

Razumevanje kemijskih pojmov na submikroskopski ravni pri učencih devetega razreda osnovne šole

Understanding of chemical concepts at the sub-microscopic level of the ninth grade students of elementary school

Miha Slapničar, Valerija Tompa in Saša A. Glažar

*Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta
miha.slapnicar@pef.uni-lj.si*

Povzetek

Submikroskopske predstavitve so učencem težje razumljive, kar je posledica abstraktnosti delčne narave snovi. Rezultati raziskav potrjujejo omenjeno trditev, saj imajo učenci razvita napačna razumevanja kemijskih pojmov na submikroskopski ravni.

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali imajo učenci devetega razreda osnovne šole razvita napačna razumevanja kemijskih pojmov: agregatno stanje snovi, zmes, čista snov, element, spojina, fizikalna in kemijska sprememba ter kemijska reakcija na submikroskopski ravni.

V vzorec raziskave je bilo vključenih 188 učencev devetega razreda šestih osnovnih šol iz Ljubljane in okolice. Merski inštrument raziskave je predstavljal preizkus znanja s petimi avtentičnimi problemskimi nalogami. Preizkus znanja je ekonomičen, vsebinsko veljaven ter diskriminativen.

Rezultati raziskave kažejo, da ima 48,4 % učencev devetega razreda težave pri prepoznavanju submikroskopske predstavitve spojine. 67,0 % učencev ne loči med submikroskopskima porazdelitvama delcev v trdnem in tekočem agregatnem stanju vode. Več kot 75,0 % učencev iz submikroskopskih predstavitev prepozna zmes, čisto snov in fizikalno spremembo. 99,5 % učencev je uspešnih pri prepoznavanju elementa iz shem porazdelitve delcev.

Glede na rezultate raziskave je mogoče skleniti, da učenci devetega razreda na submikroskopski ravni zamenjujejo porazdelitev delcev v tekočem in trdnem agregatnem stanju vode, ker še ne poznajo povezovanja molekul vode z vodikovimi vezmi. Večina učencev devetega razreda (88 %) iz submikropredstavitve reaktantov in produktov pri enostavni kemijski reakciji ni uspešno zapisala enačbe kemijske reakcije. V osnovni šoli bi bilo pri spoznavanju kemijskih pojmov in procesov za njihovo boljše razumevanje potrebno večje povezovanje makroskopske, submikroskopske in simbolne ravni predstavitve kemijskih pojmov.

Ključne besede: makroskopska raven, osnovna šola, razumevanje kemijskih pojmov, simbolna raven, submikroskopska raven.

Abstract

Sub-microscopic representations are more difficult to understand for pupils, which is due to the abstraction of the particle nature of matter. The research results confirm the above argument, since pupils misunderstand the chemical concepts at the sub-microscopic level.

The purpose of the study was to determine whether the ninth graders misunderstand the chemical concepts such as the aggregate state of matter, a mixture, a pure substance, an element, a compound, a physical and a chemical change, and a chemical reaction at the sub-microscopic level.

The survey sample included 188 ninth graders of six elementary schools in Ljubljana and its surroundings. The measurement instrument of the survey was the knowledge test with five authentic problem tasks. The knowledge test is economical, has content validity and is discriminatory.

The survey results show that 48.4% of the ninth graders have difficulties in identifying the sub-microscopic representation of a compound. 67.0% of the pupils do not distinguish between the sub-

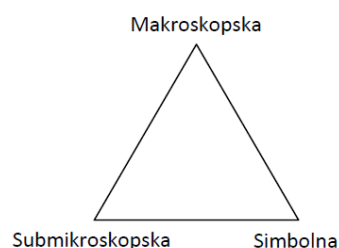
microscopic distribution of particles in the solid and liquid states of water. More than 75.0% of the pupils recognize a mixture, a pure substance and a physical change from sub-microscopic representations. 99.5% of the pupils are successful in identifying individual elements of the particle distribution schemes.

According to the research results it can be concluded that the ninth graders confuse the distribution of particles in the liquid and solid states of water at the sub-microscopic level, as they are not yet familiar with the hydrogen bonding of water molecules. The majority of the ninth graders (88%) failed to write down the equation of a chemical reaction from a sub-microscopic representation of reactants and products. In elementary school, when teaching chemistry concepts and processes, greater integration of the macroscopic, the sub-microscopic and the symbolic levels of representations of chemistry concepts would be essential a for better understanding of the chemistry concepts and processes.

Key words: macroscopic level, elementary school, understanding of chemical concepts, symbolic level, sub-microscopic level.

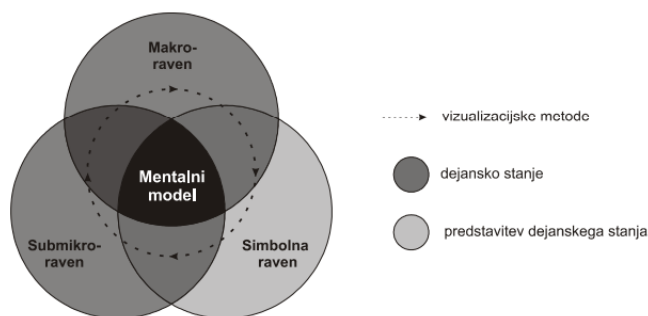
1. Uvod

Večina kemijskih pojmov je za razumevanje abstraktnih, kar je posledica kompleksnosti naravoslovnih procesov (Devetak, 2012). Kemijske pojme je mogoče predstaviti na makroskopski, submikroskopski in simbolni ravni (Slapničar, Svetičič, Torkar, Devetak in Glažar, 2015). Makroskopsko raven je mogoče zaznavati s pomočjo čutil. Na submikroskopski ravni so opažanja razložena z različnimi teorijami, ki se navezujejo na delčno predstavitev snovi. Submikroskopska raven kemijskega pojma je na simbolni ravni predstavljena z različnimi simboli, med katere sodijo kemijski simboli, formule, shematske predstavitve in enačbe kemijskih reakcij (Devetak in Glažar, 2007; Devetak, 2012). Johnstone (1982) je s trikotno povezavo ponazoril povezavo med vsemi tremi ravnmi predstavitve kemijskega pojma (slika 1). Z njo je želel poudariti pomen submikroskopske ravni za boljše razumevanje kemijskih pojmov (Devetak, 2012).



Slika 1: Johnstonov trikotnik treh ravni kemijskega pojma (Johnstone, 1982)

Drugi avtorji so Johnstonov trikotnik treh ravni kemijskega pojma preoblikovali (Chittleborough, Treagust in Mocerino, 2002) oziroma nadgradili (Devetak, 2012), saj so hoteli povezavo med vsemi tremi ravnmi predstavitve prikazati na čim bolj celovit način (Devetak in Glažar, 2007). Med drugim je bil oblikovan tudi model soodvisnosti treh ravni naravoslovnih pojmov (model STRP), ki je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Model soodvisnosti treh ravni naravoslovnih pojmov (Devetak, 2005)

V model STRP so vključene vse tri ravni predstavitve naravoslovnih oziroma kemijskih pojmov, ki se morajo pri ustrezno oblikovanem mentalnem modelu kemijskega pojma med seboj prekrivati (Devetak in Glažar, 2007). Primeren mentalni model kemijskega pojma je oblikovan takrat, ko učenec razume povezave med vsemi tremi ravnmi njegove predstavitve. Učitelji lahko ustrezne mentalne modele kemijskih pojmov pri učencih izoblikujejo z odpravo njihovih napačnih razumevanj (Sawrey, 1990; Gabel, 1993; Nakhleh, 1994; Garnett idr., 1995; Smith in Metz, 1996; Bradley idr., 1998; Gabel, 1999; Sanger, 2000; Šegedin, 2000; Wu, Krajcik in Soloway, 2001; Treagust idr., 2001; Chittleborough idr., 2002; Harrison in Treagust, 2002; Solsona idr., 2003; Laugier in Dumon, 2004; Halakova in Prokša, 2007; Sanger in Phelps, 2007; Stains in Talanquer, 2008; Devetak, Vogrinc idr., 2009; Devetak, Drogenik Lorber idr., 2009; Devetak in Glažar, 2010; Kern idr., 2010; Adadan in Savasci, 2011; de Berg, 2012, v Devetak, 2012).

Pri oblikovanju ustreznega razumevanja kemijskega pojma (Devetak in Glažar, 2007) na vseh treh ravneh predstavitve (Trumbo, 1999; Wu idr., 2001) si lahko učitelji pomagajo z uporabo ustreznih vizualizacijskih sredstev (Devetak in Glažar, 2007).

Submikroskopsko raven kemijskega pojma je mogoče predstaviti z vizualizacijskimi sredstvi, kot so animacije (Pozdrec Intihar in Glažar, 2011), metafore, analogije in modeli, s katerimi pojasnimo realni svet (Devetak in Glažar, 2007). Animacije so zelo pomembne pri razvijanju učenčevega razumevanja kemijskih pojmov. Z analogijami je nepoznano področje predstavljeno s pomočjo učencem znanih primerov, kar omogoča boljše razumevanje določene naravoslovne učne vsebine. Submikroskopske predstavitve so lahko tudi analogni modeli nekega elementa oziroma spojine (Harrison in Treagust, 1998), s pomočjo katerih je mogoče oblikovati ustrezno razumevanje zgradbe snovi (Devetak, 2012).

Uporaba vizualizacijskih sredstev vpliva na učenčeve sposobnosti razumevanja abstraktnih kemijskih pojmov (Turkoguz, 2012). Vizualizacijska sredstva vplivajo tudi na razvijanje sposobnosti za uspešno reševanje kemijskih problemov (Cennamo, 1993; Erim in Yöndem, 2009; Çelik, 2010; Pekdağ, 2010, v Turkoguz, 2012). Na uspešnost reševanja kemijskih problemov (Ključne kompetence za vseživljenjsko učenje, evropski referenčni okvir, 2007) vplivajo predznanje in izkušnje učencev na določenem področju (Avramiotis in Tsaparlis, 2013) ter učiteljev način poučevanja, ki omogoča razvijanje razumevanja kemijskega pojma na vseh treh ravneh predstavitve hkrati (Slapničar idr., 2015). Rezultati raziskav (Lythcott, 1990; Laverty in McGarvey, 1991; Williamson in Abraham, 1995; Harrison in Treagust, 1996; Smith in Metz, 1996; Acquistapace, 1997; Bradley idr., 1998; Gabel, 1999; Lee, 1999; Sanger, 2000; Wu idr., 2001; Treagust idr., 2001; Bunce in Gabel, 2002; Chittleborough idr., 2002; Eskilsson in Hellden, 2003, v Devetak in Glažar, 2007) so pokazali, da so kemijski pojmi največkrat predstavljeni le na simbolni ravni. Učenci, ki so deležni samo tovrstnega načina poučevanja, ne morejo razviti ustreznega razumevanja kemijskega pojma (Devetak in Glažar, 2007).

Ahtee in Varjola (1998) sta ugotovila, da ena četrtnina 13- in 14-letnikov ne razlikuje med pojmom kemijska in fizikalna sprememba. Podobno sta ugotovila za populacijo 17- in 18-

letnikov. Rezultati raziskave (Schollum, 1981) so pokazali, da kar 70 % 14-letnikov ne prepozna fizikalne spremembe.

Tóth in Kiss (2006) sta ugotovila, da imajo dijaki, stari od 13 do 17 let, težave pri ločevanju med heterogenimi in homogenimi zmesmi, čisto snovjo in zmesjo ter elementom in spojino na submikroskopski ravni.

V raziskavi (Devetak, Šket, Pozdrec Intihar, Dušak in Glažar, 2007) so pri slovenskih učencih osmega razreda preverjali razumevanje kemijskih pojmov (element, spojina, zmes in agregatno stanje snovi) na submikroskopski ravni. Pri prepoznavanju trdne snovi na submikroskopski ravni je bilo uspešnih 85,4 % učencev. Učenci so bili manj uspešni pri določanju delčne predstavitve spojine (47,6 %), elementa (46,8 %), zmesi plinov (41,5 %) in zmesi elementa in spojine (39,0 %). Iz rezultatov raziskave je mogoče skleniti, da imajo testirani učenci osmega razreda težave pri sočasnem določanju dveh spremenljivk (na primer zmesi in plinastega agregatnega stanja; zmesi in elementa ali spojine) (Devetak idr., 2007). Osnovnošolci imajo težave tudi pri razumevanju delčnih predstavitev snovi in sprememb snovi (Özmen, 2013). Razumevanje delčnih predstavitev je tesno povezano z razumevanjem pojma delec (Riaz, 2004).

Raziskavi (Devetak, Vogrinc idr., 2009; Devetak, Drofenik Lorber idr., 2009) sta potrdili, da imajo slovenski učenci razvita napačna razumevanja kemijskih pojmov na delčni ravni, med drugim tudi agregatnih stanj snovi (Devetak, Drofenik Lorber idr., 2009).

Učenci imajo težave tudi pri razumevanju simbolnih zapisov (Johnstone, 1982; Ben-Zvi idr., 1987, 1988; Haidar in Abraham, 1991; Griffiths in Preston, 1992; Valanides, 2000; Brosnan in Reynolds, 2001; Glažar idr., 2002; Šegedin, 2002; Devetak in Urbančič, 2003; Papageorgioua in Johnson, 2005; Stains in Talanquer, 2008; Tien idr., 2007; Kelly in Jones, 2008; Devetak, Vogrinc idr., 2009; Devetak in Glažar, 2010; Falvo idr., 2011; de Berg, 2012, v Devetak, 2012). Učenci imajo razvita neustrezna razumevanja simbolnih zapisov, oblikovanih glede na delčne predstavitve snovi (Devetak, 2012).

Pri frontalnem načinu poučevanja z uporabo učbenikov se za ponazoritev delcev na submikroskopski ravni uporabljajo pike ali krogci, ki predstavljajo atome, molekule oziroma ione (Bunce in Gabel, 2002). Rezultati raziskave (Özmen, 2013) so potrdili, da frontalen način poučevanja pri učencih ne vpliva na razvijanje ustreznega razumevanja agregatnih stanj snovi ter delčne ravni.

1.1 Raziskovalni problem

Iz predstavljenih rezultatov raziskav izhaja raziskovalni problem, kako učenci devetega razreda osnovne šole razumejo kemijske pojme: agregatno stanje snovi, zmes, čista snov, element in spojina, fizikalna in kemijska sprememba ter kemijska reakcija na submikroskopski ravni.

1.2 Namen raziskave

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali imajo učenci devetega razreda osnovne šole razvita napačna razumevanja kemijskih pojmov (agregatno stanje snovi, čista snov, zmes, element, spojina, fizikalna in kemijska sprememba ter kemijska reakcija) na submikroskopski ravni.

1.3 Raziskovalne hipoteze

V raziskavi so bile glede na teoretična izhodišča postavljene štiri raziskovalne hipoteze:

1. hipoteza: Več kot polovica testiranih učencev devetega razreda zna vodi na osnovi submikroskopske predstavitve pripisati ustrezno agregatno stanje.
2. hipoteza: Več kot ena četrtnina učencev devetega razreda ima težave pri prepoznavanju čistih snovi in zmesi iz shem na submikroskopski ravni.
3. hipoteza: Manj kot tri četrtine učencev devetega razreda prepozna fizikalno spremembo iz shem na submikroskopski ravni.
4. hipoteza: Manj kot ena četrtnina učencev devetega razreda zapiše neustrezno enačbo kemijske reakcije na osnovi sheme kemijske reakcije na submikroskopski ravni.

2. Metoda

V empirični raziskavi sta bili uporabljeni deskriptivna in kavzalno-neeksperimentalna metoda raziskovanja.

2.1 Vzorec raziskave

Raziskava je potekala v septembru šolskega leta 2015/2016. V raziskavo je bilo vključenih 188 učencev 9. razreda šestih osnovnih šol iz Ljubljane in njene okolice. V neslučajnostni vzorec raziskave je bila zajeta mešana urbana populacija, katere povprečna starost je bila 14 let.

2.2 Merski inštrument raziskave

Merski inštrument raziskave je preizkus znanja, ki so ga sestavili trije strokovnjaki s področja kemijskega izobraževanja. Sestavljen je iz petih avtentično zasnovanih problemskih nalog. Nekatero nalogo so sestavljene iz posameznih delnih nalog.

Merski inštrument raziskave je ekonomičen, ker vsebuje naloge izbirnega tipa in naloge kratkih odgovorov, ki jih je mogoče enostavno ovrednotiti. Preizkus znanja je vsebinsko veljaven, ker so bili pri njegovem sestavljanju upoštevani operativni učni cilji, navedeni v učnih načrtih. Inštrument so recenzirali trije strokovnjaki s področja raziskovanja.

Merski inštrument je diskriminativen, saj so naloge zastavljene na vseh treh kognitivnih stopnjah po Bloomu, kar omogoča ločevanje med učenci z boljšim in slabšim znanjem. Največ nalog je oblikovanih na drugi kognitivni stopnji (delni nalogi 3.2 in 3.3; 4. naloga in delna naloga 5.1). Manjše število nalog je zasnovanih na prvi (1. in 2. naloga ter delna naloga 3.1) oziroma na tretji kognitivni stopnji (delna naloga 5.2).

Preizkus znanja vključuje naloge izbirnega tipa z enim (1. naloga, delne naloge od 2. a do 2. č) oziroma več pravnimi odgovori (delna naloga 2. d, 4. naloga in delna naloga 5.1) in naloge s kratkimi odgovori (3. naloga in delna naloga 5.2). Naloge so bile oblikovane glede na specifikacijsko tabelo preizkusa znanja, v katero so vključeni tudi operativni učni cilji iz učnih načrtov za predmete spoznavanje okolja, naravoslovje in tehnika, naravoslovje in kemija.

Pri prvi nalogi so morali učenci ugotoviti, katera izmed prikazanih shem ponazarja porazdelitev delcev v tekočem, trdnem oziroma plinastem agregatnem stanju vode. S prvo nalogo je bilo mogoče preveriti povezovanje makroskopske in submikroskopske ravni agregatnih stanj vode.

Pri drugi nalogi je bilo preverjano razumevanje kemijskih pojmov spojina, plin, zmes plinov, zmes elementov in element v trdnem agregatnem stanju na submikroskopski ravni.

V prvem delu tretje naloge so morali učenci zapisati, v katerem agregatnem stanju se nahajata snovi, prikazani na shemah porazdelitve delcev. V drugem in tretjem delu naloge je bilo potrebno ugotoviti, katera shema ponazarja čisto snov in katera zmes.

S četrto nalogo je bilo mogoče preveriti razumevanje fizikalne spremembe snovi in njenih značilnosti na submikroskopski ravni.

V prvem delu pete naloge so morali učenci na osnovi branja submikroskopske predstavitve reaktantov in produktov kemijske reakcije ugotoviti, da sta reaktanta dva elementa in da je produkt plin. V drugem delu naloge so morali učenci zapisati enačbo kemijske reakcije na osnovi submikroskopske predstavitve kemijske reakcije; preverjana je bila sposobnost povezave med submikroskopsko in simbolno ravnjo predstavitve kemijske reakcije.

2.3 Potek raziskave

Za sodelovanje v raziskavi je bilo potrebno pridobiti pisna soglasja staršev učencev, učencev, učiteljev kemije in vodstva osnovnih šol.

Raziskava je potekala na šestih osnovnih šolah. Učenci so preizkus znanja reševali v učilnicah pod nadzorom učiteljev kemije. Učitelji so vsakemu izmed učencev omogočili enake pogoje za reševanje, kot so mirno in sproščeno okolje ter časovna omejitev reševanja na 20 minut.

Odgovori učencev so bili kodirani zaradi lažje obdelave podatkov in statistično obdelani v programu Microsoft Excel 2010 s pomočjo frekvenčne distribucije (absolutna frekvenca). Naknadno so bile določene tudi relativne frekvence posameznih odgovorov. Sledila je interpretacija rezultatov pri posamezni nalogi, vključeni v preizkus znanja. Interpretacija je zajemala predstavitev relativnih frekvenc pravih odgovorov (prikazane v tabelah) ter najpogostejših napačnih odgovorov učencev.

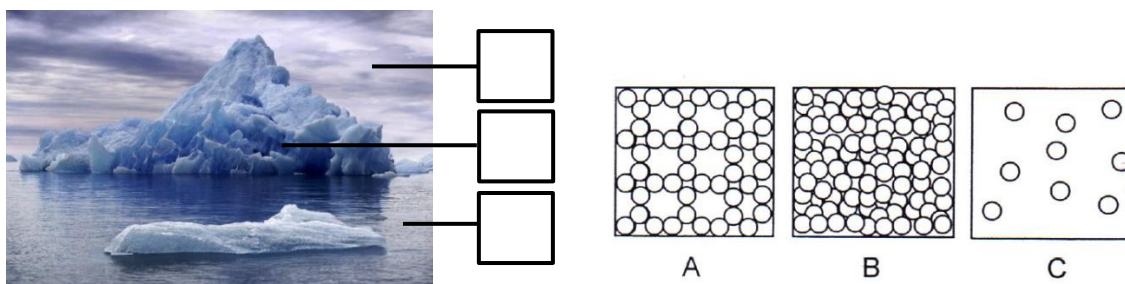
Kot kriterij za identifikacijo morebitnih napačnih razumevanj izbranih kemijskih pojmov na submikroskopski ravni je bila uporabljena razlaga, da učenci napačno razumejo kemijski pojem takrat, ko ga razumejo na način, ki ne ustreza njegovi strokovni razlagi (Hasan, Bagayoko in Kelley, 1999).

3. Rezultati z diskusijo

Predstavljeni so rezultati nalog, ki preverjajo razumevanje kemijskih pojmov na submikroskopski ravni, povezave med makroskopsko in submikroskopsko predstavitvijo agregatnih stanj vode oziroma med submikroskopsko in simbolno ravnjo predstavitve kemijske reakcije.

1. naloga

K sliki pripiši črke shem, ki ustrezno ponazarjajo tri različne porazdelitve delcev v vodi.



V tabeli 1 je podan pregled vrednosti relativnih frekvenc pravih odgovorov pri 1. nalogi v preizkusu znanja.

Pravilen odgovor: C (označitev oblakov), A (označitev ledene gore) in B (označitev morja).

Tabela 16: *Relativne frekvence pravih odgovorov pri 1. nalogi*

Shema porazdelitve delcev v vodi	Pravilen odgovor (f %)
shema C (plinasto agregatno stanje)	96,8
shema A (trdno agregatno stanje)	30,9
shema B (tekoče agregatno stanje)	29,8

*Pri 1. nalogi eden izmed učencev devetega razreda ni izbral submikroskopske predstavitve za plinasto agregatno stanje vode.

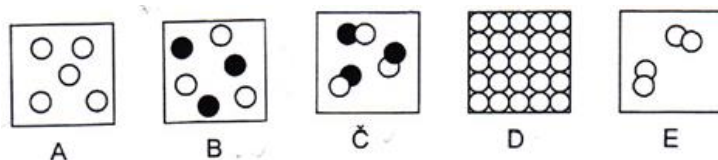
Pravilen odgovor je zapisalo 29,3 % učencev devetega razreda, ki so vsem trem makroskopskim predstavitev agregatnih stanj vode pripisali ustrezno porazdelitev delcev. Učenci so bili najuspešnejši (96,8 %) pri izbiranju delčne predstavitve, značilne za plinasto agregatno stanje vode. Pri določanju razporeditve delcev za tekoče oziroma trdno agregatno stanje je bila uspešna le slaba tretjina učencev.

Težave pri prepoznavanju porazdelitve delcev v trdnem agregatnem stanju so lahko posledica nepoznavanja vodikove vezi, s katero se molekule vode povezujejo v urejeno strukturo. Popolnoma napačen odgovor je zapisalo 3,2 % učencev, ki niso izbrali ustrezne submikroskopske predstavitve za nobenega izmed agregatnih stanj vode.

Iz rezultatov je razvidno, da je več kot polovica učencev devetega razreda uspešna le pri določanju porazdelitve delcev v plinastem agregatnem stanju vode. Na osnovi tovrstnih rezultatov je mogoče prvo hipotezo potrditi samo za plinasto agregatno stanje vode.

2. naloga

V shemah so prikazane porazdelitve delcev v različnih snoveh.



Za posamezno snov napiši črko od A do E, ki ustreza porazdelitvi delcev v tej snovi.

- Delce v zmesi plinov ponazarja shema _____
- Delce v trdnem elementu ponazarja shema _____
- Delce v zmesi elementov ponazarja shema _____
- Delce v spojini ponazarja shema _____
- Delce v plinu ponazarja shema _____

V tabeli 2 je podan pregled vrednosti relativnih frekvenc pravih odgovorov pri 2. nalogi v preizkusu znanja.

Tabela 17: *Relativne frekvence pravih odgovorov pri 2. nalogi*

Naloga	Shema porazdelitve delcev	Pravilen odgovor	f (%)
2. a	zmes plinov	shema B	58,8
2. b	trden element	shema D	99,5
2. c	zmes elementov	shema B	35,7
2. č	spojina	shema Č	51,6
2. d	plin	sheme A, B, Č, E	6,5

*Pri nalogi 2. a eden izmed učencev devetega razreda ni navedel sheme, ki po njegovem mnenju ponazarja porazdelitev delcev v zmesi plinov. Pri nalogah 2. b, 2. č in 2. d po dva izmed učencev devetega razreda nista izbrala submikroskopske predstavitve za trden element, spojino oziroma plin. Pri nalogi 2. c trije izmed učencev devetega razreda niso določili sheme za zmes elementov.

Delna naloga 2. a

58,8 % učencev devetega razreda je pri nalogi 2. a pravilno določilo shemo (shema B), ki ponazarja porazdelitev delcev v zmesi plinov. Najpogostejši napačen odgovor je podalo 13,4 % učencev, ki so izbrali shemo Č, na kateri je prikazana razporeditev delcev v spojini, ki je plin. 12,3 % učencev je bilo mnenja, da je pravilna shema A, ki prikazuje porazdelitev delcev v elementu, ki je plin. 10,7 % učencev je menilo, da shema E ustreza submikroskopski predstavitvi zmesi plinov, čeprav ta prikazuje element v plinastem agregatnem stanju. Shema D je izbral eden izmed učencev devetega razreda.

4,3 % učencev se je odločilo ne le za pravilen odgovor (shema B), temveč tudi za enega izmed napačnih odgovorov (shema A oziroma Č).

Zaključimo lahko, da imajo učenci, ki so izbrali shemo A, Č, D oziroma E, težave pri ločevanju med submikroskopskimi predstavitvami zmesi in čistih snovi (elementa ali spojine). Učenec, ki je menil, da je pravilen odgovor D, ima težave tudi pri razlikovanju med porazdelitvama delcev v plinastem in trdnem agregatnem stanju snovi.

Delna naloga 2. b

99,5 % učencev devetega razreda je pri nalogi 2. b izbralo ustrezno shemo (shema D), ki ponazarja razporeditev delcev v trdnem elementu. Napačen odgovor je podal zgolj eden izmed učencev, ki je menil, da je pravilna shema B. Shema B ponazarja razporeditev delcev v zmesi plinov. Ugotovimo lahko, da učenci devetega razreda nimajo težav pri razumevanju pojma element (trdno agregatno stanje) na submikroskopski ravni.

Delna naloga 2. c

35,7 % učencev devetega razreda je pri nalogi 2. c izbralo submikroskopsko predstavitev (shema B), ki je značilna za zmes elementov. Najpogostejši napačen odgovor je zapisalo 34,1 % učencev, ki so se odločili za shemo Č. Učenci devetega razreda, ki so izbrali shemo Č, ne ločijo med razporeditvijo delcev v spojini in zmesi elementov. 23,8 % učencev je menilo, da shema E ustreza delčni predstavitvi zmesi elementov. Tisti učenci, ki so se odločili za shemo E, ne razlikujejo med elementom in zmesjo elementov na submikroskopski ravni.

1,1 % učencev devetega razreda je poleg pravih odgovorov (shema B) izbralo tudi shemo Č. 0,5 % učencev je navedlo, da sta poleg sheme B, pravilni tudi shemi A in E, ki ponazarjata element.

Iz rezultatov pri nalogi 2. c je mogoče ugotoviti, da ima večina učencev (64,3 %) težave pri ločevanju med čistimi snovmi (element, spojina) in zmesjo elementov na submikroskopski ravni.

Delna naloga 2. č

Pri nalogi 2. č je pravilno odgovorilo 51,6 % učencev devetega razreda, ki so izbrali shemo Č, na kateri je prikazana razporeditev delcev v spojini. Najpogostejši napačen odgovor je navedlo 33,9 % učencev, ki so menili, da je pravilna shema E, ki prikazuje molekule elementa v plinastem agregatnem stanju. 5,4 % učencev je bilo mnenja, da sta pravilni shemi Č in E. Enak odstotek učencev je trdil, da je pravilen odgovor B. 2,2 % učencev je izbralo shemi B in Č. Za shemo A se je odločilo 1,6 % učencev.

Glede na rezultate pri nalogi 2. č je mogoče skleniti, da ima 40,9 % učencev, ki so izbrali shemo A oziroma E, težave pri ločevanju med submikroskopskima predstavitevama elementa in spojine.

Delna naloga 2. d

Nalogo 2. d je popolnoma pravilno rešilo le 6,5 % učencev, ki so izbrali vse štiri sheme (A, B, Č in E), na katerih je prikazana razporeditev delcev v plinu.

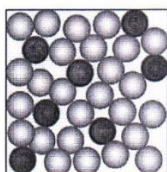
99,5 % učencev devetega razreda je določilo eno ali več shem, ki ponazarjajo porazdelitev delcev v plinu. Večina učencev (72,0 %) je izbrala zgolj eno izmed ustreznih shem (shema A), kar je zelo verjetno posledica upoštevanja nenatančnih navodil naloge. Shemi A in B oziroma shemi A in E je izbralo 2,2 % učencev. Zgolj eden izmed učencev je določil tri ustrezne sheme (A, B, Č).

Iz rezultatov je razvidno, da večina učencev devetega razreda nima težav pri izbiranju submikroskopske predstavitve značilne za plin, saj so dali vsaj enega izmed pravih odgovorov.

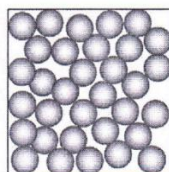
3. naloga

Podani sta porazdelitvi delcev v dveh snoveh.

prva shema



druga shema



Legenda:

svetlejši krogci – prva snov

temnejši krogci – druga snov

Primerjaj porazdelitvi delcev in odgovori na vprašanja.

3.1 V katerem agregatnem stanju sta snovi, katerih porazdelitve delcev sta podani na prvi in drugi shemi?

3.2 Na kaj lahko sklepamo na osnovi prikaza v prvi shemi?

3.3 Na kaj lahko sklepamo na osnovi prikaza v drugi shemi?

V tabeli 3 je podan pregled vrednosti relativnih frekvenc pravih odgovorov pri 3. nalogi v preizkusu znanja.

Tabela 18: *Relativne frekvence pravih odgovorov pri 3. nalogi*

Naloga	Pravilni odgovori	Pravilni odgovori (f %)
3.1	tekoče, kapljevino agregatno stanje, tekočina, kapljevina	54,7
3.2	zmes, zmes snovi, atomi dveh elementov, dva elementa, dve različni čisti snovi	82,6
3.3	čista snov, element, ena snov, snov enega elementa, tekočina, enaki delci, le eni atomi	85,5

*Pri nalogi 3.1 sedem učencev devetega razreda ni podalo odgovora na zastavljeno vprašanje. Naloge 3.2 ni rešilo šestnajst učencev devetega razreda. Pri nalogi 3.3 triindvajset učencev devetega razreda ni odgovorilo na postavljeno vprašanje.

Delna naloga 3.1

54,7 % učencev devetega razreda je pri nalogi 3.1 ugotovilo, da prva in druga shema ponazarjata porazdelitev delcev snovi v tekočem oziroma kapljevinskem agregatnem stanju. Najpogostejši napačen odgovor je podalo 39,8 % učencev, ki so v odgovoru zapisali, da se snovi nahajata v trdnem agregatnem stanju. Učenci, ki so tako odgovorili, imajo težave pri razlikovanju med razporeditvama delcev v tekočem in trdnem agregatnem stanju snovi. Zgolj 2,8 % učencev je odgovorilo, da se snovi nahajata v plinastem agregatnem stanju.

Delna naloga 3.2

82,6 % učencev devetega razreda je pri nalogi 3.2 zapisalo, da je na prvi shemi prikazana zmes (dve različni čisti snovi), dva elementa oziroma atomi dveh elementov. Najpogostejši pravi odgovor je podalo 73,8 % učencev, ki so odgovorili, da prva shema prikazuje zmes oziroma zmes snovi. Najpogostejši napačen odgovor je zapisalo 5,8 % učencev, ki so menili, da prva shema ponazarja razporeditev delcev v spojini.

Delna naloga 3.3

85,5 % učencev devetega razreda je pri nalogi 3.3 odgovorilo, da je na drugi shemi prikazana porazdelitev delcev, ki je značilna za čisto snov (element, enaki delci, le eni atomi, ena snov, element) oziroma tekočino. Najpogostejši napačen odgovor je podalo 3,0 % učencev, ki so menili, da se snov nahaja v trdnem agregatnem stanju.

Glede na rezultate nalog 3.2 in 3.3 je mogoče skleniti, da ima manj kot ena četrtnina učencev devetega razreda težave pri prepoznavanju čistih snovi in zmesi iz shem na submikroskopski ravni. Druga hipoteza je zato potrjena.

4. naloga

Shemi prikazujeta porazdelitev atomov nekega elementa pred in po segrevanju. Katera trditev velja?



Pri reševanju zanemari število delcev, ki so narisani v shemah. Oglej si shemi in ugotovi, katere spodnje trditve so pravilne.

- a Spremenila se je razporeditev atomov, ker je nastala nova snov.
- b Snov se ni spremenila, spremenila pa se je razporeditev atomov.
- c Snov se ni spremenila, ker se ni spremenila razporeditev snovi.
- č Potekla je fizikalna sprememba snovi.

Napiši pravilne trditve: _____

V tabeli 4 je prikazan pregled vrednosti relativnih frekvenc pravih odgovorov pri 4. nalogi v preizkusu znanja.

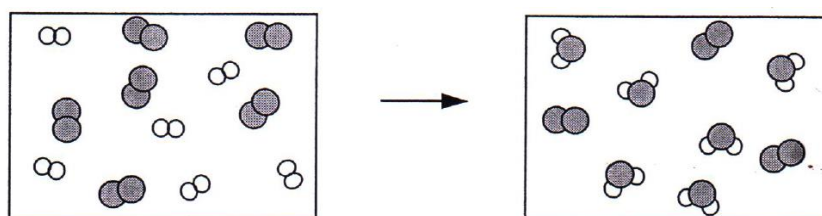
Tabela 19: Relativne frekvence pravih odgovorov pri 4. nalogi

Pravilen odgovor	Pravilen odgovor (f %)
b in č	57,5

Popolnoma pravilno je odgovorilo 57,5 % učencev devetega razreda, ki so ugotovili, da je na submikroskopski predstavitvi predstavljen proces fizikalne spremembe in sprememba razporeditve atomov. 10,1 % učencev se je odločilo le za odgovor b. Zgolj odgovor č je izbralo 3,2 % učencev. 20,7 % učencev je poleg enega oziroma obeh pravih odgovorov izbralo še enega izmed napačnih odgovorov (a ali c). Popolnoma napačno je odgovorilo 10,1 % učencev, ki niso navedli nobenega izmed pravih odgovorov. 67,6 % učencev je določilo ustrezne značilnosti fizikalne spremembe snovi (sprememba razporeditve atomov). 76,1 % učencev je prepoznalo proces fizikalne spremembe iz submikroskopske predstavitve, kar pomeni, da je tretja hipoteza zavržena.

5. naloga

Podana sta začetno in končno stanje porazdelitve delcev pri neki kemijski reakciji.



Legenda: reaktant A reaktant B

Primerjaj shemi in ugotovi, katere trditve so pravilne.

- a Pri kemijski reakciji sta se oba reaktanta porabila.
- b Produkt je plin.
- c Reagirala sta dva elementa.
- č Nastale so molekule s formulo A_2B .

5.1 Napiši pravilne trditve:

5.2 Simbolno zapiši enačbo kemijske reakcije:

V tabeli 5 je podan pregled vrednosti relativnih frekvenc pravih odgovorov pri peti nalogi v preizkusu znanja.

Tabela 20: *Relativne frekvence pravih odgovorov pri 5. nalogi*

Naloga	Pravilen odgovor	Pravilen odgovor (f %)
5.1	b in c	46,2
5.2	$A_2 + 2 B_2 \rightarrow 2 AB_2$	12,0

*Pri nalogi 5.1 dva izmed učencev devetega razreda nista odgovorila. Pri nalogi 5.2 šestiinštirideset učencev ni oblikovalo simbolnega zapisa za enačbo kemijske reakcije.

Delna naloga 5.1

Pri nalogi 5.1 je oba pravilna odgovora (b, c) podalo 46,2 % učencev devetega razreda. Le odgovor b je izbralo 4,8 % učencev, medtem ko zgolj odgovor c 9,7 % učencev. 9,7 % učencev se je odločilo za enega izmed pravih (odgovor c) in napačnih odgovorov (odgovor a). 4,3 % učencev je menilo, da je poleg obeh pravih odgovorov pravilen tudi odgovor a. Enak odstotek učencev je izbral odgovora a in b, odgovora c in č, odgovore b, c, č oziroma odgovore a, b in c. 3,8 % učencev se je odločilo za odgovora b in č. Odgovor a, c, č je zapisal le eden izmed učencev.

Delna naloga 5.2

Pri nalogi 5.2 je zgolj 12,0 % učencev devetega razreda oblikovalo ustrezen simbolni zapis za enačbo kemijske reakcije na osnovi submikroskopske predstavitve, kar pomeni, da je četrta hipoteza zavrnjena.

Pravilne reaktante kemijske reakcije je oblikovalo 57,0 % učencev, medtem ko produkte 33,1 % učencev.

6,3 % učencev je zapisalo neurejeno enačbo kemijske reakcije s pravilno podanimi reaktanti in produkti kemijske reakcije. Pravilne reaktante in produkta AB_2 in A_2 je zapisalo 16,2 % učencev. 12,7 % učencev je zapisalo pravilne reaktante in napačen oziroma napačne produkte kemijske reakcije.

7,8 % učencev je oblikovalo enačbo kemijske reakcije po shemi. Omenjeni učenci so na podlagi štetja delcev (molekul), prikazanih na submikroskopskih predstavitevah, zapisali enačbo kemijske reakcije.

Popolnoma napačne odgovore je zapisalo 20,4 % učencev, ki niso oblikovali ustreznih simbolnih zapisov za reaktante in produkte kemijske reakcije.

Na osnovi pregleda reševanja nalog je mogoče ugotoviti, da imajo skoraj vsi učenci devetega razreda razvito ustrezno razumevanje povezave med makroskopsko in

submikroskopsko predstavitevijo plinastega agregatnega stanja vode, elementa v trdnem agregatnem stanju in plina na submikroskopski ravni.

Skoraj dve tretjini učencev devetega razreda ima oblikovano napačno razumevanje kemijskega pojma zmes elementov na delčni ravni. Iz rezultatov lahko sklepamo, da imajo učenci devetega razreda težave pri določanju dveh spremenljivk (spremenljivki – zmes in dva elementa).

Več kot dve tretjini učencev ima razvito neustrezno razumevanje tekočega in trdnega agregatnega stanja vode na submikroskopski in makroskopski ravni, kar je lahko posledica nepoznavanja povezovanja molekul vode z vodikovimi vezmi. Raziskava (Devetak, Drofenik Lorber idr., 2009) je prav tako potrdila, da imajo učenci razvita napačna razumevanja agregatnih stanj snovi na delčni ravni.

Manj kot polovica učencev ima razvita napačna razumevanja spojine, zmesi plinov in tekočega agregatnega stanja snovi na submikroskopski ravni. Ugotovitve raziskave so podobne rezultatom raziskave (Devetak idr., 2007), saj je imela nekoliko več kot polovica učencev osmega razreda težave pri razumevanju submikroskopskih predstavitev spojine in zmesi plinov.

Več kot štiri petine učencev ima razvito napačno razumevanje kemijske reakcije na submikroskopski in simbolni ravni. Devetak (2012) prav tako navaja, da imajo učenci glede na izsledke raziskav razvita napačna razumevanja simbolnih zapisov, oblikovanih na osnovi delčne predstavitve snovi.

Večina učencev ima izoblikovano ustrezno razumevanje kemijskih pojmov element, agregatno stanje (plinasto agregatno stanje vode, plinasto in tekoče agregatno stanje snovi), zmes, čista snov, fizikalna sprememba snovi in spojina na submikroskopski ravni.

4. Zaključek

Skleniti je mogoče, da ima največ učencev devetega razreda razvita napačna razumevanja kemijske reakcije na submikroskopski ravni. Taskin in Bernholt (2014) navajata, da je za odpravo napačnih razumevanj kemijske reakcije pomembno razumevanje abstraktnega zapisa kemijskih formul, simbolov in enačb.

Iz rezultatov naše raziskave je razvidno, da bi učitelji kemije morali svoje nadaljnje poučevanje kemijskih učnih vsebin usmeriti k odkrivanju morebitnih napačnih razumevanj kemijskih pojmov na submikroskopski ravni ter odkrita napačna razumevanja odpravljati z ustreznim načinom poučevanja (izbira metode in oblike dela). Özmen (2013) poudarja, da frontalen način poučevanja pri učencih ne vpliva na oblikovanje ustreznega razumevanja agregatnih stanj snovi in delčne ravni.

Zaključki raziskave podajajo smernice za izboljšanje izobraževalnega procesa na področju poučevanja in učenja kemijskih učnih vsebin na delčni ravni. Te so: (1) poučevanje in učenje kemijskih učnih vsebin naj bosta vezana na predstavitev kemijskih pojmov na vseh treh ravneh in na njihovi povezavi, (2) uporaba vizualizacijskih sredstev (animacije, analogije in analogni modeli) za zmanjšanje oziroma preprečevanje nastanka napačnih razumevanj kemijskih pojmov, (3) uporaba sodobnih pristopov pri poučevanju, ki omogočajo povezovanje vseh treh ravni (makroskopske, submikroskopske in simbolne), (4) vključevanje avtentičnih problemskih nalog ter razvijanje sposobnosti reševanja kemijskih problemov pri učencih. Submikroskopske predstavitve (Devetak, Vogrinc in Glažar, 2010) in predstavitve na vseh treh ravneh hkrati so v slovenskih učbenikih za kemijo redko zastopane. Najpogostejše predstavitve v učbenikih so predstavitve na simbolni ravni, ki je za razumevanje najbolj abstraktna. Najredkejše pa so predstavitve na makroskopski ravni, ki jo učenci najlažje razumejo (Devetak, 2012). Prihodnja učna gradiva bi bilo smiselno oblikovati tako, da bi vsebovala predstavitve kemijskih pojmov na vseh treh ravneh hkrati. S tem bi izboljšali

razumevanje kemijskih pojmov pri učencih. Zaključki raziskave se posredno navezujejo tudi na zahtevane standarde znanja, ki jih predpisuje učni načrt za kemijo v osnovnošolskem izobraževanju. Opaziti je mogoče, da vsa predpisana in trenutno veljavna učna gradiva ((i-)učbeniki in delovni zvezki), tem zahtevam ne sledijo popolnoma. Učitelji bi morali zato pri poučevanju strmeti k temu, da bi kemijske učne vsebine predstavljali tudi s pomočjo ustrezno izbrane sodobne IKT tehnologije. Najbolj ustrezno bi bilo, da bi učenci učno vsebino spoznavali skozi reševanje avtentičnih problemskih nalog, ki bi temeljile na povezovanju vseh treh ravni kemijskih pojmov. Pri poučevanju kemijskega pojma naj učitelji izhajajo iz makroskopske ravni, ki jo lahko predstavijo z ustreznim slikovnim gradivom, eksperimenti in video predstavitvami. Razlagi makroskopske ravni naj vedno sledi predstavitev kemijskega pojma na submikroskopski ravni. To raven snovi lahko prikažejo s fizičnimi modeli, ter z animacijami na submikroskopski ravni delcev. Iz submikroskopske predstavitve naj nato učitelj oblikuje simbolni zapis s kemijsko formulo, enačbo reakcije, ali z ustrezno grafično predstavitvijo.

Za prihodnje raziskovalno delo bi bilo smiselno raziskavo nadgraditi z analizo uspešnosti reševanja avtentičnih problemskih nalog glede na spol učencev, razvitost formalno-logičnega mišljenja in njihovega interesa za učenje kemije.

5. Literatura

- Ahtee, M. in Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20(3), 305–316.
- Avramiotis, S. in Tsaparlis, G. (2013). Using computer simulations in chemistry problem solving. *Chemistry Education Research and Practice*, (14), 297–311.
- Bunce, D. M. in 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.
- Chittleborough, G. D., Treagust, D. F. in Mocerino, M. (2002). *Constraints to the Development of First Year University Students' Mental Models of Chemical Phenomena*. Pridobljeno s <https://ctl.curtin.edu.au/events/conferences/tlf/tlf2002/refereed/chittleborough.pdf>
- Devetak, I. (2005). *Pojasnjevanje latentnega prostora razumevanja submikroreprezentacij v naravoslovju* (Doktorska disertacija). Pedagoška fakulteta, Ljubljana.
- Devetak, I. (2012). *Zagotavljanje kakovostnega znanja naravoslovja s pomočjo submikroreprezentacij*. Ljubljana: Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani.
- Devetak, I., Drogenik Lorber, E., Jurišević, M. in Glažar, S. A. (2009). Comparing Slovenian Year 8 and Year 9 Elementary School Pupils' Knowledge of Electrolyte Chemistry and their Intrinsic Motivation. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(4), 281–290.
- Devetak, I. in Glažar, S. A. (2007). Razumevanje kemijskih pojmov na submikroskopski ravni in sposobnost vizualizacije pri dijakih, starih 16 let. V I. Devetak (ur.), *Elementi vizualizacije pri pouku naravoslovja* (str. 9–36). Ljubljana: Pedagoška fakulteta.
- Devetak, I., Šket, B., Pozderek Intihar, N., Dušak, D. in Glažar, S. A. (2007). Uporaba periodnega sistema kot vira informacij pri poučevanju zgradbe atoma in kemijske vezi pri učencih starih 14 let. V M. Vrtačnik in I. Devetak (ur.), *Akcijsko raziskovanje za dvig kvalitete pouka naravoslovnih predmetov* (str. 115–167). Ljubljana: Naravoslovnotehniška fakulteta in Pedagoška fakulteta.
- Devetak, I., Vogrinc, J. in Glažar, S. A. (2009). Assessing 16-year-old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level. *Research in Science Education*, 39(2), 157–179.

- Devetak, I., Vogrinc, J. in Glažar, S. A. (2010). States of matter explanations in Slovenian textbooks for students aged 6 to 14. *International Journal of Environmental & Science Education*, 5(2), 217–235.
- Harrison, A. G. in Treagust, D. F. (1998). Modelling in Science Lessons: Are There Better Ways to Learn With Models?. *School Science and Mathematics*, 98(8), 420–429.
- Hasan, S., Bagayoko, D. in Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the Certainty of Response Index (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and Micro-chemistry. *The School Science Review*, 64(227), 377–379.
- Ključne kompetence za vseživljenjsko učenje, evropski referenčni okvir (2007). Priloga k Priporočilu Evropskega parlamenta in Sveta z dne 18. decembra 2006. Pridobljeno s http://bookshop.europa.eu/sl/klju-ne-kompetence-za-vse-ivljenjsko-u-enje-pbNC7807312/downloads/NC-78-07-312-SL-C/NC7807312SLC_002.pdf;pgid=y8dIS7GUWmdSR0EAIMEUUsWb0000f8jXy0mQ;sid=0gVjiejz0qtjkb1xUfz9Lo7G1dZIWqGAzHc=?FileName=NC7807312SLC_002.pdf&SKU=NC7807312SLC_PDF&CatalogueNumber=NC-78-07-312-SL-C
- Özmen, H. (2013). A cross – national review of the studies on the particulate nature of matter and related concepts. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 5(2), 81–90.
- Pozdrec Intihar, N. in Glažar, S. A. (2011). Agregatna stanja in prehodi med njimi na makroskopski in submikroskopski ravni. V M. Skvarč in S. Božič (ur.), *Konferenca učiteljev naravoslovnih predmetov: Zbornik povzetkov* (str. 65). Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- Riaz, M. (2004). Helping children to understand particulate nature of matter. *Alberta Science Journal*, 36(2), 56–59.
- Schollum, B. (1981). *Chemical change: A working paper of the Learning in Science Project* (no. 27). New Zealand: University of Waikato.
- Slapničar, M., Svetičič, Š., Torkar, G., Devetak, I. in Glažar, S. A. (2015). Spremljanje reševanja avtentičnih naravoslovnih problemov. V M. Orel (ur.), *Mednarodna konferenca EDUvision 2015* (str. 404-414). Ljubljana: EDUvision, Stanislav Jurjevčič s. p.
- Taskin, V. in Bernholt, S. (2014). Student's Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157–185.
- Tóth, Z. in Kiss, E. (2006). Using particulate drawings to study 13–17 years olds' understanding of physical and chemical composition of matter as well as the state of matter. *Practice and Theory in Systems of Education*, (1), 109–125.
- Trumbo, J. (1999). Visual Literacy and Science Communication. *Science Communication*, 20(4), 409–425.
- Turkoguz, S. (2012). Learn to teach chemistry using visual media tools. *Chemical Education Research and Practice*, (13), 401–409.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S. in Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualisation Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821–842.

Kratka predstavitev avtorjev

Miha Slapničar je profesor kemije in biologije. Na Pedagoški fakulteti je zaposlen kot asistent za kemijsko izobraževanje. Na fakulteti je študent doktorskega študija s področja izobraževanja učiteljev, kemijsko izobraževanje. Področje raziskovalnega dela je trojna narava kemijskih pojmov in napačna razumevanja kemijskih pojmov pri vsebini kemijskih reakcij.

Valerija Tompa je profesorica kemije in gospodinjstva. Na Pedagoški fakulteti je študentka enoletnega študijskega programa druge stopnje predmetnega poučevanja.