,74%), značajno viši od indeksa težine testa dobijenog za K grupu (37,72%), što ukazuje na to da je učenicima K grupe, isti test bio znatno teži nego učenicima E grupe.

Pored indeksa težine za svaki zadatak za obe grupe ispitanika izračunati su indeksi diskriminativnosti. Dobijene vrednosti indeksa diskriminativnosti za E grupu kreću se u opsegu 0,16–0,72. Od toga u čak 24 zadatka (80%) indeks diskriminativnosti je veći od 0,40 što ukazuje na odličnu diskriminativnost. Zatim, u 2 zadatka (6,67%) indeks diskriminativnosti ukazuje na dobru diskriminativnost, u 3 zadatka (10%) na prihvatljivu diskriminativnost, a samo u jednom zadatku indeks diskriminativnosti je manji od 0,20, pa bi taj zadatak za narednu upotrebu trebalo revidirati. Nijedan zadatak nema negativan indeks diskriminativnosti, pa nijedan zadatak nije potrebno eliminisati.

Indeks diskriminativnosti testa za E grupu iznosi čak 0,49, što je odlična diskriminativnost. U K grupi računati indeksi diskrimina-

tivnosti variraju u opsegu 0,04–0,68. U 20 zadataka (66,66%) vrednost ovog indeksa je veća od 0,40 (odlična diskriminativnost), u 2 zadatka indeks diskriminativnosti je veći od 0,30 (dobra diskriminativnost), u 6 zadataka diskriminativnost je prihvatljiva (veća od 0,20), a samo u dva zadataka indeks diskriminativnosti se kreće između 0 i 0,19.

Vrednost diskriminativnosti testa za K grupu iznosi 0,41, koja kao i u E grupi ukazuje na odličnu diskriminativnost testa. Ovako dobijene vrednosti indeksa diskriminativnosti značajan su indikator i garant kvaliteta testa koji je primenjen u završnom delu ovog istraživanja.

Dalja analiza performansi, podrazumevala je izračunavanje osnovnih statističkih parametara testa, a rezultati te analize prikazani su tabelarno (tabela 4–3).

Na osnovu rezultata iz tabele 4–3 može se uočiti da su učenici E grupe ostvarili znatno više performanse u poređenju sa učenicima K grupe. Pored toga važno je pomenuti i podatak da maksimalno ostvareno postignuće u K grupi iznosi 76,67% dok je u E grupi preko 40% učenika ostvarilo postignuće veće od pomenutog maksimalnog postignuća u K grupi.

Tabela 4–3. Deskriptivna statistika za performanse na finalnom testu

Parametar	Performanse učenika na finalnom testu ^a	
	Grupa E (N = 94)	Grupa K (N = 95)
Aritmetička sredina	21,22	11,32
SD	5,95	4,89
Minimum	6,00	3,00
Maksimum	30,00	23,00
Opseg	24,00	20,00

^aMogući skorovi na testu su u opsegu od 0–30.

Značajnost dobijenih razlika u performansama E i K grupe proverena je Wilcoxon-Mann-Whitney testom za dva nezavisna uzorka. Rezultati tog testa su prikazani u tabeli 4–4. Dobijena *p* vrednost (0,00) manja je od granične (0,05), na osnovu čega se može zaključiti

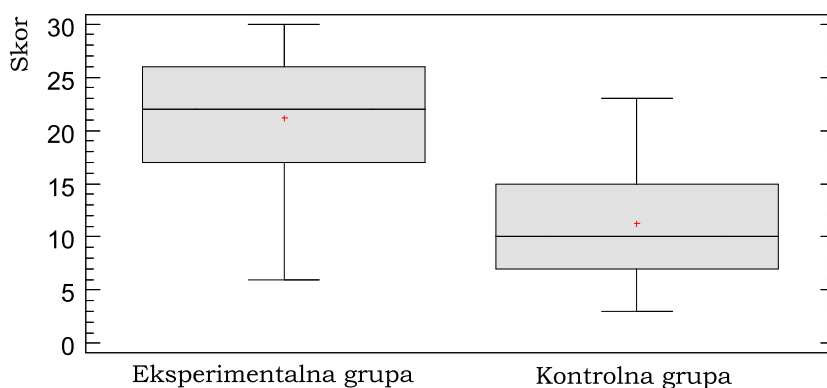
da su razlike u performansama između dve grupe ispitanika statistički značajne.

Tabela 4–4. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testa za performanse

Parametar	Vrednost
Mann-Whitney U	1016,00
Wilcoxon W	5576,00
<i>p</i>	0,00

Distribucija učeničkih performansi prikazana je grafički, kutijastim dijagramom na slici 4–2. Ovaj dijagram pokazuje da je raspodela učenika u E grupi značajno pomešana ka višim a u K grupi ka nižim skorovima. U prvom kvartilu E grupe se nalaze skorovi u intervalu od 6–16, dok je za K grupu taj interval značajno uži i iznosi od 3–6. To znači da je razlika u ostvarenim postignućima značajna već u kategoriji najmanje uspešnih učenika. Drugi kvartil E grupe pruža se u opsegu 17–21, a kod K grupe u opsegu od 7–10. Slična razlika se uočava i u trećem kvartilu (E grupa 22–25; K grupa 11–15). U četvrtom kvartilu ovaj interval se kod E grupe pruža od 26 do maksimalnih 30 poena, dok je u K grupi taj interval od 16–23. Ono što je važno istaći, a što se jasno uočava sa grafika jeste da je primenjena eksperimentalna nastava značajno doprinela konceptualnom razumevanju izučavanih hemijskih pojmova kod velikog procenta ispitivanih učenika (preko 75% učenika u E grupi ostvarilo je postignuće veće od 50%, dok je u K grupi preko 75% učenika ostvarilo prosečno postignuće niže od 50%).

Da bi se jasnije sagledale razlike u performansama između dve grupe ispitanika, potrebno je istaći koliko su učenici bili konzistentni pri davanju odgovora u zadacima, budući da su zadaci na testu bili dizajnirani tako da su svaki tačan odgovor i ponuđeni distraktori u prvom sloju zadatka imali moguće objašnjenje u drugom sloju. Drugim rečima, potrebno je izvestiti koliko često učenici u E i K grupi ostvaruju 0 koliko često 1 i koliko često 2 boda po paru ajtema. Rezultati pokazuju da su učenici E grupe tačno rešili oba sloja zadatka u čak 57,80% slučajeva, jedan tačan u 25,96% i nijedan tačan u svega 16,24% slučajeva.



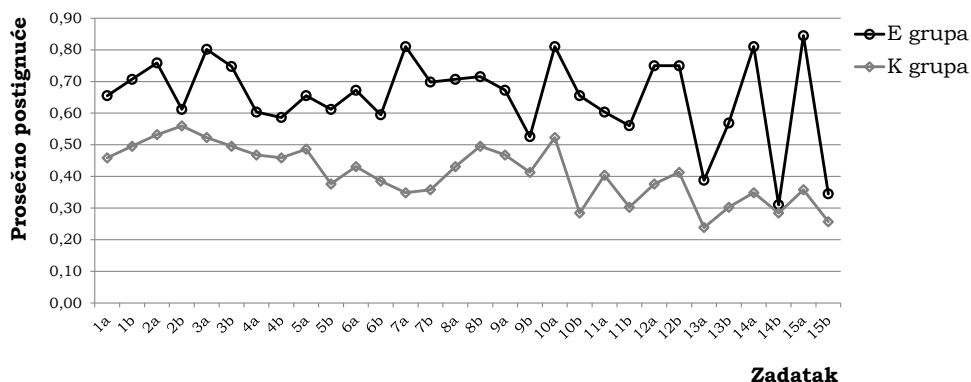
Slika 4-2. Distribucija postignuća učenika na finalnom testu

Pri tome, važno je naglasiti da su u zadacima sa oba netačno rešena ajtema, učenici E grupe davali konzistentne odgovore. Nasuprot tome, učenici K grupe su u svega 20,42% slučajeva tačno rešili oba ajtema, jedan ajtem u 34,60%, a nijedan u čak 44,98% slučajeva. Međutim, iako je procenat oba netačna odgovora u K grupi veoma visok, važno je napomenuti da ti odgovori u velikom broju slučajeva nisu bili konzistentni. Ovi rezultati ukazuju na to da većina učenika E grupe, pri rešavanju zadataka pokušava da pronade vezu između pitanja u prvom sloju i logičnog objašnjenja u drugom sloju, čak i u slučajevima kada ne poseduju odgovarajuća deskriptivna znanja. Nasuprot tome, učenici K grupe davali su daleko manje konzistentne odgovore, što bi moglo da ukaze na njihovo slabije angažovanje u nastavnom procesu.

4.2.1 Analiza performansi po zadacima

U okviru analize performansi važno je utvrditi da li je razlika između dve ispitivane grupe ostvarena kroz celokupno gradivo. Da bi se to ispitalo izvršena je i analiza performansi po zadacima. Na grafiku koji sledi dat je prikaz prosečnih postignuća za svaki zadatak, uporedo za E i K grupu (slika 4-3). Kao što se sa grafika jasno uočava, u svih 30 ajtema na testu, učenici E grupe su bili uspešniji u odnosu na vršnjake u K grupi. Izuzev ajtema 2b i 14b u

kojima su učenici E grupe ostvarili tek nešto viša postignuća u poređenju sa postignućima ostvarenim u K grupi, u preostalih 28 ajtama, te su razlike značajno veće. Iz navedenih rezultata moguće je zaključiti da učenici, koji su obučavani kroz primenu TMRS u svim ispitivanim oblastima poseduju celovitiji sistem znanja, budući da su ostvarili više performanse i u zadacima makroskopskog i u zadacima submikroskopskog i u zadacima simboličkog nivoa, od učenika K grupe.



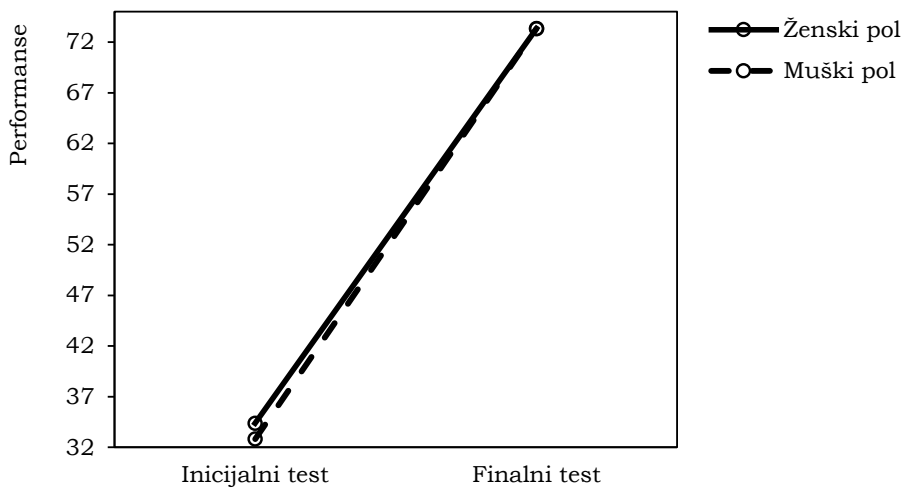
Slika 4–3. Uporedni prikaz prosečnih postignuća po zadacima za E i K grupu

4.2.2 Analiza performansi prema polu

Sledeći istraživački zadatak bio je da se utvrdi da li su razlike u performansama između polova statistički značajne. Na osnovu rezultata dobiće se povratna informacija o tome da li primenjena instrukciona strategija jednako utiče na performanse muške i ženske populacije ispitanika.

Na dijagramu koji sledi (slika 4–4) dat je uporedni prikaz performansi muških i ženskih ispitanika E grupe za inicijalni i finalni test. Budući da distribucija rezultata ni u jednoj od četiri ispitivane grupe ne odgovara normalnoj, umesto srednjih vrednosti na slici su prikazani medijani ostvarenih performansi. Sa slike se uočava da su na inicijalnom testu učenici ženskog i muškog pola ostvarili približno iste performanse (34,38 i 32,82 respektivno), a takođe i na finalnom

testu (73,33). S druge strane postoje vidljive razlike u performansama, koje su ostvarili ispitanici ženskog pola na inicijalnom i finalnom testu, kao i između ispitanika muškog pola na dva testa. To znači da je primenjena instrukciona strategija imala podjednako pozitivan uticaj na ispitanike oba pola. Značajnost razlika dodatno je proverena serijom Wilcoxon-Mann-Whitney testova za nezavisne uzorke. Dobijeni rezultati su prikazani tabelarno (tabela 4–5) (EŽi-eksperimentalna grupa, ženski pol, inicijalni test; EMi-eksperimentalna grupa, muški pol, inicijalni test; EŽf-eksperimentalna grupa, ženski pol, finalni test; EMf-eksperimentalna grupa, muški pol, finalni test).



Slika 4–4. Performanse učenika E grupe prema polu

Na osnovu prikazanih rezultata, uočava se da razlike u performansama između polova u E grupi nisu statistički značajne kako na inicijalnom tako i na finalnom testu ($p=0,54$ i $p=0,74$, respektivno). S druge strane, razlike u performansama između ispitanika ženskog pola E grupe na inicijalnom i finalnom testu jesu statistički značajne ($p=0,00$), kao i razlike između ispitanika muškog pola E grupe na inicijalnom i finalnom testu ($p=0,00$).

Tabela 4–5. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testova za utvrđivanje razlika u performansama između polova u E grupi

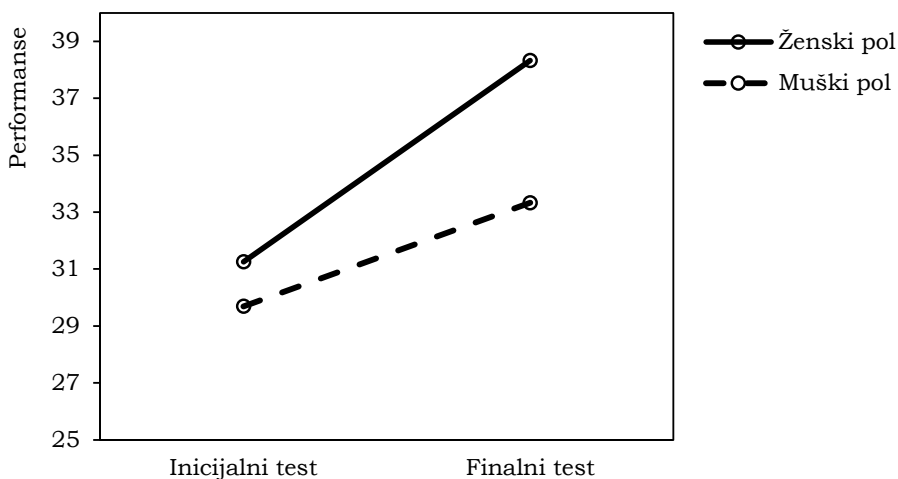
Parametar	Vrednost			
	EŽi-EMi	EŽf-EMf	EŽi-EŽf	EMi-EMf
Mann-Whitney U	881,50	915,00	206,00	154,00
Wilcoxon W	2312,50	2346,00	1637,00	820,00
<i>p</i>	0,54	0,74	0,00	0,00

Ovi rezultati su veoma značajni s obzirom na to da potvrđuju konstataciju da ispitivana instrukciona strategija ima pozitivan i statistički značajan uticaj na performanse ispitanika oba pola.

Ostvareni rezultati posebno dobijaju na značaju kada se uporede sa rezultatima grupe K. Dalje u tekstu sledi prikaz ostvarenih rezultata u K grupi. Na slici 4–5. dat je grafički prikaz performansi učenika ove grupe, za muški i ženski pol, paralelno za inicijalni i finalni test.

Za razliku od učenika E grupe, koji su na finalnom testu ostvarili daleko bolje performanse nego na inicijalnom testu, kod učenika K grupe te su razlike znatno manje, kako kod učenika ženskog, tako i kod učenika muškog pola. Da bi se ispitala značajnost razlika u performansama između učenika muškog i ženskog pola K grupe na inicijalnom i finalnom testu, sprovedena je serija Wilcoxon-Mann-Whitney testova, čiji su rezultati prikazani u tabeli 4–6 (KŽi-kontrolna grupa, ženski pol, inicijalni test; KM_i-kontrolna grupa, muški pol, inicijalni test; KŽf-kontrolna grupa, ženski pol, finalni test; KM_f-kontrolna grupa, muški pol, finalni test).

Na osnovu dobijenih rezultata u grupi K, uočava se da ni na inicijalnom ni na finalnom testu ne postoje statistički značajne razlike u performansama između polova ($p=0,85$ i $p=0,14$). Dalje, ako se uporede performanse ispitanika muškog pola na inicijalnom i finalnom testu (29,69 i 33,33%), uočava se da opažena razlika nije statistički značajna ($p=0,24$) za razliku od analognih rezultata u E grupi.



Slika 4-5. Performanse učenika K grupe prema polu

S druge strane, ispitanici ženskog pola ostvarili su više performanse na finalnom (38,33), nego na inicijalnom testu (31,25) i mada je ta razlika statistički značajna ($p=0,02$), ona je daleko manja u poređenju sa onom u E grupi.

Tabela 4-6. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testova za utvrđivanje razlika u performansama između polova u K grupi

Parametar	Vrednost			
	KŽi-KMi	KŽf-KMf	KŽi-KŽf	KMi-KMf
Mann-Whitney U	1640,50	922,50	845,50	1378,50
Wilcoxon W	3593,50	2248,50	2339,50	3331,50
p	0,85	0,14	0,02	0,24

4.3 Analiza procene mentalnog napora na finalnom testu

Pored performansi u ovom radu ispitivan je i mentalni napor koji učenici ulažu u toku rešavanja zadataka na testu. Osnovni statistički parametri dobijeni ovim istraživanjem dati su u tabeli 4–7. Ako pogledamo prosečne vrednosti procena uloženog mentalnog napora učenika, uočljiva je razlika između dve grupe, a dobijene vrednosti u skladu su sa vrednostima dobijenim za performanse. Te vrednosti iznose 4,20 (ni teško ni lako) i 5,25 (teško) (za E i K grupu, respektivno).

Tabela 4–7. Deskriptivna statistika za mentalni napor

Parametar	Procenjeni mentalni napor učenika na finalnom testu ^a	
	Grupa E (N = 94)	Grupa K (N = 95)
Prosek	4,20	5,25
SD	0,83	1,16
Minimum	1,00	3,27
Maksimum	7,00	7,00
Opseg	6,00	3,73

^aMoguće procene uloženog mentalnog napora su u opsegu od 1–7.

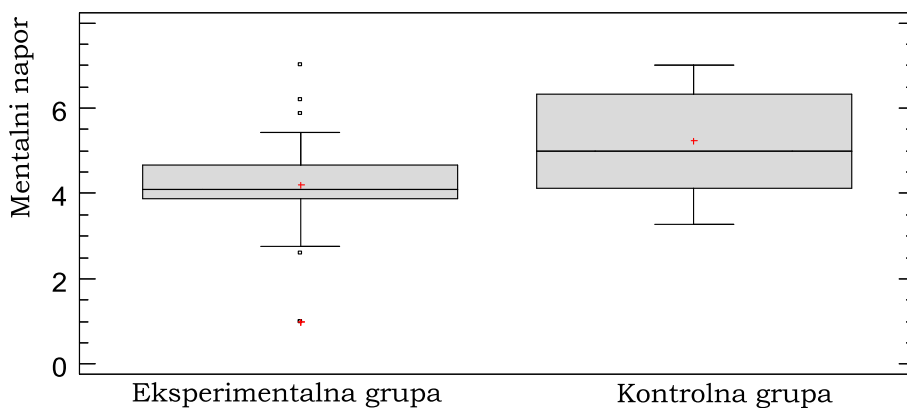
Značajnost dobijenih razlika u procenama uloženog mentalnog napora između E i K grupe proverena je Wilcoxon-Mann-Whitney testom za dva nezavisna uzorka. Rezultati tog testa sumirani su u tabeli 4–8. Dobijena *p* vrednost, manja je od 0,05, što ukazuje na to da su procene uloženog mentalnog napora između dve ispitivane grupe učenika statistički značajne.

Kutijasti dijagram procena uloženog mentalnog napora dat je na slici 4–6. Kao što se može uočiti u E grupi je oko 50% učenika procenilo uloženi mentalni napor većim od 4 (ni teško ni lako), dok je polovina učenika ocenila mentalni napor manjim od 4. S druge strane, u K grupi je čak 75% ispitanika procenilo mentalni napor većim

od 4, dok je samo 25% ocenilo mentalni napor manjim od te vrednosti. Ovi podaci su u skladu sa ostvarenim postignućima. Učenici E grupe, koji su ostvarili viša prosečna postignuća u poređenju sa učenicima K grupe, su ocenili da je za rešavanje zadataka potrebno uložiti manje mentalnog napora i obrnuto, učenici K grupe, koji su ostvarili manja prosečna postignuća, morali su da ulože veći mentalni napor kako bi rešili identične zadatke.

Tabela 4–8. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testa za mentalni napor

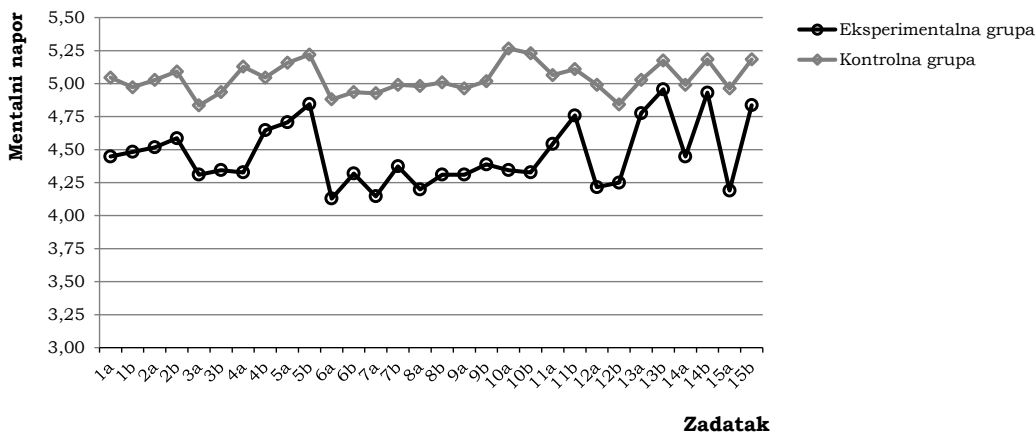
Parametar	Vrednost
Mann-Whitney U	2278,50
Wilcoxon W	6838,50
<i>p</i>	0,00



Slika 4–6. Distribucija procene uloženog mentalnog napora učenika na finalnom testu

4.3.1 Analiza procene uloženog mentalnog napora po zadacima

U okviru analize procene mentalnog napora, urađena je analiza po zadacima (slika 4–7).

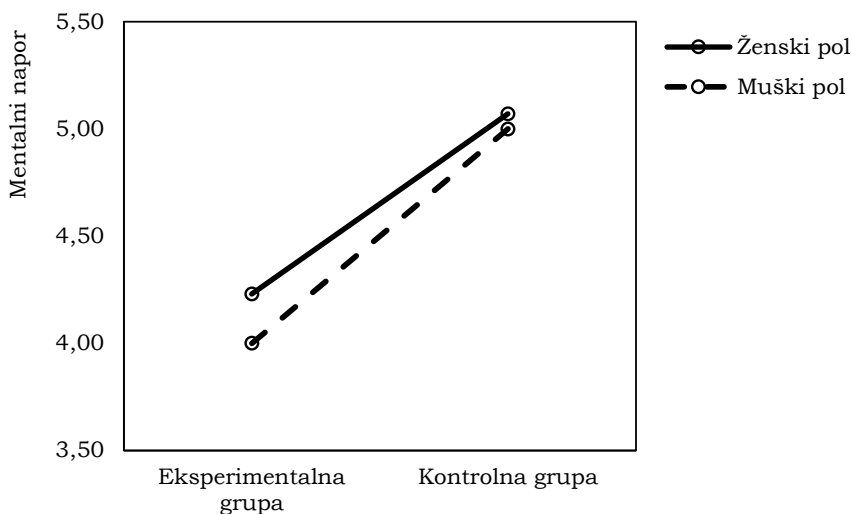


Slika 4–7. Uporedni prikaz procena mentalnog napora po zadacima za E i K grupu

Na osnovu prikazanih rezultata može se zapaziti da između procena mentalnog napora dve ispitivane grupe učenika postoji veoma dobro slaganje. Naime, u velikoj meri, zadaci koji su bili laki učenicima K grupe, bili su laki i učenicima E grupe, i obrnuto, zadaci koji su bili teški učenicima E grupe bili su teški i učenicima K grupe. Ovi rezultati pokazuju da su učenici obe grupe realni u procenjivanju uloženog mentalnog napora, odnosno da vrše poređenje zadataka prilikom njihove procene, a ne da nasumično zadacima dodeljuju vrednosti mentalnog napora. Važno je napomenuti, a to se jasno uočava sa grafikom, da su procene uloženog mentalnog napora učenika K grupe pomerene ka nešto višim vrednostima u odnosu na procene učenika E grupe za svaki pojedinačni zadatak.

4.3.2 Analiza procene uloženog mentalnog napora prema polu

Na način na koji su analizirane performanse, dalje u radu biće analizirani i rezultati dobijeni za mentalni napor prema polu ispitanika. Budući da su inicijalnim testom ispitivane samo performanse učenika, a ne i mentalni napor, u ovom delu rada biće poređene procene mentalnog napora po polu, ostvarene na finalnom testu. Na slici 4–8 dat je uporedni pikaz medijana procena uloženog mentalnog napora na finalnom testu, paralelno za eksperimentalnu i kontrolnu grupu, kao i za muški i ženski pol ispitanika.



Slika 4–8. Mentalni napor učenika E i K grupe prema polu na finalnom testu

Sa grafika se uočava da su razlike u procenama uloženog mentalnog napora između ispitanika muškog i ženskog pola kako u E tako i u K grupi neznatne. S druge strane razlike između ispitanika ženskog pola u E i K grupi su veće, kao i razlike između ispitanika muškog pola u E i K grupi.

Značajnost opaženih razlika proverena je Wicoxon-Mann-Whitney testovima, čiji su rezultati dati u tabeli 4–9. Primenjeni testovi pokazali su postojanje statistički značajnih razlika u proceni

mentalnog napora između ispitanika E i K grupe, kako kod ispitanika ženskog, tako i kod ispitanika muškog pola. Ono što je važno pomenuti, a što pokazuju rezultati ovih testova to je da učenici oba pola jednako procenjuju količinu mentalnog napora potrebnog za rešavanje zadataka. Ovo je u skladu sa ostvarenim performansama, i potvrđuje raniju konstataciju da primenjena interventna strategija ima jednak pozitivan uticaj na ispitanike oba pola.

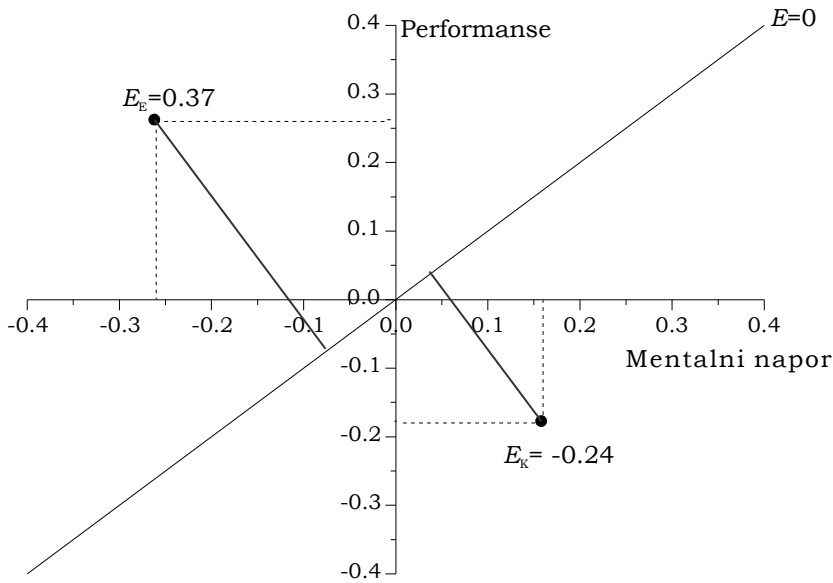
Tabela 4–9. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testova za utvrđivanje razlika u procenama mentalnog napora između polova

Parametar	Vrednost			
	EŽf-EMf	KŽf-KMf	EŽf-KŽf	EMf-KMf
Mann-Whitney U	839,50	943,00	528,50	290,50
Wilcoxon W	1542,50	2269,00	2181,50	993,50
<i>p</i>	0,10	0,18	0,00	0,00

4.4 Uporedna analiza efikasnosti nastavne strategije zasnovane na TMRS i tradicionalnog nastavnog pristupa

Da bi se dobila informacija o efikasnosti primenjene eksperimentalne instrukcije kao i efikasnosti tradicionalnog nastavnog pristupa, podaci dobijeni za učeničke performanse i uloženi mentalni napor dalje su obrađeni prema metodi koju su predložili Paas i Van Merriënboer (1993).

Na slici 4–9 dat je grafik efikasnosti primenjene instrukcije za E i K grupu. Na prikazanom grafiku linija $E=0$ predstavlja nultu efikasnost. Pomeranje ka gornjem levom kvadrantu ukazuje na povećanje efikasnosti (više performanse i manji mentalni napor), dok pomeranje ka donjem desnom kvadrantu ukazuje na smanjenje efikasnosti (niže performanse i veći mentalni napor). Relativna instrukciona efikasnost računa se kao normalno rastojanje od date tačke u koordinatnom sistemu do linije $E=0$ (Paas i Van Merriënboer, 1993).



Slika 4–9. Grafik instrukcione efikasnosti u E i K grupi

U ovom istraživanju za E grupu dobijena je vrednost relativne efikasnosti $E_E=0,37$, čija se tačka nalazi u gornjem levom delu koordinatnog sistema, što ukazuje na visoku efikasnost primenjene nastavne instrukcije, dok za K grupu dobijena E_K vrednost iznosi $-0,24$, i njena se tačka nalazi u delu kome odgovara niska instrukciona efikasnost.

Kvantitativni rezultati ove studije ukazuju na to da je primenjena instrukciona strategija u E grupi doprinela poboljšanju konceptualnog razumevanja hemijskih pojmova, što se ogleda u značajno višim skorovima ostvarenim u E grupi u poređenju sa skorovima ostvarenim u K grupi.

Pored toga, na osnovu dobijenih rezultata procena uloženog mentalnog napora može se zaključiti da učenici E grupe ulažu značajno manje mentalnog napora pri rešavanju istih zadatka od svojih vršnjaka u K grupi. Rezultati dobijeni za performanse, kao i rezultati dobijeni za učeničke procene uloženog mentalnog napora pružaju dokaze da model učenja zasnovan na višestrukim nivoima reprezentacije znanja predstavlja efikasan model učenja.

4.5 Analiza miskoncepcija

U okviru analize miskoncepcija razmatrane su frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku. Prema literaturi, distraktor se može smatrati miskoncepcijom, ukoliko ga izabere više od 20% ispitanika (u zadacima višestrukog izbora sa četiri ponuđena odgovora, što je i slučaj u ovoj studiji). Ukoliko tačan odgovor izabere 75% ili više ispitanika, onda se to može koristiti kao indikator zadovoljavajućeg konceptualnog razumevanja. Frekvencija biranja tačnog odgovora u opsegu 50–74% može se smatrati približno adekvatnim učinkom. Dalje, ukoliko tačan odgovor u zadatku ostvari 25–49% ispitanika može se reći da je učinak u velikoj meri neadekvatan, dok frekvencija biranja tačnog odgovora manja od 25% ukazuje na neadekvatan učinak (Gilbert, 1977). Dalje u tekstu slede tabele frekvencija za svaki ajtem, paralelno za E i K grupu.

Prvi zadatak odnosio se na rastvaranje kalcijum-karbonata u hlorovodoničnoj kiselini. U prvom sloju pitanja od učenika se očekivalo da prepoznaju vidljivu promenu koja se dešava u toku reakcije. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u ovom ajtemu prikazane su tablično (tabela 4–10).

Na osnovu frekvencije biranja tačnog odgovora (f) u ovom zadatku, možemo zaključiti da učenici E grupe poseduju zadovoljavajuće konceptualno razumevanje ($f > 75\%$), dok je u K grupi taj procenat značajno niži i ukazuje na konceptualno nerazumevanje sadržaja. S druge strane, na osnovu procenta biranja distraktora u ovom ajtemu moguće je uočiti da je veliki procenat učenika K grupe odabrao distraktor c kao tačan odgovor ($f > 20\%$), koji ukazuje na postojanje miskoncepcije. Naime, veliki procenat učenika veruje da se kalcijum-karbonat rastvara u hlorovodoničnoj kiselini pri čemu se rastvor boji zeleno.

U drugom sloju ovog zadatka učenici su trebali da pronađu logično objašnjenje za odgovor koji su dali u prvom sloju. Na osnovu prikazanih rezultata (tabela 4–11), zapaža se da je u K grupi veliki broj učenika, odabrao distraktor b (joni hlora su zelene boje). Na osnovu ovog odgovora, može se uočiti da su učenici makroskopsko svojstvo hlora (gasa) preneli na submikroskopsku česticu (hloridni jon). Ovo je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima (Andersson, 1990; Ben-Zvi i dr., 1986; Chittleborough, 2004; Schmidt, 1997) koji

su na većem broju primera ustanovili da su učenici skloni da vidljiva makroskopska svojstva pripisuju submikroskopskim česticama. Nasuprot tome, rezultati pokazuju da kod učenika E grupe ne postoji prethodno pomenuta miskoncepcija, već zadovoljavajuće konceptualno razumevanje ispitivanog sadržaja.

Tabela 4–10. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 1a

Zadatak 1a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
a	19	20,0	6	6,4
b	40	<u>42,1^a</u>	71	<u>75,5^a</u>
c	28	29,5^b	8	8,5
d	8	8,4	8	8,5
Ukupno	95	100,0	94	100,0

^aTačni odgovori su podvučeni

^bBoldovani odgovori su miskoncepcije

Tabela 4–11. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 1b

Zadatak 1b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	1	1,1	2	2,1
I	14	14,7	6	6,4
II	23	24,2	8	8,5
III	46	<u>48,4</u>	76	<u>80,9</u>
IV	11	11,6	2	2,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U prvom ajtemu drugog zadatka od učenika se očekuje da znaju da hemijskom jednačinom predstave reakciju iz prethodnog zadatka. Rezultati su prikazani tabelarno (tabela 4–12). I u ovom ajtemu, učenici E grupe su pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja, dok je veliki procenat učenika K grupe odabrao distraktor u kome je navedeno da se u reakciji izdvaja hlor

kao gas. Ovakav ishod u K grupi se mogao i očekivati, budući da je veliki procenat učenika u prethodnom zadatku birao odgovore koji su se odnosili na nastajanje hlora. U drugom sloju istog zadatka (tabela 4–13) frekvencije biranja tačnog odgovora i distraktora, ni u jednoj od ispitivanih grupa ne mogu ukazati na zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja, ali isto tako ni na postojanje miskoncepcija. Najveći procenat učenika u obe grupe, je u ovom ajtemu birao tačan odgovor ($50% < f < 74%$), pa možemo reći da se radi o približno adekvatnom učinku ispitanika.

Tabela 4–12. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 2a

Zadatak 2a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
a	48	<u>50,5</u>	76	<u>80,9</u>
b	14	14,7	4	4,3
c	25	26,3	11	11,7
d	8	8,4	2	2,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–13. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 2b

Zadatak 2b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			3	3,2
I	12	12,6	3	3,2
II	14	14,7	8	8,5
III	52	<u>54,7</u>	65	<u>69,1</u>
IV	17	17,9	15	16,0
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Treći zadatak se odnosi na reakciju sagorevanja crvenog fosfora. U prvom ajtemu ovog zadatka učenici su trebali da prepoznaju hemijsku jednačinu koja najbolje prikazuje pomenutu reakciju. U

ovom zadatku se ponovo uočava značajna razlika između učenika E i K grupe (tabela 4–14).

Učenici E grupe su u izuzetno velikom procentu i na ovo pitanje dali tačan odgovor, pa možemo reći da u ovoj grupi postoji zadovoljavajuće razumevanje sadržaja, dok je u K grupi tačan odgovor dalo manje od polovine učenika, pa možemo zaključiti da u ovoj grupi preovladava pretežno konceptualno nerazumevanje sadržaja. Pored toga, veliki procenat učenika u ovoj grupi ($f > 20\%$) odabrao je jednačinu u kojoj se četvoroatomni molekul fosfora raspada na atome. U skladu sa ovim su i rezultati drugog ajtema trećeg zadatka (tabela 4–15). Naime, veliki broj učenika E grupe prepoznao je tačan odgovor, da vazdušni kiseonik vrši oksidaciju fosfora, pri čemu nastaju molekuli fosfor(V)-oksida, dok je veliki broj učenika u K grupi smatrao da se u pomenutoj reakciji molekuli fosfora raspadaju na atome. Objašnjenje za ovo bi se moglo naći u činjenici da je u pomenutoj reakciji vidljiv samo jedan reaktant-crveni fosfor, dok je kiseonik čulno nedostupan. Ovo je u skladu sa zaključcima do kojih je došao Schmidt (1997), koji je ispitivao miskonceptije u oblasti reakcija sagorevanja. Naime, pomenuti autor je našao da učenici veruju da kiseonik potpomaže proces sagorevanja, ali u njemu ne učestvuje. Pored toga, Horton (2007) navodi još jednu miskonceptiju koja bi se mogla prepoznati u ovom zadatku, a to je da neki učenici sagorevanje ne smatraju reakcijom, nego procesom oslobađanja toplote, koji uništava supstancu.

Tabela 4-14. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 3a

Zadatak 3a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
a	26	27,4	6	6,4
b	47	<u>49,5</u>	81	<u>86,2</u>
c	14	14,7	3	3,2
d	8	8,4	3	3,2
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–15. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 3b*

Zadatak 3b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
I	25	26,3	5	5,3
II	45	<u>47,4</u>	76	<u>80,9</u>
III	15	15,8	12	12,8
IV	10	10,5	94	100,0
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Četvrti zadatak odnosio se na dobijanje amonijaka reakcijom amonijum-hlorida i kalcijum-hidroksida. Na osnovu dobijenih rezultata (tabela 4–16), jasno se uočava da ni u E ni u K grupi nije ostvareno zadovoljavajuće razumevanje sadržaja. Ipak, na osnovu frekvencija biranja tačnog odgovora zaključujemo da u E grupi postoji nepotpuno konceptualno razumevanje sadržaja, dok u K grupi preovladava konceptualno nerazumevanje sadržaja. Pored toga, u obe grupe su identifikovane miskoncepcije. Kod učenika K grupe, su čak dva distraktora birana u velikom procentu ($f > 20\%$), b-da se javlja obojeno jedinjenje, i c-da se javlja pucketanje, dok se u E grupi zadržala samo prva miskoncepcija.

Tabela 4–16. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 4a*

Zadatak 4a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	41	<u>43,2</u>	59	<u>62,8</u>
b	27	28,4	19	20,2
c	22	23,2	14	14,9
d	5	5,3	2	2,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U drugom sloju pitanja, dobijeni su slični rezultati (tabela 4–17). U obe grupe zapažena je ranije pomenuta miskoncepcija (vidi 1.

zadatak). Pored toga, u K grupi je veliki broj učenika odabrao odgovor da su sudari molekula u čvrstoj fazi eksplozivni, što je bilo i za očekivati budući da je značajan procenat učenika ove grupe u prvom sloju, birao odgovor u kojem je ponuđeno da se usled reakcije čuje pucketanje. Horton (2007) navodi da učenici veruju da su molekuli čvrstih supstanci tvrdi za razliku od molekula tečnosti i gasova, kao i da su većih dimenzija, a ako uz to dodamo i činjenicu da su sudari makroskopskih tela u čvrstom stanju praćeni pojavom zvuka, onda bi to mogao biti razlog biranja navedenog odgovora u K grupi.

Tabela 4–17. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 4b

Zadatak 4b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
I	20	21,1	10	10,6
II	32	33,7	22	23,4
III	37	<u>38,9</u>	60	<u>63,8</u>
IV	6	6,3	2	2,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U prvom sloju petog zadatka, učenici su trebali da prepoznaju hemijsku jednačinu reakcije iz prethodnog zadatka. U E grupi procenat tačnih odgovora je visok, ali ukazuje na nepotpuno konceptualno razumevanje sadržaja, dok u K preovladava konceptualno nerazumevanje sadržaja. Uz to u grupi K čak je 30,5% učenika odabralo distraktor c (tabela 4–18), dok u E grupi nisu identifikovane miskoncepcije.

U drugom sloju ovog zadatka (tabela 4–19), učenici E grupe su bili konzistentni, pa su u sličnom procentu birali tačan odgovor, dok su učenici K grupe, u velikom broju birali dva distraktora. Na osnovu izbora biranja distraktora uočava se da učenici ove grupe nisu davali konzistentne odgovore, pa postoji verovatnoća da su izbor pravili nasumično.

Tabela 4–18. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 5a*

Zadatak 5a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	43	<u>45,3</u>	67	<u>71,3</u>
b	13	13,7	2	2,1
c	29	30,5	12	12,8
d	10	10,5	13	13,8
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–19. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 5b*

Zadatak 5b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
I	15	15,8	6	6,4
II	24	25,3	9	9,6
III	23	24,2	13	13,8
IV	33	<u>34,7</u>	66	<u>70,2</u>
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Šesti zadatak se odnosio na ogled ispitivanje svojstava aktivnog uglja. Kao i u ostalim zadacima i u ovom zadatku su učenici E grupe, ostvarili znatno više postignuće od njihovih vršnjaka u K grupi (tabela 4–20). Ipak, u obe grupe ispitanika se može uočiti ista miskoncepcija. Naime, značajan broj ispitanika ($f > 20\%$) u obe grupe je odabrao odgovor da se nakon dodatka aktivnog uglja u vino, javlja neprijatan miris. Ovo može biti posledica iskustva učenika, odnosno njihovih znanja o mirsu uglja iz svakodnevnog života. U drugom sloju šestog zadatka (tabela 4–21), u K grupi, čak 25,3% učenika smatra da u reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida, dok još veći procenat učenika (26,3%) uzrok neprijatnog mirisa objašnjava postojanjem zarobljenog gasa u aktivnom uglju. Prvi distraktor se učenicima mogao učiniti kao pravi izbor zbog zajedničkog konstrukta-ugljenika, te zbog sličnosti u nazivu, koja iz toga proističe (ugalj i ugljen-dioksid), dok je drugi distraktor, postojanje zarobljenog gasa, za veliki broj

učenika koji su u prvom sloju odabrali nastajanje neprijatnog mirisa, predstavljao logičan izbor. U E grupi, su pomenuti distraktori birani u znatno manjem procentu ($f < 20\%$), dok je tačan odgovor odabralo čak 66% učenika.

Tabela 4–20. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 6a

Zadatak 6a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
a	38	<u>40,0</u>	63	<u>67,0</u>
b	33	34,7	25	26,6
c	14	14,7	4	4,3
d	10	10,5	1	1,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–21. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 6b

Zadatak 6b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
I	24	25,3	13	13,8
II	33	<u>34,7</u>	62	<u>66,0</u>
III	25	26,3	12	12,8
IV	13	13,7	6	6,4
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Sedmi zadatak se odnosi na svojstva plastičnog sumpora. Dok su učenici E grupe pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje u prvom sloju ovog zadatka (tabela 4–22), kod učenika K grupe uočljive su dve miskoncepcije. Prva je da se izlivanjem ključalog sumpora u vodu izdvajaju žute pare, a druga da se sumpor dobro rastvara u vodi. Iz datih odgovora vidimo da učenici nisu savladali koncept hemijske veze i koncept rastvaranja.

U drugom delu zadatka (tabela 4–23), kod učenika E grupe, nisu uočljive miskoncepcije, dok je u K grupi izuzetno visok procenat učenika, čak 35,8% odabralo distraktor III (zagrevanjem dolazi do raskidanja veze, a naglim hlađenjem do ponovnog stvaranja kristalne rešetke). Ovde se ponovo primećuje da učenici K grupe ne daju konzistentne odgovore, budući da je u prvom sloju ovog zadatka, najmanji procenat učenika odabrao odgovor da u pomenutom procesu nastaju žuti kristali.

Tabela 4–22. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 7a

Zadatak 7a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	20	21,1	4	4,3
b	30	<u>31,6</u>	79	<u>84,0</u>
c	28	29,5	3	3,2
d	17	17,9	8	8,5
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–23. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 7b

Zadatak 7b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
I	16	16,8	2	2,1
II	13	13,7	5	5,3
III	34	35,8	18	19,1
IV	32	<u>33,7</u>	68	<u>72,3</u>
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Osmi zadatak se odnosi na termičku razgradnju kalijum-permanganata. U ovom zadatku se od učenika očekuje da znaju da se na povišenoj temperaturi kalijum-permanganat razlaže i da pri tome nastaje kiseonik, gas koji pospešuje gorenje. U E grupi, učenici

su pokazali zadovoljavajuće razumevanje (tabela 4–24), što se vidi i iz veoma visokog procenta biranja tačnog odgovora u drugom sloju ovog pitanja (tabela 4–25) dok je u K grupi svega 37,9% učenika dalo tačan odgovor na prvi deo ovog pitanja.

U drugom delu pitanja učenici K grupe su u velikom broju odabrali odgovor III, odnosno da je molekul kalijum-permanganata stabilan na povišenoj temperaturi, iako je samo mali procenat njih u prvom sloju odabrao distraktor d, da u reakciji nema vidljive promene. To pokazuje da učenici K grupe ne traže smisljeno objašnjenje odgovora iz prvog sloja, pa čak i ako ne poseduju odgovarajuća deskriptivna znanja za davanje odgovora na pitanje iz prvog sloja.

Tabela 4–24. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 8a

Zadatak 8a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
a	29	30,5	16	17,0
b	36	<u>37,9</u>	71	<u>75,5</u>
c	20	21,1	6	6,4
d	10	10,5	94	100,0
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–25. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 8b

Zadatak 8b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
I	15	15,8	13	13,8
II	43	<u>45,3</u>	73	<u>77,7</u>
III	22	23,2	2	2,1
IV	15	15,8	5	5,3
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Deveti zadatak se odnosio na simbolički prikaz reakcije iz prethodnog zadatka. Najveći broj učenika iz E grupe, koji je tačno odgovorio na prethodno pitanje (4–26), uspešno je rešio i prvi sloj devetog zadatka, dok je u K grupi taj procenat znatno niži i ukazuje na pretežno konceptualno nerazumevanje sadržaja. S druge strane veliki broj učenika u ovoj grupi je pogrešno odabrao distraktor b, a to je jednačina u kojoj kao jedan od proizvoda nastaje mangan(VII)-oksid, što je verovatno u vezi sa prethodnim zadatkom, gde su u velikom procentu navodili pojavu glasnog praska.

Tabela 4–26. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 9a

Zadatak 9a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	39	41,1	68	72,3
b	30	31,6	11	11,7
c	12	12,6	2	2,1
d	14	14,7	13	13,8
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U drugom sloju devetog zadatka (4–27) primetan je nešto niži procenat tačnih odgovora u E grupi, ali se ipak ne uočavaju miskoncepcije, dok se u K grupi beleže dve miskoncepcije. Prva je objašnjenje da u reakciji nastaju molekuli mangan(VII)-oksida, što je i očekivano, budući na veliki procenat odgovora b u prvom sloju pitanja, a drugi je da u reakciji nastaju molekuli vodonika, što veoma iznenađuje budući da ni u jednoj od navedenih jednačina vodonik nije dat kao proizvod reakcije, što bi moglo da ukaže na probleme u tumačenju sadržaja na simboličkom nivou.

Tabela 4–27. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 9b*

Zadatak 9b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	1	1,1	1	1,1
I	20	21,1	12	12,8
II	23	24,2	12	12,8
III	36	<u>37,9</u>	57	<u>60,6</u>
IV	15	15,8	12	12,8
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Deseti zadatak se odnosio na reakciju natrijum-acetata i hlorovodonične kiseline. Kao i u svim dosadašnjim zadacima učenici E grupe su ostvarili daleko bolji rezultat u poređenju sa učenicima K grupe (tabela 4–28). Naime, dok su učenici E grupe pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja, kod učenika K grupe je i u ovom zadatku zabeležena jedna miskoncepcija. Prema mišljenju velikog procenta učenika ove grupe, u pomenutoj reakciji kao proizvod nastaju beli kristali.

Tabela 4–28. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 10a*

Zadatak 10a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	46	<u>48,4</u>	82	<u>87,2</u>
b	15	15,8	3	3,2
c	24	25,3	5	5,3
d	10	10,5	4	4,3
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U drugom delu zadatka učenici E grupe su takođe pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja, dok su u K grupi ponovo primetne miskoncepcije (tabela 4–29). Naime, dok je jedan deo učenika smatrao da se dodatkom kiseline ne može raskinuti veza

između acetatnog jona i jona natrijuma, drugi su bili mišljenja da u reakciji nastaje natrijum-hlorid, međutim, pri tome nisu uzeli u obzir da se reakcija odvija u vodenom rastvoru, te da je nastali natrijum-hlorid u potpunosti u obliku jona natrijuma i hlora.

Tabela 4–29. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 10b*

Zadatak 10b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
I	19	20,0	2	2,1
II	22	23,2	11	11,7
III	30	31,6	10	10,6
IV	24	<u>25,3</u>	71	<u>75,5</u>
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Jedanaesti zadatak odnosi se na isti ogled, a u prvom delu ovog zadatka se od učenika očekuje da od prikazanih hemijskih jednačina prepozna onu, koja opisuje pomenutu reakciju. Najveći procenat učenika u E grupi, koji je u prethodnom zadatku prepoznao da se nakon reakcije javlja oštar miris, koji potiče od sirćetne kiseline, je u ovom zadatku prepoznao pravu jednačinu, dok je u K grupi taj procenat očekivano znatno niži (tabela 4–30).

Tabela 4–30. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 11a*

Zadatak 11a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	22	23,2	4	4,3
b	14	14,7	4	4,3
c	23	24,2	20	21,3
d	36	<u>37,9</u>	66	<u>70,2</u>
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U ovoj grupi veliki broj učenika birao je odgovore a i c, dok su kao obrazloženje u drugom sloju, navodili odgovor III, da je veza između jona natrijuma i acetatnog jona jača od veze između jona natrijuma i hloridnog jona (tabela 4–31) što ukazuje na nekonzistentnost pri biranju tačnog odgovora.

Tabela 4–31. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 11b

Zadatak 11b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	1	1,1		
I	26	<u>27,4</u>	59	<u>62,8</u>
II	17	17,9	9	9,6
III	37	38,9	22	23,4
IV	14	14,7	4	4,3
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Naredna četiri zadatka su se odnosila na ogled „Hemijski kameleon“. U prvom delu dvanaestog zadatka učenici su trebali da prepoznaju boju vodenog rastvora kalijum-permanganata. Dok je gotovo 80% učenika E grupe dalo tačan odgovor na ovo pitanje, čak 32,6% učenika K grupe je bilo mišljenja da je rastvor kalijum-permanganata plave boje (tabele 4–32).

Tabela 4–32. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 12a

Zadatak 12a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	2	2,1		
a	31	32,6	15	16,0
b	16	16,8	3	3,2
c	34	<u>35,8</u>	75	<u>79,8</u>
d	12	12,6	1	1,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U drugom delu zadatka (tabela 4–33), učenici E grupe su pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje, dok su učenici K grupe, ponovo pokazali pretežno konceptualno nerazumevanje sadržaja, a pored toga u ovoj grupi uočene su dve miskoncepcije (joni kalijuma su plave boje i rastvor je bezbojan zbog prisustva molekula vode). I u ovom zadatku, učenici K grupe su u velikom broju bili skloni da makroskopska svojstva dodeljuju submikroskopskim česticama.

Tabela 4–33. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 12b

Zadatak 12b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	1	1,1		
I	37	<u>38,9</u>	77	<u>81,9</u>
II	20	21,1	10	10,6
III	21	22,1	5	5,3
IV	16	16,8	2	2,1
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U trinaestom, četrnaestom i petnaestom zadatku od učenika se očekuje da znaju kako i zašto dolazi do promene boje rastvora u reakcijama opisanim u zadatku dvanaest. U prvom sloju trinaestog zadatka procenat biranja tačnog odgovora je u obe grupe manji od 50% i u obe grupe se javljaju miskoncepcije (tabela 4–34). Naime, učenici obe grupe u velikom procentu veruju da se u navedenoj reakciji kalijum-permanganat oksiduje. Na osnovu dobijenih rezultata (tabela 4–35) može se uvideti da učenici obe grupe nisu u dovoljnoj meri savladali koncept oksido-redukcije. Veliki broj istraživačkih studija, koje su se bavile miskoncepcijama u oblasti oksido-redukcionijskih reakcija su prvenstveno bile fokusirane na poteškoće koje učenici imaju u identifikovanju redoks-reakcija (Österlund, Ekborg i Berg, 2010; Schmidt i Volke, 2003). Prema Rosental-u i Sanger-u (2012), uzrok pojave takvih miskoncepcija mogao bi se tražiti u postojanju više definicija redoks reakcija u hemijskim udžbenicima i njihovoj primeni od strane nastavnika. Ovi autori, navode nekoliko definicija oksidacije i redukcije, koje se mogu smatrati uzrokom pojave miskoncepcija

kod učenika: (i) metod elektrona (oksidacija-otpuštanje elektrona, redukcija-primanje elektrona), (ii) metod oksidacionog broja (oksidacija-povećanje oksidacionog broja, redukcija-smanjenje oksidacionog broja), (iii) metod kiseonika (oksidacija-povećanje broja atoma kiseonika, redukcija-smanjenje broja atoma kiseonika), (iv) metod vodonika (oksidacija-smanjenje broja atoma vodonika, redukcija-povećanje broja atoma vodonika) i dr. Budući da je i u našem sistemu školovanja prisutan isti problem, to bi se moglo smatrati jednim od mogućih uzroka lošeg učinka u ovom zadatku.

Tabela 4–34. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 13a*

Zadatak 13a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	24	<u>25,3</u>	45	<u>47,9</u>
b	26	27,4	11	11,7
c	29	30,5	25	26,6
d	16	16,8	13	13,8
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–35. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 13b*

Zadatak 13b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-	1	1,1		
I	30	31,6	13	13,8
II	30	<u>31,6</u>	60	<u>63,8</u>
III	18	18,9	10	10,6
IV	16	16,8	11	11,7
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Prvi sloj četrnaestog zadatka (tabela 4–36) učenici E grupe su rešili veoma uspešno. Ipak, u drugom delu zadatka uočljiv je veoma slab učinak (svega 13,8%), što ukazuje na potpuno konceptualno

nerazumevanje sadržaja. Iz ovih rezultata se uočava da su učenici zapamtili vidljivu promenu odnosno ono što je dostupno direktnom čulnom opažanju, ali da nisu shvatili suštinu reakcije na nivou čestica. Učenici K grupe su dosta ujednačeno birali svaki od ponuđenih odgovora, što ukazuje na to da nisu posedovali odgovarajuće znanje u makroskopskom nivou, nego da su odgovore verovatno birali nasumično. Slični rezultati dobijeni su i u submikroskopskom nivou (4–37).

Tabela 4–36. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 14a*

Zadatak 14a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	23	24,2	1	1,1
b	31	<u>32,6</u>	81	<u>86,2</u>
c	20	21,1	12	12,8
d	21	22,1	0	0
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Tabela 4–37. *Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 14b*

Zadatak 14b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			1	1,1
I	17	17,9	43	45,7
II	36	<u>37,9</u>	13	<u>13,8</u>
III	29	30,5	32	34,0
IV	13	13,7	5	5,3
Ukupno	95	100,0	94	100,0

U poslednjem, petnaestom zadatku, dobijeni su veoma slični rezultati kao i u prethodnom zadatku, čime je još jednom potvrđeno da učenici imaju problem u razumevanju oksido-redukcionih reakcija u obe

grupe ispitanika i da bi tome dodatno trebalo posvetiti pažnju u budućnosti (tabele 4–38 i 4–39).

Tabela 4–38. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 15a

Zadatak 15a	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-				
a	20	21,1	1	1,1
b	34	<u>35,8</u>	87	<u>92,6</u>
c	23	24,2	3	3,2
d	18	18,9	3	3,2
Ukupno	95	100,0	94	100,0

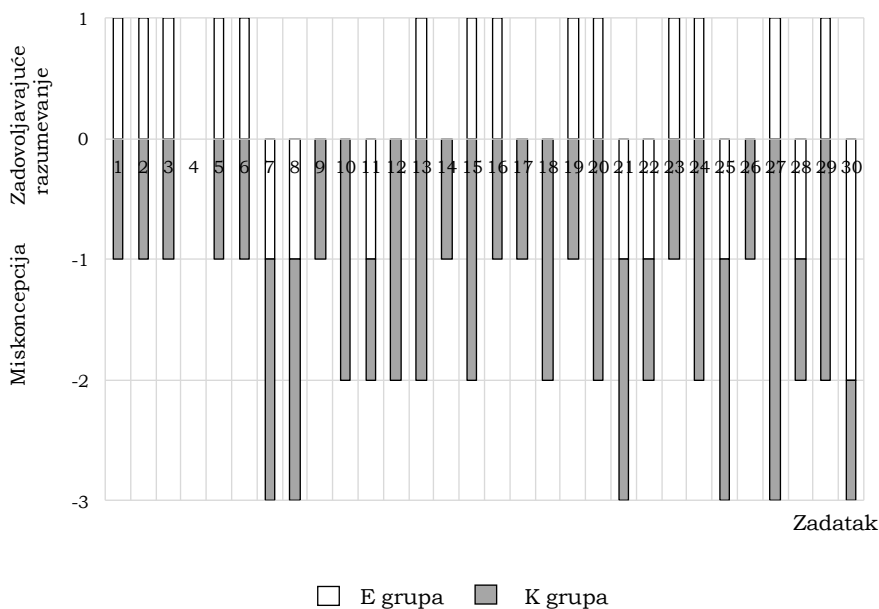
Tabela 4–39. Frekvencije biranja ponuđenih odgovora u zadatku 15b

Zadatak 15b	K grupa		E grupa	
	Frekvencija	Procenat	Frekvencija	Procenat
-			2	2,1
I	22	<u>23,2</u>	29	<u>30,9</u>
II	43	45,3	28	29,8
III	16	16,8	23	24,5
IV	14	14,7	12	12,8
Ukupno	95	100,0	94	100,0

Ukratko, na osnovu prikazanih rezultata, može se uočiti da se od 30 ajtema na finalnom testu u čak 29 u K grupi javljaju neke od ustaljenih miskoncepcija. Pored toga, važno je napomenuti i to da ni u jednom od 30 ajtema učenici K grupe nisu pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje ispitivanih sadržaja. Nepotpuno konceptualno razumevanje pokazali su u svega 2 ajtema, pretežno konceptualno nerazumevanje sadržaja u čak 27 ajtema i potpuno konceptualno nerazumevanje sadržaja u 1 ajtemu. S druge strane, kod učenika E grupe može se uočiti značajan napredak. Naime, ovi učenici su pokazali zadovoljavajuće konceptualno

razumevanje sadržaja u 14 od 30 ajtema. Nepotpuno konceptualno razumevanje u 13 ajtema, pretežno konceptualno nerazumevanje sadržaja u samo 2 ajtema i potpuno konceptualno nerazumevanje u 1 ajtemu. U ovoj grupi miskoncepcije su identifikovane u svega 8 ajtema, što je značajan napredak u odnosu na čak 29 u kontrolnoj grupi. Pored toga, u svih preostalih osam ajtema, u kojima ne postoji zadovoljavajuće konceptualno razumevanje sadržaja, ali ni miskoncepcije, frekvencije biranja tačnog odgovora prelaze 60%, što je za zadatke višestrukog izbora sa četiri ponuđena odgovora veoma dobar učinak.

Da bi se jasnije uočio uticaj instrukcione strategije zasnovane na TMRS na eliminaciju miskoncepcija kod E grupe ispitanika, dat je grafički prikaz raspodele uočenih miskoncepcija i zadovoljavajućeg konceptualnog razumevanja po zadacima, uporedo za E i K grupu (slika 4–10).



Slika 4–10. Prikaz miskoncepcija i zadovoljavajućeg konceptualnog razumevanja po zadacima

Belom bojom su označeni rezultati za E grupu, a sivom bojom rezultati za K grupu. U pozitivnom delu grafika stubići ukazuju na postojanje zadovoljavajućeg konceptualnog razumevanja sadržaja, dok u negativnom delu grafika stubići ukazuju na postojanje miskoncepcija u zadatku.

Primećuje se da u E grupi postoji čak 14 zadataka sa zadovoljavajućim konceptualnim razumevanjem sadržaja i svega 8 zadataka sa ukupno 9 miskoncepcija. S druge strane, učenici K grupe nisu pokazali zadovoljavajuće konceptualno razumevanje niti u jednom zadatku, a identifikovano je ukupno čak 43 miskoncepcije. Na osnovu ovih podataka, zaključujemo da se primenjena instrukcija pokazala kao veoma efikasna u eliminaciji velikog broja miskoncepcija kod učenika.

4.6 Analiza kognitivne kompleksnosti zadataka

Naredni istraživački zadatak odnosio se na utvrđivanje relacija između sledećih varijabli: performanse-kognitivna kompleksnost, performanse-mentalni napor i mentalni napor-kognitivna kompleksnost u obe grupe ispitanika.

Kognitivnu kompleksnost procenjivala je grupa od 3 eksperta i to 1 univerzitetskog profesora i 2 istraživača u oblasti metodike nastave hemije. Analiza kognitivne kompleksnosti zadataka sastojala se iz sledećih etapa:

1. Procena složenosti zadatka
2. Određivanje uloge distraktora
3. Procena kognitivne kompleksnosti zadatka

Kod procene složenosti zadatka eksperti su procenjivali šta bi učenici trebalo da znaju i prepoznaju kako bi uspešno rešili zadatak. Na osnovu toga, zadacima je dodeljivana vrednost 1-5, tako da 1 označava najjednostavniji, a 5 najkompleksniji zadatak. Sledeći korak sastojao se u određivanju uloge distraktora u zadatku budući da prema Raker i dr. (2013) distraktori predstavljaju aditivnu komponentu kognitivne kompleksnosti. Prema ovim autorima zadaci višestrukog izbora koji se mogu rešiti selekcijom, imaju aditivnu

vrednost distraktora „0“, zadaci kod kojih je potrebno eliminisati neke od ponuđenih odgovora kako bi se došlo do tačnog odgovora, imaju aditivnu vrednost „1“, i zadaci kod kojih je neophodna evaluacija svakog od navedenih odgovora, imaju aditivnu vrednost „2“. Poslednji korak u određivanju kognitivne kompleksnosti zadatka sastojao se u sabiranju ekspertskih procena dobijenih u koracima 1 i 2. Na taj način procenjena kognitivna kompleksnost mogla je imati vrednost od 1–7. Važno je napomenuti da su eksperti nezavisno procenjivali kognitivnu kompleksnost zadataka, a međuekspertska relijabilnost procene kognitivne kompleksnosti izračunata je metodom dvosmerne mešovite interklasne korelacije (IKK). Rezultati ove analize prikazani su tabelarno (tabela 4–40).

Dobijena vrednost Cronbach α koeficijenta od 89% ukazuje na veoma dobro slaganje među procenama eksperata. Time je zadovoljen kriterijum pouzdanosti, pa se ekspertske procene kognitivne kompleksnosti mogu primeniti u daljoj statističkoj obradi podataka.

Tabela 4–40. Statistički podaci IKK za ekspertsku procenu kognitivne kompleksnosti

Mera	IKK vrednosti ^a	Donja granica	Gornja granica	F	p
Jedan ekspert	0,72	0,56	0,84	8,82	0,00
Prosek eksperata	0,89	0,79	0,94	8,82	0,00

^aKoeficijenti dvosmerne mešovite interklasne korelacije za 3 eksperta (30 zadataka); Cronbach $\alpha = 0,89$.

Dalje je u radu metodom jednostavne regresione analize za E grupu ispitan odnos kognitivne kompleksnosti zadataka (iskazanih kroz prosečne vrednosti procena 3 eksperta za 30 zadataka) i performansi učenika (iskazanih kroz prosečne performanse po zadacima). Navedenoj analizi prethodilo je ispitivanje raspodele rezultata za performanse (P), mentalni napor (MN) i kognitivnu kompleksnost (KK) (tabela 4–41).

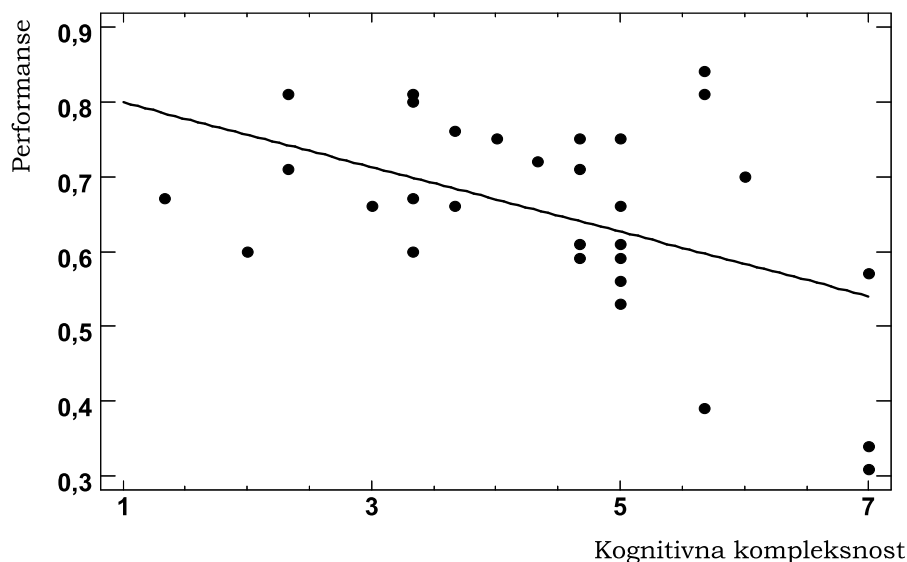
Tabela 4–41. Statistički parametri Shapiro-Wilk testa za E grupu

Parametar	Shapiro-Wilk		
	<i>P</i>	<i>MN</i>	<i>KK</i>
W-vrednost	0,91	0,92	0,97
p-vrednost	0,02	0,03	0,46

Na osnovu rezultata Shapiro-Wilk-ovog testa prikazanih u tabeli 4–41, može se zaključiti da je distribucija podataka dobijenih za kognitivnu kompleksnost normalna ($p > 0,05$). U slučaju mentalnog napora i performansi uočava se da su dobijene *p*-vrednosti u blizini granične vrednosti ($p = 0,05$), pa su za ove varijable dodatno izračunate vrednosti standardizovanog koeficijenta asimetrije i standardizovanog koeficijenta spljoštenosti. Za performanse ove vrednosti iznose $-2,25$ i $1,07$, dok za mentalni napor iznose $1,44$ i $-0,79$. Budući da se navedene vrednosti nalaze u definisanom opsegu od -2 do $+2$ (sa izuzetkom standardizovanog koeficijenta asimetrije u slučaju performansi, koji ukazuje na veoma blagu negativnu asimetriju), raspodelu rezultata obe ispitivane grupe možemo okarakterisati kao normalnu. Ovi rezultati omogućavaju dalju analizu odnosno jednostavnu linearnu regresiju. Rezultati ove analize prikazani su tabelarno (tabela 4–42) i grafički (slika 4–11).

Tabela 4–42. Statistički parametri regresione analize: kognitivna kompleksnost-performanse za E grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	$-0,47$
<i>R</i> -kvadrat (%)	$22,07$
<i>p</i> -vrednost	$0,01$
Jednačina regresione analize	$P = 0,84 - 0,04 \cdot KK$



Slika 4-11. *Grafik regresione analize: kognitivna kompleksnost-performanse za E grupu*

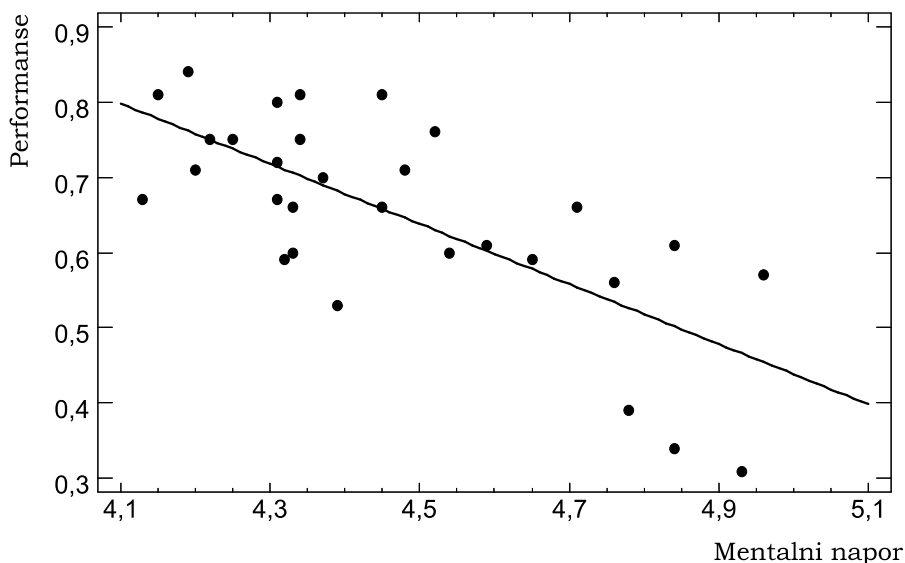
Dobijeni korelacioni koeficijent ($-0,47$; $p=0,01$) ukazuje na umerenu korelacionu vezu (Dunn, 2000) između performansi i kognitivne kompleksnosti. Negativna vrednost ovog koeficijenta ukazuje na to da niže vrednosti kognitivne kompleksnosti odgovaraju višim performansama i obrnuto, da više vrednosti kognitivne kompleksnosti odgovaraju nižim performansama.

Drugi deo regresione analize odnosio se na ispitivanje relacije između mentalnog napora (iskazanog kroz prosečne vrednosti procenjenog mentalnog napora po zadacima) i performansi (iskazanih kroz prosečne performanse po zadacima) (tabela 4-43 i slika 4-12).

Koeficijent korelacije $-0,72$ ($p=0,00$) ukazuje na jaku korelaciju (Dunn, 2000) između performansi i procena uloženog mentalnog napora. Vrednost ovog koeficijenta je negativna budući da veći mentalni napor odgovara nižim performansama i obrnuto. Ovako visoka vrednost koeficijenta korelacije veoma je bitna budući da nedvosmisleno potvrđuje sposobnost učenika da procene količinu uloženog mentalnog napora.

Tabela 4–43. Statistički parametri regresione analize: mentalni napor-performanse za E grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	-0,72
R-kvadrat (%)	51,97
<i>p</i> -vrednost	0,00
Jednačina regresione analize	$P = 2,43 - 0,40 \cdot MN$

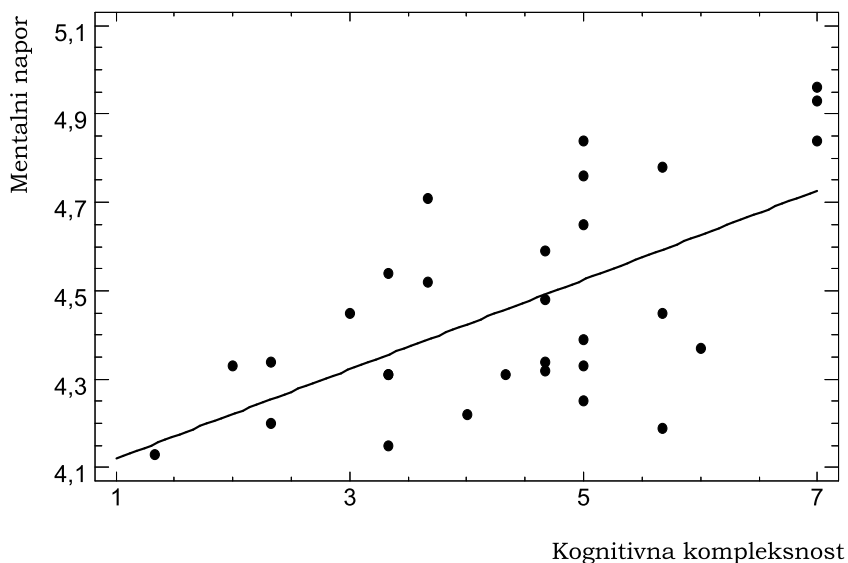
**Slika 4–12** Grafik regresione analize: mentalni napor-performanse za E grupu

Treći deo regresione analize obuhvatio je ispitivanje odnosa između kognitivne kompleksnosti (iskazanih kroz prosečne vrednosti procena 3 eksperta za 30 zadataka) i mentalnog napora (iskazanog kroz prosečne vrednosti procenjenog mentalnog napora po zadacima) (tabela 4–44 i slika 4–13).

Tabela 4-44. Statistički parametri regresione analize: kognitivna kompleksnost-mentalni napor za E grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	0,61
R-kvadrat (%)	37,35
p-vrednost	0,00
Jednačina regresione analize	$MN = 4,02 + 0,10 \cdot KK$

Koeficijent korelacije 0,61 ($p=0,00$) ukazuje na postojanje statistički značajne i jake korelacione veze (Dunn, 2000) između kognitivne kompleksnosti koju su procenjivali eksperti i mentalnog napora koji su procenjivali učenici u toku rešavanja zadataka. Dobro slaganje između pomenutih varijabli ukazuje na to da su učenici sposobni da preispitaju mentalne procese i u velikoj meri objektivno procene težinu zadatka.



Slika 4-13. Grafik regresione analize: kognitivna kompleksnost-mentalni napor za E grupu

Istovetna analiza urađena je i u K grupi, a u cilju ispitivanje odnosa između pomenutih varijabli. Serijom Shapiro-Wilk-ovih testova, čiji su rezultati prikazani tabelarno (tabela 4–45) utvrđeno je da su rezultati u sve tri ispitivane grupe okarakterisani normalnom raspodelom ($p > 0,05$).

Tabela 4–45. Statistički parametri Shapiro-Wilk testa za K grupu

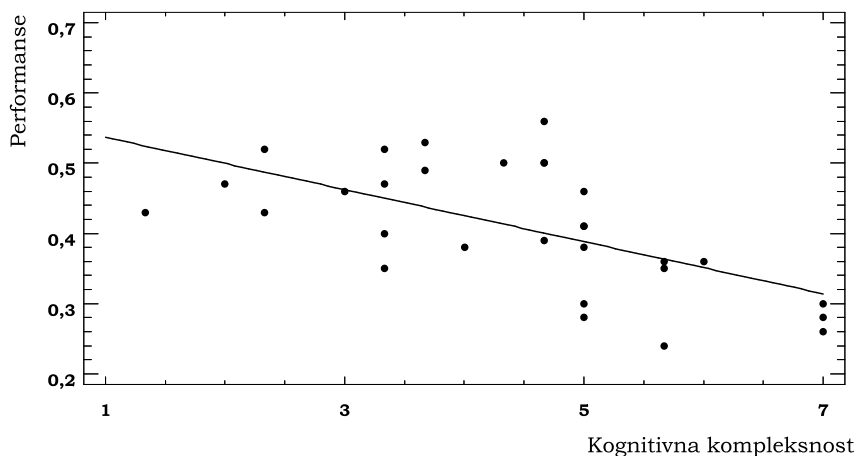
Parametar	Shapiro-Wilk		
	<i>P</i>	<i>MN</i>	<i>KK</i>
W-vrednost	0,96	0,97	0,97
p-vrednost	0,34	0,57	0,46

Rezultati prvog dela jednostavne linearne regresije, koji se odnose na ispitivanje relacije kognitivna kompleksnost-performanse prikazani su tabelarno (tabela 4–46) i grafički (slika 4–14).

Tabela 4–46. Statistički parametri regresione analize: kognitivna kompleksnost-performanse za K grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	–0,61
R-kvadrat (%)	37,18
p-vrednost	0,00
Jednačina regresione analize	$P = 0,57 - 0,04 \cdot KK$

Na osnovu prikazanih rezultata uočava se postojanje jake korelacione veze između ekspertskih procena kognitivne kompleksnosti i performansi (prema Dunn, 2000), koja je jača od one koja postoji između datih varijabli u E grupi ispitanika. Ovi rezultati takođe ukazuju na objektivnost ekspertskih procena kognitivnog opterećenja i potvrđuju da je opisan način procene kognitivne kompleksnosti pouzdan i validan.

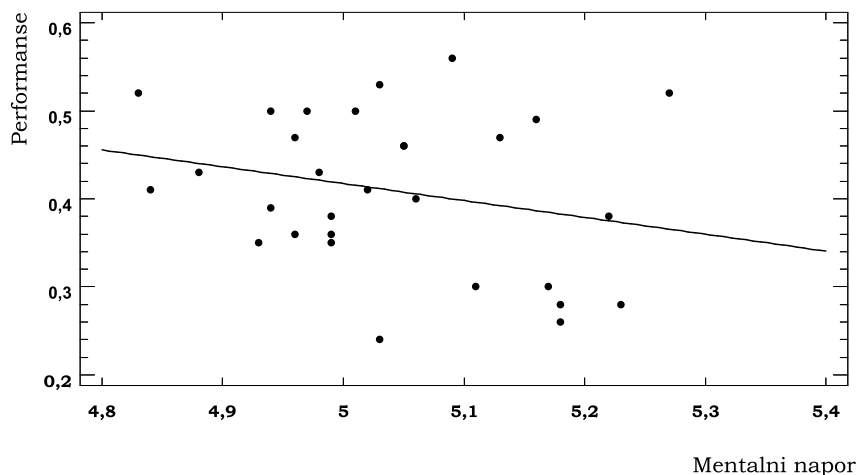


Slika 4–14. Grafik regresione analize: kognitivna kompleksnost-performanse za K grupu

Naredni zadatak podrazumevao je ispitivanje odnosa procenjenog mentalnog napora i performansi u K grupi. Rezultati jednostavne regresione analize sumirani su u tabeli 4–47, a grafik regresione analize prikazan je na slici 4–15.

Tabela 4–47. Statistički parametri regresione analize: mentalni napor-performanse za K grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	-0,25
R-kvadrat (%)	6,11
<i>p</i> -vrednost	0,19
Jednačina regresione analize	$P = 1,38 - 0,19 \cdot MN$



Slika 4–15. *Grafik regresione analize: mentalni napor-performanse za K grupu*

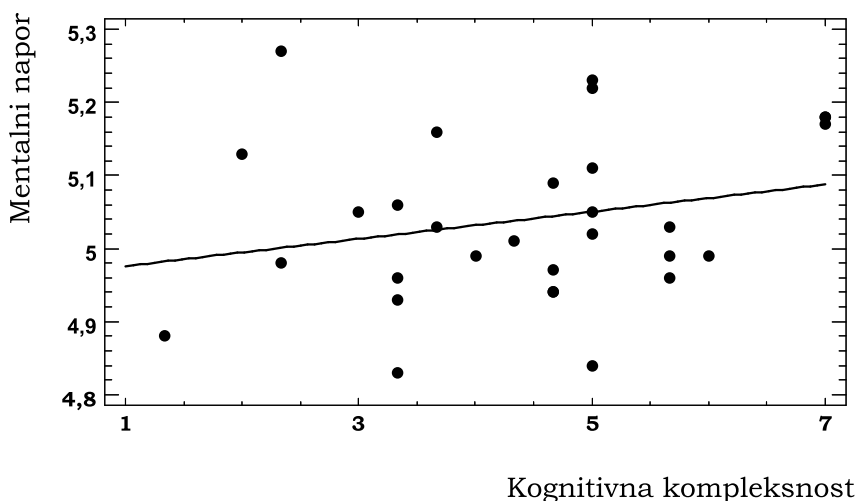
Koeficijent korelacije ($-0,25$) ukazuje na slabu korelacionu vezu među promenljivim (Dunn, 2000). Ako ove rezultate uporedimo sa rezultatima dobijenim u E grupi, možemo uočiti da je u K grupi korelacija značajno manja, što ukazuje na činjenicu da su učenici E grupe bili uspješniji u proceni mentalnog napora pri rešavanju identičnih zadataka. Pored toga, sa grafika se lako može uočiti da su učenici K grupe u proseku sve zadatke okarakterisali kao teške, dok je opseg ostvarenih performansi dosta širi, pa ne začuđuje slaba korelaciona veza među njima.

Treći deo jednostavne regresione analize obuhvatio je ispitivanje odnosa između kognitivne kompleksnosti kao nezavisne i mentalnog napora kao zavisne varijable. Rezultati analize prikazani su tabelarno (tabela 4–48) i grafički (slika 4–16).

Pearson-ov koeficijent korelacije ($0,24$) ukazuje na slabu korelacionu vezu između kognitivne kompleksnosti i mentalnog napora u K grupi ispitanika (Dunn, 2000). Ovakvi rezultati donekle su i očekivani budući da su kao što je već pomenuto, učenici K grupe sve zadatke na testu u proseku okarakterisali kao teške.

Tabela 4–48. Statistički parametri regresione analize: kognitivna kompleksnost-mentalni napor za K grupu

Parametar	Vrednost
Koeficijent korelacije	0,24
R-kvadrat (%)	5,59
p-vrednost	0,21
Jednačina regresione analize	$MN = 4,96 + 0,02 \cdot KK$



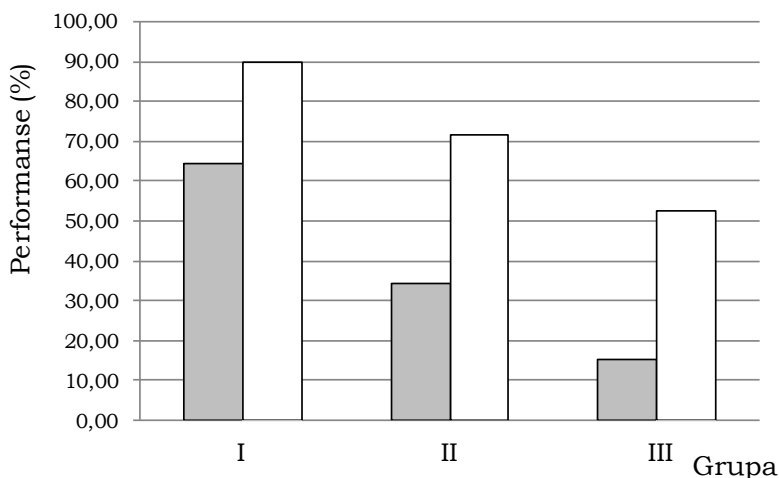
Slika 4–16. Grafik regresione analize: kognitivna kompleksnost-mentalni napor za K grupu

4.7 Uticaj TMRS na performanse različitih grupa učenika

Nakon što je ispitan uticaj nastave zasnovane na TMRS na performanse učenika i pokazano da učenici obučavani na taj način ostvaruju značajno bolje performanse u odnosu na učenike obučavane na tradicionalan način, postavlja se pitanje da li je taj

efekat značajan kod svih grupa učenika: (I) najuspešnijih, (II) srednje uspešnih i (III) najmanje uspešnih, koji su u ove grupe svrstani na osnovu performansi ostvarenih na inicijalnom testu.

Uporedni prikaz performansi ostvarenih na inicijalnom i finalnom testu, paralelno za sve tri formirane podgrupe učenika E grupe dat je na slici 4–17.



Slika 4–17. Performanse na inicijalnom i finalnom testu po grupama (sivo: inicijalni test; belo: finalni test)

Sa slike 4–17 se jasno uočava da u sve tri ispitivane podgrupe postoji razlika u performansama postignutim na inicijalnom i finalnom testu. Ovo je veoma bitno, jer pokazuje da je ispitivana nastavna instrukcija efikasna čak i u grupi najmanje uspešnih učenika. To znači da su ovom nastavnom instrukcijom aktivirani svi učenici, odnosno da svi aktivno učestvuju u nastavnom procesu. Da bi ispitali da li su pomenute razlike statistički značajne primenjena je metoda Wilcoxon-Mann-Whitney U testa za nezavisne uzorke. Rezultati ove analize dati su u tabeli 4–49.

Kao što se iz rezultata prikazanih u tabeli 4–49 vidi, razlike u performansama na inicijalnom i finalnom testu su značajne kod sve tri ispitivane grupe učenika ($p=0,00$). Ovim je potvrđeno da je primenjena interventna strategija pozitivno delovala ne samo na najuspešnije i srednje uspešne učenike, nego i na one učenike koji

su na testu, koji je prethodio interventnoj strategiji, ostvarili najslabiji rezultat.

Tabela 4–49. Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitney testova za utvrđivanje razlika u u performansama najuspešnijih, srednje uspešnih i najmanje uspešnih učenika na inicijalnom i finalnom testu

Parametar	Vrednost		
	Ii-I _f	IIi-II _f	IIIi-III _f
Mann-Whitney U	8,00	264,00	0,00
Wilcoxon W	86,00	2475,00	66,00
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja bio je da se ispita efikasnost instrukcione strategije zasnovane na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja kako sa aspekta performansi, tako i sa aspekta mentalnog napora, i zatim uporedi sa efikasnošću tradicionalnog nastavnog pristupa.

U okviru ovog cilja definisano je više istraživačkih zadataka, koji su se odnosili na: ispitivanje uticaja tripletnog modela reprezentacije sadržaja na ukupne performanse učenika i na performanse učenika različitog pola i uspešnosti, zatim na ispitivanje uticaja tripletnog modela reprezentacije sadržaja na prosečne procene uloženog mentalnog napora i mentalnog napora učenika različitog pola, kao i na ispitivanje uticaja tripletnog modela reprezentacije sadržaja na efikasnost nastavnog pristupa. Pored toga, jedan od zadataka bio je ispitivanje miskoncepcija kod učenika, odnosno ispitivanje mogućnosti njihove eliminacije, primenom korišćenog nastavnog pristupa. Poslednji istraživački zadatak odnosio se na ispitivanje odnosa između sledećih varijabli: kognitivna kompleksnost, mentalni napor i performanse, kako bi se dobila potvrda o sposobnosti učenika da procenjuju mentalni napor koji ulažu u toku rešavanja problema.

Istraživanju je prethodila obuka nastavnika i pažljivo planiranje eksperimenta. Istraživanjem je obuhvaćeno celokupno gradivo neorganske hemije predviđeno Nastavnim programom za drugi razred gimnazije opšteg tipa u Republici Srbiji, a istraživanje je trajalo jednu školsku godinu. Istraživanje je realizovano u dve gimnazije u Novom Sadu, gimnaziji „Svetozar Marković“ i gimnaziji „Laza Kostić“, a početni uzorak obuhvatao je ukupno 313 ispitanika.

Rezultati ove studije pokazali su da primenjena instrukciona strategija koja se oslanja na primenu tripletnog modela reprezentacije sadržaja: (i) ima pozitivan uticaj na performanse ispitanika (vodi povećanju performansi ispitanika svih ispitivanih grupa), (ii) ima podjednako pozitivan uticaj na performanse ispitanika oba pola, (iii) ima pozitivan uticaj na količinu mentalnog napora koju je potrebno uložiti pri rešavanju zadataka (vodi smanjenju uloženog mentalnog

napora), (iv) ima podjednako pozitivan uticaj na količinu uloženog mentalnog napora ispitanika oba pola, (v) vodi povećanju efikasnosti rešavanja zadataka, koja se ogleda u povećanju performansi učenika i smanjenju količine uloženog mentalnog napora, (vi) u velikoj meri utiče na eliminaciju miskoncepcija kod učenika. Ispitivanje odnosa između kognitivne kompleksnosti, mentalnog napora i performansi, pokazalo je postojanje značajnijih korelacija u eksperimentalnoj grupi ispitanika, čime je pokazano da su učenici eksperimentalne grupe bili uspešniji u procenjivanju mentalnog napora koji ulažu u toku rešavanja zadataka, nego učenici kontrolne grupe.

Dalje u tekstu biće navedene prednosti i nedostaci opisanog istraživanja i date implikacije da dalja istraživanja.

5.1 Prednosti istraživanja

Prednosti ovog istraživanja očituju se prvenstveno u dužini trajanja istraživanja, budući da je vremenski period kontinualnog sprovođenja istraživanja jedna cela školska godina. Pored toga, istraživanjem je obuhvaćen relativno veliki uzorak za ovakav oblik istraživanja koji uključuje rad sa paralelnim grupama, odnosno eksperimentalnu i kontrolnu nastavu. Uz to važno je istaći raznovrsnost ispitanika, jer su u istraživanju učestvovala cela odeljenja sa učenicima mešovitog socioekonomskog statusa, različitih motivacija i predznanja.

U ovoj studiji upotrebljen je veći broj testova od kojih su svi ispitanici standardnim metodama i postupcima za procenu validnosti i pouzdanosti i na osnovu istih okarakterisani kao validni i pouzdani. Na kraju, važno je pomenuti i da su pitanja na testu sadržavala raznovrsne koncepte i da je njima obuhvaćeno celokupno gradivo koje je vezano za oglede demonstrirane u toku eksperimentalne i kontrolne nastave.

5.2 Ograničenja istraživanja

U pogledu ograničenja ove studije trebalo bi istaći mogućnost uticaja Hotornovog efekta (Jex, 2002). Naime, dobro je poznato da se učenici eksperimentalne grupe mogu osećati privilegovano u odnosu na njihove vršnjake u kontrolnoj grupi i zbog toga ulagati više truda u toku trajanja istraživanja, što može imati direktan efekat na tok i rezultate istraživanja.

Dalja ograničenja ovog istraživanja ogledaju se u uzorku ispitanika i gradiva, budući da su ovom studijom obuhvaćeni samo učenici iz dve škole u Republici Srbiji i samo gradivo neorganske hemije predviđeno Nastavnim programom za drugi razred gimnazije opšteg tipa.

Na kraju važno je pomenuti i tipove pitanja u primenjenim testovima. U ovoj studiji korišćeni su isključivo zadaci višestrukog izbora i to u obliku dvoslojnih zadataka. Iako ovi zadaci poseduju niz prednosti u odnosu na tradicionalne zadatke višestrukog izbora, kao što su smanjena mogućnost pogađanja tačnog odgovora i uvođenje dodatnog sloja zadatka sa smislenim distraktorima, kojim se procenjuje razumevanje sadržaja, ipak se mora uzeti u obzir činjenica da su u takvim zadacima odgovori unapred ponuđeni, sto može usloviti da učenici do tačnog odgovora dolaze putem prisećanja, umesto da koriste složene misaone procese, kritičko mišljenje i veštinu jezičkog izražavanja.

5.3 Implikacije za dalja istraživanja

Na osnovu iznetih ograničenja studije, u budućim istraživanjima pažnju bi trebalo usmeriti na istraživanja mogućnosti implementacije ovakve instrukcione strategije na druge oblasti hemije, druge tipove škola i druge nivoe obrazovanja. Posebno bi bilo značajno ispitati mogućnosti primene ovakvog modela u osnovnoškolskoj i univerzitetskoj nastavi hemije, a uz to ispitati i na koji način se učenicima može pružiti prilika da razviju submikroskopska objašnjenja hemijskih fenomena (Taber, 2013),

budući da učenici često pripisuju makroskopske fenomene submikroskopskim česticama, što rezultuje stvaranju brojnih miskoncepcija i alternativnih koncepata već u početnoj nastavi hemije (Kelly, Barrera i Mohamed, 2010). Kao rezultat toga, učenici ne uspevaju da formiraju ispravne modele submikroskopskog sveta, što je osnova za formiranje ispravnih hemijskih koncepata i razvijanje apstraktnog hemijskog mišljenja.

Pored navedenog, trebalo bi sprovesti i analogne studije koje će razmotriti i neke dodatne teorijske okvire, kao što je na primer Teorija dualnog procesiranja (Evans, 2008), čime bi se utvrdilo da li učenici pri rešavanju problema u makroskopskom, submikroskopskom i simboličkom nivou angažuju primarno analitičke (kognitivno zahtevnije) procese ili manje zahtevne, heurističke procese.

Na kraju, pored ovakvih studija, koje se bave ispitivanjem kvantuma znanja učenika, bilo bi značajno i interesantno sprovesti sličnu studiju, kojom bi se ispitaio i kvalitet usvojenih znanja, odnosno mogućnost primene stečenih znanja u novim situacijama.

LITERATURA

- Adbo, K., Taber, K.S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-olds Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757–786.
- Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. London: Open university press.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18(1), 53–85 i u radu citirane reference.
- Ayas, A., Özmen, H. (2002). A study of students' level of understanding of the particulate nature of matter at secondary school level. *Bogazici University Journal of Education*, 19(2), 45–60.
- Ayas, A., Özmen, H., Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 165–184.
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and Instruction*, 16(5), 389–400.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component for working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A.D., Hitch, G. (1974). *Working memory*. U G.H. Bower (Editor), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 47–89. New York: Academic Press.
- Barke, H.D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education*. Berlin: Springer-Verlag.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64–66.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*, 25(3), 89–92.
- Bergquist, W., Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67(12), 1000–1003.
- Bieri, J. (1955). Cognitive complexity-simplicity and predictive behavior. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51(2), 263–268.
- Bobis, J., Sweller, J., Cooper, M. (1994). Demands imposed on primary-school students by geometric models. *Contemporary Educational Psychology*, 19(1), 108–117.
- Boo, H.K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 3-12.
- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conception of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203–213.
- Bucat, B., Mocerino, M. (2009) Learning at the sub-micro level: Structural representations. U J.K. Gilbert, D.F. Treagust (Editor), *Multiple representations in chemical education* (11–29). Berlin: Springer.
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 215–228.
- Bunce, D.M., Gabel, D. (2002). Differential effects on the achievement of males and females of teaching the particulate nature of chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 911–927.
- Burton, S.J., Sudweeks, R.R., Merrill, P.F., Wood, B. (1991). How to prepare better multiple-choice test items: guidelines for university faculty, university testing services & the department of instructional science. Pristupljeno preko:
<https://testing.byu.edu/handbooks/betteritems.pdf>
(14.02.2013.)
- Butts, B., Smith, R. (1987). HSC Chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education* 17(1), 192–201.

- Cambridge Dictionaries Online (2012). Pristupljeno preko: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/misconception> (20.07.2014.)
- Chandler, P., Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology*, 10(2), 151–170.
- Chandler, P., Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F., Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307.
- Chandrasegaran, A.L., Treagust, D.F., Mocerino, M. (2009). Emphasizing multiple levels of representation to enhance students' understandings of the changes occurring during chemical reactions. *Journal of Chemical Education*, 86 (12), 1433–1436.
- Chang, J.Y. (1999). Teacher college students' conceptions about evaporation, condensation, and boiling. *Science Education*, 83(5), 511–526.
- Chen, I. (2009). *Behaviorism and developments in instructional design and technology*. U P. Rogers, G. Berg, J. Boettcher, C. Howard, L. Justice, K. Schenk (Editori), *Encyclopedia of Distance Learning* (2. izdanje), 153–172. New York: Information Science Reference.
- Chittleborough, G.D. (2004). *The role of teaching models and chemical representations in developing students' mental models of chemical phenomena* (doktorska disertacija). Dostupno u bazi disertacija Curtin Univerziteta. (PID: 15381)
- Chittleborough, G.D., Treagust, D.F., Mocerino, M. (2002). *Constraints to the development of first year university chemistry students' mental models of chemical phenomena*, Proceedings of the 11th Annual Teaching Learning Forum. Perth, Australia.

- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241–1257.
- Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., Sweller, J. (2001). Learning by imagining. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7(1), 68–82.
- Devetak, I., Vogrinc, J., Glazar, S.A. (2009). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at sub-microscopic level. *Research in Science Education*, 39(2), 157–179.
- Dhindsa, H., Treagust, D.F. (2009). Conceptual understanding of Bruneian tertiary students: Chemical bonding and structure. *Brunai International Journal of Science and Mathematical Education*, 1(1), 33–51.
- Dunn, D. (2000). *Statistics and data analysis for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill.
- Ebel, R.L., Frisbie, D.A. (1991). Essentials of educational measurement (5. izdanje), 220–240. New Delhi: Prentice-Hall of India.
- Eggemeier, F.T. (1998). Properties of Workload Assessment techniques. U P.A. Hancock, N. Meshkati (Editori), *Human Mental Workload*, 41–62. Amsterdam: Elsevier.
- Evans, J.S.B.T. (2008). Dual-processing Accounts of Reasoning, Judgment and Social Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 255–278.
- Fisher, K.M. (1985). A misconception in biology: Amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53–62.
- Franco, G.A., Taber, K.S. (2009). Secondary students' thinking about familiar phenomena: learners' explanations from a curriculum context where 'particles' is a key idea for organising teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 31(14), 1917–1952.
- Gabel, D.L., (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554.

- Garnett, P.J., Treagust, D.F. (1992a) Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching* 29(2), 121–142.
- Garnett, P.J., Treagust, D.F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (Galvanic) and electrolytic cells. *Journal Research of Science Teaching* 29(10), 1079–1099.
- Gensler, W.J. (1970). Physical versus chemical change. *Journal of Chemical Education*, 47(2), 154–155.
- Georgiadou, A., Tsaparlis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: (a) psychological theories; (b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2), 217–216.
- Gilbert, J.K. (1977). The study of student misunderstandings in the physical sciences. *Research in Science Education*, 7(1), 165–171.
- Gilbert, J.K., Treagust, D.F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. U J.K. Gilbert, D.F. Treagust (Editori), *Multiple representations in chemical education*, 1–8. Berlin: Springer.
- Gilbert, J.K., Watts, D.M., (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61–98.
- Ginns, P., Chandler, P., Sweller, J. (2003). When imagining information is effective. *Contemporary Educational Psychology*, 28(2), 229–251.
- Gkitzia, V., Salta, K., Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5–14.
- Griffiths, A.K., Preston, K.R. (1992). Students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611–628.

- Haladyna, T.M. (2004). *Developing and validating multiple-choice test items* (3. izdanje). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Harrison, A. G., Treagust, D. F., (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509–534.
- Heredia, K., Xu, X., Lewis, J.E. (2012). The application and evaluation of a two-concept diagnostic instrument with students entering college general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(1), 30–38.
- Hinton, M.E., Nakhleh, M.B. (1999). Students' Microscopic, Macroscopic, and Symbolic Representations of Chemical Reactions. *The Chemical Educator*, 4 (5), 158–167.
- Hinze, S.R., Rapp, D.N., Williamson, V.M., Shultz, M.J., Deslongchamps, G., Williamson, K.C. (2013). Beyond ball-and-stick: Students' processing of novel STEM visualizations. *Learning and Instruction*, 26, 12–21.
- Hofstein, A. The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research Practice*, 5(3), 247–264.
- Horton, C. (2007). Student preconceptions and misconceptions in chemistry (student alternative conceptions in chemistry). *California Journal of Science Education*, 7(2). Pristupljeno preko: http://www.cascience.org/csta/pub_misconceptions2journal.asp (10.06.2014.)
- Hudmon, A. (2006). *Learning and Memory*. New York: Infobase Publishing.
- Jaber, L.Z., BouJaoude, S.A. (2012). Macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34 (7), 973–998.
- Jex, S.M. (2002). *Organizational Psychology: A Scientist-Practitioner Approach*. New York: John Wiley and Sons.
- Johnson, P., Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introductory of particle theory: A substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130–150.

- Johnstone, A.H. (1982). Macro- and micro- chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377–379.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83.
- Johnstone, A.H. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological?. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9–15.
- Kalyuga, S. (2009). *Managing cognitive load in adaptive multimedia learning*. New York: Information Science Reference.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(1), 351–371.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (2000). Incorporating learner experience into the design of multimedia instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126–136.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (2001). Learner experience and efficiency of instructional guidance. *Educational Psychology*, 21(1), 5–23.
- Kelly, R.M., Barrera, J.H., Mohamed, S.C. (2010). An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 113–118.
- Kleinman, R.W., Griffin, H.C., Kerner, N.K. (1987). Images in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64 (9), 766–770.
- Knaus, K., Murphy, K., Blecking, A., Holme, T.A. (2011). Valid and reliable instrument for cognitive complexity rating assignment of chemistry exam items. *Journal of Chemical Education*, 88(5), 554–560.
- Kotcherlakota, S. (2007). *A Test of Strategies for Enhanced Learning of Descriptive Chemistry* (doktorska disertacija). Dostupno u bazi disertacija Nebraska Univerziteta. (AAI3244320)
- Kotovskiy, K., Hayes, J.R., Simon, H.A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17(2), 248–294.

- Krnel, D., Glažar, S.A., Watson, R. (2003). The development of the concept of "matter": A crossage study of how children classify materials. *Science Education*, 87(5), 621–639.
- Leahy, W., Sweller, J. (2004). Cognitive load and the imagination effect. *Applied Cognitive Psychology*, 18(7), 857–875.
- Lewis, S.E., Lewis, J.E. (2005). The same or not the same: Equivalence as an issue in educational research. *Journal of Chemical Education*, 82 (9), 1408–1412.
- Lieberman, D.A. (2012). *Human learning and memory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. (2009). *Multimedia learning* (2. izdanje). New York: Cambridge University Press.
- Milenković, D., Segedinac, D., Hrin, T., Cvjetičanin, S. (2014b). Cognitive load at different levels of chemistry representations. *Croatian Journal of Education*, 16(3), 699–722.
- Milenković, D., Segedinac, M., Hrin, T. (2014a). Increasing high school students' chemistry performance and reducing cognitive load through an instructional strategy based on the interaction of multiple levels of knowledge representation. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1409–1416.
- Milenković, D., Segedinac, M., Hrin, T., Papović, S. (2013). Kognitivno opterećenje u simboličkom domenu reprezentacije znanja u osnovnoškolskoj nastavi hemije. *Vaspitanje i obrazovanje*, 38(1), 101–110.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81–97.
- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. *Konkurs za upis učenika u srednju školu*. Pristupljeno preko: http://www.mpn.gov.rs/images/content/prosveta/srednje_sko le/konkurs1415/konkurs14-v4.pdf (15.09.2014.)
- Mitra, N.K., Nagaraja, H.S., Ponnudurai, G., Judson, J.P. (2009). The levels of difficulty and discrimination indices in type a multiple choice questions of pre-clinical semester 1 multidisciplinary summative tests. *International e-Journal of Science, Medicine and Education*, 3(1), 2–7.

- Moreno, R., Park, B. (2010). Cognitive load theory: Historical development and relation to other theories. U J.L. Plass, R. Moreno, R. Brünken (Editori), *Cognitive Load Theory*, 9–28. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry: chemical misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196.
- Nakhleh, M.B., Krajcik, J.S. (1994). Influence of level of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077–1096.
- Nelson, P.G. (2002). Teaching chemistry progressively: From substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 3(2), 215–228 i u radu citirane reference.
- Österlund, L.L., Berg, A. Ekborg, M. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe? *Chemistry Education Research and Practice*, 11(1), 182–192.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434.
- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419–430.
- Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003b). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4.
- Paas, F., Tuovinen, J.E., Tabbers, H., Van Gerven, P.W.M. (2003a). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63–71.
- Paas, F., van Merriënboer, J.J.G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors*, 35 (4), 737–743.
- Paas, F.G.W.C, van Merriënboer, J.J.G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: a

- cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122–133.
- Plass, J.L., Moreno, R., Brünken, R. (2010). Introduction. U J.L. Plass, R. Moreno i R. Brünken (Editori.), *Cognitive Load Theory* 1–6. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pollock, E., Chandler, P., Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61–86.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., Gertzog, W.A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Prain, V., Tytler, R., Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787–808.
- Raker, J.R., Trate, J.M., Holme, T.A., Murphy, K. (2013). Adaptation of an instrument for measuring the cognitive complexity of organic chemistry exam items. *Journal of Chemical Education*, 90 (10), 1290–1295.
- Rappoport, L.T., Ashkenazi, G. (2008). Connecting levels of representation: emergent versus submergent perspective. *International Journal of Science Education*, 30(12), 1585–1603.
- Raviolo, A. (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 629–631.
- Rosenthal, D.P., Sanger, M.J. (2012). Student misinterpretations and misconceptions based on their explanations of two computer animations of varying complexity depicting the same oxidation–reduction reaction, *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 471–483.
- Schmidt, H.J. (1997). Students' misconceptions - looking for a pattern, *Science Education* 81(2), 123–135.
- Schmidt, H.J., Volke, D. (2003). Shift of meaning and students' alternative concepts. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1409–1424.

- Segedinac, M., Segedinac, M., Konjović Z., Savić G. (2011). A formal approach to organization of educational objectives. *Psihologija*, 44(4), 307–323.
- Shiffrin, R., Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20.
- Stavy, R. (1991). Childrens ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240–244.
- Stojanovska, M., Petruševski, V.M., Šoptrajanov, B. (2014). Study of the use of the three levels of thinking and representation. *Contributions*, 35(1), 37–46.
- Stojanovska, M.I., Petruševski, V.M., Šoptrajanov, B.T. (2012). Addressing students' misconceptions concerning chemical reactions and symbolic representations. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 21(6), 829–852.
- Sweller, J., Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185–233.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell: ACER Press.
- Sweller, J. (2010a). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138.
- Sweller, J. (2010b). Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. U J.L. Plass, R. Moreno, R. Brünken (Editori), *Cognitive Load Theory*, 40–41. New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Sweller, J., Merrienboer, J.J.G., Pass, F.G.W.C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Taber, K.S. (2002). *Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry.

- Taber, K.S. (2009). Learning at the symbolic level. U J.K. Gilbert, D.F. Treagust (Editori), *Multiple representations in chemical education*, 75–105. Berlin: Springer.
- Taber, K.S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156–168.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*. 33(2), 179–195.
- Tang, H., Pienta, N. (2012). Eye-Tracking Study of Complexity in Gas Law Problems. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 988–994.
- Tarrant, M., Ware, J., Mohammed, A.M. (2009). An assessment of functioning and non-functioning distractors in multiple-choice questions: A descriptive analysis. *BMC Medical Education*, 9(1), 40–48.
- Taylor, N., Coll, R.K. (1997). The use of analogy in the teaching of solubility to pre-service primary teachers. *Australian Science Teachers' Journal*, 43(4), 58–64.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(4), 257–287.
- Towns, M.H. (2014). Guide to developing high-quality, reliable, and valid multiple-choice assessments. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1426–1431.
- Treagust, D., Duit, R., Nieswandt, M. (2000). Sources of students' difficulties in learning chemistry. *Educación Química*, 11(2), 228–235.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G., Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368.
- Trumper, R. (1997). Applying conceptual conflict strategies in learning of the energy concept. *Research in Science and Technological Education*, 15(1), 5–18.

- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 922–925.
- Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: the role of practical work. U J.K. Gilbert, D.F. Treagust (Editori), *Multiple representations in chemical education* (109–136). Berlin: Springer.
- Van Berkel, B., Pilot, A., Bulte, A.M.W. (2009). *Micro-macro thinking in chemical education: Why and how to escape*. U J.K. Gilbert, D.F. Treagust (Editori), *Multiple representations in chemical education*, 31–54. Berlin: Springer.
- Van Gog, T., Paas, F. (2008). Instructional Efficiency: Revisiting the Original Construct in Educational Research. *Educational Psychologist*, 43(1), 16–26.
- Van Merriënboer, J.J.G., Krammer, H.P. (1987). Instructional strategies and tactics for the design of introductory computer programming courses in high school. *Instructional Science*, 16(3), 251–285.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4), 381–419.
- Whelan, R.R. (2007). Neuroimaging of cognitive load in instructional multimedia. *Educational Research Review*, 2(1), 1–12.
- Wu, H., Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492.
- Xie, B., Salvendy, G. (2000). Prediction of Metal Workload in Single and Multiple Task Environments. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(3), 213–242
- Zarevski, P. (2007). *Psihologija pamćenja i učenja* (5. izdanje). Zagreb: Naklada slap.
- Zavod za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja. *Nastavni plan za gimnaziju opšteg tipa*. Pristupljeno preko:
<http://www.zuov.gov.rs/dokumenta/CRPU/Planovi%20gimnazije%20PDF/1%20Nastavni%20plan%20za%20gimnazije%20svi%20smerovi.pdf> (12.02.2013.)

PRILOG**TEST 1**

Pažljivo pročitajte tekst zadatka, a zatim odgovorite na postavljeno pitanje. Svaki zadatak ima samo jedan tačan odgovor.

Razred: _____

Godina rođenja: _____

Pol: M Ž

Ocena iz hemije na kraju 1. razreda _____

Ocena iz hemije na polugodištu 2. razreda _____

1. U prvu čašu sa vodom se doda nekoliko kapi fenolftaleina i komadić natrijuma, a u drugu nekoliko kapi fenolftaleina i komadić kalijuma. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje.

- a) Natrijum sa vodom reaguje burnije od kalijuma.
- b) Kalijum sa vodom reaguje burnije od natrijuma.
- c) Obe reakcije teku podjednako burno.
- d) Nijedna ni druga reakcija ne teku burno.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Kalijum ima nižu energiju jonizacije od natrijuma.
- II. Natrijum ima nižu energiju jonizacije od kalijuma.
- III. Kalijum i natrijum imaju jednake energije jonizacije.
- IV. Energija jonizacija nema uticaj na reaktivnost elemenata.

2. U reakciji natrijuma sa vodom dolazi do izdvajanja gasa. Koje od navedenih čestica sadrži nastali gas? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) H_2^+
- b) H^+
- c) H_2
- d) H^{2+}

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Natrijum vrši redukciju vodonika iz vode, pri čemu nastaju molekuli vodonika.
- II. Natrijum vrši redukciju vodonika iz vode, pri čemu nastaju dvoatomni joni vodonika.
- III. Natrijum vrši oksidaciju vodonika.
- IV. Vodonik ne učestvuje u reakciji oksido-redukcije.

3. U čašu sa vodom se doda nekoliko kapi fenolftaleina i komadić kalijuma. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Rastvor se obezbojava.
- b) Rastvor se boji ljubičasto.
- c) Dolazi do stvaranja taloga.
- d) Nema vidljive promene.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju hidroksidni joni, a fenolftalein se u baznoj sredini boji ljubičasto.
- II. U reakciji nastaju molekuli vodonika, a fenolftalein se u prisustvu molekula gasa boji ljubičasto.
- III. U reakciji nastaju joni vodonika, a fenolftalein se u prisustvu pozitivno naelektrisanih jona obezbojava.
- IV. Fenolftalein reaguje sa jonima kalijuma, pri čemu nastaje teško rastvorno jedinjenje.

4. Komadić metalnog natrijuma se se doda u čašu sa vodom, pri čemu dolazi do rastvaranja natrijuma uz izdvajanje gasa. Kakav je toplotni efekat reakcije? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\Delta_r H > 0$
- b) $\Delta_r H < 0$
- c) $\Delta_r H = 0$
- d) Ni jedan od ponuđenih odgovora nije tačan.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Entalpija stvaranja vode jednaka je entalpiji stvaranja natrijum-hidroksida.*
- II. Entalpija stvaranja vode veća je od entalpije stvaranja natrijum-hidroksida.
- III. *Entalpija stvaranja vode manja je od entalpije stvaranja natrijum-hidroksida.*
- IV. *Toplotni efekat reakcije ne zavisi od entalpija stvaranja vode i natrijum-hidroksida.*

5. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje. Natrijum je metal serbrno-bele boje, u kome je natrijum prisutan u obliku:

- a) Na
b) Na^+

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Čestice metalnog natrijuma su neutralne.
II. *Čestice metalnog natrijuma imaju pozitivno naelektrisanje.*
III. *Čestice metalnog natrijuma imaju više neutrona nego protona.*
IV. *Čestice metalnog natrijuma imaju više elektrona nego protona.*

6. Kakva se promena zapaža kada se se u plamen Bunzenove grejalice rasprši rastvor natrijum-hlorida u 50% etanolu? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Plamen se ugasi.
b) Plamen se oboji žuto.
c) Plamen se obezboji.
d) Ne dolazi do vidljive promene.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Elektroni jona natrijuma se pobuđuju i prelaze u više energetske nivoe, a vraćanjem u osnovno stanje emituju promljenu energiju u vidu svetlosti u vidljivom delu spektra.
- II. *Joni natrijuma su obojeni.*
- III. *Joni natrijuma primaju energiju, gaseći plamen.*
- IV. *Elektroni jona natrijuma se pobuđuju i prelaze u više energetske nivoe pri čemu se emituju ultraljubičasti zraci.*

7. Parče magnezijumove trake se zapali. Magnezijum gori blještavim plamenom, a kao proizvod sagorevanja nastaje beli prah. Kakvu promenu u masi očekujete? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Masa nastalog praha je manja od mase magnezijumove trake.
- b) Masa nastalog praha je veća od od mase magnezijumove trake.
- c) Masa nastalog praha je jednaka masi magnezijumove trake.
- d) Masa nastalog praha je približno jednaka masi magnezijumove trake.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Magnezijumova traka ima veću gustinu od nastalog praha.*
- II. *Atomi u magnezijumovoj traci su zagrejani i u nepromenjenom obliku postoje i u nastalom prahu.*
- III. Atomi magnezijuma su izreagovali sa molekulima kiseonika.
- IV. *Molekuli magnezijum-oksida imaju veći radijus od atoma magnezijuma.*

8. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje. Magnezijum je metal sivkaste boje, koji dobro provodi elektricitet i toplotu. U magnezijumovoj traci, magnezijum je prisutan u obliku:

- a) Mg^{2+}
- b) Mg

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Čestice u magnezijumovoj traci imaju pozitivno naelektrisanje.
- II. Atomi magnezijuma su izuzetno reaktivni.
- III. Atom magnezijuma ima pozitivno jezgro.
- IV. Čestice u magnezijumovoj traci su neutralni atomi.

9. U jednu čašu sa vodom se doda nekoliko kapi fenolftaleina i komadić magnezijuma. Zatim se reakciona smeša zagreva. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje.

- a) Magnezijum se ne rastvara u vodi na povišenoj temperaturi.
- b) Magnezijum se ne rastvara u vodi na sobnoj temperaturi.
- c) Magnezijum se ne rastvara u vodi ni na sobnoj ni na povišenoj temperaturi.
- d) Magnezijum se rastvara u vodi i na sobnoj i na povišenoj temperaturi.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli teško rastvornog hidroksida, koji se rastvara u toploj vodi.
- II. U reakciji nastaju molekuli teško rastvornog hidroksida koji se ne rastvara ni u toploj ni u hladnoj vodi.
- III. Atomi magnezijuma su veoma reaktivni.
- IV. Veze između atoma magnezijuma u komadiću magnezijuma, su izuzetno jake i ne mogu se raskinuti.

10. Isitnjena aluminijumska folija se stavi u epruvetu i prelije rastvorom hlorovodonične kiseline. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Izdvaja se gas.
- b) Nastaje želatinozni talog.
- c) Nastaje žuto obojeni rastvor.
- d) Aluminijumska folija se ne rastvara.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Jon aluminijuma je žute boje.*
- II. *Molekuli aluminijum-hlorida su nerastvorni u vodi.*
- III. *U reakciji nastaju molekuli vodonika.*
- IV. *Atomi aluminijuma su veći od atoma vodonika pa mogu da ga istisnu iz molekula kiseline.*

11. Isitnjena aluminijumska folija se stavi u epruvetu i prelije rastvorom natrijum-hidroksida. Aluminijumska folija se rastvara i dolazi do izdvajanja gasa. Koja od navedenih jonskih jednačina opisuje pomenutu reakciju? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ OH}^- \rightarrow 2 [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3 \text{ H}_2$
- b) $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ Na}^+ + 2 \text{ OH}^- \rightarrow 2 \text{ Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]_{\downarrow} + 3 \text{ H}_2$
- c) $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ Na}^+ + 2 \text{ OH}^- \rightarrow 2 \text{ Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]_{\downarrow} + 6 \text{ H}^+$
- d) $2 \text{ Al}^{3+} + 6 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ Na}^+ + 2 \text{ OH}^- \rightarrow 2 \text{ Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]_{\downarrow} + 3 \text{ H}_2$

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju joni vodonika.*
- II. *Jon natrijuma se vezuje u teško rastvorni kompleks.*
- III. *U aluminijumskoj foliji, aluminijum je prisutan u obliku jona Al^{3+} .*
- IV. *Joni natrijuma ne učestvuju u hemijskoj reakciji.*

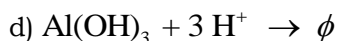
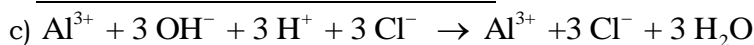
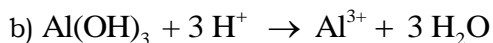
12. Aluminijum-oksidi se u prvoj epruveti prelije rastvorom hlorovodonične kiseline, a u drugoj rastvorom natrijum-hidroksida. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Aluminijum-oksidi se rastvara samo u hlorovodoničnoj kiselinu.
- b) Aluminijum-oksidi se rastvara samo u natrijum-hidroksidu.
- c) Aluminijum-oksidi se ne rastvara ni u hlorovodoničnoj kiselinu ni u natrijum-hidroksidu.
- d) Aluminijum-oksidi se rastvara i u hlorovodoničnoj kiselinu i u natrijum-hidroksidu.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U obe reakcije nastaju stabilni kompleksni joni.
- II. Aluminijum oksid je bazna supstanca, pa ne može da reaguje sa drugom baznom supstancom.
- III. Na površini molekula aluminijum-oksida formira se zaštitni sloj koji sprečava njegovo rastvaranje u kiselinama i bazama.
- IV. Molekuli oksida ne mogu reagovati sa molekulima kiseline.

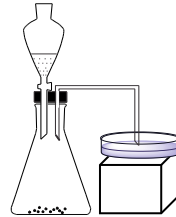
13. Aluminijum-hidroksid se prelije rastvorom hlorovodonične-kiseline, usled čega dolazi do rastvaranja taloga. Koja od navedenih jonskih jednačina opisuje reakciju aluminijum-hidroksida i hlorovodonične kiseline? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Joni vodonika su suviše mali da bi reagovali sa velikim molekulima aluminijum-hidroksida.
- II. I joni koji učestvuju i joni koji ne učestvuju u hemijskoj reakciji moraju biti prikazani u jonskoj jednačini.
- III. I pre i posle hemijske reakcije aluminijum se u sistemu nalazi u obliku slobodnih jona Al^{3+} .
- IV. Pre reakcije aluminijum je vezan u teško rastvorni hidroksid, a nakon reakcije u sistemu postoje slobodni joni Al^{3+} .

14. Sastavi se aparatura za razvijanje gasa (vidi sliku). U erlenmajerovu tikvicu se stavi nekoliko granula cinka, a u levak za dokapavanje razblažena hlorovodonična kiselina. Nastali gas se uvodi u posudu sa detergentom, pri čemu se obrazuju mehurići. Šta se dešava kada se mehurićima prinese upaljeno drvce? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



- a) Plamen se boji zeleno.
- b) Javlja se neprijatan miris.
- c) Čuje se prasak.
- d) Rastvor detergenta se zamuti.

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Molekuli detergenta su lako isparljivi.
- II. Molekuli vodonika su obojeni.
- III. Molekuli vodonika se raspadaju na slobodne atome.
- IV. Smeša molekula vodonika i kiseonika sagoreva eksplozivno uz nastajanje molekula vode.

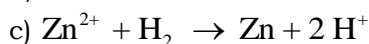
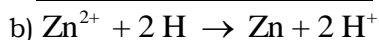
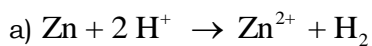
15. Koja od navedenih jednačina prikazuje reakciju sagorevanja iz prethodnog oglada? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- b) $2 \text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- c) $\text{H}_2 + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- d) $4 \text{H} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Na temperaturi paljenja kiseonik i vodonik se nalaze u obliku slobodnih atoma.
- II. Na temperaturi paljenja kiseonik i vodonik se nalaze u obliku dvoatomnih molekula.
- III. U reakciji učestvuju atomski vodonik i molekulski kiseonik.
- IV. U reakciji učestvuju atomski kiseonik i molekulski vodonik.

16. Koja od navedenih jonskih jednačina prikazuje reakciju cinka i hlorovodonične kiseline, opisane u zadatku 14? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Atomi cinka predaju elektrone jonima vodonika.
- II. Joni vodonika ne učestvuju u hemijskoj reakciji.
- III. Razblažena hlorovodonična kiselina sadrži molekule vodonika.
- IV. Joni cinka primaju elektrone od atoma vodonika.

TEST 2

Pažljivo pročitajte tekst zadatka, a zatim odgovorite na postavljeno pitanje. Svaki zadatak ima samo jedan tačan odgovor.

Na kraju svakog zadatka upišite znak × u odgovarajući kvadratić u zavisnosti da li smatrate da je zadatak: izuzetno lak, veoma lak, lak, ni težak ni lak, težak, veoma težak ili izuzetno težak.

Ime i prezime: _____

Razred i odeljenje: _____

Godina rođenja: _____

Ocena iz hemije na kraju 1. razreda _____

Ocena iz hemije na polugodištu 2. razreda _____

1. U epruvetu se sipa čvrst kalcijum-karbonat i zatim prelije rastvorom hlorovodonične kiseline. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Kalcijum-karbonat se ne rastvara u hlorovodoničnoj kiselinu.
 b) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiselinu uz izdvajanje gasa.
 c) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiselinu pri čemu se rastvor boji zeleno.
 d) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiselinu uz pojavu svetlucanja u epruveti.

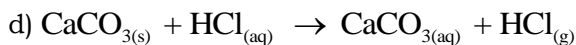
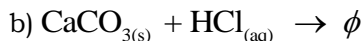
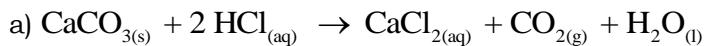
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Joni kalcijuma emituju svetlost.*
 II. *Joni hlora su zelene boje.*
 III. *U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.*
 IV. *Veze između atoma kalcijuma i ugljenika su veoma jake i ne mogu se raskinuti dodatkom kiseline.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

2. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz prethodnog oglada (zadatak 1)? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli hlorovodonika.*
- II. *Veze u molekulu kalcijum-karbonata se ne mogu raskinuti dodatkom kiseline.*
- III. *U reakciji nastaju molekuli slabe ugljene kiseline, koji se zatim raspadaju na molekule ugljen-dioksida i vode.*
- IV. *Hlorovodonična kiselina je redukciono sredstvo pa redukuje atom ugljenika iz oksidacionog stanja +4 u oksidaciono stanje +2, dok se hlor iz oksidacionog stanja -1 oksiduje do oksidacionog stanja 0.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

3. Crveni fosfor je amorfná alotropska modifikacija fosfora, tamno-crvene boje. Koja se od navedenih formula odnosi na crveni fosfor? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) P_4
- b) P_2
- c) P_n
- d) P

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Atomi crvenog fosfora grade linearne dvoatomne molekule.
- II. Atomi crvenog fosfora grade četveroatomne molekule, tetraedarske strukture.
- III. Atomi crvenog fosfora su slobodni.
- IV. Atomi crvenog fosfora su povezani u lance.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

4. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje. Paljenjem crvenog fosfora:

- a) Izdvaja se gas crvene boje.
- b) Čuje se prasak.
- c) Nastaje prah bele boje.
- d) Crveni fosfor se ne može zapaliti.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Prilikom paljenja crvenog fosfora dolazi do naglog povećanja broja slobodnih atoma.
- II. Veze u molekulu fosfora su veoma jake i ne mogu se raskinuti.
- III. U reakciji nastaju molekuli fosfor(V)-oksida.
- IV. Atomi crvenog fosfora su crvene boje.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

5. Koja od navedenih hemijskih jednačina najbolje opisuje reakciju sagorevanja crvenog fosfora?

- a) $P_4 \rightarrow 4 P$
- b) $P_4 + 5 O_2 \rightarrow P_4O_{10}$
- c) $P_4 + O_2 \rightarrow \phi$
- d) $3 P_4 + 10 N_2 \rightarrow 4 P_3N_5$

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

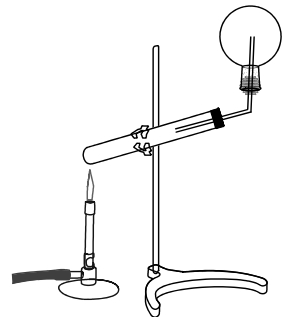
Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Pri reakciji sagorevanja molekuli fosfora se raspadaju na atome.
- II. Vazdušni kiseonik vrši oksidaciju fosfora pri čemu nastaju molekuli fosfor(V)-oksida.
- III. Veze u molekulu fosfora se ne mogu raskinuti.
- IV. Azot iz vazduha vrši oksidaciju fosfora pri čemu nastaju molekuli fosfor(V)-nitrida

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

6. Smeša amonijum-hlorida i kalcijum-hidroksida se unese u epruvetu, a zatim se sastavi aparatura kao što je prikazano na slici. Smeša u epruveti se zagreva nekoliko minuta. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Izdvaja se gas.
- b) Stvara se obojeno jedinjenje.
- c) Javlja se pucketanje.
- d) Nema promene



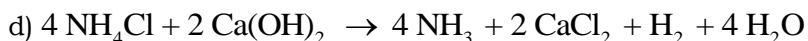
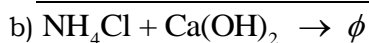
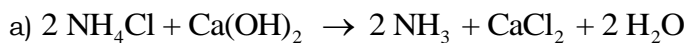
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Sudari molekula u čvrstoj fazi su eksplozivni.
- II. U reakciji nastaju obojeni joni hlora.
- III. U reakciji nastaju molekuli amonijaka.
- IV. Molekuli čvrstih supstanci ne mogu međusobno da reaguju.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

7. Koja od datih hemijskih jednačina najbolje opisuje reakciju iz prethodnog zadatka? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

I. U reakciji nastaju molekuli azota.

II. Molekuli amonijum-hlorida su inertni.

III. U reakciji nastaju molekuli vodonika.

IV. Hidroksidni joni vrše deprotonaciju amonijum-jona pri čemu nastaju molekuli amonijaka.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

8. Nakon zagrevanja smeše amonijum-hlorida i kalcijum-hidroksida (zadatak 6) balon se zapuši čepom kroz koji je provučena tanka staklena cev i uroni u vodu u koju je dodato nekoliko kapi fenolftaleina, kao što je prikazano na slici. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje.

- a) Voda ulazi u balon u vidu vodoskoka.
 b) Voda ulazi u balon uz glasan prasak.
 c) Pri ulasku vode u balon, dolazi do njegovog hlađenja.
 d) Samo nekoliko kapi vode ulazi u balon.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U balonu se nalaze molekuli amonijaka. Rastvaranjem u vodi dolazi do naglog smanjenja pritiska u balonu.
- II. Rastvaranje molekula amonijaka u vodi je endoterman proces.
- III. U balonu se nalaze samo čestice vazduha, koje se slabo rastvaraju u vodi, pa ne dolazi do promene pritiska.
- IV. Molekuli vode se razlažu na atome kiseonika i atome vodonika.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

9. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje koja se odnosi na rastvor u balonu (zadatak 8).

- a) $\text{pH} > 7$
 b) $\text{pH} < 7$
 c) $\text{pH} = 7$
 d) Nijedan od ponuđenih odgovora nije tačan.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U balonu se nalaze molekuli amonijaka, koji sa vodom reaguju bazno.
 II. U balonu se nalaze samo molekuli vode pa je sredina neutralna.
 III. Molekuli azota sa molekulima vode grade kiselinu.
 IV. U balonu se nalaze samo molekuli koji su u gasovitoj fazi.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

10. Koja od navedenih jednačina ilustruje promenu iz 8. zadatka. Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\text{NH}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{NH}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 b) $\text{N}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{N}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 c) $\text{NH}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \phi$
 d) $\text{N}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \phi$

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U balonu se nalaze molekuli azota. Azot se ne rastvara u vodi.
- II. U balonu se nalaze molekuli amonijaka. Amonijak se ne rastvara u vodi.
- III. U balonu se nalaze molekuli amonijaka. Amonijak se dobro rastvara u vodi i u vodenom rastvoru postoji u obliku molekula.
- IV. U balonu se nalaze molekuli azota. Azot se dobro rastvara u vodi i u vodenom rastvoru postoji u obliku molekula.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

11. U čašu se sipa vino i pomiriši. Nakon toga se u čašu doda kašičica aktivnog uglja i smeša se ponovo pomiriši. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Nakon dodatka aktivnog uglja došlo je do uklanjanja mirisa.
- b) Nakon dodatka aktivnog uglja javio se neprijatan miris.
- c) Nakon dodatka aktivnog uglja došlo je do izdvajanja gasa.
- d) Nije došlo do promene.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.
- II. U mikroporama aktivnog uglja zadržavaju se molekuli koji vinu daju karakterističan miris.
- III. U mikroporama aktivnog uglja nalaze se molekuli gasa, a dodavanjem aktivnog uglja u vino, ti se molekuli oslobađaju, dajući vinu neprijatan miris.
- IV. Aktivni ugalj ne sadrži mikropore.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

12. Koje od navedenih svojstava poseduje aktivni ugalj? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Radioaktivnost.
- b) Veliku moć adsorpcije.
- c) Veliku reaktivnost.
- d) Nestabilnost.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Malo zrno aktivnog uglja poseduje veliku površinu.
- II. Jezgra atoma ugljenika spontano se raspadaju.
- III. Veze između atoma ugljenika se lako raskidaju.
- IV. Atomi ugljenika poseduju visok sadržaj energije.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

TEST 3

Pažljivo pročitajte tekst zadatka, a zatim odgovorite na postavljeno pitanje. Svaki zadatak ima samo jedan tačan odgovor.

Na kraju svakog zadatka upišite znak × u odgovarajući kvadratić u zavisnosti da li smatrate da je zadatak: izuzetno lak, veoma lak, lak, ni težak ni lak, težak, veoma težak ili izuzetno težak.

Ime i prezime: _____

Razred i odeljenje: _____

Godina rođenja: _____

Ocena iz hemije na kraju 1. razreda _____

Ocena iz hemije na polugodištu 2. razreda _____

1. Na sobnoj temperaturi sumpor je čvrsta supstanca žute boje. Koja od navedenih formula se odnosi na molekul sumpora? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) S
- b) S₂
- c) S₄
- d) S₈

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Atomi sumpora grade dvoatomne molekule, linearne strukture.*
- II. Atomi sumpora su slobodni.*
- III. Atomi sumpora grade osmoatomne molekule, pri čemu su atomi vezani u prsten.*
- IV. Atomi sumpora grade četveroatomne molekule, tetraedarske strukture.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

2. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje koja se odnosi na rastvaranje sumpora u vodi na sobnoj temperaturi.

- a) Sumpor se dobro rastvara u vodi.
- b) Sumpor se ne rastvara u vodi.
- c) Sumpor se rastvara u vodi uz izdvajanje gasa.
- d) Sumpor se rastvara u vodi pri čemu se rastvor boji žuto.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Atomi sumpora su žute boje.
- II. U molekulu sumpora veze između atoma su nepolarne kovalentne.
- III. U molekulu sumpora veze između atoma su polarne kovalentne.
- IV. Rastvaranje sumpora u vodi je hemijski proces pri čemu nastaju molekuli sumpor-vodonika.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

3. U epruvetu se sipa sumpor u prahu, zagreje do ključanja, a zatim brzo izlije u čašu sa hladnom vodom. Kakva se promena zapaza? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Izdvajaju se žute pare.
- b) Nastaje proizvod amorfne strukture nalik gumi.
- c) Sumpor se dobro rastvara u vodi, a rastvor ostaje bezbojan.
- d) Nastaju žuti kristali.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Molekuli sumpora se razlažu na atome.
- II. Između atoma sumpora i molekula vode se obrazuju vodonične veze.
- III. Zagrevanjem dolazi do raskidanja veza u molekulima sumpora, a hlađenjem se atomi sumpora ponovo povezuju u kristalnu rešetku.
- IV. Zagrevanjem dolazi do raskidanja veza između molekula sumpora, a naglim hlađenjem se ne može uspostaviti kristalna struktura, pa nastaje plastična modifikacija koja se sastoji od dugog niza povezanih atoma.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

4. U epruvetu se sipa na vrh špatule kalijum-permanganata i epruveta zagreva na plamenu špiritusne lampe. Šta se zapaža ako se nakon nekog vremena u epruvetu unese užareno drvce? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Užareno drvce se gasi.
- b) Plamen se razbuktava.
- c) Čuje se glasan prasak.
- d) Ne dolazi do vidljive promene.

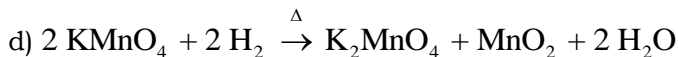
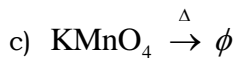
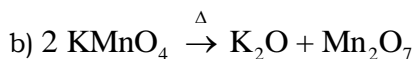
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli vode, koji gase plamen.*
 II. *U reakciji nastaju molekuli kiseonika, koji pospešuju gorenje.*
 III. *Molekul kalijum-permanganata je stabilan pri povišenoj temperaturi.*
 IV. *U reakciji nastaju molekuli mangan (VII)-oksida.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

5. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz zadatka broj 4? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli mangan (VII)-oksida.*
 II. *U reakciji nastaju molekuli vodonika.*
 III. *U reakciji nastaju molekuli kiseonika.*
 IV. *U reakciji nastaju molekuli vode.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

6. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje koja se odnosi na ogled opisan u zadatku broj 4.

- a) Masa kalijum-permanganata veća je od mase nastalog čvrstog proizvoda.
- b) Masa kalijum-permanganata manja je od mase nastalog čvrstog proizvoda.
- c) Masa kalijum-permanganata jednaka je od masi nastalog čvrstog proizvoda.
- d) Masa kalijum-permanganata približno je jednaka masi nastalog čvrstog proizvoda.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Čestice kalijum-permanganata su zagrejane i u nepromenjenom obliku postoje i u nastalom proizvodu.
- II. U toku reakcije se izdvajaju molekuli gasa.
- III. Čestice kalijum-permanganata imaju približno isti radijus kao i čestice nastalog proizvoda.
- IV. Čestice kalijum-permanganata su izreagovale sa molekulima kiseonika.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

7. U epruvetu se sipa rastvor natrijum-acetata, a zatim se doda razblažena hlorovodonična kiselina. Šta zapažate? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Nastaje proizvod oštrog mirisa.
 b) Izdvaja se gas bez mirisa.
 c) Nastaju beli kristali.
 d) Ne dolazi do promene.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.*
 II. *Veza između acetatnog jona i jona natrijuma se ne može raskinuti dodatkom kiseline.*
 III. *Joni natrijuma i hlora daju bele kristale kuhinjske soli, nerastvorne u vodi.*
 IV. *U reakciji nastaju molekuli sirćetne kiseline.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

8. Koja od navedenih hemijskih jednačina, opisuje reakciju iz zadatka broj 7? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{NaCl}$
 b) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \phi$
 c) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaH} + \text{CH}_3\text{COOCl}$
 d) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$

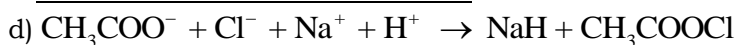
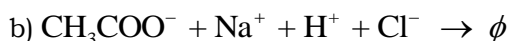
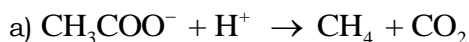
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli slabo disosovane kisline.
- II. U reakciji nastaju molekuli gasa.
- III. Veza između jona natrijuma i acetatnog jona jača je nego veza između jona natrijuma i hloridnog jona.
- IV. U reakciji nastaju molekuli slabo disosovanog hidrida.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

9. Koja od prikazanih jonskih jednačina opisuje promenu iz zadatka broj 7? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Pre reakcije u sistemu postoje acetatni joni, a nakon reakcije molekuli sirćetne kiseline.
- II. *Nakon mešanja rastvora u sistemu ostaju isti joni, koji su postojali i pre mešanja.*
- III. *U reakciji nastaju samo molekuli gasa.*
- IV. *U reakciji nastaju molekuli dva slabo disosovana proizvoda.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

10. Iznad otvora epruvete (zadatak 7) drži se nakvašena plava lakmus hartija. Šta se može zaključiti o kiselosti nastalog proizvoda na osnovu promene boje lakmus hartije? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) pH<7
- b) pH>7
- c) pH=0
- d) Nijedan od ponuđenih odgovora nije tačan.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Molekuli sirćetne kiseline disocijacijom daju hidroksidne jone.*
- II. Molekuli sirćetne kiseline disocijacijom daju jone vodonika.
- III. *Molekuli nastalog gasa ne disosuju.*
- IV. *U reakciji nastaje jednak broj hidroksidnih jona i jona vodonika.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

11. U prvom erlenmajeru se nalazi vodeni rastvor kalijum-permanganata, a u drugom vodeni rastvor natrijum-hidroksida i šećera. Ako se rastvori pomešaju dolazi do promene boje I u boju II. Zatim stajanjem rastvora dolazi do promene boje II u boju III. Nakon nekog vremena boja III prelazi u boju IV. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje koja se odnosi na rastvor kalijum-permanganata u prvom erlenmajeru (boja I).

- a) Rastvor je obojen plavo.
- b) Rastvor je bezbojan.
- c) Rastvor je obojen ljubičasto.
- d) Rastvor je obojen zeleno.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Prisustvo permanganatnih jona u rastvoru uzrok je ljubičaste boje rastvora.
- II. Joni kalijuma su plave boje.
- III. Vodeni rastvor kalijum-permanganata je bezbojan, jer u rastvoru ima najviše molekula vode.
- IV. Prisustvo manganatnih jona u rastvoru uzrok je zelene boje rastvora.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

12. Kako se objašnjava promena boje I u boju II? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Kalijum-permanganat se redukuje baznoj sredini.
 b) Nastaje kompleksno jedinjenje.
 c) Kalijum-permanganat se oksiduje u baznoj sredini.
 d) Kalijum-permanganat se oksiduje u kiseloj sredini.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Jon mangana se vezuje za molekul šećera i gradi kompleksno jedinjenje.*
 II. *Permanganatni joni primaju elektrone i prelaze u manganatne jone. Kako u sistemu postoje i permanganatni i manganatni joni, rastvor se boji plavo.*
 III. *Joni vodonika su plave boje.*
 IV. *Permanganatni jon može lakše da otpusti elektron od molekula šećera.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

13. Stajanjem rastvora boja II prelazi u boju III. Koja je to boja? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Ljubičasta
 b) Zelena
 c) Plava
 d) Žuta

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Deo permananganatnih jona se redukuje do manganatnih jona, pa u sistemu postoje i permanganatni i manganatni joni.
 II. U sistemu sav mangan je prisutan u obliku permanganatnih jona.
 III. U sistemu sav mangan je prisutan u obliku manganatnih jona.
 IV. U sistemu sav mangan je prisutan u obliku mangan-dioksida.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

14. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz zadatka broj 12? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\text{MnO}_4^- + e^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
 b) $\text{MnO}_4^- - e^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
 c) $\text{KMnO}_4 + \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \rightarrow \text{K}[\text{MnO}_4(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})_2]$
 d) $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{OH}^-$

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Permanganatni jon prima elektron.
- II. Permanganatni jon otpušta elektron.
- III. Veliki molekul šećera vezuje permanganatni jon u kompleks.
- IV. Permanganatni joni vezuju jone vodonika iz molekula vode, pri čemu nastaju molekuli permanganove kiseline i hidroksidni joni.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

15. Koja od navedenih boja predstavlja boju IV? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Zelena
- b) Žuta
- c) Ljubičasta
- d) Plava

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Stajanjem mala količina manganatnih jona u slabo baznoj sredini prelazi u molekule mangan-dioksida.
- II. Stajanjem manganatni joni ponovo prelaze u permanganatne jone.
- III. U sistemu postoje samo manganatni joni.
- IV. Mala količina manganatnih jona prelazi u permanganatne jone.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

16. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz zadatka broj 15? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\text{MnO}_4^- + e^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
- b) $\text{MnO}_4^{2-} \rightarrow \text{MnO}_4^- + e^-$
- c) $\text{MnO}_4^{2-} + 2 \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$
- d) $\text{MnO}_4^{2-} + \text{OH}^- \rightarrow \phi$

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U datoj reakciji manganatni joni otpuštaju elektrone.
- II. U datoj reakciji permanganatni joni otpuštaju elektrone.
- III. U sistemu nakon reakcije nastaju molekuli mangan-dioksida.
- IV. Manganatni joni ne podležu reakciji oksido-redukcije.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

TEST 4

Pažljivo pročitajte tekst zadatka, a zatim odgovorite na postavljeno pitanje. Svaki zadatak ima samo jedan tačan odgovor.

Na kraju svakog zadatka upišite znak × u odgovarajući kvadratić u zavisnosti da li smatrate da je zadatak: izuzetno lak, veoma lak, lak, ni težak ni lak, težak, veoma težak ili izuzetno težak.

Ime i prezime: _____

Razred i odeljenje: _____

Godina rođenja: _____

Ocena iz hemije na kraju 1. razreda _____

Ocena iz hemije na polugodištu 2. razreda _____

1. U epruvetu se sipa čvrst kalcijum-karbonat i zatim prelije rastvorom hlorovodonične kiseline. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Kalcijum-karbonat se ne rastvara u hlorovodoničnoj kiseline.
 b) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiseline uz izdvajanje gasa.
 c) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiseline pri čemu se rastvor boji zeleno.
 d) Kalcijum-karbonat se rastvara u hlorovodoničnoj kiseline uz pojavu svetlucanja u epruveti.

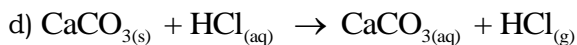
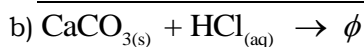
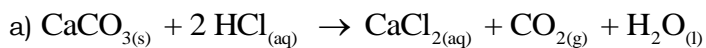
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Joni kalcijuma emituju svetlost.*
II. Joni hlora su zelene boje.
III. U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.
IV. Veze između atoma kalcijuma i ugljenika su veoma jake i ne mogu se raskinuti dodatkom kiseline.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

2. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz prethodnog ogleada (zadatak 1)? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



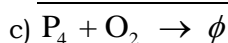
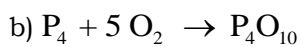
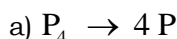
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli hlorovodonika.
- II. Veze u molekulu kalcijum-karbonata se ne mogu raskinuti dodatkom kiseline.
- III. U reakciji nastaju molekuli slabe ugljene kiseline, koji se zatim raspadaju na molekule ugljen-dioksida i vode.
- IV. Hlorovodonična kiselina je redukciono sredstvo pa redukuje atom ugljenika iz oksidacionog stanja +4 u oksidaciono stanje +2, dok se hlor iz oksidacionog stanja -1 oksiduje do oksidacionog stanja 0.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

3. Koja od navedenih hemijskih jednačina najbolje opisuje reakciju sagorevanja crvenog fosfora?



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

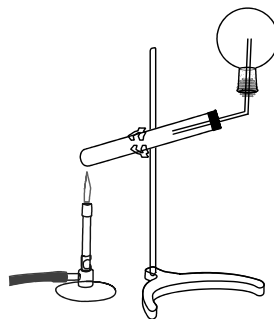
Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Pri reakciji sagorevanja molekuli fosfora se raspadaju na atome.
- II. Vazdušni kiseonik vrši oksidaciju fosfora pri čemu nastaju molekuli fosfor(V)-oksida.
- III. Veze u molekulu fosfora se ne mogu raskinuti.
- IV. Azot iz vazduha vrši oksidaciju fosfora pri čemu nastaju molekuli fosfor(V)-nitrida.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

4. Smeša amonijum-hlorida i kalcijum-hidroksida se unese u epruvetu, a zatim se sastavi aparatura kao što je prikazano na slici. Smeša u epruveti se zagreva nekoliko minuta. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Izdvaja se gas.
- b) Stvara se obojeno jedinjenje.
- c) Javlja se pucketanje.
- d) Nema promene



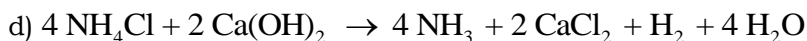
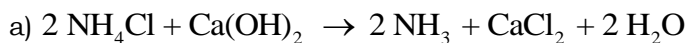
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Sudari molekula u čvrstoj fazi su eksplozivni.
- II. U reakciji nastaju obojeni joni hlora.
- III. U reakciji nastaju molekuli amonijaka.
- IV. Molekuli čvrstih supstanci ne mogu međusobno da reaguju.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

5. Koja od datih hemijskih jednačina najbolje opisuje reakciju iz prethodnog zadatka? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. U reakciji nastaju molekuli azota.
- II. Molekuli amonijum-hlorida su inertni.
- III. U reakciji nastaju molekuli vodonika.
- IV. Hidroksidni joni vrše deprotonaciju amonijum-jona pri čemu nastaju molekuli amonijaka.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

6. U čašu se sipa vino i pomiriši. Nakon toga se u čašu doda kašičica aktivnog uglja i smeša se ponovo pomiriši. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Nakon dodatka aktivnog uglja došlo je do uklanjanja mirisa.
 b) Nakon dodatka aktivnog uglja javio se neprijatan miris.
 c) Nakon dodatka aktivnog uglja došlo je do izdvajanja gasa.
 d) Nije došlo do promene.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.*
 II. *U mikroporama aktivnog uglja zadržavaju se molekuli koji vinu daju karakterističan miris.*
 III. *U mikroporama aktivnog uglja nalaze se molekuli gasa, a dodavanjem aktivnog uglja u vino, ti se molekuli oslobađaju, dajući vinu neprijatan miris.*
 IV. *Aktivni ugalj ne sadrži mikropore.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

7. U epruvetu se sipa sumpor u prahu, zagreje do ključanja, a zatim brzo izlije u čašu sa hladnom vodom. Kakva se promena zapaža? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Izdvajaju se žute pare.
- b) Nastaje proizvod amorfne strukture nalik gumi.
- c) Sumpor se dobro rastvara u vodi, a rastvor ostaje bezbojan.
- d) Nastaju žuti kristali.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Molekuli sumpora se razlažu na atome.*
- II. *Između atoma sumpora i molekula vode se obrazuju vodonične veze.*
- III. *Zagrevanjem dolazi do raskidanja veza u molekulima sumpora, a hlađenjem se atomi sumpora ponovo povezuju u kristalnu resetku.*
- IV. *Zagrevanjem dolazi do raskidanja veza između molekula sumpora, a naglim hlađenjem se ne može uspostaviti kristalna struktura, pa nastaje plastična modifikacija koja se sastoji od dugog niza povezanih atoma.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

8. U epruvetu se sipa na vrh špatule kalijum-permanganata i epruveta zagreva na plamenu špiritusne lampe. Šta se zapaža ako se nakon nekog vremena u epruvetu unese užareno drvce? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Užareno drvce se gasi.
 b) Plamen se razbuktava.
 c) Čuje se glasan prasak.
 d) Ne dolazi do vidljive promene.

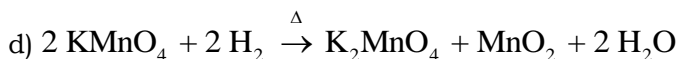
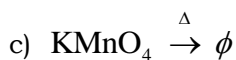
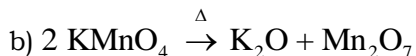
Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli vode, koji gase plamen.*
 II. *U reakciji nastaju molekuli kiseonika, koji pospešuju gorenje.*
 III. *Molekul kalijum-permanganata je stabilan pri povišenoj temperaturi.*
 IV. *U reakciji nastaju molekuli mangan (VII)-oksida.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

9. Koja od navedenih jednačina opisuje reakciju iz zadatka broj 8? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.



Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

I. U reakciji nastaju molekuli mangan (VII)-oksida.

II. U reakciji nastaju molekuli vodonika.

III. U reakciji nastaju molekuli kiseonika.

IV. U reakciji nastaju molekuli vode.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

10. U epruvetu se sipa rastvor natrijum-acetata, a zatim se doda razblažena hlorovodonična kiselina. Šta zapazate? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

a) Nastaje proizvod oštrog mirisa.

b) Izdvaja se gas bez mirisa.

c) Nastaju beli kristali.

d) Ne dolazi do promene.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli ugljen-dioksida.*
- II. *Veza između acetatnog jona i jona natrijuma se ne može raskinuti dodatkom kiseline.*
- III. *Joni natrijuma i hlora daju bele kristale kuhinjske soli, nerastvorne u vodi.*
- IV. *U reakciji nastaju molekuli sirćetne kiseline.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

11. Koja od navedenih hemijskih jednačina, opisuje reakciju iz zadatka broj 10? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{NaCl}$
- b) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \phi$
- c) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaH} + \text{CH}_3\text{COOCl}$
- d) $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *U reakciji nastaju molekuli slabo disosovane kisline.*
- II. *U reakciji nastaju molekuli gasa.*
- III. *Veza između jona natrijuma i acetatnog jona jača je nego veza između jona natrijuma i hloridnog jona.*
- IV. *U reakciji nastaju molekuli slabo disosovanog hidrida.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

12. U prvom erlenmajeru se nalazi vodeni rastvor kalijum-permanganata, a u drugom vodeni rastvor natrijum-hidroksida i šećera. Ako se rastvori pomešaju dolazi do promene boje I u boju II. Zatim stajanjem rastvora dolazi do promene boje II u boju III. Nakon nekog vremena boja III prelazi u boju IV. Zaokružite slovo ispred tačne tvrdnje koja se odnosi na rastvor kalijum-permanganata u prvom erlenmajeru (boja I).

- a) Rastvor je obojen plavo.
- b) Rastvor je bezbojan.
- c) Rastvor je obojen ljubičasto.
- d) Rastvor je obojen zeleno.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Prisustvo permanganatnih jona u rastvoru uzrok je ljubičaste boje rastvora.
- II. Joni kalijuma su plave boje.
- III. Vodeni rastvor kalijum-permanganata je bezbojan, jer u rastvoru ima najviše molekula vode.
- IV. Prisustvo manganatnih jona u rastvoru uzrok je zelene boje rastvora.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

13. Kako se objašnjava promena boje I u boju II? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Kalijum-permanganat se redukuje baznoj sredini.
 b) Nastaje kompleksno jedinjenje.
 c) Kalijum-permanganat se oksiduje u baznoj sredini.
 d) Kalijum-permanganat se oksiduje u kiseloj sredini.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Jon mangana se vezuje za molekul šećera i gradi kompleksno jedinjenje.*
 II. *Permanganatni joni primaju elektrone i prelaze u manganatne jone. Kako u sistemu postoje i permanganatni i manganatni joni, rastvor se boji plavo.*
 III. *Joni vodonika su plave boje.*
 IV. *Permanganatni jon može lakše da otpusti elektron od molekula šećera.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

14. Stajanjem rastvora boja II prelazi u boju III. Koja je to boja? Zaoružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Ljubičasta
 b) Zelena
 c) Plava
 d) Žuta

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. *Deo permananganatnih jona se redukuje do manganatnih jona, pa u sistemu postoje i permanganatni i manganatni joni.*
 II. *U sistemu sav mangan je prisutan u obliku permanganatnih jona.*
 III. *U sistemu sav mangan je prisutan u obliku manganatnih jona.*
 IV. *U sistemu sav mangan je prisutan u obliku mangan-dioksida.*

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

15. Koja od navedenih boja predstavlja boju IV? Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora.

- a) Zelena
 b) Žuta
 c) Ljubičasta
 d) Plava

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

Razlog za tvoj odgovor je:

- I. Stajanjem mala količina manganatnih jona u slabo baznoj sredini prelazi u molekule mangan-dioksida.
- II. Stajanjem manganatni joni ponovo prelaze u permanganatne jone.
- III. U sistemu postoje samo manganatni joni.
- IV. Mala količina manganatnih jona prelazi u permanganatne jone.

Izuzetno lako	Veoma lako	Lako	Ni teško ni lako	Teško	Veoma teško	Izuzetno teško

BIOGRAFIJA



Dušica Milenković je rođena 29.1.1987. godine u Sremskoj Mitrovici. Osnovnu školu „Veljko Dugošević“ završila je u Rumi, 2002., a gimnaziju „Stevan Puzić“ u Rumi, 2006. godine. Osnovne akademske studije hemije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, upisala je 2006 godine, a završila ih 2010. sa prosečnom ocenom 9,87. Iste godine upisala je master-akademske studije hemije na matičnom fakultetu, modul – profesor hemije i završila ih 2011. godine sa prosečnom ocenom 9,76. Od novembra 2011.

student je doktorskih studija Metodike nastave hemije na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu, a sve ispite predviđene nastavnim planom i programom položila je sa ocenom 10. Februara 2011. godine izabrana je u zvanje istraživača-pripravnika, oktobra 2013. u zvanje istraživača-saradnika, a decembra 2013. u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Metodika nastave hemije. Od oktobra 2014. je sekretar Katedre za metodiku nastave hemije.

Na Prirodno-matematičkom fakultetu u Novom Sadu od školske 2011/12. godine angažovana je u izvođenju vežbi iz predmeta: Metodika nastave hemije I, Školska praksa I, Školski ogleđi u nastavi hemije, Didaktika hemije i Razvoj osnovnih hemijskih koncepata. U naučno-istraživačkom radu bavi se ispitivanjem kognitivnog opterećenja u tripletnom sistemu reprezentacije znanja u hemiji.

Od februara 2012. angažovana je na realizaciji projekta „Kvalitet obrazovnog sistema Srbije u evropskoj perspektivi“ (ON 179010), Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, čiji je rukovodilac prof. dr Olivera Gajić. Koautor je 9 naučnih radova i 11 saopštenja na međunarodnim i domaćim naučnim skupovima. Član je Srpskog hemijskog društva.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada: VR	Doktorska disertacija
Autor: AU	Dušica D. Milenković
Mentor: MN	dr Mirjana Segedinac, redovni profesor
Naslov rada: NR	Razvoj i evaluacija instrukcione strategije zasnovane na tripletnom modelu reprezentacije sadržaja neorganske hemije u srednjoškolskom obrazovanju
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	Srpski (latinica) i engleski

Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geog. područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2014.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3
Fizički opis rada: FO	Broj poglavlja: 5/ broj strana: 201/ broj literaturnih citata: 141/ broj tabela: 50/ broj slika: 34/ broj priloga: 1.
Naučna oblast: NO	Hemija
Naučna disciplina: ND	Metodika nastave hemije
Predmetna odrednica/Ključne reči: PO	Tripletni model, nivoi reprezentacije, kognitivno opterećenje, mentalni napor, instrukciona efikasnost, miskonceptije, dvoslojni test
UDK Čuva se: ČU	Biblioteka Departmana za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad
Važna napomena: VN	–
Izvod: IZ	Glavni cilj ove disertacije bio je da se ispita u kojoj meri će nastavni pristup zasnovan na interkorelaciji makroskopskog, submikroskopskog i simboličkog nivoa reprezentacije

znanja uticati na performanse učenika u oblasti neorganskih reakcija, a takođe i kakav će biti njen uticaj na samoprocenu uloženog mentalnog napora.

Ukupan uzorak ovog istraživanja sačinjavalo je 313 učenika iz dve gimnazije, a istraživanje je sprovedeno u toku školske 2012/13. školske godine. Kao merni instrument za merenje performansi korišćen je dvoslojni test znanja sa zadacima višestrukog izbora, a svaki zadatak je praćen sedmostepenom skalom Likertovog tipa za samoprocenu uloženog mentalnog napora.

Dobijeni rezultati pokazuju da primenjena instrukciona strategija, koja se oslanja na primenu višestrukih nivoa reprezentacije znanja vodi povećanju učeničkih performansi, a istovremeno i smanjenju kognitivnog opterećenja. Rezultati dobijeni za procenu instrukcione efikasnosti sugerišu da primenjeni model predstavlja efikasan nastavni model.

Dalje istraživanja performansi pokazala su da primenjena instrukciona strategija ima podjednako pozitivan uticaj kako na performanse, tako i na procenjeni mentalni napor ispitanika oba pola. Ispitivana strategija takođe se pokazala efikasnom u obuci svih ispitivanih grupa učenika (najmanje uspešnih, srednje uspešnih i najuspešnijih).

	<p>Pored toga rezultati su ukazali i na postojanje velikog broja miskoncepcija u K grupi ispitanika, dok su u E grupi, koja je učestvovala u eksperimentalnoj nastavi, veliki broj miskoncepcija bio eliminisan.</p> <p>Na kraju, rezultati analize kognitivne kompleksnosti ukazali su na postojanje značajnih korelacija između svih ispitivanih parova varijabli (performanse-kognitivna kompleksnost; performanse-mentalni napor i mentalni napor-kognitivna kompleksnost).</p>
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	27.3.2014.
Datum odbrane: DO	2015. godina
Članovi komisije: (Naučni stepen/ime/prezime/zvanje/fakultet) KO Predsednik:	Dr Mira Popović, redovni profesor, PMF, Novi Sad
Mentor:	Dr Mirjana Segedinac, redovni profesor, PMF, Novi Sad
Član:	Dr Jasna Adamov, vanredni profesor, PMF, Novi Sad
Član:	Dr Snežana Babić-Kekez, vanredni profesor, PMF, Novi Sad

Član:

Dr Olivera Gajić, redovni profesor,
FF, Novi Sad

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCES
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monography document
Type of record: TR	Printed text
Contents code: CC	PhD Thesis
Author: AU	Dušica D. Milenković
Supervisor: MN	Mirjana Segedinac, full professor, Faculty of Sciences, University of Novi Sad
Title: TI	Development and evaluation of instructional strategy based on the triplet model of inorganic chemistry content representation in high school education
Language of text: LT	Serbian (Latin)
Language of abstract: LA	Serbian (Latin) and English

Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2014.
Publisher: PU	Author's reprint
Publishing place: PP	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3
Physical description: PD	Chapters: 5 / pages: 201 / references: 141/ tables: 50/ figures: 34/ appendix: 1.
Scientific field: SF	Chemistry
Scientific discipline: SD	Methods of teaching chemistry
Subject/Key words: UC	Triplet model, levels of representation, cognitive load, mental effort, instructional efficiency, misconceptions, two-tier test
Holding data: HD	Library of the Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad
Note: N	–
Abstract: AB	The central goal of this dissertation was to examine the extent to which a teaching approach focused on the interaction among macroscopic, submicroscopic and symbolic levels of chemistry re-

presentations could affect high school students' performance in the field of inorganic reactions, as well as to examine how the applied instruction influences students' assessment of invested mental effort.

The total sample of this research included 313 high school students. The survey was conducted in the 2012-2013 school year. As a measuring instrument for student performance a two-tier multiple-choice test of knowledge was used. Each task in the test was followed by a seven point Likert-type scale for evaluation of invested mental effort.

Obtained results indicate that a teaching strategy relying on the interplay between three levels of knowledge representation leads to an increase in students' performance and also contributes to the reduction of cognitive load. The obtained results for calculated mental efficiency suggest that the applied instructional model represents an effective teaching model. Further performance testing have shown that applied instructional strategy have similar positive impact in terms of both performance and mental effort on the subjects of both genders. This strategy has also proved to be effective in training all examined groups of students (low achievers, middle achievers

	<p>and high achievers). In addition, results indicated the existence of a large number of misconceptions in the K group, while in the group E, that was subjected to experimental teaching, a great deal of misconceptions was eliminated.</p> <p>Last but not least, the results of cognitive complexity analysis indicated the existence of significant correlations between all the examined pairs of variables (performance-cognitive complexity; performance-mental effort; mental effort-cognitive complexity).</p>
<p>Accepted by scientific board: ASB</p>	27.3.2014.
<p>Defended: DE</p>	2015.
<p>Thesis defend board: (Degree/name/surname/title/faculty) DB Chairperson:</p>	Dr. Mira Popović, full professor, Faculty of Sciences, Novi Sad
Mentor:	Dr. Mirjana Segedinac, full professor, Faculty of Sciences, Novi Sad
Member:	Dr. Jasna Adamov, associate professor, Faculty of Sciences, Novi Sad
Member:	Dr. Snežana Babić-Kekez, assistant professor, Faculty of Sci-

	ences, Novi Sad
Member:	Dr. Olivera Gajić, full professor, Faculty of Philosophy, Novi Sad