

Ово дело је заштићено лиценцом Креативне заједнице Ауторство – некомерцијално – без прерада¹.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



¹ Опис лиценци Креативне заједнице доступан је на адреси creativecommons.org/rs/?page_id=74.



UNIVERZITET U NOVOM SADU
Prirodno-matematički fakultet

Dušica Rodić
Mirjana Segedinac
Tamara Rončević



METODIKA

nastave hemije I

2020
Novi Sad



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



Dušica D. Rodić
Mirjana D. Segedinac
Tamara N. Rončević

Metodika nastave hemije I

Novi Sad, mart 2020.

Naziv udžbenika: Metodika nastave hemije I

Autori: dr Dušica D. Rodić, docent,
Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

dr Mirjana D. Segedinac, redovni profesor,
Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

dr Tamara N. Rončević, docent,
Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

Recenzenti: dr Jasna Adamov, redovni profesor,
Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

dr Olivera Gajić, redovni profesor,
Filozofski fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

Izdavač: Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu

Glavni i odgovorni urednik: dr Milica Pavkov Hrvojević, redovni profesor,
dekan Prirodno-matematičkog fakulteta u
Novom Sadu

Udžbenik Metodika nastave hemije I (elektronsko izdanje) je odobren za upotrebu odlukom Nastavno-naučnog veća Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu na elektronskoj sednici održanoj 12.5.2020. godine (rešenje broj 0602-876/8 od 18.5.2020).

© Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2020. Sva prava zadržava izdavač. Zabranjena je svaka upotreba ili transformacija elektronskog dokumenta osim onih koji su eksplicitno dozvoljeni licencom Kreativne zajednice koja je navedena na početku publikacije.

O autorima



Dr Dušica D. Rodić je docent na Katedri za metodiku nastave hemije, Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Doktorirala je 2015. iz oblasti Metodike nastave hemije. Član je Srpskog hemijskog društva, Američkog hemijskog društva i Društva predmetnih didaktičara Srbije. Predsednik je Republičke komisije za osnovnoškolska takmičenja iz hemije i saradnik Zavoda za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja. Od 2018. je član uredništva međunarodnog časopisa *Journal of Baltic Science Education*.



Dr Mirjana D. Segedinac je redovni profesor i šef Katedre za metodiku nastave hemije, Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Doktorirala je 1992. iz oblasti Metodike nastave hemije. Član je Srpskog hemijskog društva i Društva predmetnih didaktičara Srbije. Član je Republičke komisije za osnovnoškolska takmičenja iz hemije i dugogodišnji saradnik Zavoda za unapređivanje kvaliteta obrazovanja i vaspitanja. Od 2014. je član uredništva časopisa *Journal of Subject Didactics*.



Dr Tamara N. Rončević je docent na Katedri za metodiku nastave hemije, Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Doktorirala je 2015. godine iz oblasti Metodike nastave hemije. Član je Srpskog hemijskog društva i Društva predmetnih didaktičara Srbije. Član je Republičke komisije za osnovnoškolska takmičenja iz hemije i saradnik Zavoda za unapređivanje obrazovanja i vaspitanja. Od 2019. je član uredništva časopisa *J-PEK*.

Sadržaj

1	Metodika nastave hemije kao naučna disciplina	1
1.1	Uvod	1
1.2	Predmet proučavanja	2
1.3	Metod saznavanja	2
1.4	Teorijski okviri	3
1.5	Metodika nastave hemije u sistemu naučnih disciplina	9
2	Hemija kao nastavni predmet	13
2.1	Pozicija hemije u sistemu savremenog obrazovanja	13
2.2	Specifičnosti hemije kao nastavnog predmeta	15
2.2.1	Eksperiment u nastavi hemije	15
2.2.2	Tri nivoa mišljenja u hemiji	16
2.2.2.1	Makroskopski nivo	18
2.2.2.2	Submikroskopski nivo	20
2.2.2.3	Hemijski jezik i simbolički nivo	21
2.2.2.4	Povezivanje nivoa reprezentacije znanja u nastavi hemije	26
2.3	Cilj nastave hemije i značaj hemije kao nastavnog predmeta	30
3	Struktura hemijskog znanja	35
3.1	Tipovi i nivoi znanja	35
3.1.1	Tip 1: deklarativno znanje	36
3.1.2	Tip 2: proceduralno znanje	36
3.1.3	Tip 3: metakognitivno znanje	37
3.1.4	Nivo 1: površno znanje	37
3.1.5	Nivo 2: duboko znanje	37

3.2	Formalna struktura hemijskog znanja. Sistemska mišljenja	38
3.3	Individualna struktura hemijskog znanja	42
3.3.1	Učenički pretkoncepti	45
3.3.2	Miskoncepcije stečene u školi	48
3.3.3	Primeri miskonceptija u različitim nastavnim temama	49
3.3.4	Identifikacija miskonceptija u nastavi hemije . . .	53
3.3.5	Eliminacija miskonceptija	54
4	Kompetencije nastavnika hemije	61
4.1	Znanje sadržaja	64
4.2	Pedagoško znanje	64
4.3	Metodičko znanje sadržaja	66
4.4	Profesionalna znanja nastavnika	69
4.5	Specifična znanja za pojedine teme	69
4.6	Didaktički principi u nastavi hemije	72
4.6.1	Princip naučnosti nastave	72
4.6.2	Princip odmerenosti prema uzrastu učenika	73
4.6.3	Princip očiglednosti i apstraktnosti	73
4.6.4	Princip postupnosti i sistematičnosti u nastavi . .	74
4.6.5	Princip individualizacije nastavnog rada	74
4.6.6	Princip svesne aktivnosti učenika	75
4.6.7	Princip racionalizacije i ekonomičnosti	75
	Literatura	77
	Indeks pojmova	84
	Indeks imena	85

Predgovor

Dragi studenti,

Ovaj udžbenik je namenjen vama, budućim nastavnicima hemije, koji ste shvatili koliko je poznavanje hemije važno u životu svakog čoveka i prepoznali da je još važnije stečeno znanje deliti. Znanje je jedno od retkih stvari koje se deljenjem uvećava, a vi, budući nastavnici, bićete glavni akteri ove delatnosti. Naša želja je da vas ovaj udžbenik pripremi i pruži neophodnu podršku da to i ostvarite.

Udžbenik sadrži četiri glave. U prvoj glavi ćete se upoznati sa Metodikom nastave hemije kao naučnom disciplinom, sa njenim predmetom, naučnim metodama, teorijskim okvirima i pozicijom u sistemu naučnih disciplina. U drugoj glavi su obrađene specifičnosti hemije kao nastavnog predmeta i specifičnosti saznavanja u nastavi hemije. Treća glava pruža informacije o strukturi hemijskog znanja, o tipovima znanja, o učeničkim miskoncepcijama – koje su nepoželjne u nastavi, a uvek su prisutne – kako ih identifikovati i kako ukloniti. U poslednjoj, četvrtoj glavi, obrađene su kompetencije nastavnika hemije sa posebnim akcentom na metodičko znanje sadržaja.



Najiskrenije se zahvaljujemo recenzentima, dr Jasni Adamov i dr Oliveri Gajić na profesionalnim savetima i sugestijama.

Posebno se zahvaljujemo generacijama studenata, sada nastavnika hemije, što su nam kroz višegodišnja istraživanja, u kojima su uvek rado učestvovali, omogućili da prikupimo dovoljno primera koji su obogatili ovaj udžbenik i dali mu praktičnu dimenziju.

Zahvaljujemo se i dr Marku Rodiću na savetima i pomoći pri slaganju teksta u programu L^AT_EX.

Autori

„Znanje hemijsko nužno je svakom čoveku jer svakoga trenutka u životu našem na hemijske pojave nailazimo, pa će nam bez znanja hemijskog ostati misteriozne; i sam život naš drugo nije do produkt nekih fizičkih i hemijskih pojava, pa i toga radi, da bismo svesniji bili svoga života, nužno nam je znanje hemijsko.”

Sima Lozanić

Glava 1

Metodika nastave hemije kao naučna disciplina

1.1 Uvod

Začetak hemije kao nauke vezuje se za Bojla (engl. *Robert Boyle*) koji je u knjizi „Skeptični hemičar” istakao razlike između hemije i alhemije i prvi precizno definisao predmet izučavanja hemije (supstanca) i metod saznavanja u hemiji (hemijski eksperiment). Razvojem eksperimentalnih tehnika u 18. i 19. veku naglo raste i broj novih informacija u hemiji, a time i potreba da se nova znanja diferenciraju u naučne discipline. Tako su se u okviru hemije najpre oformile fundamentalne discipline – neorganska, organska i analitička hemija, a zatim i interdisciplinarne grane hemije kao što su fizička hemija, biohemija, hemijska tehnologija, metodika nastave hemije i dr.

U poređenju sa drugim hemijskim disciplinama, metodika nastave hemije je ustanovljena značajno kasnije i to iz potrebe da se ogroman korpus hemijskih znanja didaktički transformiše u pogodan nastavni materijal. Uz to, krajem 19. veka postaje jasno da učenje hemije može značajno da unapredi industrijsku i poljoprivrednu proizvodnju, čime započinje ekspanzija novih kurseva hemije na univerzitetskom nivou [1]. Time se javlja i potreba za ispitivanjima različitih modela učenja hemije, odnosno potreba za osnivanjem nove grane hemije – metodike nastave.

Metodika nastave hemije je interdisciplinarna nauka koja se u sistemu naučnih disciplina s jedne strane oslanja na didaktiku, a s druge strane na hemiju. Osnovni cilj metodike nastave hemije je da razvije op-

timalne modele učenja i usvajanja hemijskih znanja primenjujući opšte didaktičke principe i teorije na konkretne hemijske sadržaje. Kao i svaka druga naučna disciplina i metodika nastave hemije ima svoje konstitutivne elemente – predmet proučavanja, metod saznavanja i teorijske okvire.

1.2 Predmet proučavanja

Metodika nastave hemije se bavi nastavom i učenjem hemije i pri tome pokušava da odgovori na tri osnovna pitanja [1]:

- (i) Šta bi učenici trebalo da znaju iz hemije?
- (ii) Kako pomoći učenicima da razviju smisleno razumevanje hemije?
- (iii) Kako proveriti da li su učenici razvili smisleno razumevanje hemije?

Prvo pitanje se odnosi na izbor nastavnih sadržaja u hemiji, odnosno na razvoj nastavnih programa hemije koji bi trebalo da budu takvi da omoguće formiranje fleksibilnog sistema hemijskih znanja kod učenika. Drugo pitanje se odnosi na razvoj instrukcionih strategija i modela nastave koji treba da omoguće efikasno usvajanje hemijskih znanja, dok se treće pitanje odnosi na razvoj evaluacionih alata koji treba da obezbede validnu i pouzdanu procenu kvaliteta i kvantuma učeničkih znanja.

1.3 Metod saznavanja

U naučnim istraživanjima u oblasti metodike nastave hemije primenjuju se različite metode. One mogu biti kvantitativne ili ređe kvalitativne. Kvalitativne studije se uobičajeno izvode na manjim uzorcima, ali se njima često vrši dublja analiza u poređenju sa kvantitativnim metodama. One neretko uključuju intervjuisanje ispitanika koje je vremenski veoma zahtevno. Ovoj grupi metoda pripadaju i analize udžbenika, nastavnih programa kao i drugih nastavnih materijala. Kvantitativne metode su zastupljenije u metodici nastave i često uključuju velike setove podataka koji se obrađuju različitim statističkim postupcima. Od posebne važnosti za metodiku nastave hemije jeste metod *pedagoškog eksperimenta sa paralelnim grupama* (kontrolnom i eksperimentalnom). On se organizuje u uobičajenim nastavnim uslovima, često na velikim uzorcima, pri čemu eksperimentalni faktor može biti instrukciona strategija, nastavni sadržaj,

tehnologija učenja i sl. Kod ove metode najpre se odgovarajućim instrumentom utvrđuje inicijalno stanje u obe grupe ispitanika. Grupe treba da budu ujednačene prema sastavu, postignuću i sl. Zatim se pedagoški rad u kontrolnoj grupi ispitanika nastavlja u nepromenjenom obliku, dok se u eksperimentalnoj grupi uvodi eksperimentalni faktor. Nakon toga sledi utvrđivanje finalnog stanja i upoređivanje efekata pedagoškog rada u kontrolnoj i eksperimentalnoj grupi [2].

1.4 Teorijski okviri

Po pitanju teorijskih okvira u istraživanjima u oblasti metodike nastave hemije razlikuju se dva velika perioda [1]:

- (i) Lični empirizam (1880–1964);
- (ii) Konstruktivizam, socijalni konstruktivizam i smisleno učenje (1964–2000).

U periodu ličnog empirizma, metodičari su svoja istraživanja smeštali u teorijske okvire kreirane na osnovu iskustva u sopstvenoj nastavnoj praksi, te je u ovom periodu karakter istraživanja bio pretežno deskriptivan.

U periodu koji je usledio od 1964. godine poseban uticaj na metodicu nastave hemije su imala četiri psihologa (slika 1.1): Pijaže (fr. *Jean Piaget*), Vigotski (rus. *Лев Выготский*), Osibel (engl. *David Ausubel*) i Novak (engl. *Joseph Novak*).



Ž. Pijaže

1896-1980



L. Vigotski

1896-1934



D. Osibel

1918-2008



J. Novak

1930-

Slika 1.1. Pijaže, Vigotski, Osibel i Novak

Ideja konstruktivizma, čije je osnove postavio Pijaže, pokazala se kao jedna od najproduktivnijih ideja u oblasti hemijskog obrazovanja. Štaviše, Pijažeova *Teorija kognitivnog razvoja* postala je jedan od najzastupljenijih teorijskih okvira kada su u pitanju istraživanja u oblasti obrazovanja. Osnovni elementi Pijažeove kognitivne teorije su:

- (i) Kognitivne strukture – šeme;
- (ii) Adaptacioni procesi (asimilacija i akomodacija);
- (iii) Stadijumi kognitivnog razvoja.

Pijaže je definisao šeme kao organizacione jedinice, karakteristične za svakog pojedinca, u koje se uklapaju spoljašnje informacije i predložio mehanizam učenja po kome se nova znanja integrišu sa prethodno stečenim znanjima. Proces integracija novih informacija u postojeći sistem Pijaže je nazvao *asimilacijom*. Pored asimilacije, definisao je i *akomodaciju*, kao proces adaptacije nove informacije u oblik pogodan za asimilaciju. Treći element Pijažeove teorije temelji se na pretpostavci da fizičke i mentalne sposobnosti svakog pojedinca prolaze kroz različite razvojne faze, invarijantnog redosleda javljanja. Pijaže opisuje četiri osnovna stadijuma intelektualnog razvoja deteta:

- (i) *Stadijum senzomotorne inteligencije* (od rođenja do kraja druge godine). Ponašanje deteta u ovom stadijumu je motoričko i reakcija je na određene draži.
- (ii) *Preoperacionalni stadijum* (od druge do sedme godine). U ovom stadijumu se razvijaju govor i jezik, a karakteriše ga i ubrzan razvoj pojmova.
- (iii) *Stadijum konkretnih operacija* (od sedme do 11. godine). U ovom uzrastu razvija se sposobnost za logičko mišljenje, ali je ono vezano za konkretne objekte i situacije. Drugim rečima, ukoliko objekti i pojave nisu čulno dostupni, deca neće biti u stanju da ih razumeju.
- (iv) *Stadijum formalnih operacija* (od 11. godine pa nadalje). Ovaj stadijum karakteriše razvoj apstraktnog mišljenja.

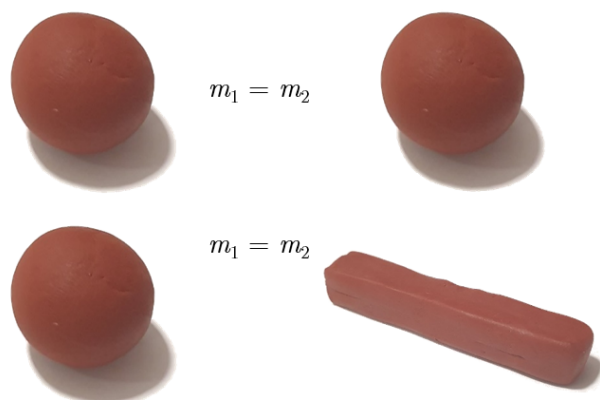
Važna implikacija Pijažeove teorije je da se učenje odvija kao samostalan proces konstrukcije znanja kroz interakciju pojedinca i okoline. U

ovom procesu očiglednost ima značajnu ulogu. Ovo Pijaže objašnjava na primeru održanja mase [3]. Naime, ukoliko detetu pokažemo dve identične kuglice od plastelina (slika 1.2) i pitamo ga da li one imaju istu masu, ono će biti sposobno da zaključi da im i mase moraju biti iste.

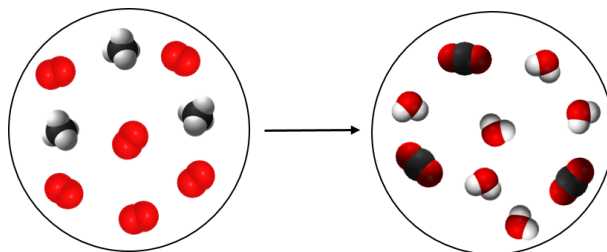
Ukoliko, mu pak pokažemo jednu kuglicu plastelina i jedan štapić od plastelina, faktor očiglednosti će izostati. Da bi dete razumelo da predmeti različitih oblika mogu imati istu masu, potrebno je pred njim pokazati dve identične kuglice plastelina, a zatim jednu izvajati u štapić. Tada će dete, po principu očiglednosti i samootkrića, zaključiti da se masa ne menja iako predmet ima drugačiji oblik.

Ovo se može primeniti i na hemijske sadržaje. Naime, ako bi učenicima sedmog razreda osnovne škole samo saopštili Zakon održanja mase (masa hemijskog sistema pre hemijske reakcije jednaka je masi sistema posle hemijske reakcije), oni ga ne bi usvojili. Međutim, ukoliko se od učenika traži da hemijsku reakciju predstave modelima (kao na slici 1.3), učenici će uočiti da ukupan broj atoma pre i posle hemijske reakcije ostaje nepromenjen, te da se stoga ni masa sistema u toku hemijske reakcije ne menja.

Neosporan uticaj na istraživanja u oblasti metodike nastave hemije imala je i *Razvojno-psihološka teorija* Vigotskog. U svojim istraživanjima Vigotski se bavio socijalnim aspektom učenja, te se stoga često naziva socijalnim konstruktivistom. Uvodeći pojam *Zone proksimalnog razvoja*



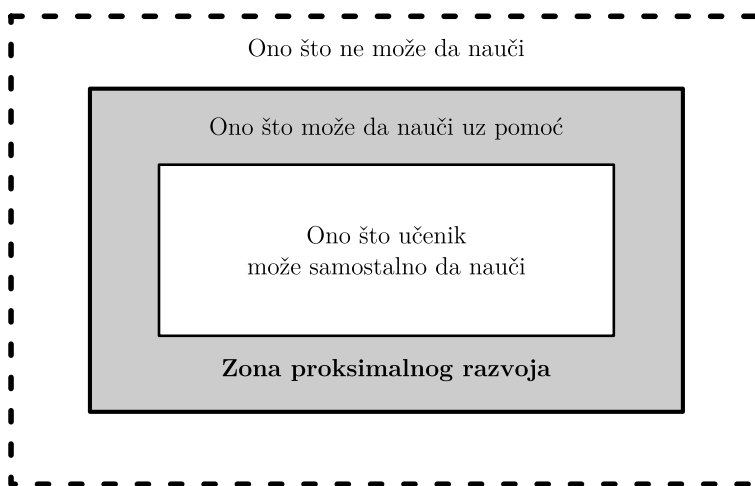
Slika 1.2. Sticanje pojma održanja mase prema Pijažeu



Slika 1.3. Grafički prikaz Zakona održanja mase na primeru reakcije sagorevanja metana

(udaljenost između nivoa realnog razvoja deteta, koji je određen samostalnim rešavanjem problema, i nivoa potencijalnog razvoja deteta, koji je određen rešavanjem problema uz pomoć odraslih ili vršnjaka, slika 1.4), Vigotski postavlja osnove timskog i kooperativnog učenja. Veliki broj istraživanja u metodici nastave hemije bavio se upravo ispitivanjima kooperativnog učenja i njegovog uticaja na savladavanje hemijskih nastavnih sadržaja [4].

Uvođenje hemije kao nastavnog predmeta u sedmom razredu, u uzrastu 12,5 do 13,5 godina, u saglasnosti je sa idejom Zone proksimalnog razvoja. Naime, ovo je period koji karakteriše još uvek ograničena sposobnost apstraktnog mišljenja, a izučavanje apstraktnih hemijskih sadržaja u



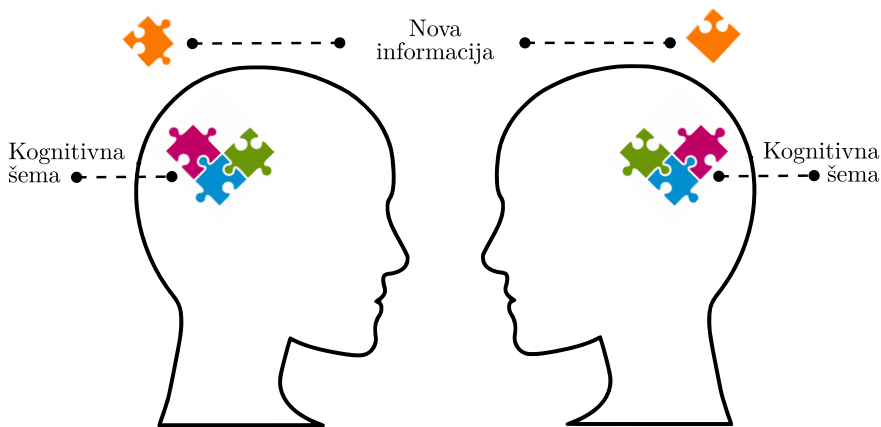
Slika 1.4. Grafički prikaz Zone proksimalnog razvoja

ovom uzrastu može da dovede do značajnog napretka u razvoju formalno-operacionalnog mišljenja. Poseban didaktički potencijal hemije se ogleda u činjenici da je hemija konkretno-apstraktan predmet, odnosno da konkretne objekte i pojave objašnjava apstraktnim hemijskim mišljenjem.

Dalje oblikovanje konstruktivizma je nastavio Osibel, koji je definisao termine *smisljeno* i *mehaničko učenje* i jasno istakao razliku među njima. Prema Osibelu, do smislenog učenja dolazi onda kada se nova informacija uklopi u već postojeću kognitivnu strukturu pojedinca, čemu prethodi uviđanje jasnih i eksplicitnih veza između novih i postojećih informacija. U skladu sa tim, najvažniji faktor koji utiče na učenje, prema Osibelu, jeste predznanje učenika [5]. Nasuprot smislenom učenju, mehaničko učenje predstavlja memorisanje činjenica bez uklapanja u postojeće kognitivne šeme (slika 1.5).

Osibelov rad na smislenom učenju nastavio je i proširio Novak. On smatra da obrazovanje treba da bude sačinjeno od iskustava koja će omogućiti pojedincu da se snalazi i funkcioniše u svakodnevnom životu, što je moguće ukoliko se znanje povezuje kroz tri domena (*kognitivni*, *afektivni* i *psihomotorički*). Kognitivni domen se odnosi na koncepte i veštine razmišljanja. Afektivni domen se odnosi na motivaciju i stavove pojedinca, dok se psihomotorički domen odnosi na fizičke veštine i preciznost.

Ovo najbolje možemo objasniti na jednostavnom primeru iz hemije. Da bi učenici savladali energetske promene u toku hemijskih reakcija, oni se najpre moraju upoznati sa konceptima kao što su entalpija, entropija



Slika 1.5. Grafički prikaz smislenog (levo) i mehaničkog učenja (desno)

i dr. (kognitivni domen), zatim učestvovati u izvođenju eksperimenata kao što je, na primer, sagorevanje supstanci (hrane) sa različitim procentnim sadržajem masti (psihomotorički domen) i u skladu sa tim, na kraju, razviti stav o izboru hrane koju će koristiti u svakodnevnom životu (afektivni domen) [6].

Važno je napomenuti i da je Novak idejni tvorac *konceptnih mapa*, efikasnih alata za učenje, koje su našle široku primenu u istraživanjima u oblasti metodike nastave hemije i u hemijskom obrazovanju, generalno. Konceptne mape predstavljaju dvodimenzionalni prikaz strukture nekog naučnog ili nastavnog sadržaja. Njihova osnovna uloga u nastavi hemije jeste strukturiranje nastavnog sadržaja u okviru planiranja nastavnog procesa. Na slici 1.6 dat je prikaz jedne jednostavne konceptne mape na primeru građe atoma.

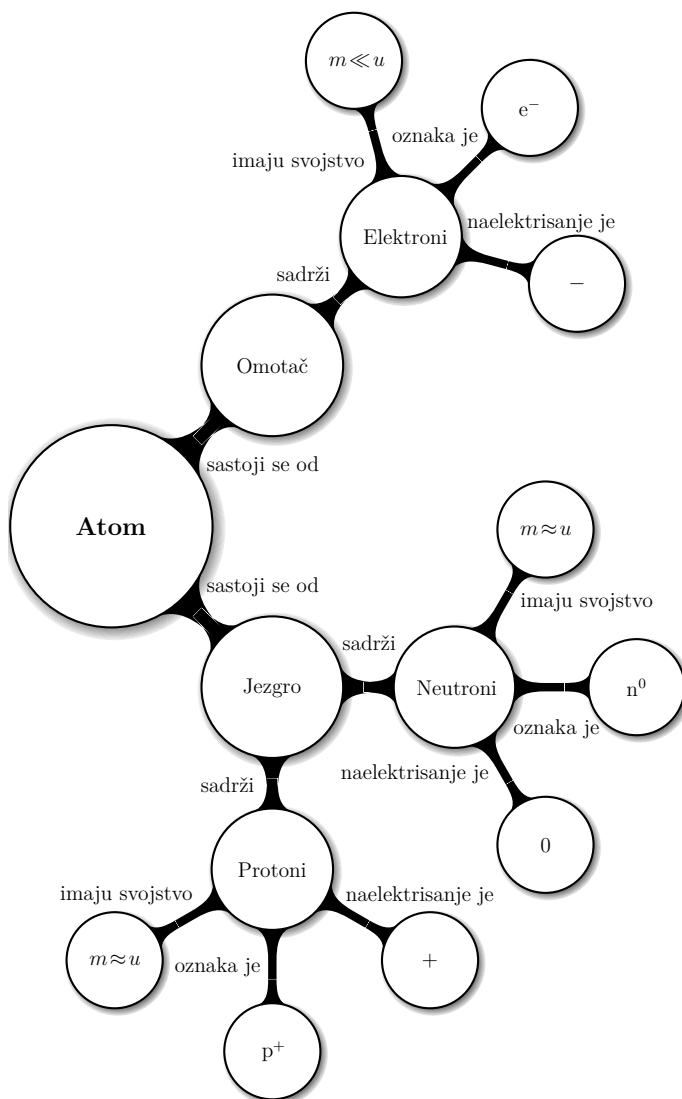
Osnovna karakteristika konceptnih mapa je njihova hijerarhijska struktura. To znači da konceptna mapa sadrži ključni koncept koji je najveće opštosti. Udaljavanjem od ključnog koncepta uvode se sve specifičniji koncepti koji su povezani relacijama. Konstruisanje mape nije jednostavan zadatak. Za učenike može da bude zbunjujuće to što se isti koncept može pojaviti na različitim mapama i tada imati različite nivoe opštosti. Takođe, nekada je od jednog seta konceptata moguće napraviti različite konceptne mape.

Konceptne mape imaju veliki potencijal kada je u pitanju procena kvaliteta znanja učenika. Naime, one oslikavaju učeničku kognitivnu strukturu i pružaju informacije o učeničkim idiosinkratičnim predstavama.

Prema Novaku [7] konstrukcija konceptnih mapa se odvija u nekoliko faza:

- (i) promišljanje (engl. *brainstorming*),
- (ii) organizacija,
- (iii) uređivanje,
- (iv) finaliziranje.

Najteži deo u izradi konceptnih mapa jeste uviđanje relacija. S druge strane, ova faza u izradi konceptnih mapa daje priliku za dublje promišljanje odnosno aktiviranje viših misaonih procesa.



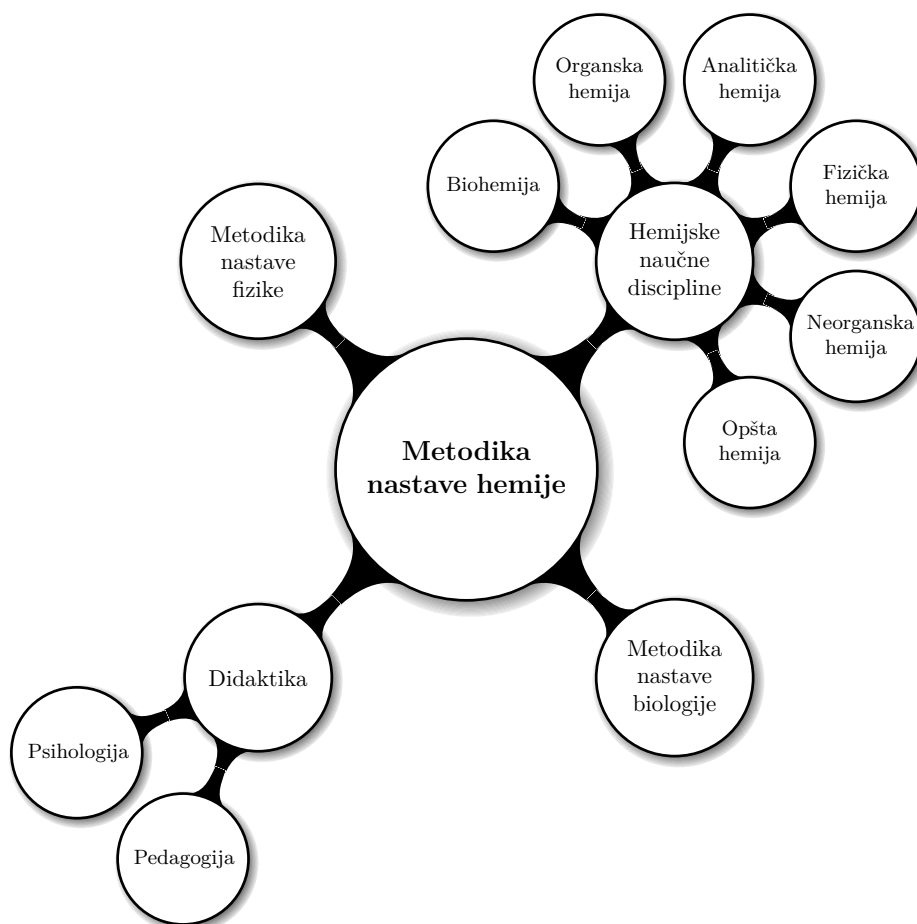
Slika 1.6. Konceptna mapa na primeru građe atoma

1.5 Metodika nastave hemije u sistemu naučnih disciplina

U sistemu naučnih disciplina metodika nastave hemije je pozicionirana između didaktike i hemije. Iz didaktike ona primenjuje teorije,

dok iz hemije, odnosno različitih hemijskih disciplina preuzima hemijske sadržaje. Metodika nastave hemije je u bliskoj vezi i sa psihologijom, jer primenjuje psihološke teorije učenja, kao i sa pedagogijom kroz primenu didaktičkih principa. Najbližu vezu metodika nastave hemije ostvaruje sa metodikama drugih nauka, a naročito metodikom nastave fizike i metodikom nastave biologije (slika 1.7).

Koja je razlika između didaktike i metodike? Za didaktiku i metodiku je zajedničko da se bave nastavom odnosno organizacijom nastave i strukturom nastavnog procesa; međutim, dok se didaktika bavi opštim principima i zakonitostima u nastavnom procesu, metodika se bavi nji-



Slika 1.7. Pozicija metodike nastave hemije u sistemu naučnih disciplina

hovom primenom u pojedinačnim nastavnim predmetima. Budući da je metodika zapravo didaktika nastavnog predmeta, metodike pojedinačnih predmeta se često nazivaju i predmetnim didaktikama, te tako možemo govoriti o didaktici hemije, didaktici fizike, didaktici istorije i dr.

Zašto se opšta didaktika konkretizuje u pojedinačne metodike? Nastava je kompleksna delatnost čiji je jedan od zadataka „prenošenje” programskih sadržaja na relaciji nastavnik–učenik. Budući da se sadržaji različitih nastavnih predmeta razlikuju, ne postoji jedinstvena metoda koja bi bila podjednako efikasna u „prenosu” znanja u slučaju svakog pojedinačnog nastavnog predmeta.

Ovo ćemo najlakše objasniti sledećom analogijom iz hemije. Ukoliko se u dve čaše nalaze dve različite smeše, u jednoj smeša peska i vode, a u drugoj smeša peska, kuhinjske soli i vode, potrebno je primeniti različite metode kako bi se sastojci smeše razdvojili. U prvom slučaju, moguće je dekantovanjem ili filtriranjem odvojiti pesak od vode, dok je u slučaju druge smeše, pored filtriranja neophodno i upariti filtrat. Prema tome, različiti sadržaji generalno zahtevaju primenu različitih metoda, što je slučaj i sa nastavom – primena različitih nastavnih metoda je uslovljena različitim nastavnim sadržajima.

Glava 2

Hemija kao nastavni predmet

2.1 Pozicija hemije u sistemu savremenog obrazovanja

Izučavanje hemijskih nastavnih sadržaja u našem obrazovnom sistemu započinje dosta rano – u razrednoj nastavi u okviru integrisanih sadržaja prirodnih nauka, prvenstveno kroz predmet Priroda i društvo. U okviru ovog predmeta učenici stiču elementarna znanja o kretanju supstance u prirodi i materijalima (agregatna stanja vode i kruženje vode u prirodi, povratne i nepovratne promene materijala, sličnosti i razlike među tečnostima, voda kao rastvarač, smeše, razdvajanje sastojaka smeše, sagorevanje i dr.) [8, 9].

U nekim obrazovnim sistemima ovakav, integrisani pristup izučavanju hemijskih nastavnih sadržaja, prisutan je i u višim razredima, dok se u obrazovnom sistemu Republike Srbije hemija izučava kao izdvojen nastavni predmet počev od sedmog razreda osnovne škole. Na samom početku izučavanja sadržaja prirodnih nauka bitan je integrisani pristup kako bi učenici sagledali prirodu, odnosno pojave i procese u prirodi na jedinstven način. U višim razredima, kada se sadržaji prirodnih nauka izučavaju u okviru zasebnih predmeta, neophodno je funkcionalno povezivanje nastavnih sadržaja, odnosno korelacija sadržaja različitih nastavnih predmeta. Time se obezbeđuje dopunjavanje sadržaja i njihovo povezivanje u smislenu celinu. Ovo povezivanje nastavnih sadržaja se ostvaruje kroz

horizontalnu i vertikalnu korelaciju.

Horizontalna korelacija predstavlja dopunjavanje programskih sadržaja jednog nastavnog predmeta programskim sadržajima drugog nastavnog predmeta u okviru istog razreda. Vertikalna korelacija predstavlja prožimanje nastavnih sadržaja jednog nastavnog predmeta ili više različitih nastavnih predmeta na nivou više razreda [10]. Horizontalnu korelaciju možemo pokazati na sledećem primeru sadržaja hemije i fizike. Da bi se bolje savladao koncept toplote potrebno je praviti paralelu između sadržaja hemije, kao što su toplotni efekti pri fizičkim i hemijskim promenama supstanci, i sadržaja fizike, kao što su količina toplote i toplotna ravnoteža, a koji su predviđeni nastavnim programima fizike i hemije za sedmi razred osnovne škole.

Na sličan način možemo objasniti i vertikalnu korelaciju. Naime, izučavanje alotropskih modifikacija ugljenika, koje je predviđeno nastavnim programom hemije za osmi razred osnovne škole, potrebno je dopuniti već naučenim gradivom, na primer hemijskim vezama i kristalnim strukturama koje se prema nastavnom programu hemije izučavaju u sedmom razredu osnovne škole.

Ovakvo povezivanje gradiva u skladnu celinu značajno utiče na kvalitet nastave, jer vodi razvitku kognitivnih sposobnosti učenika i optimizaciji i racionalizaciji nastavnog procesa u celini. Međutim, u našem obrazovnom sistemu postoji veliki problem kada je međupredmetna korelacija u pitanju. Naime, neki koncepti iz fizike i matematike koji su bitni za hemiju, odnosno za razumevanje nekih hemijskih koncepata, izučavaju se u višim razredima, nakon što su u hemiji već obrađeni. Tako se, na primer, struktura atoma u okviru hemije izučava u prvom razredu gimnazije, dok se u okviru fizike izučava tek u četvrtom razredu; termohemija i hemijska kinetika se u okviru hemije izučavaju u prvom razredu gimnazije, dok se osnovi termodinamike u okviru fizike izučavaju u drugom razredu, a matematički alat koji se primenjuje u ovoj oblasti tek u četvrtom razredu; u okviru prvog razreda gimnazije izučavaju se i kiseline, baze i soli, sa posebnim naglaskom na izračunavanje pH rastvora, dok se logaritmovanje, kao neophodan matematički aparat za savladavanje koncepta pH izučava u drugom razredu gimnazije. Pored navedenih, brojni su i primeri nedovoljne povezanosti hemije i biologije, kao i hemije i geografije.

2.2 Specifičnosti hemije kao nastavnog predmeta

Hemija je prirodna nauka koja se bavi izučavanjem supstanci, njihovim svojstvima i promenama. Osnovni metod saznavanja u hemiji kao nauci je eksperiment, pa je u skladu sa tim hemijski eksperiment od izuzetne važnosti i za nastavu hemije. Iako se eksperiment primenjuje i u drugim nastavnim predmetima, u hemiji on predstavlja primaran izvor saznavanja i to je jedna od dve osnovne specifičnosti hemije kao nastavnog predmeta.

Druga specifičnost se ogleda u činjenici da se hemijski sadržaji izučavaju u tri nivoa koji se u metodici nastave hemije nazivaju: *makroskopski*, *submikroskopski* i *simbolički nivo*.

2.2.1 Eksperiment u nastavi hemije

Zašto je eksperiment važan za nastavu hemije? U različitim periodima su se smenjivala mišljenja i stavovi o važnosti laboratorijskog rada u nastavi hemije. Danas, većina istraživača zastupa mišljenje da je izvođenje hemijskih eksperimenata od suštinske važnosti za kvalitetnu nastavu hemije. Smatra se da eksperimenti u hemiji imaju značajan uticaj na razvoj kognitivnih, metakognitivnih i praktičnih veština, ali takođe i da u velikoj meri podstiču motivaciju za učenje hemije. Uz to, smatra se i da su znanja stečena kroz hemijske eksperimente dugotrajnija, jer hemijski eksperimenti obezbeđuju smisleno povezivanje sadržaja [11].

Hemijski eksperimenti u nastavi hemije neće imati željeni efekat ukoliko je odabir hemijskog eksperimenata neadekvatan, ili ukoliko se insistira na eksperimentima koji su vizuelno atraktivni, a koji ne slede propisane programske sadržaje. Naime, nastavnim programima je predviđeno izvođenje određenih eksperimenata, ali je nastavnicima ostavljena i mogućnost da sami biraju neke eksperimente za koje smatraju da će omogućiti bolje usvajanje i povezivanje hemijskih znanja. Budući da je opšte poznato da vizuelno dopadljivi eksperimenti imaju veliki uticaj na spoljašnju motivaciju učenika, nastavnici neretko biraju upravo takve eksperimente, gde učenike zainteresuju za rezultat, a ne i za samu suštinu eksperimenta. S tim u vezi, budući da suštinu hemijskih procesa nije moguće percipirati čulima, nego samo njihove posledice u vidu izdvajanja gasa, taloga, promene boje, oslobađanja toplote i sl., važno je da se

u nastavi hemije koriste eksperimenti i to tako da se prvo posmatraju posledice, a zatim da se uz tumačenje i diskusiju spozna njihova suština.

Najbolji učinak se postiže ukoliko se svaki eksperiment detaljno analizira i diskutuje na tri nivoa – makroskopskom, submikroskopskom i simboličkom.

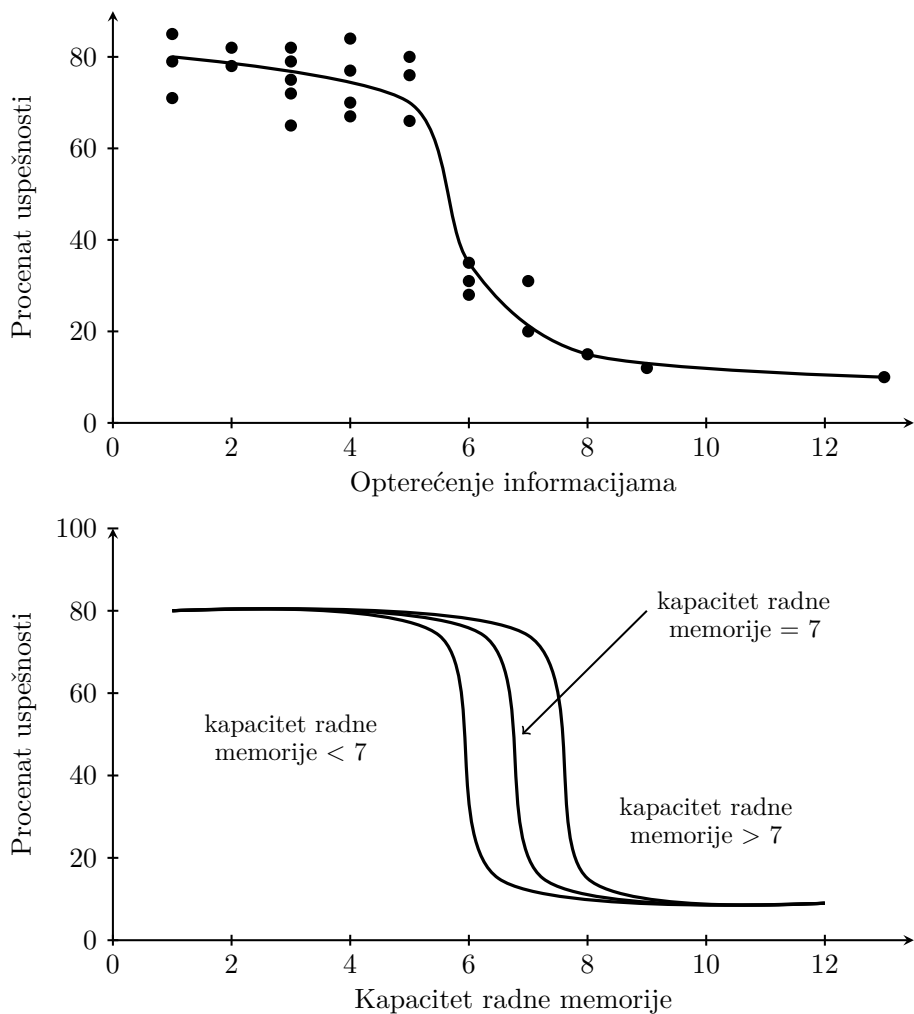
2.2.2 Tri nivoa mišljenja u hemiji

Ideju o tri nivoa mišljenja u hemiji (*tri nivoa reprezentacije znanja, hemijskom tripletu*) je predložio Džonston (engl. *Alex Johnstone*) 1982. godine [12].

Džonston je bio profesor na Univerzitetu u Glazgovu i jedan od najistaknutijih i najzaslužnijih istraživača u oblasti metodike nastave hemije od njenog zasnivanja do danas. Radeći na izradi novog kurikuluma u Škotskoj, Džonston se zainteresovao za aktuelne probleme u metodici nastave hemije. Novi kurikulum, čiji je Džonston bio idejni tvorac, pokazao se kao izuzetno uspešan. Nastavnicima su sadržaji koje predaju, a učenicima sadržaji koje uče, bili interesantni, popularnost hemije je naglo porasla; međutim, neki koncepti u hemiji su učenicima i dalje stvarali ogromne poteškoće [13].

Da bi odgovorio na pitanje zašto se javljaju poteškoće u učenju hemije, Džonston je sproveo seriju istraživanja na osnovu kojih je došao do zaključka da su problematične oblasti za učenje hemije one koje karakteriše visoko opterećenje informacijama. U daljim istraživanjima, Džonston je došao do jednog iznenađujućeg otkrića. Iako je očekivao da će uspešnost rešavanja problema opadati sa porastom opterećenja (porastom broja informacija), iznenadio ga je nagli pad uspešnosti pri opterećenju oko broja šest, kao što je to prikazano na slici 2.1 gore.

Nastavak istraživanja je pružio još interesantnije rezultate. Džonston je primetio da ako podeli svoje ispitanike u tri grupe (one sa prosečnim kapacitetom radne memorije; sa kapacitetom radne memorije ispod i iznad proseka) nagli pad uspešnosti se dešava pri opterećenjima oko šest, sedam ili osam (slika 2.1 dole). Ovo je bio više nego jasan dokaz da upravo radna memorija, odnosno njen kapacitet, uslovljava postignuće ispitanika.

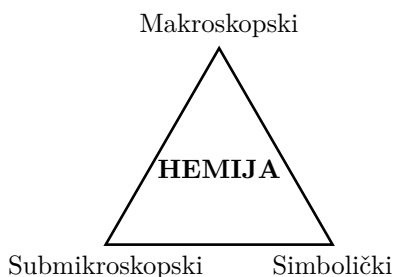


Slika 2.1. Zavisnost uspešnosti od opterećenja informacijama (gore); zavisnost uspešnosti od kapaciteta radne memorije (dole); prilagođeno iz [13]

Na osnovu ovih istraživanja Džonston izvodi generalni zaključak (citirano u [13]):

Poteškoće u razumevanju hemije javljaju se kod onih sadržaja kod kojih učenici treba da zadrže i obrade prevelik broj informacija istovremeno.

Pokušavajući da dublje pronikne u suštinu učeničkih poteškoća u učenju hemije, Džonston razvija jedan jednostavan model, koji ubrzo postaje centralna oblast istraživanja velikog broja metodičara širom sveta. Ovaj model se u metodici nastave hemije najčešće naziva Tripletni model i oslikava ideju da se celokupna hemija može izučavati na tri nivoa – makroskopskom, submikroskopskom i simboličkom (slika 2.2) ili kako ih Džonston prvobitno naziva – nivo *deskripcije*, nivo *objašnjenja* i nivo *predstavljanja*.



Slika 2.2. *Tripletni model reprezentacije hemijskih sadržaja; prilagođeno iz [13]*

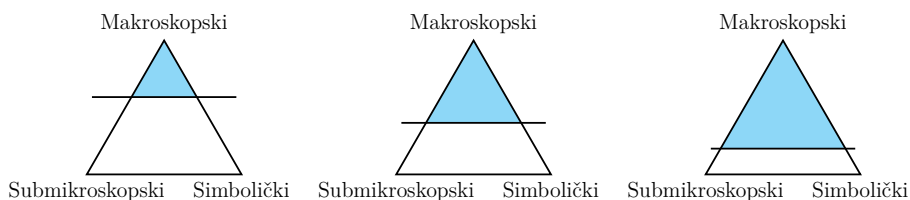
2.2.2.1 Makroskopski nivo

Makroskopski nivo zovemo još i stvarnim nivoom, jer se odnosi na čulno dostupna znanja. To su hemijske pojave i procesi koje možemo da vidimo, čujemo, osetimo, ali i izmerimo. Na primer, ukoliko malo kristala kalijum-permanganata ubacimo u epruvetu, a zatim sadržaj epruvete oprezno zagrejemo uz pomoć plamenika, čuće se pucketanje. Ako u epruvetu, zatim, unesemo užareno drvce ono će se razbuktati. Ovo su promene koje možemo da detektujemo našim čulima. Isto tako, ako pomešamo rastvore natrijum-sulfata i barijum-hlorida, izdvojiće se beli talog (barijum-sulfat); ili ako pomešamo rastvore gvožđe(III)-hlorida i amonijum-tiocijanata nastaće kompleksno jedinjenje intenzivno crvene boje.

Našim čulima dostupne su i merljive promene, kao što su promene u masi, zapremini, pH i dr. One, takođe, pripadaju makroskopskom nivou reprezentacije sadržaja. Ovom nivou pripadaju još i pojavne forme supstanci (sumpor je na sobnoj temperaturi čvrsta supstanca žute boje, voda je bezbojna tečnost, dok je amonijak bezbojan gas oštrog i neprijatnog mirisa). Svi ovi fenomeni i promene pripadaju makroskopskom nivou reprezentacije sadržaja.

Poznato je da učenici nemaju problem sa savladavanjem hemije na makroskopskom nivou. Zato početno izučavanje hemijskih nastavnih sadržaja treba u velikoj meri da se temelji upravo na ovom nivou. Uvođenje druga dva nivoa (submikroskopskog i simboličkog) mora teći postepeno i organizovano. Prema nastavnom programu za hemiju u Republici Srbiji (ali i u mnogim zemljama širom sveta) učenici se na samom početku učenja hemije susreću sa građom atoma, koja je jedna od najapstraktnijih tema u hemiji. Iako će se mnogi složiti da građa atoma jeste jedan od fundamentalnih hemijskih koncepata, te da mu je mesto u početnoj nastavi hemije, ipak postoje istraživanja koja pružaju dokaze da ovakav poredak nije neophodan i da se građa atoma može obrađivati i kasnije, kada učenici obrade i usvoje odgovarajuće koncepte na makroskopskom nivou [14, 15].

Čitlboro [16] ovakav model nastave naziva „*Rastući ledeni breg*” (slika 2.3). Ideja ovog modela nastave je da se u početnom izučavanju hemije insistira na makroskopskom nivou koji treba da se zasniva na izučavanju supstanci, odnosno njihovih pojavnih formi i svojstava. Kada učenici usvoje dovoljan broj koncepata, dozirano se uvode submikroskopski i simbolički nivo, tako da se radna memorija ne preopteretiti.



Slika 2.3. *Rastući ledeni breg* – teorijski okvir za učenje hemije; prilagođeno iz [16]

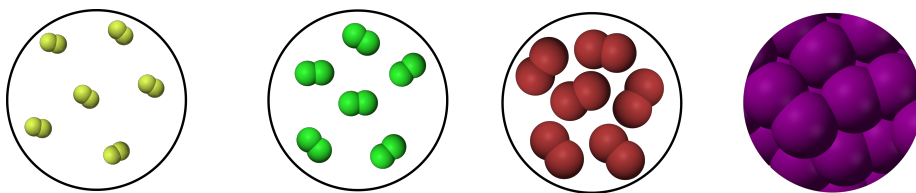
2.2.2.2 Submikroskopski nivo

Dok se makroskopski nivo odnosi na konkretnu hemiju, submikroskopski nivo predstavlja njen najapstraktniji deo. Kao što je već pomenuto, direktnom čulnom opažanju su dostupne samo posledice hemijskih transformacija, a da bismo razumeli suštinu promena neophodno je da razvijemo *hemijsko mišljenje*, odnosno mišljenje na nivou čestica (molekula, jona, atoma, elektrona i dr.). Ovaj nivo mišljenja u hemiji se naziva submikroskopski nivo i uključuje znanja o svojstvima čestica i njihovim interakcijama. Budući da supstancu na ovom nivou ne možemo direktno da vidimo, formiranje naučno ispravnog mišljenja na submikroskopskom nivou predstavlja veliki izazov u nastavi hemije. Upravo je ovo domen hemije gde se beleže najveće poteškoće učenika.

Navedimo jedan jednostavan primer. Fluor, hlor, brom i jod su halogeni elementi. Svi su raspoređeni u 17. grupu PSE, što znači da njihovi atomi imaju po sedam valentnih elektrona. Ako razmotrimo njihova agregatna stanja, videćemo da su fluor i hlor na sobnoj temperaturi gasovi, da je brom tečnost, a da je jod čvrst. Ovakva znanja je lako usvojiti na nivou deskripcije, ali da bismo suštinski razumeli otkuda ove razlike u agregatnim stanjima halogenih elemenata, moramo da prodremo dublje u samu strukturu supstanci (slika 2.4).

Molekuli svih halogenih elemenata su na sobnoj temperaturi dvoatomni, međutim, njihove dimenzije se značajno razlikuju i rastu od fluora do joda. Budući da jačina međumolekulskih interakcija raste sa porastom veličine molekula, jasno je da su među malim molekulima fluora i među malim molekulima hlora interakcije slabe, zbog čega su fluor i hlor na sobnoj temperaturi u gasovitom agregatnom stanju. Molekuli broma su veći, što uslovljava i jače međusobne interakcije, te je brom na sobnoj temperaturi u tečnom agregatnom stanju.

Molekuli joda su značajno većih dimenzija od molekula svih drugih



Slika 2.4. Čestični prikaz halogenih elemenata (fluor, hlor, brom i jod)

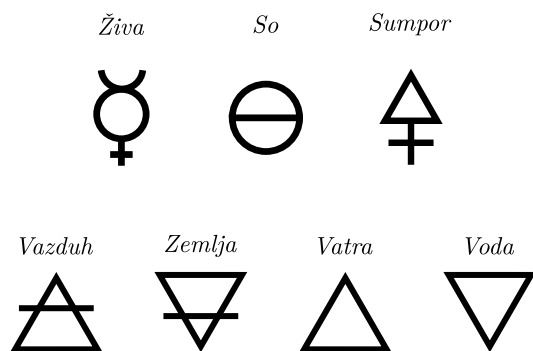
halogenih elemenata, te će jače međumolekulske interakcije držati molekule joda vezane u kristalnu strukturu.

Poteškoće u nastavi hemije se javljaju usled toga što neki učenici ne uspevaju da stvore 3D predstave čestica i da zamisle njihove interakcije. Zato su vizuelni prikazi veoma važan aspekt nastave hemije, jer olakšavaju učenicima interpretaciju apstraktnih i kompleksnih hemijskih fenomena. Danas su dostupni razni oblici reprezentacija kao što su: fizički modeli, animacije, 3D ilustracije, ali i tehnologija, kao što su proširena i virtuelna realnost. Njihova upotreba u značajnoj meri unapređuje razvoj mišljenja na submikroskopskom nivou [17].

Sadržaji na submikroskopskom nivou mogu biti toliko apstraktni, da stvaraju poteškoće čak i nastavnicima hemije. Zato nije retkost da pojedini nastavnici izbegavaju objašnjenja na submikroskopskom nivou, pa nastavu pretežno zasnivaju na makroskopskom i simboličkom nivou. Ovo nije dobro iz dva razloga. Prvo, što se onemogućava razvoj mentalnih modela koji su ključni za razvoj smislenog učenja hemije, a drugo što hemija deluje apstraktnije nego što jeste, nalik na matematiku zbog veoma razvijenog simboličkog aparata.

2.2.2.3 Hemijski jezik i simbolički nivo

Simbolički nivo predstavlja jedan aspekt kompleksnog alata kojim se sporazumevaju hemičari širom sveta, a koji nazivamo *hemijski jezik*. Nje ga čine hemijska terminologija, simbolika i nomenklatura. Najtipičnija komponenta hemijskog jezika je hemijska simbolika. Ona je nastala u periodu alhemije, a „elementi” su predstavljani crtežima (slika 2.5).



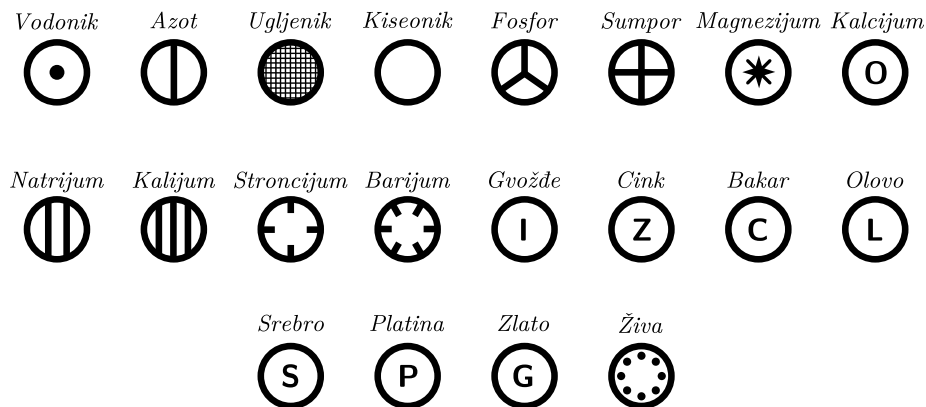
Slika 2.5. Alhemijski simboli „elemenata”

Engleski hemičar Dalton (engl. *John Dalton*) je imao važnu ulogu u razvoju hemijske simbolike (slika 2.6), dok je današnji sistem hemijskih simbola, koji se zasniva na početnom slovu latinskog naziva elementa (ili početnom i jednom dodatnom slovu) uveo švedski hemičar Berzelijus (šved. *Jöns Jacob Berzelius*) 1813. godine.

Ključnu ulogu u razvoju hemijske terminologije (preciznog definisanja hemijskih pojmova) imao je francuski hemičar Lavoazje (fr. *Antoine-Laurent de Lavoisier*). Pored važne uloge u razvoju hemijske terminologije, Lavoazje je imao zapaženu ulogu i u modernizaciji hemijske nomenklature (imenovanju supstanci). Naime, u 17. i 18. veku, nomenklatura je bila vrlo neuređena, pa je zbog toga bila često na meti kritičara. Krajem 18. veka došlo je do ekspanzije hemijskih znanja, što je uslovalo veliku reformu hemijske nomenklature u Francuskoj, 1787. godine, na čelu sa Lavoazjeom. Danas, zbog ogromnog broja sintetisanih jedinjenja, sve promene u hemijskom jeziku reguliše Međunarodna unija za čistu i primenjenu hemiju (IUPAC).

Hemijski jezik je postao važno sredstvo saznavanja u hemiji, kako za opisivanje rezultata istraživanja, tako i za definisanje odnosa među pojavama. On omogućava da se u skraćenom obliku precizno opišu hemijske strukture, hemijski procesi i odnosi među njima. Visoko razvijen naučni jezik hemije omogućava jezgrovitost, jednoznačnost i preciznost naučne komunikacije. Ova svojstva hemijskog jezika omogućavaju i da se uopšteno, ekonomično i jasno izraze suštinska hemijska znanja.

Nastavni hemijski jezik je didaktički transformisan jezik hemijskih



Slika 2.6. Daltonovi simboli elemenata

naučnih disciplina. To znači da je prilagođen uzrasnim karakteristikama učenika i usklađen sa planiranim hemijskim nastavnim sadržajima. Nastavni hemijski jezik je jednostavniji od hemijskog naučnog jezika budući da je rasterećen složenih jezičkih konstrukcija i komplikovanog matematičkog aparata.

Poznavanje nastavnog hemijskog jezika, odnosno sposobnost njegove primene u različitim situacijama je, ne samo kriterijum za procenu usvojenosti znanja, nego i važan kriterijum za procenu nivoa razvijenosti hemijskog mišljenja i realizacije funkcionalnih zadataka nastave hemije. Međutim, učenje nastavnog hemijskog jezika može stvarati poteškoće, jer može podsećati na učenje novog stranog jezika. Naime, simbole hemijskih elemenata, možemo smatrati slovima, formule hemijskih jedinjenja rečima, dok hemijske jednačine možemo uporediti sa rečenicama [18]. Tako, na primer, jednačinu $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ možemo prevesti u rečenicu – jedan molekul azota reaguje sa tri molekula vodonika pri čemu nastaju dva molekula amonijaka, ili, dva molekula amonijaka se razlažu na jedan molekul azota i tri molekula vodonika. Ipak, postoje i izvesne razlike u odnosu na učenje stranog jezika, pa tako kada čitamo neki tekst na stranom jeziku, mi možemo da razumemo njegovo značenje, iako nam neke reči nisu poznate, ali sa hemijskim jezikom to nije slučaj. Nekada je dovoljno da ne znamo jedan simbolički izraz, pa da tekst razumemo na način koji nije naučno opravdan.

Neki autori veruju da je najveći problem u učenju hemijskog jezika uslovljen njegovim specifičnostima, koje ga čine jedinstvenim, a pored toga i razlikama u odnosu na jezik učenika u svakodnevnom životu [18]. Naime, u hemijskom jeziku:

- (i) Većina reči potiče iz grčkog ili latinskog jezika, a to su jezici koji najvećem broju učenika nisu poznati (npr. sinteza, elektroliza).
- (ii) Postoje reči sa dvojnim značenjem, odnosno reči koje imaju različito značenje u hemiji i u svakodnevnom životu (npr. kada u hemiji kažemo *jaka* kiselina to znači da je ona u vodenom rastvoru potpuno disosovana, međutim, kada u svakodnevnom životu kažemo da je sok *jak*, to znači da je on koncentrovan).
- (iii) Postoje reči koje i u samoj hemiji mogu imati nekoliko značenja (npr. pH *neutralno*, što znači da pH iznosi sedam; atom je *neutralna* čestica, što znači da ima jednak broj pozitivno i negativno

naelektrisanih čestica; ugljen-monoksid je *neutralni* oksid, što znači da ne reaguje ni sa kiselinama, ni sa bazama).

- (iv) Primjenjuje se visoko specijalizovani naučni rečnik (npr. nazivi laboratorijskog pribora, nomenklatura i dr.).
- (v) Kompleksan je sistem oznaka.
- (vi) Česta je upotreba matematike.

Od velike je važnosti da nastavnik u toku nastavnog procesa hemijski jezik koristi precizno i u skladu sa pravilima. Nekada se dešava da nastavnici ne pridaju dovoljno značaja važnosti pravilnog hemijskog izražavanja, pa tako npr. možemo da čujemo da sa leve strane jednačine imamo 4 vodonika, umesto 4 *atoma* vodonika ili da se voda sastoji iz vodonika i kiseonika, umesto da je *molekul* vode izgrađen od dva *atoma* vodonika i jednog *atoma* kiseonika.

Neppravilna upotreba jezika nije neuobičajena ni za autore školskih udžbenika u kojima možemo da pročitamo iskaze kao što su [19]:

- (i) Elektronegativnost je sposobnost hemijskog elementa da privuče zajednički elektronski par (umesto – elektronegativnost je sposobnost *atoma* hemijskog elementa da privuče zajednički elektronski par).
- (ii) Benzen sadrži šest ugljenikovih i šest vodonikovih atoma (umesto – *molekul* benzena sadrži šest ugljenikovih i šest vodonikovih atoma).

Ovakve nedoslednosti, iako često nenamerne, mogu imati velike posledice na razvoj smislenog razumevanja. Zanimljivo je pravilne upotrebe jezika na nivou čestica može biti jedan od mogućih uzroka česte pojave u nastavi – da se vidljiva makroskopska svojstva prenose na submikroskopske čestice. Tako, neki učenici veruju da molekuli vode mogu biti topli i hladni, da molekul vode u ledu ima veću masu od molekula vode u tečnom agregatnom stanju, zatim da molekuli naftalena imaju neprijatan miris ili da su molekuli joda ljubičaste boje.

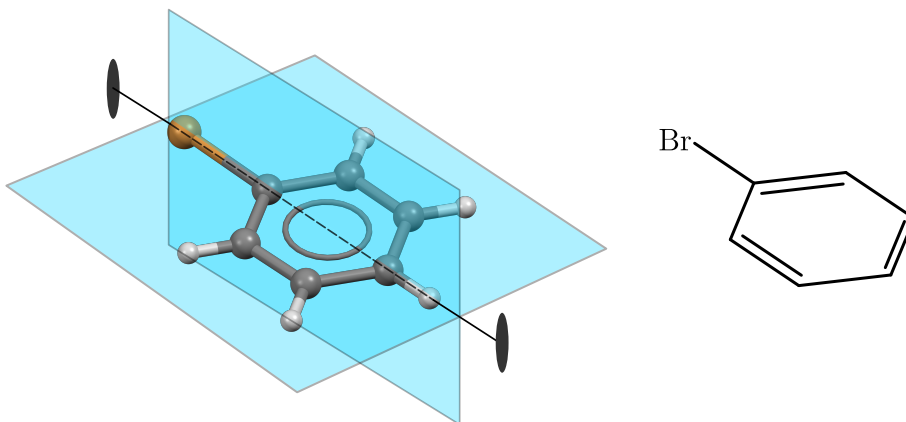
U početnoj nastavi hemije, hemijski jezik predstavlja nastavni sadržaj koji treba usvojiti. Tako učenici najpre uče simbole odabranih hemijskih elemenata. Zatim, kada usvoje simbole, oni postaju alat za usvajanje novih znanja – pravila o sastavljanju hemijskih formula. Na kraju se savladane hemijske formule koriste kao alati za usvajanje znanja o pravilima pisanja hemijskih jednačina.

Problem nastaje ukoliko učenici simboličke prikaze (simbole, formule, jednačine) ne dožive kao alate koji će im olakšati učenje, nego kao dodatni materijal za učenje. Tada se dešava da učenici ne razumeju suštinu hemijskih jednačina, iako mogu biti vrlo vešti u njihovom pisanju i izjednačavanju. Učenici koji shvataju simbolički nivo kao dodatni materijal koji treba naučiti, na kraju mogu početi da rezonuju u simboličkom nivou.

Jedan od najtipičniji primera u literaturi je svakako onaj gde učenici smatraju da molekul brombenzena nema ravan simetrije, uz obrazloženje da $B \neq r$ [20] (slika 2.7). Ovo je dokaz da neki učenici nemaju razvijenu sposobnost vizuelizacije na čestičnom nivou, odnosno, ovo je primer rezonovanja na simboličkom nivou.

Jedan od tipičnih primera je i onaj u kome student prikazuje jednačinu reakcije esterifikacije uz objašnjenje da sa leve strane ima CH_3CH_2 , a sa desne CH_3COO i jednu *slobodnu vezu* koju može iskoristiti da poveže levu i desnu stranu molekula. U navedenom primeru student ne koncipira hemijsku vezu kao privlačno dejstvo između čestica, nego kao fizički objekat, odnosno krutu vezu kojom se čestice povezuju [19].

Simbolički nivo treba shvatiti kao konstrukt koji dopunjuje makroskopski i submikroskopski nivo i olakšava njihovo povezivanje.

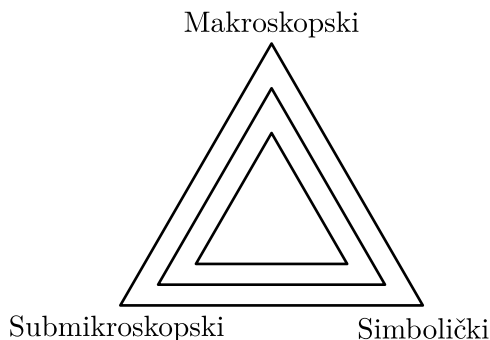


Slika 2.7. Molekularni model brombenzena (levo) i racionalna strukturna formula brombenzena (desno)

2.2.2.4 Povezivanje nivoa reprezentacije znanja u nastavi hemije

Da bi nastava hemije bila efikasna, nakon početnog upoznavanja učenika najpre sa makroskopskim, a zatim i simboličkim i submikroskopskim nivoima, potrebno je konstantno povezivati ova tri nivoa u nastavi. Čitlboro [16] je ovaj model nastave nazvala „*Rastući trougao*” (slika 2.8). Prema ovom modelu, nastavni sadržaji se nadograđuju paralelno u sva tri nivoa po principu spiralnog nastavnog programa. Time se omogućava povezivanje sadržaja u smislenu celinu i olakšava integracija novih pojmova u postojeće kognitivne šeme.

Ovo možemo pokazati na primeru oglada koji je poznat pod nazivom „Zlatna kiša”. Oglad se zasniva na reakciji olovo-nitrata i kalijum-jodida pri čemu nastaje teško rastvorno jedinjenje žute boje (olovo-jodid). Ovaj ogled ima veliku metodičku vrednost, jer se može upotrebiti za demonstraciju različitih fenomena. Pogodan je za demonstraciju hemijskih reakcija zbog vidljive promene, a samim tim i za demonstraciju zakona održanja mase. Ipak, možda najveću vrednost ovaj ogled može da ima u obradi jonske veze. Poznato je da se jonska veza u osnovnoškolskoj i srednjoškolskoj nastavi objašnjava na principu transfera elektrona. Najčešće je to na primeru atoma natrijuma koji otpušta i atoma hlora koji prima elektron, a u cilju postizanja stabilne elektronske konfiguracije atoma najbližeg plemenitog gasa. Ovakav pristup često dovodi do stvaranja pogrešne ideje, a to je da formiranju jonske veze mora nužno prethoditi transfer elektrona, odnosno da jonska veza nastaje između atoma metala

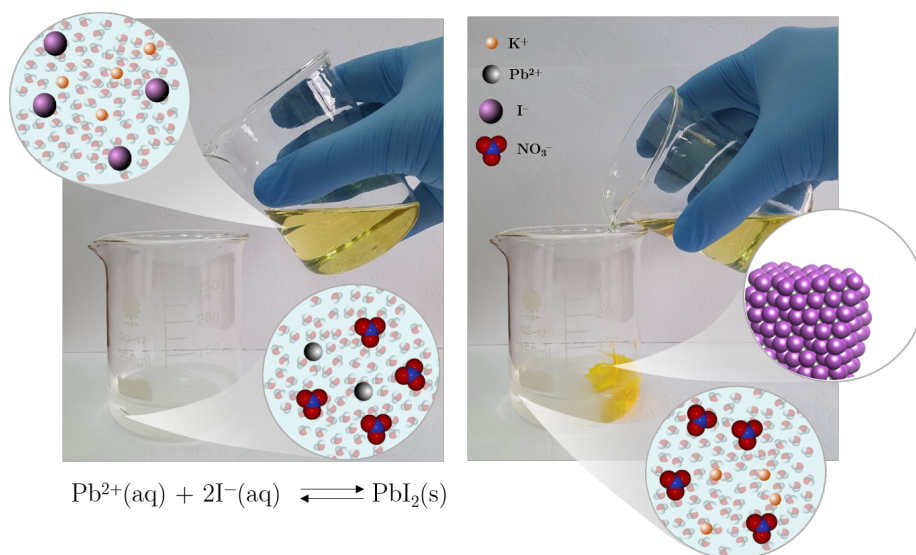


Slika 2.8. *Rastući trougao* – teorijski okvir za učenje hemije; prilagođeno iz [16]

i atoma nemetala. Budući da većina jonskih supstanci ne nastaje direktnim transferom elektrona, već elektrostatičkom interakcijom postojećih jona u rastvoru, ovakav pristup koji se zasniva na taložnoj reakciji je vrlo pogodan, jer sprečava razvoj pogrešnih ideja.

Interpretacija ovog oglada treba da započne opisivanjem čulno dostupnih promena, a to je da se mešanjem dva rastvora dobija teško rastvorno jedinjenje žute boje. Zatim, umesto da se sa opisivanja makroskopskih promena direktno pređe na simbolički nivo, odnosno zapisivanje hemijske jednačine, kao što je to obično slučaj u tradicionalnoj nastavi, preporučuje se diskusija o strukturi reaktanata i proizvoda i interakciji čestica. U tu svrhu se mogu koristiti razne animacije i 3D prikazi (slika 2.9), koji će učenicima olakšati da zamisle hemijsku promenu na nivou čestica.

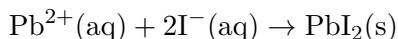
Na osnovu ovakvih vizuelizacija, postaje jasno da u rastvoru olovo-nitrata ne postoje molekuli olovo-nitrata, nego joni olova, nitratni joni i molekuli vode. Slično tome, u rastvoru kalijum-jodida postoje joni kalijuma, jodidni joni i molekuli vode. Uz to, važno je naglasiti da je privlačno dejstvo između jona olova i jodidnog jona jače nego privlačno dejstvo između jona olova i nitratnog jona, odnosno jona kalijuma i jodidnog jona. Zato u rastvoru iznad taloga postoje joni kalijuma i nitratni joni



Slika 2.9. Povezivanje nivoa reprezentacije znanja na primeru oglada „Zlatna kiša”

okruženi molekulima vode, dok je žuti talog izgrađen od jona olova i jodidnih jona vezanih u kristalnu strukturu, koje na okupu drže jake jonske veze.

Tek kada je ovaj fenomen objašnjen na nivou čestica, sledi simbolički zapis u vidu jonske jednačine koja prikazuje suštinu hemijske promene:



Pored ogleda, i teorijski koncepti se mogu obrađivati na sličan način. Sada ćemo na primeru jednog takvog koncepta – le Šateljeov princip (fr. *Henry Louis Le Chatelier*), pokazati povezivanje nivoa reprezentacije znanja. Le Šateljeov princip se izučava u okviru nastavne teme Hemijske reakcije. Ovaj koncept se izučava deduktivno, a obrazovanje ovog koncepta započinje definicijom: „Ako se na sistem u ravnoteži deluje nekim spoljašnjim faktorom, sistem deluje tako da poništi dejstvo tog faktora i ponovo uspostavi ravnotežu”. U nastavi se najčešće nakon definisanja ovog principa, navodi niz pravila kao što su:

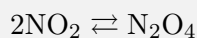
- (i) Povećanjem koncentracije reaktanata, ravnoteža se „pomera udesno”.
- (ii) Povećanjem koncentracije proizvoda, ravnoteža se „pomera ulevo”.
- (iii) Smanjenjem koncentracije reaktanata, ravnoteža se „pomera ulevo”.
- (iv) Smanjenjem koncentracije proizvoda, ravnoteža se „pomera udesno”.
- (v) Povećanjem pritiska, ravnoteža se „pomera u smeru nastajanja manjeg broja molekula gasa”.
- (vi) Smanjenjem pritiska, ravnoteža se „pomera u smeru nastajanja većeg broja molekula gasa”.
- (vii) Povećanjem temperature, ravnoteža se „pomera u smeru endotermne reakcije”.
- (viii) Smanjenjem temperature, ravnoteža se „pomera u smeru egzotermne reakcije”.

Nakon toga, obično sledi uvežbavanje pravila na velikom broju primera. Ovakav pristup, koji je često zastupljen u tradicionalnoj nastavi,

predstavlja *učenje po algoritmu*. Pri tome se dešava da učenici najčešće ne razumeju šta to znači da se ravnoteža „pomera ulevo ili udesno” i šta su suštinske promene na nivou čestica čak i kada uspešno reše zadatak. Kao posledica toga, ovakvi sadržaji se veoma brzo zaboravljaju.

Detaljnu diskusiju na tri nivoa reprezentacije znanja pokazaćemo na primeru sledećeg zadatka:

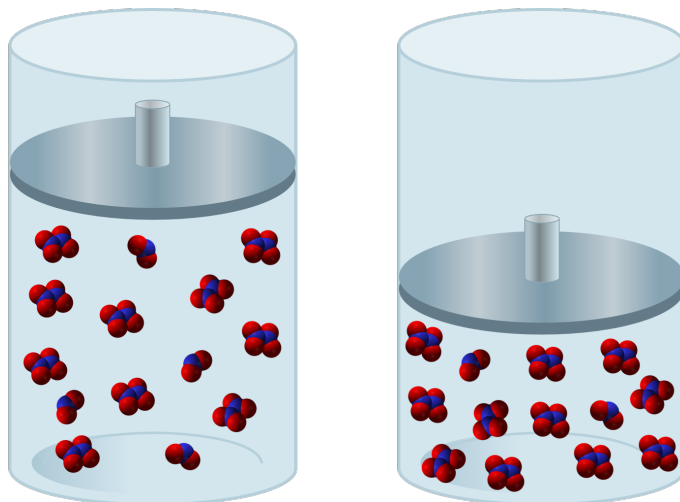
U kom će se smeru „pomeriti ravnoteža” reakcije dimerizacije azot(IV)-oksida pri povećanju pritiska u reakcionom sudu?



Da bi uspešno rešili, a prvenstveno razumeli ovaj zadatak, nastavnici treba da usmere učenike da krenu od ključnog dela le Šateljeovog principa – *sistem deluje tako da poništi dejstvo spoljašnjeg faktora*. To znači, ako je faktor povećanje pritiska gasa, sistem će težiti da pritisak smanji. Zatim se postavlja sledeće pitanje – kako se pritisak može smanjiti? Da bi odgovorili na ovo pitanje, učenici treba da se podsete da pritisak potiče od udara čestica o zidove suda. To znači da će veći broj čestica u sudu uslovljavati i veći broj sudara, odnosno veći pritisak. S druge strane, manji broj čestica značiće manji pritisak, pa će zato u ovom slučaju sistem težiti da smanji broj čestica u sudu. Sledeće pitanje je kako se to postiže, iz čega sledi jasan odgovor – favorizovanjem reakcije u kojoj nastaje manji broj čestica (ovde dolazimo do pravila broj v sa prethodne strane).

U ovom konkretnom slučaju, sa leve strane jednačine su dva molekula NO_2 (dva molekula gasa), a sa desne strane jednačine jedan molekul njegovog dimera N_2O_4 (1 molekul gasa). To znači da će biti favorizovana direktna reakcija, odnosno kažemo da je ravnoteža „pomerena udesno” iako bi mnogo preciznije bilo da kažemo da se povećanjem pritiska menja sastav ravnotežne smeše, tako što se smanjuje koncentracija reaktanata, a povećava koncentracija proizvoda. I u ovom primeru značajno može da pomogne vizuelizacija sistema na submikroskopskom nivou (slika 2.10).

Iako izučavanje hemije kroz konstantno povezivanje makroskopskog, submikroskopskog i simboličkog nivoa na početku može biti zahtevno, ovakva praksa na duži period daje odlične rezultate kada je smisleno razumevanje u pitanju [21].



Slika 2.10. Uticaj povećanja pritiska na ravnotežni sastav smeše na primeru dimerizacije azot(IV)-oksida

2.3 Cilj nastave hemije i značaj hemije kao nastavnog predmeta

Moglo bi se reći da je bez obzira na nivo obrazovanja, osnovni cilj nastave hemije formiranje fleksibilnog sistema hemijskih znanja. Ova znanja treba da omoguće učenicima da po završetku formalnog hemijskog obrazovanja razviju sposobnost donošenja odluka u svakodnevnim životnim situacijama koje zahtevaju hemijsko rezonovanje. S druge strane, znanja treba da budu takva da se mogu nadograditi u slučaju onih koji će nastaviti da se profesionalno bave hemijom.

Učenje hemije u savremenim uslovima bi bilo jako teško bez metodike nastave hemije koja pruža informacije o tome koji sadržaji su bitni kako bi se razvio fleksibilni sistem znanja iz hemije. Zbog toga je važno da nastavnici hemije razumeju ciljeve nastave hemije u svim nivoima obrazovanja. Dalje u tekstu su navedeni ciljevi učenja hemije za osnovnoškolski i srednjoškolski nivo u Republici Srbiji [22, 23].

Cilj učenja hemije u osnovnoj školi je da učenik:

- (i) razvije sistem osnovnih hemijskih pojmova i veštine za pravilno rukovanje laboratorijskim posuđem, priborom i supstancama.

- (ii) bude osposobljen za primenu stečenog znanja i veština za rešavanje problema u svakodnevnom životu i nastavku obrazovanja.
- (iii) razvije sposobnosti apstraktnog i kritičkog mišljenja.
- (iv) razvije sposobnosti za saradnju, timski rad.
- (v) razvije odgovoran odnos prema sebi, drugima i životnoj sredini.

Cilj učenja hemije u srednjoj školi je da učenik:

- (i) razvije hemijska i tehničko-tehnološka znanja.
- (ii) razvije sposobnosti apstraktnog i kritičkog mišljenja.
- (iii) razvije sposobnosti za saradnju i timski rad.
- (iv) pripremi se za dalje univerzitetsko obrazovanje.
- (v) osposobi se za primenu hemijskih znanja u svakodnevnom životu.
- (vi) razvije odgovoran odnos prema sebi, drugima i životnoj sredini.
- (vii) razvije stav o neophodnosti celoživotnog obrazovanja.

U novije vreme se u okviru metodike nastave hemije, ali i u svakodnevnom životu kada je reč o hemijskom obrazovanju sve češće čuje termin *hemijska pismenost* koja se definiše kao sposobnost primene hemijskog znanja u cilju izvođenja zaključaka i preduzimanja odgovarajućih aktivnosti.

Hemijska pismenost se uobičajeno definiše kroz sledeće domene[24]:

- (i) sadržaj,
- (ii) kontekst,
- (iii) veštine,
- (iv) stavovi.

Kada su u pitanju hemijski nastavni *sadržaji*, hemijski pismena osoba treba da razume[24]:

- (i) opšte ideje u hemiji kao nauci.

- (ii) da je hemija eksperimentalna nauka te da hemičari sprovede istraživanja, izvode uoštavanja i predlažu teorije kako bi objasnili pojave oko sebe.
- (iii) da hemija pruža znanja koja predstavljaju osnovu za objašnjavanje pojava i procesa u nekim drugim oblastima i naukama.
- (iv) da hemija objašnjava pojave i procese na makroskopskom nivou razmatrajući strukturu supstanci na nivou čestica koje je izgrađuju.
- (v) da se hemija bavi istraživanjima dinamike hemijskih reakcija i energetskim promenama u toku hemijskih reakcija.
- (vi) da hemija pruža objašnjenja procesa koji se odvijaju u živim sistemima.
- (vii) da hemičari koriste specifičan jezik i da shvati značaj hemijskog jezika.

Po pitanju domena *konteksta*, hemijski pismena osoba bi trebalo da:

- (i) razume i ceni značaj hemijskih ideja u objašnjavanju fenomena iz svakodnevnog života.
- (ii) primenjuje stečena hemijska znanja u svakodnevnom životu.
- (iii) razume povezanost inovacija u hemiji i stepena društvenog razvoja.

Po pitanju *veština*, hemijski pismene osobe bi trebalo da budu sposobne da pokrenu važna pitanja, da pretražuju informacije, da razviju kritički stav prema ulozi hemije u današnjem društvu i da učestvuju u debatama koje se tiču hemije i njene primene u svakodnevnom životu.

Poslednji domen u vezi sa hemijskom pismenošću jeste domen *stavova* koji predstavlja afektivni aspekt hemijske pismenosti. Hemijski pismene osobe bi trebalo da imaju sveobuhvatan i realističan pogled na hemiju i njenu primenu, a takođe i da pokažu interesovanje za aktuelne hemijske teme.

Zašto je hemijska pismenost važna, odnosno zašto je važna hemija kao nastavni predmet? Da bismo odgovorili na ovo pitanje, potrebno je da razmotrimo ulogu hemije u razvitku ljudske civilizacije. Prisetimo se da su otkriće vatre, eksploatacija minerala iz ruda i kasnije proizvodnja metala imali ogroman uticaj na način života ljudi. Kasnija dostignuća

hemije, kao što su: proizvodnja lekova, kaučuka, plastičnih masa, lakova, boja, veštačkih vlakana, stakla i raznih legura, poboljšala gotovo sve aspekte svakodnevnog života čoveka. Moglo bi se reći da su se značajna otkrića u hemiji u velikoj meri dešavala iz ljudskih potreba.

Danas se znanja do kojih su došli hemičari primenjuju u gotovo svim granama nauke, ali i u svim sferama života. Hemijska znanja su neophodna hemičarima, ali su isto tako od neprocenjive važnosti i za neke druge naučne oblasti. Najpre tu mislimo na medicinu i farmaciju, odnosno na značaj hemije u proizvodnji lekova. Mnoge bolesti koje su dugo godina bile neizlečive, kao što je na primer tuberkuloza, danas su gotovo iskorenjene ili se uspešno leče. U novije vreme se intenzivno radi i na reparaciji DNK i postoje optimistične prognoze da bi mnoge za sada smrtonosne bolesti mogle uskoro biti prošlost.

Hemija ima neprocenjivu ulogu i kada je u pitanju proizvodnja hrane. Danas na svetu živi gotovo osam milijardi ljudi uz tendenciju stalnog rasta. Bez primene hemijskih supstanci (veštačkih đubriva, herbicida, insekticida, fungicida i dr.) planeta Zemlja bi mogla da prehrani tek jedan mali deo svog stanovništva.

Naročito važnu ulogu hemija ima kada je u pitanju proizvodnja novih materijala. To su razni građevinski materijali (nove vrste cementa, silikona i dr.), materijali koji se koriste u proizvodnji transportnih vozila, odeće, računara i računarske opreme, ali i materijali koji imaju značajnu ulogu u energetski efikasnim sistemima (LED diode, litijum-jonske baterije, solarni paneli i dr.).

Ovde su navedeni samo neki od brojnih benefita hemije u životu savremenog čoveka. Ipak, trebalo bi pomenuti da hemija nosi i određene rizike. Tu prvenstveno mislimo na zagađenje životne sredine, odnosno pojavu kiselih kiša, ozonskih rupa, globalno zagrevanje, zagađenje vode, vazduha i zemljišta.

Na osnovu svega pomenutog, može se izvesti generalni zaključak da je hemija kao nastavni predmet neophodan u sistemu savremenog obrazovanja jer omogućava da jasnije sagledamo svet oko sebe i da ga unapredimo, imajući na umu odnos benefita i rizika koje hemija pruža.

Glava 3

Struktura hemijskog znanja

3.1 Tipovi i nivoi znanja

Pedagoška enciklopedija [25] definiše *znanje* kao „sistem ili logički pregled činjenica i generalizacija o objektivnoj stvarnosti koje je čovek usvojio i trajno zadržao u svojoj svesti”.

Činjenice predstavljaju konkretnosti iz objektivne stvarnosti. Njima se izražava postojanje ili opisuju objekti, pojave, procesi, stanja i svojstva. Kao primere hemijskih naučnih činjenica možemo navesti sledeće: pri standardnom pritisku, voda je tečnost koja ključa na 100 °C; epruveta je stakleni sud sačinjen od tube sa otvorom na vrhu i zaobljenim dnom; pravi rastvori mogu biti u čvrstom ili tečnom agregatnom stanju i dr.

Uz činjenice, znanje uključuje i *generalizacije* – poznavanje pojmova, pravila, principa, zakona i teorija. Brojni su primeri ovih elemenata znanja u hemiji, a neki od njih su: oktetno pravilo, princip minimuma energije, zakon stalnih masenih odnosa, teorija kiselina i baza i dr. Pri tome, u svakom sistemu znanja pojmovi imaju ključnu ulogu i zato je nastavni proces potrebno pravilno organizovati, kako bi se omogućilo kvalitetno usvajanje hemijskih pojmova.

Postoje različite podele znanja prema tipu, koje su rezultat razlika u pogledu prirode znanja. Ovde ćemo navesti najosnovniju podelu na: *deklarativno*, *proceduralno* i *metakognitivno* znanje. Takođe, postoje različite podele kada su nivoi znanja u pitanju, a mi ćemo navesti hijerarhijsku podelu na *duboko* i *površno znanje* [26].

3.1.1 Tip 1: deklarativno znanje

Deklarativno znanje predstavlja statično znanje činjenica, koncepata i principa u okviru određenog domena, pa se zato nekada naziva i *konceptualnim* znanjem [26]. Ono je deskriptivno i često se opisuje kao *znati da* (npr. da voda ima višu tačku ključanja od vodonik-sulfida; da je atom neutralna čestica; da je sumpor supstanca žute boje; da je u molekuli sumpor(VI)-oksida ugrađeno 3 atoma kiseonika i dr.).

Budući da je broj činjenica ogroman, deklarativna znanja pojedinca su izuzetno obimna. Iako ne postoji precizna definicija jedinice znanja, smatra se da pojedinac u proseku raspolaže stotinama hiljada jedinica deklarativnog znanja [27].

U našem obrazovnom sistemu, deklarativna znanja dominiraju po zastupljenosti nad drugim tipovima znanja. To znači da nastavnici u svojoj nastavnoj praksi vrlo često primenjuju zadatke kojima se meri deklarativno znanje. U prilog ovome govore i rezultati PISA istraživanja (engl. *Programme for International Student Assessment*) koje se sprovodi svake treće godine na uzorku petnaestogodišnjaka. Godinama unazad, na ovom standardizovanom testiranju, naši učenici ne ostvaruju zadovoljavajući nivo naučne pismenosti. Naime, PISA testiranjem se ne meri poznavanje činjenica nego je akcenat na funkcionalnim znanjima. Podatak da petnaestogodišnjaci u Srbiji ostvaruju rezultate ispod proseka, sugeriše da je naš obrazovni sistem više fokusiran na akumulaciju znanja, nego na primenu.

3.1.2 Tip 2: proceduralno znanje

Proceduralno znanje se odnosi na znanje o pravilima i procedurama i često se opisuje kao *znati kako* (npr. kako odvojiti sastojke iz smeše natrijum-hlorida i joda; kako se može dokazati prisustvo jona kalcijuma u pijaćoj vodi; kako treba postupiti ako baza dođe u kontakt sa kožom i dr.).

Formiranje proceduralnog znanja zahteva angažovanje viših misaonih procesa kao što su logičko mišljenje i zaključivanje. Možemo reći da pojedinac poseduje proceduralno znanje ukoliko je sposoban da određene informacije poveže, analizira i primeni kako bi rešio neki problem ili izveo zaključak.

Budući da je hemija eksperimentalna nauka, proceduralna znanja u nastavi hemije su veoma poželjna. Međutim, kod nas eksperimentalni rad

nije dovoljno zastupljen, u najvećoj meri zbog slabe opremljenosti škola. Dešava se da učenici završe osnovnu i srednju školu, a da su hemikalije, hemijski pribor i laboratoriju videli samo u udžbeniku.

3.1.3 Tip 3: metakognitivno znanje

Da bismo definisali *metakognitivno* znanje potrebno je prvo definisati *metakogniciju*. To je termin koji je predložio Flavel sedamdesetih godina prošlog veka [28], čije je značenje bilo učenje o učenju odnosno svesnost o tome kako memorija funkcioniše. Nešto kasnije, ovoj definiciji je pridodata i komponenta samoregulacije. U skladu sa tim, vešto planiranje i praćenje sopstvenog ponašanja povećava šanse za dobro postignuće.

Metakognitivno znanje predstavlja najviši oblik znanja i određeno je ličnim odnosom pojedinca prema sadržaju koji uči. Ono može da bude tačno ili netačno, budući da pojedinac može da potceni ili preceni svoje stvarne kompetencije u odnosu na zadatak, što je posledica činjenice da metakognitivno znanje počiva na sistemu ličnih uverenja formiranih na osnovu prethodnih metakognitivnih iskustava [29].

Formiranje metakognitivnih znanja se smatra krajnjim ciljem obrazovnog procesa.

3.1.4 Nivo 1: površno znanje

Površno znanje je ono koje se skladišti u obliku koji je više ili manje identičan obliku spoljašnje informacije. Ovaj oblik znanja se često povezuje sa mehaničkim učenjem, reprodukcijom i nedostatkom kritičkog rasuđivanja [26].

Površna znanja se odnose na spoljašnje attribute izučavanih objekata. Tako, na primer, znanje da grafit provodi struju, da je dijamant najtvrdi prirodni mineral, da gvožđe rđa na vazduhu ili da led pluta po vodi, predstavlja površno znanje ukoliko učenik nije u stanju da obrazloži ove fenomene.

3.1.5 Nivo 2: duboko znanje

Znanje opisujemo kao *duboko* ukoliko je čvrsto inkorporirano u kognitivnim šemama pojedinca. Do formiranja dubokog znanja dolazi kada je spoljašnju informaciju moguće transformisati u oblik koji odgovara prethodnim znanjima pojedinca, odnosno kada je znanje uskladišteno

u obliku koji će omogućiti njegovu kasniju primenu. Duboko znanje se često povezuje sa razumevanjem, apstrakcijom, kritičkim rasuđivanjem i evaluacijom [26].

Razliku između površnog i dubokog znanja možemo objasniti na primeru iz hemije. Znanje da se pri rastvaranju čvrstih supstanci u vodi toplota može osloboditi ili vezati predstavlja površno znanje. S druge strane, znanje da se pri rastvaranju čvrste supstance u vodi dešavaju tri procesa:

- (i) Raskidanje veza/interakcija između čestica rastvorka.
- (ii) Raskidanje interakcija između čestica rastvarača.
- (iii) Uspostavljanje interakcija između čestica rastvarača i čestica rastvorka.

i da je raskidanje interakcija proces koji uvek zahteva utrošak energije, a da se formiranjem interakcija oslobađa energija (od čega će zavisiti i ukupan toplotni efekat procesa rastvaranja) predstavlja duboko znanje.

Ukoliko učenici poseduju ovakvo znanje, oni će biti sposobni da na konkretnim primerima zaključie zašto je određeni proces endoterman ili egzoterman.

3.2 Formalna struktura hemijskog znanja. Sistemska mišljenje

Strukturu hemijskog znanja sačinjavaju koncepti koji nisu izolovani. Štaviše, oni su međusobno povezani u uređenu strukturu. Ovo se odnosi i na naučne i na nastavne hemijske sadržaje. Naime, hemijski nastavni sadržaji predstavljaju pažljivo odabrane i didaktički transformisane sadržaje preuzete iz hemijskih naučnih disciplina. Budući da se hemija kao nauka konstantno razvija i da neprestano dolazi do novih otkrića, struktura nastavnih sadržaja se takođe menja prateći razvoj nauke.

U nekim svojim delovima hemija ima hijerarhijsku strukturu, ali su gledano u celini sadržaji organizovani u vidu mreže sa velikim brojem čvorišta (konceptata) povezanih kompleksnim međusobnim relacijama [30].

Posmatranjem nastavnih programa hemije se može lako uočiti da oni svuda u svetu imaju sličnu formu, budući da oslikavaju univerzalne hemijske naučne sadržaje. Izučavanje hemije uvek započinje izučavanjem

osnovnih hemijskih koncepata, odnosno koncepata opšte i fizičke hemije. Najpre je to korpuskularni koncept u okviru koga se izučavaju materija, supstanca i energija. Ideja da supstanca ima čestičnu strukturu nameće pitanje – kakva je struktura tih čestica, zatim kakve su to sile koje čestice drže na okupu (hemijska veza i međumolekulske interakcije) i na koji način i pri kojim uslovima se dešava reorganizacija čestica (hemijske reakcije) [30].

Što se tiče sadržaja neorganske hemije, oni se izučavaju uređeni po grupama PSE. Pored klasičnih koncepata kao što su: opšta svojstva elementa na osnovu položaja u PSE, nalaženje u prirodi, fizička i hemijska svojstva i primena, ovde su pridodati i koncepti industrijske hemije (industrijski postupci dobijanja elemenata i jedinjenja), kao i koncepti zaštite životne sredine (uticaj supstanci na okolinu). Zbog velikog broja elemenata, a ograničenog nastavnog vremena, u okviru sadržaja neorganske hemije izučavaju se samo tipični predstavnici grupa. Ovakav oblik nastave naziva se *egzemplarna nastava*.

Koncepti organske hemije, a nakon toga i koncepti biohemije se izučavaju takođe po principu egzemplarne nastave. Naime, sadržaji su organizovani prema klasama organskih i biološki važnih jedinjenja, a izučavaju se tipični predstavnici.

Znanje u nastavi hemije je u velikoj meri organizovano u skladu sa *redukcionističkim pristupom*. On podrazumeva raščlanjivanje kompleksnih problema na sastavne delove, kako bi se lakše savladala celina. Međutim, ovakav pristup ima nekoliko nedostataka. Naime, poznato je da ljudi najbolje uče kada sagledaju celinu, odnosno kada povežu novi koncept sa prethodno usvojenim konceptima, a prvenstveno kada novu informaciju uče u kontekstu, pa mogu da spoznaju vezu sa svakodnevnom životom. Međutim, zbog redukcionističkog pristupa nastavi hemije, koncepti se najčešće uče izolovano od konteksta svakodnevnih životnih situacija, uprkos činjenici da su veoma zastupljeni u svakodnevnom pojavama oko nas [31]. Pored toga, budući da se koncepti izučavaju u okviru pojedinačnih nastavnih predmeta, dolazi do toga da učenici nisu u stanju da naučne koncepte generalizuju i da stečena znanja i veštine primene u novim situacijama [32].

Važno je pomenuti da je redukcionistički pristup doprineo akumulaciji velike količine znanja o svetu u kojem živimo, a takođe i razvoju tehnologije koja nam umnogome olakšava život. Ipak, taj pristup nije odgovarajući ukoliko nam je krajnji cilj da obrazujemo buduće stručnjake

koji će se u budućnosti uspešno baviti aktuelnim problemima kao što su: zagađenje životne sredine, klimatske promene, siromaštvo i održivi razvoj [32]. Zbog toga se istraživanja u oblasti nastave hemije u novije vreme okreću *holističkom pristupu*, koji se zasniva na principu da je celina više nego zbir njenih sastavnih delova. Ovo ujedno predstavlja i uvod u razvoj *sistemskog mišljenja* u nastavi hemije.

Sistemsko mišljenje se može definisati kao sposobnost razumevanja i interpretacije složenih sistema [33]. Koncept sistemskog mišljenja je predložio biolog Bertalanfi (nem. *Ludwig von Bertalanffy*) u prvoj polovini 20. veka [32]. Posmatrajući organizme kao jedinke čija jedinstvena svojstva i ponašanje zavise od interakcije pojedinih delova organizma, Bertalanfi je smatrao da se razumevanje organizma mora razviti iz proučavanja organizma kao celine, a ne iz proučavanja njegovih pojedinačnih organa.

Iako su ispitivanja mogućnosti primene sistemskog mišljenja u drugim oblastima (biologiji, kibernetici, medicini, ekonomiji, sociologiji, psihologiji i dr.) zastupljena već godinama, u hemiji to nije bio slučaj i tek su od nedavno započete opsežnije studije koje se bave ovom tematikom.

Benefiti primene sistemskog mišljenja u hemijskom obrazovanju su višestruki [34]:

- (i) Edukatori mogu bolje da objasne hemijske koncepte i da pomognu učenicima da uoče značaj hemije na globalnom nivou.
- (ii) Učenici mogu bolje da razumeju hemiju, njenu primenu u rešavanju globalnih problema, kao i da razviju veštine rešavanja kompleksnih problema.
- (iii) Društvo dobija hemijski pismene pojedince sposobne da reše probleme današnjice.

Šta zapravo znači uvesti sistemsko mišljenje u nastavu hemije i kako to izgleda u praksi? Orgil i saradnici [32] navode odličan primer kojim se može podstaći razvoj sistemskog mišljenja u nastavi hemije. Oni predlažu izvođenje ogleada „Dimerizacija azot(IV)-oksida” koji je pogodan i uobičajeno se izvodi pri obradi koncepta hemijske ravnoteže.

U tradicionalnoj nastavi, koja se pretežno zasniva na redukcionističkom pristupu, ovaj ogled se primenjuje za demonstraciju egzotermne dimerizacije mrkog NO_2 u bezbojni N_2O_4 . Nastava orijentisana na razvoj sistemskog mišljenja bi, pored demonstracije, trebalo da uključi i odgovarajući kontekst iz svakodnevnog života. Autori sugerišu da bi nastavnici

mogli da ukažu učenicima na vezu mrkog gasa (NO_2) sa fotohemijskim smogom, koji doprinosi mrkoj izmaglici koju je nekada moguće uočiti iznad većih gradova. Uz to, trebalo bi pomenuti i produkciju ovog gasa u procesu sagorevanja fosilnih goriva u automobilima.

Istraživanja pokazuju da nastava zasnovana na kontekstu značajno podstiče motivaciju učenika za učenje hemijskih sadržaja, jer povezuje nove i nepoznate sa poznatim konceptima iz svakodnevnog života. Pored konteksta, uz demonstraciju koja pokazuje toplotni efekat dimerizacije, učenici se mogu dodatno aktivirati razmatranjem dinamike promene koncentracije NO_2 u toku dana. Tada učenici na osnovu iskustva iz svakodnevnog života, odnosno sopstvenog zapažanja, dolaze do zaključka da koncentracija NO_2 u toku prvog dela dana raste, a u drugom delu dana opada. Zatim učenici razmatraju moguće uzroke ove pojave i dolaze do zaključka da su to temperatura (smanjenje temperature favorizuje reakciju dimerizacije odnosno smanjenje koncentracije NO_2), kao i fabrike i automobili (koji povećavaju koncentraciju NO_2 u prvom delu dana).

Finalni deo ovog pristupa podrazumeva razmatranje uloge ljudskog faktora u ovom procesu. Drugim rečima, učenici bi trebalo da razmotre kako koncentracija NO_2 utiče na ponašanje ljudi i obratno, kako ljudsko delovanje utiče na koncentraciju NO_2 u okolini. Jedan od odgovora bi mogao da bude da NO_2 u vazduhu reaguje sa drugim supstancama dajući proizvode koji iritiraju oči i pluća. Kao rezultat toga, veliki broj ljudi će početi da koristi sopstveni prevoz umesto da ide peške do posla, što će posledično imati veliki uticaj na povećanje NO_2 u vazduhu.

Ovakav pristup ne samo da vodi razvoju sistemskog mišljenja kroz povezivanje različitih hemijskih koncepata (u ovom konkretnom slučaju – hemijske ravnoteže, brzine hemijske reakcije, termodinamike, sagorevanja), nego i doprinosi razvoju sposobnosti usmenog izražavanja i dijaloga, kao i formiranju etičkih principa i načela.

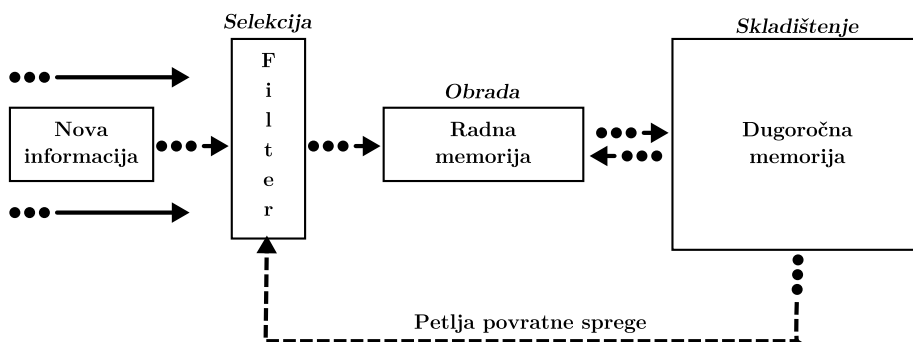
Razvoj sistemskog mišljenja i smislenog razumevanja hemijskih koncepata su najpoželjniji ishodi hemijskog obrazovanja. Ipak, treba napomenuti da se u nastavi hemije vrlo često dešava upravo suprotno – učenici formiraju znanja koja nisu naučno prihvatljiva. Takva znanja nazivamo *miskonceptijama*.

3.3 Individualna struktura hemijskog znanja

Miskonceptije predstavljaju duboko ukorenjene ideje i predstave pojedinca o pojavama i procesima u prirodi i društvu koje nisu naučno zasnovane. To su mentalni modeli koje pojedinci razvijaju kako bi objasnili svet oko sebe, a javljaju se kao posledica neadekvatnih predznanja. Da bismo razumeli zašto se javljaju miskonceptije, neophodno je razumeti kako funkcioniše ljudski mozak u toku učenja.

Na osnovu brojnih istraživanja u psihologiji, medicini i obrazovanju, Džonston [35] je predložio model učenja, koji je poznat pod nazivom *Model obrade informacija* (slika 3.1). Prema ovom modelu, informacije koje dolaze iz nekog spoljašnjeg izvora prolaze kroz filter koji selektuje informacije koje će proći dalje do radne memorije. Ova selekcija se vrši na osnovu predznanja pojedinca. U radnoj memoriji se vrši obrada informacija, koje se zatim u pogodnom obliku skladište u dugoročnoj memoriji. Obrada informacija u radnoj memoriji je potpomognuta postojećim informacijama uskladištenim u dugoročnoj memoriji u kojoj se čuvaju sva prethodna iskustva pojedinca.

Znanja su u dugoročnoj memoriji uskladištena u obliku šema. Kao što je već rečeno u prvoj glavi, da bi nova informacija bila asimilovana, postojeća kognitivna šema se mora akomodirati, pri čemu dolazi do formiranja nove šeme, a celokupan proces je praćen ulaganjem određene količine mentalnog napora. Značaj formiranja kognitivnih šema se ogleda u smanjenju opterećenja radne memorije. Naime, radnu memoriju karakteriše ograničeni kapacitet, ali je bitno naglasiti da se on ne odnosi na veličinu i kompleksnost informacija, nego na njihov broj. Danas je dobro



Slika 3.1. Džonstonov model obrade informacija; prilagođeno iz [13]

poznato da ljudi u svojoj radnoj memoriji mogu istovremeno da obrade 7 ± 2 informacije.

Ukoliko pojedinac nema odgovarajuće predznanje, on će pokušati da usvoji informaciju tako što će je transformisati u oblik koji može da se ugradi u postojeće kognitivne šeme. Ovaj proces takođe zahteva ulaganje velike količine mentalnog napora. Tako nova informacija postaje miskoncepcija, koja nije naučno zasnovana, ali je za učenika smisljena i zato se čvrsto ugrađuje u kognitivne šeme učenika. To za posledicu ima veoma tešku eliminaciju miskoncepcija. Pored navedenog, miskoncepcije imaju još jednu zajedničku karakteristiku, a to je da se javljaju kod velikog broja učenika. Zabeleženo je da se iste vrste miskoncepcija javljaju širom sveta, bez obzira na razlike u nastavnom programu, različite nastavnike i uslove rada.

Proučavajući miskoncepcije možemo lako uočiti sličnosti između učenika, koji izučavaju nove i njima nepoznate hemijske sadržaje, i mnogih naučnika kroz istoriju koji su pokušavali da dođu do novih saznanja u hemiji. Naime, miskoncepcije koje su se javljale kroz istoriju su iste one sa kojima se učenici danas susreću, budući da zapažanja koja se izvode na sličan način vode sličnim interpretacijama fenomena [36]. Pomenućemo jedan od najtipičnijih primera – *Flogistonsku teoriju*.

Ova teorija pripada grupi zastarelih i opovrgnutih teorija. Zasnovana je u 17. veku, njenim tvorcem se smatra Beher (nem. *Johann Joachim Becher*), a utemeljivačem Štal (nem. *Georg Ernst Stahl*). Prema ovoj teoriji, objekti koji sagorevaju sadrže *flogiston*, a sagorevanje predstavlja oslobađanje flogistona. Ostatak koji zaostaje nakon sagorevanja ne sadrži flogiston i zato više ne može da gori. Prema ovoj teoriji, dakle, drvo sadrži flogiston, dok ga pepeo ne sadrži, a vazduh predstavlja samo medijum za prenos flogistona. Kroz ovo objašnjenje flogistoničari su mogli da razumeju zašto se masa supstance (npr. drveta) u toku sagorevanja smanjuje.

U toku 18. veka ova teorija dobija dodatno na značaju i do kraja 18. veka postaje univerzalno prihvaćena. Problem je nastao kada je ovom teorijom trebalo objasniti rđanje gvozdениh predmeta. Naime, prema Štalu gvozdени predmeti, takođe, sadrže flogiston koji se oslobađa u toku rđanja, ali daleko sporije. To bi značilo da masa zardalog predmeta mora biti manja od početne mase gvozdеноg predmeta, što nije slučaj u praksi. Da bi ovo objasnili, flogistoničari su stvorili još jednu miskoncepciju – flogiston može imati i pozitivnu i negativnu vrednost mase. U skladu sa ovom idejom, supstance koje sadrže flogiston pozitivne vred-

nosti mase, sagorevanjem gube na masi i obratno, supstance koje sadrže flogiston negativne mase sagorevanjem povećavaju masu [37].

Ako razmotrimo kako se u nastavi formira pojam oksidacije primećemo slične miskoncepcije. Naime, spontani pojam na kome će se formirati i dalje razvijati pojam *oksidacije* jeste *sagorevanje*. Kada učenici stupe u nastavu hemije, oni ne znaju za okside i oksidaciju, ali su upoznati sa sagorevanjem. Oni znaju da je to proces u toku koga nastaju toplota i svetlost odnosno da taj proces primenjujemo kada želimo da se ugrejemo ili kada nam je potrebna svetlost.

Odabir ogleda za utvrđivanje pojma sagorevanje treba da bude takav da omogući učeniku da razume šta se dešava pri sagorevanju neke supstance. Kao pogodni ogledi mogu poslužiti ogledi „Sagorevanje etanola, sveće i papira”. Nakon demonstracije učenici će biti u mogućnosti da zapaze da etanol gori, a da u porcelanskoj šolji nema ostatka; zatim da se sveća pri sagorevanju smanjuje i da pri tome nastaje čađavi dim, a da pri sagorevanju papira u porcelanskoj šolji zaostaje pepeo. Nakon izvedenih ogleda postavlja se hipoteza – da li se supstanca pri sagorevanju troši? Na taj način stižemo do flogistonske teorije. Na isti način, kroz ista zapažanja su i flogistoničari došli na ideju da supstanca sadrži flogiston, koja pri sagorevanju napušta supstancu.

Da bismo sprečili nastanak ove miskoncepcije, potrebno je izvesti dodatne ogledе koji će dovesti do *kognitivnog konflikta*. Do kognitivnog konflikta dolazi kada je nova, očigledna, informacija u direktnoj suprotnosti sa informacijama u kognitivnoj strukturi učenika. Ovo se može postići izvođenjem ogleda „Sagorevanje magnezijumove trake”. Meranjem mase magnezijumove trake pre hemijske reakcije i nastalog proizvoda posle hemijske reakcije, učenici uviđaju da se u ovom primeru masa supstance sagorevanjem povećala. Ovde dolazi do kognitivog konflikta i uloga nastavnika je veoma važna. Nastavnik tada mora da koriguje hipotezu i da objasni da je sistem otvoren i da je supstanca mogla iz tog sistema da izađe, ali isto tako i da uđe u sistem. U suprotnom, učenici bi mogli da formiraju istu miskoncepciju kao i flogistoničari.

Nastavnik, zatim napominje važan zaključak – svi ovi procesi su se odigravali na vazduhu, što znači da supstance u toku sagorevanja reaguju sa komponentom vazduha koju zovemo *kiseonik*. Na taj način formiramo pojam *oksida*, kao jedinjenja elemenata sa kiseonikom. Analogno se izvodi i pojam *oksidacija* kao reakcije sjedinjavanja drugih elemenata sa kiseonikom.

Ovde treba biti oprezan kako učenici ne bi razvili miskoncepciju da je oksidacija uvek sjedinjavanje s kiseonikom. Ova miskoncepcija je dosta česta kod učenika srednjoškolskog uzrasta, a naročito je zastupljena kod učenika sa engleskog govornog područja budući da se termin oksidacija (engl. *oxidation*) izvodi iz termina kiseonik (engl. *oxygen*). Da bi sprečili formiranje ove miskoncepcije potrebno je prikazati još jedan ogled „Sagorevanje magnezijuma u hloru”. Učenici mogu da zapaze da magnezijum može da sagori i u hloru, odnosno da kiseonik ne mora nužno biti učesnik reakcije oksidacije.

Na osnovu prikazanog oglada, sledeći korak jeste definisanje pojma *oksidoredukcija*. Analogijom, iz sličnosti reakcije magnezijuma sa kiseonikom i magnezijuma sa hlorom, može se zaključiti da se na submikroskopskom nivou dešavaju slični procesi i ovo omogućuje proširenje pojma oksidacije, na reakciju oksido-redukcije (prenosa elektrona). Dakle, atom magnezijuma otpušta dva elektrona, dok dva atoma hlora primaju svaki po jedan elektron. Oksidacija se na taj način definiše kao proces otpuštanja elektrona, a redukcija kao proces primanja elektrona.

Na kraju, bitno je istaći i da oksidi ne moraju nužno nastati reakcijom oksidacije. U tu svrhu, može nam poslužiti ogled „Rastvaranja bakra u koncentrovanoj sumpornoj kiselini”:



Ovo je trenutak kada se uvodi pojam oksidacionog broja, koji će omogućiti određivanje koeficijenata u jednačinama oksido-redukcionijskih reakcija, a time i razumevanje da oksidi mogu nastati u reakciji oksidacije, ali i u reakciji redukcije (SO_2).

U zavisnosti od porekla, razlikujemo dva osnovna tipa miskoncepcija:

- (i) Učenički pretkoncepti;
- (ii) Miskoncepcije stečene u školi.

3.3.1 Učenički pretkoncepti

Učenički pretkoncepti jesu miskoncepcije koje se formiraju pre procesa formalnog obrazovanja. Naime, pre nego što počnu sa izučavanjem hemijskih koncepata, učenici se u svakodnevnom životu susreću sa hemijskim fenomenima i već tada formiraju objašnjenja na osnovu svojih

predznanja. Ovo znači da učenici ulaze u nastavu hemije sa već formiranim idejama o nekim hemijskim fenomenima.

Da bi nastava hemije bila efikasna takve ideje je potrebno identifikovati, a zatim eliminisati, kako bi se omogućilo usvajanje i razvoj ispravnih hemijskih koncepata. Ali, to nije nimalo lak zadatak, budući da se učenički pretkoncepti javljaju kao rezultat posmatranja prirode i donošenja zaključaka koji su za njih smisleni.

Na već pomenutom primeru sagorevanja, učenici zaključuju da se prilikom sagorevanja supstanca menja i da zaostaje pepeo koji je lakši od početne supstance. Na osnovu ovog zapažanja sledi logičan zaključak da supstanca nestaje. Ovaj zaključak proizilazi iz pažljivog posmatranja procesa sagorevanja i zato ga ne možemo proglasiti nelogičnim, iako nije naučno prihvatljiv [36].

Trebalo bi svakako pomenuti da formiranje pretkonceptata nije karakteristično samo za hemiju, već se pretkoncepti formiraju i u okviru drugih nastavnih predmeta. Tako, na primer, neki učenici započinju izučavanje geografije sa idejom da se Sunce okreće oko Zemlje, a izučavanje fizike sa idejom da Sunce usisava vodu iz bare na putu, usled čega voda nestaje [36].

Što se tiče pretkonceptata u nastavi hemije, navešćemo nekoliko najtipičnijih koji su identifikovani kod učenika osnovnoškolskog uzrasta širom sveta. Naime, na osnovu pojava iz svakodnevnog života, deca zapažaju da se tela na toploti šire, a na hladnoći skupljaju. Deca opažaju da se stajanjem na vazduhu u letnjem periodu guma na biciklu naduva, a zimi izduva; da se živa u termometru širi sa povećanjem temperature; da su leti strujni kablovi istegnuti, a zimi zategnuti i dr. Ovu pojavu učenici kasnije izučavaju u okviru Prirode i društva, a zatim i u okviru fizike (termička dilatacija). Tada učenici saznaju da je toplotno širenje najveće kod gasova, pa kod tečnosti, a najmanje kod čvrstih tela.

Da bi ovaj fenomen razumeli na hemijski ispravan način, učenici ga moraju razumeti na nivou čestica. To znači da na višim temperaturama atomi i molekuli imaju veću kinetičku energiju, brže se kreću uz težnju za međusobnim udaljavanjem, odnosno da se sa povećanjem temperature povećavaju rastojanja između čestica. Pri tome, ukoliko su sile koje čestice drže na okupu jače, to će i međusobno udaljavanje čestica, odnosno širenje tela biti manje.

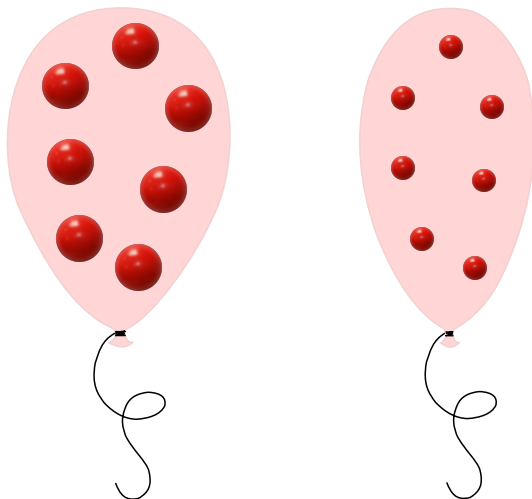
U praksi se, međutim, dešava suprotno. Učenici prenose vidljiva makroskopska svojstva na submikroskopske čestice. Tako u ovom konkret-

nom slučaju učenici veruju da do širenja tela dolazi jer se šire i same čestice i obratno (slika 3.2).

Navešćemo još jedan učenički pretkoncept koji se takođe odnosi na prenošenje vidljivih fenomena na submikroskopske čestice. Posmatrajući fenomen rastvaranja (na primer šećera u čaju) neka deca formiraju pogrešnu ideju da šećer nestaje prilikom rastvaranja. Ukoliko bi, na primer, pitali decu šta će se desiti sa masom ukoliko u 50 g vode rastvorimo 10 g šećera, veliki broj bi odgovorio da će masa biti 50 g, jer šećer rastvaranjem nestaje. Ovaj pretkoncept se može zadržati kod nekih učenika i stvoriti poteškoće pri izučavanju rastvora u sedmom razredu.

Kakva je uloga nastavnika po pitanju pretkonceptata u nastavi hemije? Formiranje pretkonceptata se ne može izbeći, jer je u ljudskoj prirodi da pokušavaju da objasne pojave i procese koji se odvijaju u svakodnevnom životu. Objašnjenja koja učenici formiraju mogu da se zasnivaju na idejama njihovih roditelja, nečega što su videli na televiziji, pročitali na internetu ili sami iskonstruisali.

Da bi ovakve ideje eliminisali, učenicima je potrebna podrška nastavnika. Prvi korak je da nastavnik uoči formirane pretkoncepte. Nakon toga, potrebno je stvoriti takvu atmosferu da učenici slobodno diskutuju svoje ideje, kako sa nastavnikom tako i sa vršnjacima u odeljenju. Takođe,



Slika 3.2. *Ilustracija učeničkog pretkoncepta: skupljanje tela je posledica skupljanja čestica*

nastavnik i učenici uvek treba da imaju na umu da svako od nas poseduje neke miskoncepcije. Da bi pretkoncepti bili eliminisani, učenicima je potrebno predočiti ubedljive dokaze, koji će im pomoći da promene svoje mišljenje i prihvate nove ideje. Najbolje je ako učenici do tih dokaza dođu putem sopstvenog otkrića [38].

3.3.2 Miskoncepcije stečene u školi

Miskoncepcije se mogu formirati i u toku nastavnog procesa, a uzrok može biti dvojak. One mogu nastati kao posledica neadekvatnih predznaja i tada se dešava da učenik konstruiše pojam idiosinkratično, te se on razlikuje od onog koji nastavnik želi da prikaže.

Ovo se najčešće dešava pri obradi visokoapstraktnih koncepata. Jedan od takvih koncepata je i koncept hemijske veze. Da bi razumeli hemijsku vezu učenici moraju imati razvijene vizuelne sposobnosti i apstraktno mišljenje. U nastavi hemije se često koriste fizički modeli gde se jonska i kovalentna veza predstavljaju štapićima. Kao rezultat toga, učenici doživljavaju hemijsku vezu kao fizički entitet, te veruju da se prilikom raskidanja veze oslobađa energija, a da je za formiranje veze potrebno dovesti energiju [39].

Neka istraživanja su potvrdila da se dešava, mada ređe, da i sam nastavnik ima miskoncepcije koje prenosi na učenika. Ovde ćemo pomenuti jednu od takvih miskoncepcija. Naime, u okviru nastavne teme Disperzni sistemi izučavaju se nezasićeni, zasićeni i prezasićeni rastvori. Istraživanja pokazuju da veliki broj nastavnika ima miskoncepciju kada su u pitanju prezasićeni rastvori [40]. Generalno, nastavnici znaju da zasićeni rastvori sadrže maksimalnu količinu rastvorka na određenoj temperaturi, ali izvestan broj nastavnika ne shvata da i rastvor iznad taloga sadrži maksimalnu količinu rastvorka. Štaviše, izvestan broj nastavnika veruje da zasićen rastvor nastaje kada se u rastvarač doda tačno određena količina rastvorka, koja odgovara njegovoj rastvorljivosti, te da dodatkom nove količine rastvorka pri istim uslovima nastaje prezasićen rastvor [40]. Drugim rečima, neki nastavnici misle da je rastvor iznad taloga prezasićen.

U nastavi hemije se često dešava da nastavnici definišu prezasićene rastvore kao rastvore koji sadrže više rastvorene supstance nego zasićeni rastvori na istoj temperaturi. Ova tvrdnja, iako je tačna, može biti uzrok nastanka opisane miskoncepcije. Naime, učenicima je potrebno objasniti da pri identičnim uslovima rastvarač može da rastvori određenu maksimalnu količinu rastvorka i da se dodatkom nove količine rastvorka višak

taloži na dno suda, odnosno da se sastav rastvora iznad taloga ne menja.

Da bi učenici razumeli pojam prezasićenog rastvora, potrebno je prethodno obraditi toplotne efekte rastvaranja. Učenici treba da razumeju da rastvaranje može biti endoterman ili egzoterman proces, a da rastvoljivost zavisi od temperature. Uz to, oni treba da shvate da se variranjem temperature – i to grejanjem pa pažljivim hlađenjem u slučaju da je proces rastvaranja endoterman, odnosno hlađenjem, pa grejanjem u slučaju da je proces rastvaranja egzoterman – može dobiti prezasićen rastvor.

Istraživanja miskoncepcija u okviru metodike nastave hemije zauzimaju veoma važno mesto, a započeta su još šezdesetih godina 20. veka. Istraživanja u ovoj oblasti su aktuelna i danas, te gotovo da ne postoji oblast hemije i nastavna tema u kojoj nisu identifikovane miskoncepcije. Budući da miskoncepcije stvaraju barijere u komunikaciji nastavnika i učenika i otežavaju proces učenja, važno je da nastavnici hemije budu upoznati sa miskoncepcijama koje su istraživači i praktičari širom sveta identifikovali kao najprisutnije, kako bi mogli lakše da ih prepoznaju u sopstvenoj nastavnoj praksi.

3.3.3 Primeri miskoncepcija u različitim nastavnim temama

Dalje u tekstu ćemo navesti neke od najzastupljenijih miskoncepcija kada su u pitanju osnovnoškolska i srednjoškolska nastava hemije.

Izučavanje hemije uobičajeno započinje izučavanjem supstance (pojemom, vrstama supstanci i fizičkim i hemijskim promenama). Odmah nakon toga započinje daleko apstraktnija tema – Struktura atoma. Kao posledica ranog uvođenja korpuskularnog koncepta, u ovoj nastavnoj temi dolazi do formiranja već pomenutih miskoncepcija pripisivanja čulno dostupnih makroskopskih svojstava supstanci (kao što su boja, miris, oblik, agregatno stanje, ukus i dr.) nevidljivim submikroskopskim česticama. Nije retkost da učenici veruju da su molekuli šećera slatki, da molekuli vode u čvrstom agregatnom stanju imaju oblik kocke, da molekuli estara imaju karakterističan miris ili da su atomi sumpora žute boje. Od svih nabrojanih, možda je i najprisutnija ideja o boji atoma i molekula, koju delimično podstiče i primena molekulskih modela u nastavi gde se atomi elemenata predstavljaju kuglicama tačno određenih boja (atom sumpora žutom, atomi azota plavom, atomi kiseonika crvenom, atomi hlora zelenom, atomi vodonika belom, atomi ugljenika crnom itd.).

U okviru ove teme se izučava i Periodni sistem elemenata, koji takođe,

sam po sebi, može biti izvor poteškoća. Naime, ako pogledamo Periodni sistem elemenata primetićemo da on sadrži i podatke koji se odnose na makroskopska svojstva supstanci (na primer agregatno stanje), ali i na submikroskopska svojstva koja su odlika atoma elemenata (kao što su elektronegativnost, relativna atomska masa, atomski i maseni broj i dr.).

Da bi utvrdio poteškoće koje su u neposrednoj vezi sa Periodnim sistemom elemenata, Taber [30] je sproveo istraživanje u kojem je učenicima srednjoškolskog uzrasta prikazao konceptnu mapu gde je ključni koncept bio Periodni sistem elemenata (slika 3.3). Učenicima su dati svi koncepti i obeležene relacije, a od njih je traženo da relacije prikazane brojevima formulišu rečima tako da mapa bude hemijski smisljena.

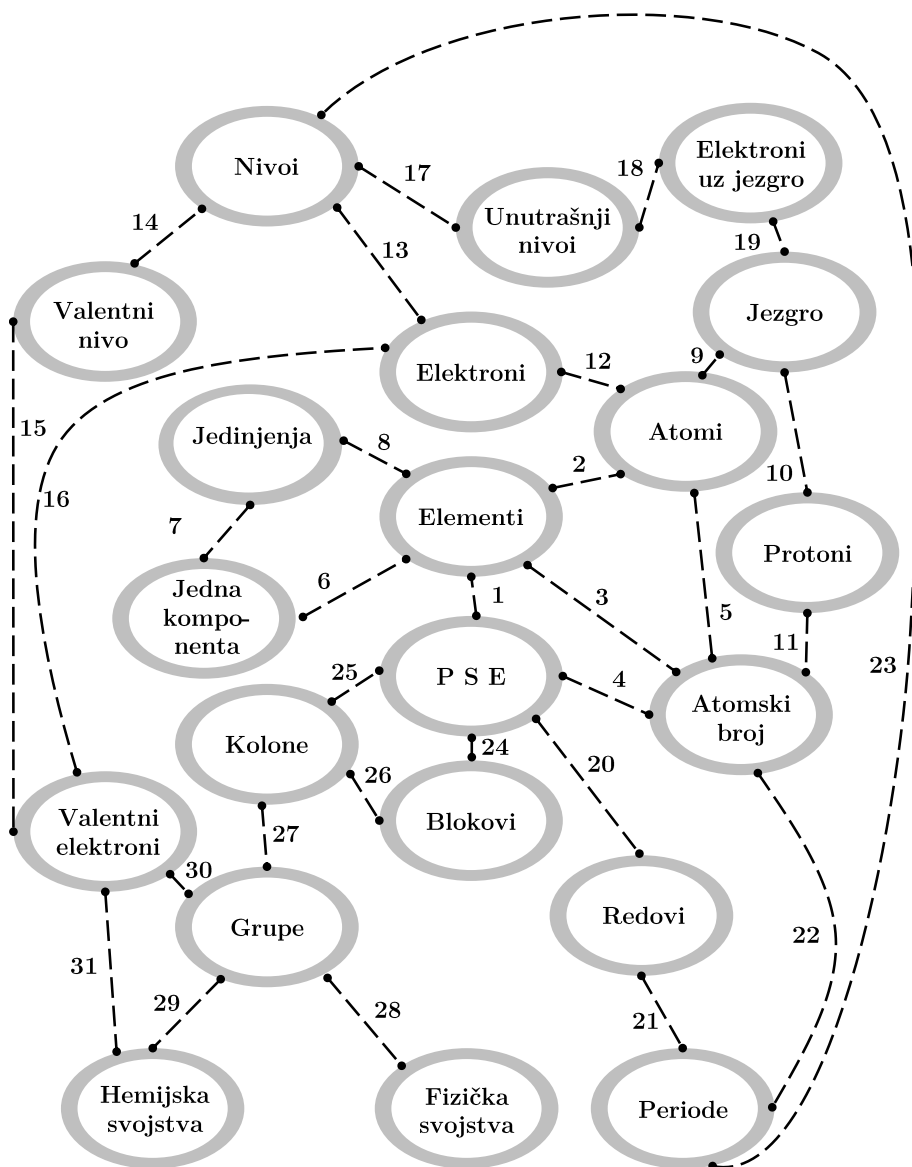
Na osnovu rezultata ovog istraživanja utvrđene su brojne miskoncepcije. Pokazano je da neki učenici veruju da su samo elementi jednodimenzionalni (da su izgrađeni od iste vrste čestica), a ne i jedinjenja. Zatim, neki učenici su naveli da se protoni okreću oko jezgra; da je atomski broj broj atoma; da popunjen energetski nivo znači osam elektrona; da broj elektrona zavisi od hemijskih svojstava elementa i dr.

Ono što su potvrdila i druga istraživanja u oblasti miskoncepcija, jeste da učenici svoja objašnjenja na submikroskopskom nivou često zasnivaju na primeni oktetnog pravila i da ga neretko interpretiraju pogrešno.

Krenućemo od definicije koja se uobičajeno sreće u udžbenicima hemije na svim nivoima obrazovanja, a to je da atom svakog elementa teži da postigne konfiguraciju atoma najbližeg plemenitog gasa, odnosno da ima popunjen poslednji energetski nivo. Ova definicija se često uzima bez rezerve i ne razmišlja se o tome da li je ona u potpunosti korektna.

Ako razmotrimo elektronske konfiguracije atoma plemenitih gasova od neona do oganesona (helijum nećemo razmatrati, jer atomi helijuma imaju stabilan dublet) uviđamo da jedino atom neona ima popunjen poslednji energetski nivo sa osam elektrona (drugi energetski nivo), dok atomi svih ostalih plemenitih gasova imaju konfiguraciju $ns^2 np^6$, odnosno nemaju popunjen poslednji energetski nivo.

Problem sa oktetnim pravilom kao osnovnim okvirom za objašnjenje stabilnosti čestica se posebno uočava u okviru nastavne teme Hemijska veza. Istraživanja pokazuju da učenici toliko snažno usvoje ovaj koncept, da ga i kasnije neopravdano primenjuju i kada objašnjavaju stabilnost molekula, kao što je na primer hlorovodonik [30]. Naime, učenici daju objašnjenje da molekul hlorovodonika nastaje kako bi se ostvarila stabilna konfiguracija (oktet) iako i vodonik i hlor postoje u obliku molekula



Slika 3.3. Konceptna mapa na temu Periodnog sistema elemenata; prilagođeno iz [30]

i već imaju stabilnu konfiguraciju.

U okviru ove nastavne teme, javlja se veliki broj miskoncepcija. Tako učenici veruju da je vodonična veza zapravo veza koja se ostvaruje između vodonika i nekog elementa, odnosno da je u prirodi kovalentna; da jonska jedinjenja postoje u vidu molekula slično kovalentnim; da su visoko nabijeni joni metala (npr. Na^{7-}) stabilniji od atoma natrijuma jer su postigli stabilni oktet; da se kovalentne veze raskidaju kada supstanca menja oblik; da molekuli nastaju samo iz izolovanih atoma i dr. [30, 41].

Još jedna tema koju bi trebalo izdvojiti na osnovu broja do sada identifikovanih miskoncepcija su Disperzni sistemi. Neke od miskoncepcija koje pripadaju ovoj oblasti su već opisane ranije u poglavlju, a odnose se na proces rastvaranja i prezasićene rastvore. Uz to, trebalo bi pomenuti i da učenici imaju poteškoće u razumevanju koligativnih svojstava rastvora jer veruju da je sniženje napona pare posledica privlačnih sila između čestica rastvorka i rastvarača. Veliki broj učenika veruje i da je količina gasa rastvorenog u rastvaraču proporcionalna pritisku gasne smeše iznad rastvora ili da različite tečnosti imaju različite napone pare na njihovim normalnim temperaturama ključanja [42].

U osnovnoškolskom uzrastu karakteristično je i to da učenici često poistovećuju procese topljenja i rastvaranja. Interesantno je i to da su učenici mlađeg uzrasta skloni da veruju da se brzina rastvaranja neke supstance u vodi povećava mešanjem jer se tako povećava brzina čestica, umesto da se pospešuju kontakti molekula rastvarača sa česticama na površini čvrstog rastvorka.

U okviru teme Hemijske reakcije izučavaju se toplotne promene, brzina hemijske reakcije i hemijska ravnoteža. Pokazano je da učenici uglavnom imaju poteškoće kada je u pitanju hemijska ravnoteža. Oni često ne shvataju da se direktna i indirektna reakcija odigravaju paralelno, nego veruju da indirektna reakcija započinje tek nakon što se direktna reakcija završi. Pored toga, učenici veruju da povišenje temperature uvek vodi povećanju koncentracije produkata hemijske reakcije i da uvek povećava vrednost konstante ravnoteže [43].

Još jedan od osnovnih hemijskih koncepata koji se izučava i u osnovnoškolskoj i u srednjoškolskoj nastavi hemije jeste koncept kiselina i baza. U osnovnoškolskoj nastavi hemije se kiseline i baze izučavaju na nivou Arenijusove teorije, dok se u srednjoškolskoj nastavi izučavaju i Protolitička i Luisova teorija kiselina i baza.

U mlađem uzrastu, miskoncepcije su uglavnom vezane za svojstva

kiselina i baza. Tako učenici osnovnoškolskog uzrasta kiseline uglavnom vezuju za nagrizajuće dejstvo. Oni veruju da su kiseline veoma opasne supstance i da mogu da dovedu do većih ozleda, ali interesatno, nemaju ista uverenja kada su baze u pitanju [36]. Ova miskoncepcija je slična onoj koju su pokazivali hemičari pre više stotina godina. Na primer, Lemer (fr. *Nicolas Lémery*) je u 17. veku predložio čestični model kojim je pokušao da objasni kiseline kao čestice sa ispupčenjima koji izazivaju osećaj peckanja na koži, i baze kao okrugle čestice sa udubljenjima, koje izazivaju klizav osećaj, nalik onom kada dodirujemo sapunicu.

Kod učenika starijeg uzrasta je utvrđeno da smatraju da su soli uvek neutralne, jer nastaju u procesu neutralizacije, zatim da jaku kiselinu nije moguće neutralisati slabom bazom, da je jaka kiselina uvek koncentrovana kiselina, zatim da samo jake kiseline i baze mogu da provode električnu struju, da pH ne može iznositi manje od nula i više od 14 i dr.

Dva osnovna pitanja kojima se bavi metodika nastave hemije u vezi sa miskoncepcijama su:

- (i) Kako ih identifikovati?
- (ii) Kada ih identifikujemo, kako ih ukloniti?

3.3.4 Identifikacija miskoncepcija u nastavi hemije

Identifikacija miskoncepcija nije jednostavna i zahteva dobru organizaciju i dodatno angažovanje nastavnika. Miskoncepcije se najlakše otkrivaju kroz razgovor s učenicima. Postavljanjem takozvanih „dijagnostičkih” pitanja, nastavniku se pruža mogućnost da utvrdi oblasti i koncepte koji učenicima stvaraju poteškoće u učenju.

Ipak, iako pouzdan, ovakav način identifikacije miskoncepcija je vremenski neekonomičan, te su se zato metodičari godinama bavili razvijanjem različitih postupaka i procedura kako bi utvrđivanje miskoncepcija bilo istovremeno pouzdano i vremenski izvodljivo.

Najveću primenu i najbolje rezultate u utvrđivanju miskoncepcija dali su *višeslojni dijagnostički zadaci*. To su zadaci koji su u osnovi višestrukog izbora i obično sadrže dva sloja. Prvim slojem se ispituje znanje, a drugim razumevanje. Uobičajeno je da se svaki sloj sastoji od četiri ponuđena odgovora, od kojih je samo jedan tačan, a ostali su distraktori. Navešćemo primer jednog dvoslojnog zadatka.

Zaokružite slovo ispred tačnog odgovora. Koja od navedenih supstanci predstavlja prostu čistu supstancu?

- a) Destilovana voda
- b) Grafit
- c) Natrijum-hlorid
- d) Etanol

Razlog za tvoj odgovor je:

- a) Izgrađena je od istovrsnih molekula
- b) Izgrađena je od istovrsnih atoma
- c) Ima kristalnu strukturu
- d) Ne sadrži primese druge supstance

Ovakvi zadaci omogućavaju da se na brz i efikasan način utvrdi da li učenici poseduju miskonceptije i da se utvrdi koliki broj učenika ih poseduje. Ukoliko se pokaže da veći broj učenika poseduje istu miskonceptiju to može biti pokazatelj nenamernog propusta nastavnika i signal da u nastavnu praksu treba uneti izvesne izmene.

Ovakvi zadaci se lako kombinuju sa drugim tipovima zadataka, jednostavni su za pregledanje i u potpunosti su objektivni što ih čini prikladnim za primenu u realnom školskom okruženju.

Identifikacija miskonceptija u nastavi je od velike važnosti jer pruža uvid u problematiku savladavanja složenih pojmova. Time se omogućava iznalaženje novih instrukcionih strategija, koje treba da pomognu da se kompleksni sadržaji predstave na način koji je učenicima bliži i jasniji.

3.3.5 Eliminacija miskonceptija

Nakon što nastavnik utvrdi da učenici poseduju neku miskonceptiju, važno je da primeni odgovarajući postupak kojim će se miskonceptija ukloniti. To je uglavnom dugotrajan proces, jer nastavnik izborom i redosledom pitanja mora najpre da izazove nezadovoljstvo učenika postojećim konceptima, što će navesti učenika da preispita sopstvene koncepte, a zatim dovesti do kognitivnog konflikta. Važna preporuka je da nastavnici u takvim situacijama podstiču učenike da razvijaju svoje ideje i stavove kroz aktivnu diskusiju i razmenu mišljenja.

Može se reći da je za eliminaciju miskoncepcija u nastavi hemije od presudnog značaja izbor nastavnih metoda. Pored toga, izbor optimalnih metoda i modela nastave može u značajnoj meri predupređiti razvoj učeničkih miskoncepcija. Izbor nastavnih metoda u najvećoj meri zavisi od samih nastavnih sadržaja.

Neki od efikasnih modela nastave sa odgovarajućim primerima su opisani u prethodnim poglavljima (tripletni model reprezentacije, nastava zasnovana na kontekstu životnih situacija, na hemijskim eksperimentima, nastava koja podržava sistemsko mišljenje), a ovde će biti opisan još jedan model nastave koji je posebno pogodan u sprečavanju nastanka miskoncepcija. To je *nastava zasnovana na istorijskom kontekstu*.

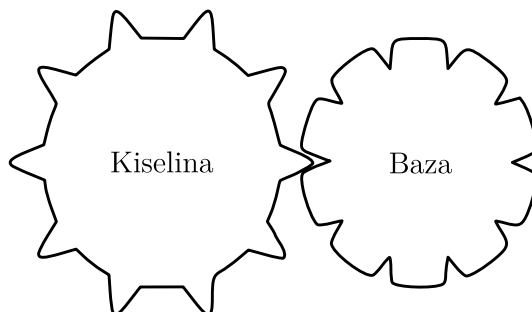
Ovakav model nastave pruža učenicima mogućnost da sagledaju razvojni put fundamentalnih koncepata u hemiji – od prvih, naivnih ideja, preko njihovih modifikacija i ekstenzija do savremenih koncepata. Pogrešno rasuđivanje je odlikovalo i neke od najvećih hemičara u prošlosti, a ovom metodom se jasno ukazuje na njihove greške, te se na taj način sprečava razvoj istih miskoncepcija kod učenika.

Postoji veliki broj hemijskih sadržaja koji su pogodni za primenu ovog modela nastave. Neke od nastavnih tema koje se mogu obraditi u istorijskom kontekstu su: Modeli atoma, Hemijske veze, Kiseline i baze, Uvod u organsku hemiju i dr. Ovde ćemo na primeru razvojnosti koncepta kiselina i baza pokazati primenu istorijskog konteksta u nastavi hemije [36].

Jedan od najranijih pokušaja da se objasne kiseline i baze i jedno od prvih tumačenja reakcije neutralizacije dao je nemački hemičar Glauber (nem. *Johann Rudolph Glauber*) koji je smatrao da su kiseline i baze suprotnosti čijom reakcijom nastaju soli. Lemeru je zatim kiseline opisao kao čestice sa ispućenjima – oštricama, a baze kao čestice sa udubljenjima. Kada se kiseline i baze pomešaju iglice ulaze u udubljenja i nastaju soli čija se svojstva razlikuju i od svojstava kiselina i od svojstava baza (slika 3.4).

Prvu naučnu definiciju kiselina je predložio Lavoazje koji se bavio izučavanjem sastava kiselina. On je zaključio da sve kiseline u svom sastavu imaju kiseonik jer nastaju tako što nemetal prvo reaguje sa kiseonikom, a zatim nastali oksid reaguje sa vodom.

Engleski hemičar Dejvi (engl. *Humphry Davy*) odbacio je Lavoazjeov zaključak i dao novo tumačenje po kome su kiseline jedinjenja koja u svom sastavu sadrže vodonik. Ovu pretpostavku je potvrdio otkrićem



Slika 3.4. *Mehanizam reakcije neutralizacije prema Lemeriju*

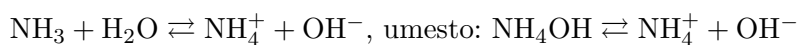
hlorovodonične kiseline. Sa ovom idejom se slagao i nemački hemičar Libig (nem. *Justus Freiherr von Liebig*) koji je definisao organske kiseline kao jedinjenja koja sadrže vodonik koji se može lako zameniti metalom, pri čemu nastaju soli.

Interesantno je da su se hemičari u tom periodu uglavnom bavili kiselinama, a prvu naučnu definiciju baza dao je švedski hemičar Arenijus (šved. *Svante August Arrhenius*) tridesetak godina kasnije. U svojoj revolucionarnoj studiji elektrolitičke disocijacije, Arenijus definiše kiseline kao jedinjenja koja u vodenom rastvoru daju pozitivne jone vodonika i anjone, a baze kao jedinjenja koja u vodenom rastvoru disosuju na negativne hidroksidne jone i katjone.

U osnovnoškolskoj nastavi hemije se kiseline i baze izučavaju na nivou Arenijusove teorije koja efikasno objašnjava tipične kiseline i baze (npr. hlorovodoničnu, azotnu, sumpornu kiselinu, natrijum-hidroksid, kalcijum-hidroksid i sl.). Međutim, ova teorija ne može da objasni, na primer, amfoterne hidrokside ili bazičnost amonijaka. Zato se u srednjoškolskom uzrastu pored Arenijusove obrađuju i Brenšted – Lorijeva (da. *Johannes Nicolaus Brønsted*; engl. Thomas Martin Lowry)(protolitička) teorija kao i Luisova teorija (engl. *Gilbert Newton Lewis*).

Prelazak na protolitičku teoriju u nastavi bi trebalo da se desi stvaranjem kognitivnog konflikta. Najjednostavniji način da se to uradi jeste da se crvena lakmus hartija ovlaži vodenim rastvorom amonijaka NH_3 . Učenici će primetiti da se crveni lakmus obojio u plavo što je dokaz da je amonijak baza, a sa druge strane amonijak ne sadrži hidroksidni jon, koji je prema Arenijusu sastavni deo baza. Ovo je trenutak kada se u nastavu uvodi protolitička teorija kao proširenje Arenijusove teorije kiselina i baza.

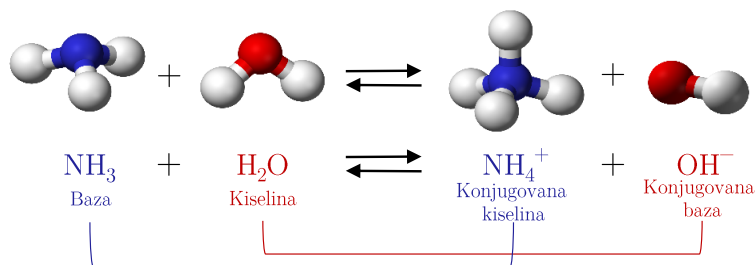
Prema protolitičkoj teoriji, kiseline se definišu kao proton donori, a baze kao proton akceptori. Ova teorija objašnjava prisustvo hidroksidnih jona u rastvoru amonijaka činjenicom da molekuli amonijaka deprotonuju izvestan broj molekula vode kao što je to prikazano na slici 3.5 pri čemu nastaje izvestan broj amonijum-jona i hidroksidnih jona. To znači da su u vodenom rastvoru amonijaka dominantno prisutni molekuli amonijaka i molekuli vode, a ne amonijum-joni i hidroksidni joni. Da bi se sprečio nastanak miskoncepcije da rastvaranjem amonijaka u vodi dominantno nastaje amonijum-hidroksid potrebno je pisati [44]:



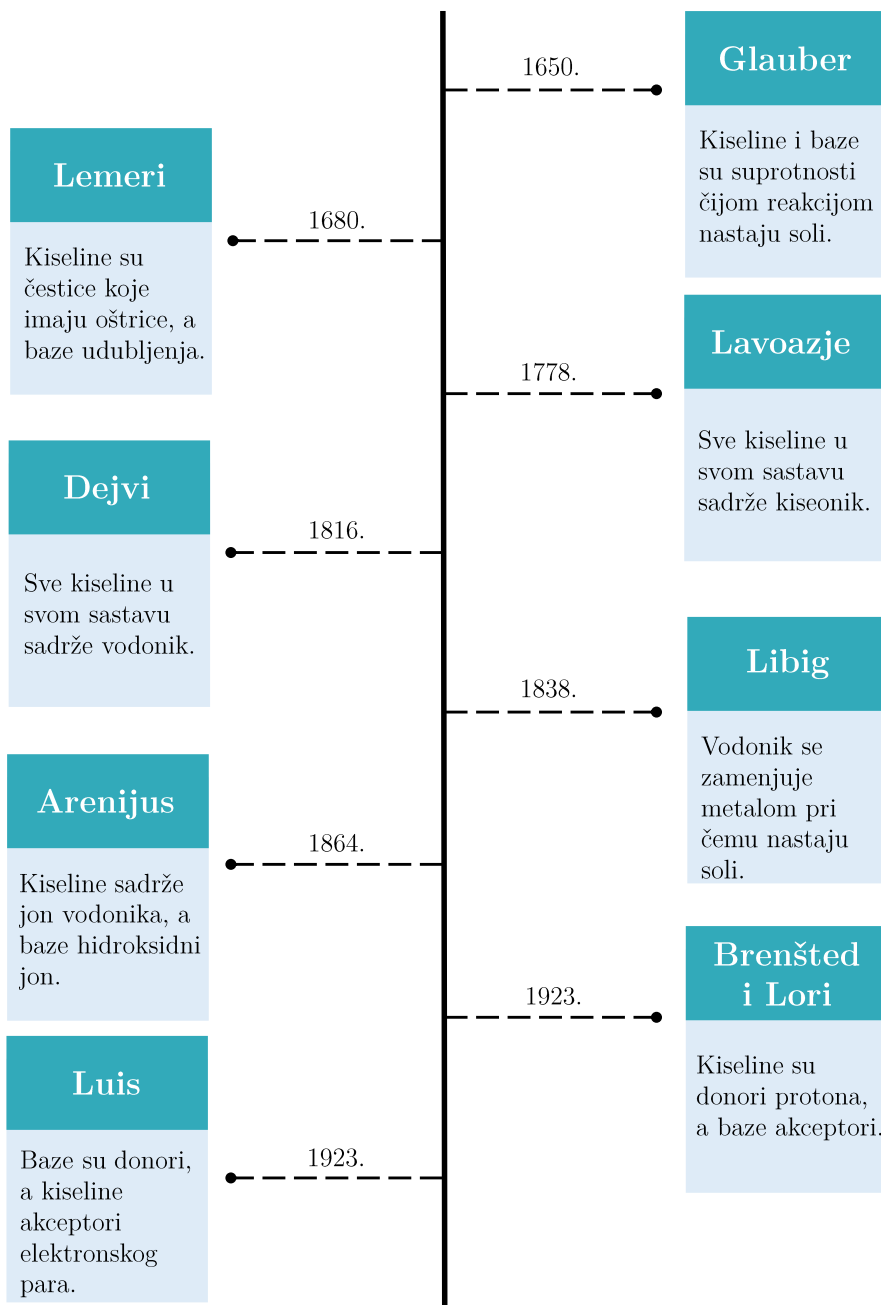
Na ovaj način se mogu objasniti kiselinsko-bazna svojstva nevodenih rastvora. Međutim, i ova teorija ima izvesne nedostatke, jer ne može da objasni sisteme u kojima ne dolazi do razmene protona. Tako se, na primer, BF_3 ponaša kiselo iako ne može biti donor protona. Ova situacija takođe uzrokuje stvaranje kognitivnog konflikta u nastavi i predstavlja dobar uvod u najobuhvatniju teoriju kiselina i baza koja se obrađuje u srednjoškolskoj nastavi hemije – Luisovu teoriju.

Prema ovoj teoriji, kiseline su akceptori elektronskog para jer imaju upražnjenu orbitalu, dok su baze donori elektronskog para jer imaju nevezani elektronski par. U skladu sa tim, veza koja se ostvaruje između kiselina i baza je koordinativno-kovalentna.

Uprošćeni prikaz pristupa zasnovanog na istorijskom kontekstu, na primeru kiselina i baza, šematski je prikazan na slici 3.6.



Slika 3.5. Protolitička teorija na primeru amonijaka



Slika 3.6. Teorije kiselina i baza u nastavi hemije

Možemo izvesti generalni zaključak da je ovakva nastava veoma pogodna za stvaranje kognitivnog konflikta, čime se sprečava nastanak miškonceptija, ali uz to, važno je i da učenici shvate da su se znanja kroz istoriju menjala i razvijala. Učenici, kroz nastavu zasnovanu na istorijskom kontekstu, treba da razumeju ideju razvojnosti hemijskih koncepta.

Primenom ovog pristupa učenici mogu jednostavnije da uoče važnu ulogu hemije u razvitku ljudske civilizacije, odnosno da spoznaju koliko su hemijski procesi i različiti pronalasci u hemiji uticali na način života ljudi.

Glava 4

Kompetencije nastavnika hemije

21. vek je period velikih promena, a naročito u oblasti obrazovanja, budući da se kvalitetno obrazovanje, a naročito kvalitetno obrazovanje u oblasti prirodnih nauka smatra jednim od neophodnih preduslova održive ekonomije u budućnosti. Zato ne iznenađuje podatak da je jedan od glavnih strateških ciljeva obrazovanja u društveno i ekonomski razvijenim zemljama povećanje stope upisa na studije prirodnih i tehničkih nauka [45].

Reforme obrazovanja u razvijenim zemljama su se često javljale kao rezultat konkurencije na ekonomskom tržištu. Tako je, na primer, dobro poznata velika reforma obrazovanja u Sjedinjenim Američkim Državama, koja je usledila kao reakcija na tehnički i tehnološki napredak Saveza Sovjetskih Socijalističkih Republika u 60-im i 70-im godinama 20. veka. U ovoj ekonomskoj trci Sjedinjene Američke Države su razvile jedan od najznačajnijih projekata naučnog opismenjavanja nacije, u koji su se uključili u to vreme najcenjeniji naučnici i nobelovci u oblasti prirodnih nauka. Među identifikovanim uzročnicima lošeg postignuća američkih učenika posebno je istaknut problem kompetentnosti nastavnika prirodnih nauka u uslovima pulsirajućeg razvoja nauke i tehnike.

Sličan problem se javio i u Velikoj Britaniji i Francuskoj gde je za beležen veliki pad interesovanja za studije prirodnih nauka [45]. Zajednička kriza u oblasti prirodnih nauka je ukazala na potrebu reforme obrazovanja profesora prirodnih nauka. Zapravo, može se reći da među brojnim činiocima kvaliteta i efikasnosti obrazovanja nastavnici zauzima-

ju centralno mesto. Koliko je značajna uloga nastavnika u obrazovno-vaspitnom radu, najbolje govore rezultati istraživanja koji pokazuju da delovanje nastavnika u učionici ima dvostruko veći uticaj na performanse učenika, nego izmene u nastavnim planovima i programima i drugim zakonskim regulativama [46].

Međutim, u našoj državi su se godinama dešavale neuspele reforme obrazovanja, koje su često imale i kontraproduktivne efekte. Tako su relativno ishitrene promene u inicijalnom akademskom obrazovanju budućih nastavnika i ogromna inertnost pravne regulative nastavničkih zvanja doveli do dodatnog pada interesovanja učenika srednjih škola za nastavnički poziv. Nepopularnosti ovog zanimanja je doprinela i činjenica da je 60-ih, 70-ih i 80-ih godina 20. veka na mesta nastavnika raspoređivan neadekvatno obrazovan kadar. Naime, radi se o nastavnicima koji se nisu primarno opredelili za poziv nastavnika, nego su zbog nemogućnosti zaposlenja u svojoj struci dospevali u škole u kojima su često ostajali do kraja svoje profesionalne karijere. Na taj način se veliki broj inženjera, lekara, tehnologa i sl. negativnom selekcijom našao u školi. Takvom profilu profesora nedostajala su metodičko-pedagoško-psihološka znanja, što je stvorilo situaciju opšteg nezadovoljstva. S jedne strane su nezadovoljni roditelji, jer nastavnici ne uspevaju da odgovore izazovima moderne nastave, a sa druge strane su nezadovoljni nastavnici, usled nemogućnosti da očuvaju profesionalni moral i motivaciju [45].

Izazovi koji se u savremenim uslovima postavljaju pred nastavnike zahtevaju kontinuirani razvoj novih i raznovrsnih kompetencija u toku njihove profesionalne karijere. U najširem smislu se *kompetencije nastavnika* definišu kao skup znanja, sposobnosti, veština i vrednosti koje omogućavaju pojedincu da kvalitetno i efikasno obavlja svoje profesionalne dužnosti.

Kompetencije nastavnika se mogu klasifikovati u dve osnovne kategorije – *opšte* (generičke) i *predmetno-specifične* kompetencije. Opšte kompetencije su one koje svaki nastavnik treba da poseduje bez obzira na sam nastavni predmet. Ovoj kategoriji kompetencija pripadaju sposobnost analize i sinteze, sposobnost planiranja i organizovanja, veština usmene i pisane komunikacije, poznavanje rada na računaru, rešavanje problema, upravljanje informacijama i sl.

Predmetno-specifične kompetencije se odnose na ovladavanje nastavnim sadržajem, odnosno na stručno znanje određene naučne oblasti.

Nastavničke kompetencije se definišu u odnosu na ciljeve i ishode

učenja i treba da obezbede profesionalne standarde o tome kakvo se poučavanje smatra uspešnim. Razvoj standarda kompetencija za profesiju nastavnika uobičajeno podrazumeva timski rad velikog broja eksperata, među kojima su univerzitetski nastavnici, osnovnoškolski i srednjoškolski nastavnici, istraživači, pedagozi i psiholozi.

U Republici Srbiji je 2011. godine donet dokument poz nazivom *Standardi kompetencija za profesiju nastavnika i njihovog profesionalnog razvoja* [47]. Ovaj dokument predstavlja uporište za:

- (i) samoprocenu i ličnu orijentaciju nastavnika u sklopu ličnog profesionalnog razvoja.
- (ii) formiranje plana stručnog usavršavanja u okviru obrazovno-vaspišnih institucija.
- (iii) unapređivanje prakse profesionalnog razvoja nastavnika uključujući inicijalno obrazovanje, uvođenje u posao, licenciranje, stručno usavršavanje, praćenje i vrednovanje rada nastavnika i dr.

U ovom poglavlju biće razmotrena važna dimenzija nastavničkog znanja, koja se naziva *Metodičko znanje sadržaja* (engl. *Pedagogical content knowledge*, PCK). PCK predstavlja specijalizovano znanje nastavnika o tome kako sadržaje nauke transformisati u oblik razumljiv učenicima. Začetak teorije o PCK se javio iz logične pretpostavke da između *predmetnog znanja* (znanja sadržaja nastavnog predmeta) i *pedagoških znanja* (poznavanje opštih aspekata nastave), postoji još jedna, nedostajuća komponenta znanja nastavnika, kasnije nazvana PCK. Kompetentan nastavnik je onaj koji poseduje sve tri pomenute komponente znanja (slika 4.1).



Slika 4.1. PCK u preseku pedagoškog znanja i znanja sadržaja

4.1 Znanje sadržaja

Znanje sadržaja (predmetno znanje) podrazumeva poimanje strukture sadržaja, odnosno međusobnog odnosa svih njegovih elemenata. Prve istraživačke studije, koje su za cilj imale ispitivanje kvaliteta nastave, bavile su se utvrđivanjem zavisnosti učeničkog postignuća od nastavničkih kompetencija za stručnu oblast. Razmatrane su prosečne ocene nastavnika na kursovima koje su birali i polagali u toku svog inicijalnog obrazovanja, kao i prosečna postignuća na različitim standardizovanim testovima znanja iz struke [48]. Ti rezultati su zatim poređeni sa učeničkim performansama kao relevantnim parametrima kvaliteta nastave.

Rezultati istraživačkih studija nisu bili u saglasnosti sa intuitivnim očekivanjima. Pokazano je da između nastavničkih kompetencija za stručnu oblast i učeničkih postignuća postoji slaba korelacija. Ovo znači da nastavnik koji izvrsno poznaje naučne sadržaje predmeta koji predaje, ne mora nužno biti i dobar nastavnik, te postizati vrhunske rezultate u svojoj nastavnoj praksi. Drugim rečima, znanje sadržaja nauke jeste preduslov, ali ne i garant uspešne nastave.

Štaviše, istraživanjima koja su usledila, pokazano je da je efikasnost nastave u većoj meri korelira sa ocenama nastavnika iz predmeta obrazovne grupe, nego sa ocenama iz predmeta stručne grupe, kao što su opšta hemija, neorganska hemija, organska hemija i dr. Ovim započinju detaljnija istraživanja druge komponente znanja koja se zove *pedagoško znanje*.

4.2 Pedagoško znanje

Pedagoško znanje se preciznije još naziva i *opšte pedagoško znanje*, budući da se odnosi na opšte aspekte nastave, kao što su: organizacija i upravljanje odeljenjem, opšti modeli instrukcija i nastavnih strategija i komunikacija u učionici (slika 4.2).

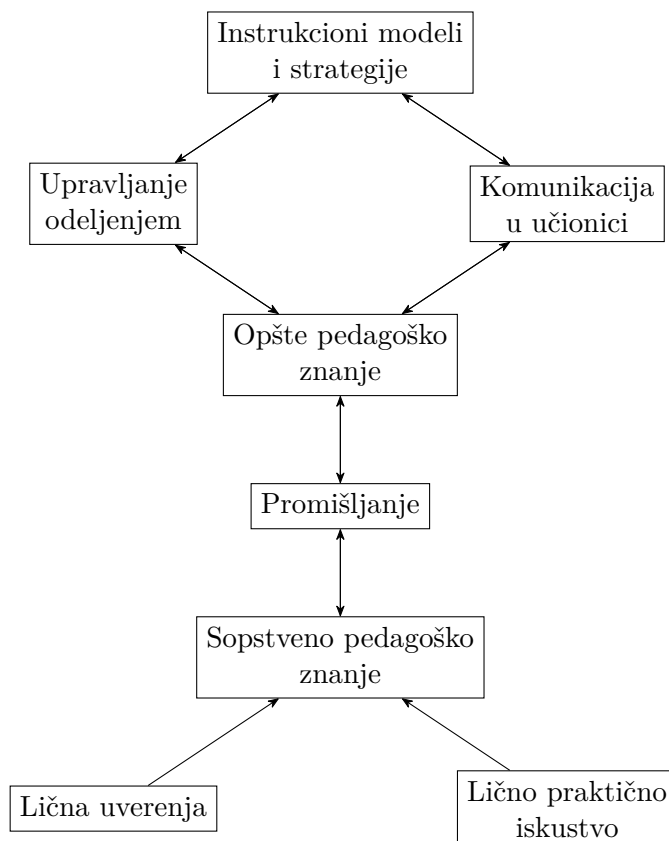
Organizacija časa i upravljanje odeljenjem odnose se na sposobnost nastavnika da maksimalno iskoristi raspoloživo nastavno vreme, tako što će u svakom trenutku biti svestan šta se u kom delu učionice dešava i paralelno obavljati nekoliko različitih aktivnosti, ili konstantno aktivirati učenike u svakom delu časa.

Poznavanje opštih modela instrukcija i nastavnih strategija se odnosi na veštinu nastavnika da u pravom trenutku upotrebi odgovarajuću me-

tođu, odnosno da je upotrebi na adekvatan način, kako bi maksimalno aktivirao učenike. Ova kategorija znanja se odnosi i na sposobnost nastavnika da u nastavnom procesu upotrebljava i različite modele i oblike ocenjivanja.

Veština komunikacije nastavnika predstavlja osnovu socijalne interakcije sa učenicima, roditeljima, kolegama i lokalnom zajednicom.

Pored navedenog, naročito je važan reciprocitet koji postoji između opšteg pedagoškog znanja, koje se stiče kroz naučnu i stručnu literaturu, i sopstvenog pedagoškog znanja, koga podstiču i koje se razvija na osnovu ličnih uverenja i praktičnog iskustva (slika 4.2).



Slika 4.2. *Različiti aspekti pedagoškog znanja; prilagođeno iz [49]*

4.3 Metodičko znanje sadržaja

Termin PCK predložio je Šulman 1986. godine [50]. U našem jeziku ne postoji termin istoznačan engleskom terminu *Pedagogical content knowledge*, te u ovom udžbeniku, kao adekvatan prevod, predlažemo termin Metodičko znanje sadržaja, zadržavajući opšteprihvaćenu skraćenicu PCK. Imajući na umu da je metodika nastave hemije interdisciplinarna nauka koja se bavi prevođenjem hemijskih naučnih znanja u oblik pogodan za nastavu, potpuno je opravdano nasloviti PCK metodičkim znanjem sadržaja, budući da ono predstavlja znanje nastavnika o tome kako sadržaje nauke transformisati u oblik razumljiv učenicima.

Osnovu za formiranje PCK čini znanje hemijskih sadržaja koje se stiče u toku inicijalnog obrazovanja nastavnika hemije [51]. Znanje sadržaja u interakciji sa pedagoškim znanjem vodi formiranju nove kategorije znanja – metodičkom znanju sadržaja, koje osposobljava nastavnika da predaje određeni nastavni sadržaj. Ova kompetencija daje odgovor na pitanja kako raditi sa učenicima da bi oni razumeli određeni naučni koncept; kakva objašnjenja i koja nastavna sredstva nam mogu u tome pomoći; kakva su predznanja učenika; koje su to ustaljene miskoncepcije i poteškoće u oblasti; kako proceniti šta su učenici naučili?

Pri obradi nove nastavne jedinice, neophodno je da nastavnik poznaje hemijske sadržaje (znanje sadržaja). Da bi čas bio efikasan, nastavnik mora znati i kako da ostvari komunikaciju sa učenicima (pedagoška znanja). Međutim, čas neće biti efikasan ukoliko nastavnik ne poznaje učenička predznanja iz hemije u tom uzrastu, ili ukoliko ne zna za moguće miskoncepcije u okviru te nastavne jedinice, te ukoliko ne zna koja je najpogodnija instrukciona forma za prezentaciju datih hemijskih sadržaja, odnosno koja će na najefikasniji način omogućiti usvajanje datih sadržaja. Upravo ova znanja predstavljaju ono što zovemo PCK.

PCK se u velikoj meri formira u sklopu inicijalnog obrazovanja nastavnika kroz metodičku grupu predmeta u okviru kojih se studenti – budući nastavnici hemije upoznaju sa savremenim oblicima instrukcija, načinima evaluacije učeničkog znanja, prirodno hemijskih nastavnih sadržaja, najzastupljenijim miskoncepcijama, metodama rada sa darovitim učenicima i dr. Ova znanje potiču iz velikog broja istraživačkih studija u oblasti metodike nastave hemije. Ipak, važno je pomenuti da se PCK formira i oblikuje u toku cele profesionalne karijere nastavnika kroz njihova iskustva u nastavi.

Dakle, PCK su znanja koja su u najbližoj vezi sa nastavom određenog predmeta i prema Šulmanu [50] predstavljaju znanje o najkorisnijim formama reprezentacije sadržaja, najboljim analogijama, najkorisnijim primerima, objašnjenjima i demonstracijama.

Danas su dostupni rezultati velikog broja studija u čijem je fokusu PCK, a koji pružaju podršku razvoju ove kompetencije. Postoje i brojni pokušaji da se kreira baza koja će sadržavati specifične primere PCK za veliki broj nastavnih tema. Ipak treba naglasiti da formiranje jedinstvene baze za pripremu nastavnika za svaku nastavnu jedinicu i za svaku grupu učenika nije realno izvodljivo i zato kažemo da se PCK kompetencija razvija dokle god je nastavnik profesionalno aktivan.

Različiti autori daju različite preporuke kada je u pitanju podsticanje razvoja PCK kompetencije. Ovde ćemo, kao posebno prikladne, izdvojiti preporuke van Drila i saradnika [52]. Oni navode da bi u okviru svog inicijalnog obrazovanja, kroz specifične nastavne aktivnosti, budući nastavnici trebalo da se upoznaju sa učeničkim poteškoćama u okviru raznih nastavnih tema. Ovi autori predlažu analizu učeničkih odgovora na specifično kreirane dijagnostičke zadatke. Isto tako, predlaže se i analiza članaka u naučnim časopisima iz oblasti hemijskog obrazovanja. Kao najvažniju komponentu razvoja PCK kompetencije, ovi autori ističu ulogu mentora, koja podrazumeva aktivno angažovanje u toku inicijalnog obrazovanja budućih nastavnika kroz kurseve školske prakse, ali i u toku pripreme mladih nastavnika za polaganje ispita za licencu.

U obrazovnoj praksi se sreću različiti modeli mentorstva. Tri najistaknutija modela su [53]:

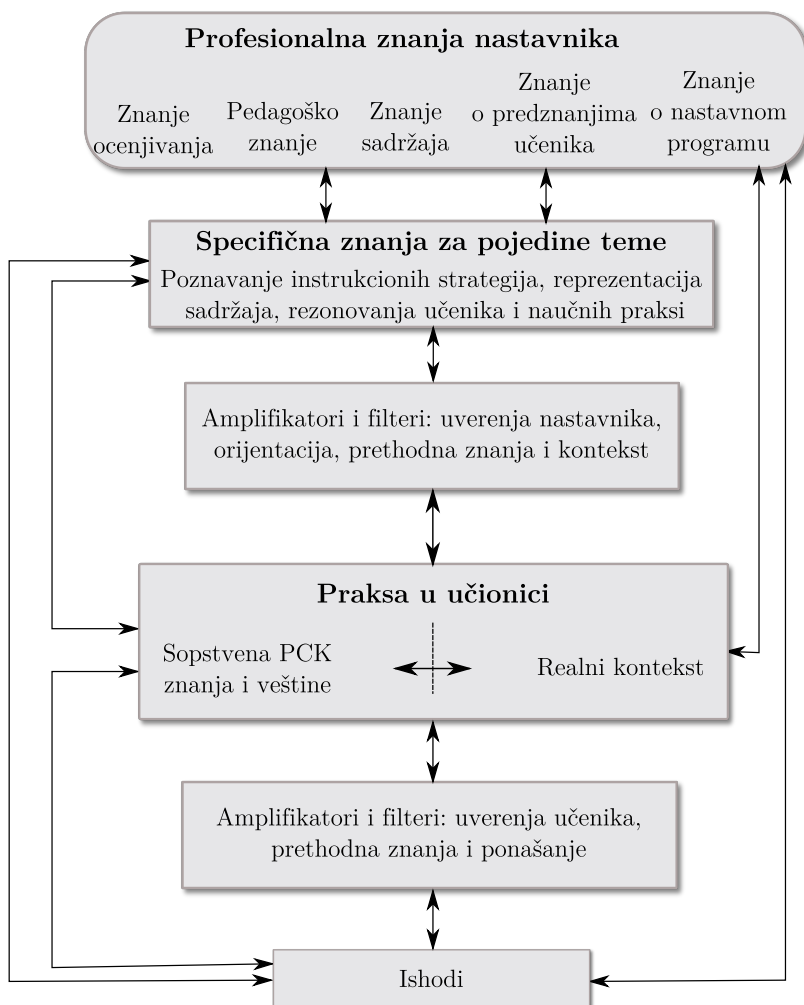
- (i) model „šegrtovanja”,
- (ii) model kompetencija,
- (iii) reflektivni model.

Model „šegrtovanja” je najstariji oblik realizacije školske prakse studenata – budućih nastavnika. U okviru ovog modela studenti posmatraju iskusne nastavnike (mentore-praktičare), njihov način realizovanja nastave i na taj način, pod direktnim rukovodstvom nastavnika, stiču neophodna iskustva. Model „šegrtovanja” predstavlja vid učenja po modelu.

Model kompetencija podrazumeva eksplicitan program prakse u kojem mentor-praktičar ima ulogu trenera koji posmatra časove studenata i daje im povratne informacije.

Refleksivni model podrazumeva da se studenti – budući nastavnici usavršavaju putem kritičkog promišljanja o procesima učenja i poučavanja. U našoj obrazovnoj praksi, najzastupljeniji je model kompetencija.

Teorija o PCK se vremenom menjala i dopunjavala, a različiti autori su isticali različite modele znanja nastavnika inspirisani idejom PCK. Jedan od takvih modela je predstavljen na slici 4.3.



Slika 4.3. Šematski prikaz profesionalne baze znanja nastavnika; prilagođeno iz [54]

Profesionalna znanja nastavnika su ona koja se formiraju kao rezultat istraživanja i dobre prakse. Ta znanja se formiraju na osnovu specifičnih znanja o različitim nastavnim temama. Prema ovom modelu, delovanje nastavnika doprinosi njegovom znanju, veštinama i praksi, dok njegova uverenja i stavovi imaju ulogu amplifikatora ili filtera nastavnikovog delovanja.

Prema ovom modelu PCK se definiše i kao baza znanja koja se primenjuje za pripremu i realizaciju časa i kao veština izvođenja časa. Sa slike se uočava i da učenje nije direktan produkt nastavne instrukcije. Naime, učenicka uverenja, stavovi, prethodna znanja i ponašanje takođe utiču na ishode instrukcije. Uočava se, takođe, da ishodi imaju uticaj na specifična znanja o pojedinim nastavnim temama, kao i na znanja o nastavnom programu; da realni kontekst takođe doprinosi korpusu znanja i nastavnom programu, a što je najznačajnije ishodi u najvećoj meri doprinose razvoju PCK znanja i veština [54].

U daljem tekstu će biti detaljno opisana dva glavna konstrukta modela profesionalnog znanja nastavnika prema Ges-Njusamovoj [54].

4.4 Profesionalna znanja nastavnika

Kao što je već pomenuto profesionalna znanja nastavnika predstavljaju opšta znanja o nastavnom procesu i obuhvataju znanje ocenjivanja, opšta pedagoška znanja, znanja sadržaja nastavnog predmeta, znanja o predznanjima učenika i znanja o nastavnom programu. To su znanja koja su definisali eksperti (iz struke, pedagogije i psihologije). Ova znanja su po svojoj prirodi opšta i ne zavise od sadržaja koji se predaje. Dakle, nastavnici imaju opšta znanja o dizajniranju zadataka ili o formativnom i sumativnom ocenjivanju. Isto tako, oni poseduju opšta znanja o načinu upravljanja razredom, o različitim vrstama nastavnih instrukcija, tehnika i metoda. Oni moraju dobro poznavati svoje učenike, odnosno biti upoznati sa njihovim opštim predznanjima, kognitivnim sposobnostima i individualnim razlikama. Na kraju, podjednako je važno i nastavnikovo poznavanje nastavnog programa, odnosno njegove strukture [54].

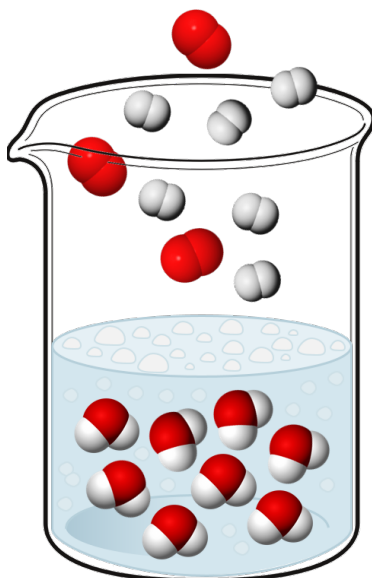
4.5 Specifična znanja za pojedine teme

Kao što se iz naziva može zaključiti, ova znanja su specifična i karakteristična za nastavne teme i za uzrast učenika. Ovde svrstavamo znanja

o primeni odgovarajućih reprezentacija, navođenje specifičnih primera, analogija, poznavanje učeničkih miskonceptija i dr. [54]. Tako na primer, pri obradi nastavne jedinice Voda u sedmom razredu osnovne škole, nastavnik mora koristiti određene reprezentacije kako bi učenici mogli da razumeju zašto led pluta po vodi. Zatim, oni moraju biti svesni nekih učeničkih miskonceptija u ovom uzrastu, kao što je na primer miskonceptija da se pri ključanju raskidaju kovalentne veze u molekulima vode te da se vodena para sastoji iz molekula vodonika i kiseonika (slika 4.4) [55].

U okviru ove teme obrađuje se i važno svojstvo vode – polarnost. Učenici uče da se slično u sličnom rastvara, odnosno da će se polarne supstance rastvarati u vodi, a nepolarne ne. Da bi učenici mogli lakše da prihvate činjenicu da postoje supstance koje se ne rastvaraju u vodi, moguće je iskoristiti analogiju sa magnetima i klikerima [56]. Naime u jednu čašu se sipaju magneti, a u drugu klikeri. Zatim se sadržaj jedne čaše prespe u drugu čašu i promeša.

Učenici mogu jasno da zapaze da do mešanja između magneta i klikeri neće doći. Nastavnik tada može da objasni da su privlačna dejstva



Slika 4.4. Slikoviti prikaz miskonceptije o raskidanju kovalentne veze pri ključanju vode

između magneta toliko jaka da ne dozvoljavaju klikerima da se rasporede među njima. Na istom principu se može objasniti zašto se neke nepolarne supstance ne rastvaraju u vodi. Pri korišćenju ovakvih analogija nastavnik mora sugerisati učenicima da su privlačna dejstva između čestica elektrostatičke prirode, a ne magnetne.

Specifična znanja o ovoj nastavnoj temi uključuju i znanja adekvatnih primera, zanimljivih podataka o vodi ili problema današnjice koji su u vezi s vodom kao što su zagađenja, klimatske promene ili rast populacije. U tu svrhu je pogodno koristiti ilustrativno-grafičku metodu, te navedene pojave prikazati efektnim ilustracijama.

Lohren i saradnici [57] navode da se razvoj ove nastavničke kompetencije osnažuje kroz kooperativni rad nastavnika i to tako što nastavnici najpre određuju osnovne ideje i koncepte koje treba obraditi, a zatim zajedničkim radom pokušavaju da odgovore na sledeća pitanja:

- (i) Šta želimo da učenici nauče u vezi sa odabranim konceptima?
- (ii) Zašto je važno da učenici to znaju?
- (iii) Šta još znamo o ovim konceptima, ali smatramo da učenici ne treba još uvek da znaju?
- (iv) Koje poteškoće i ograničenja možemo očekivati u toku izučavanja navedenih koncepata?
- (v) Šta znamo o učeničkim predznanjima koja su neophodna za izučavanje odabranih koncepata?
- (vi) Da li postoje još neki faktori koji mogu ometati izučavanje navedenih koncepata?
- (vii) Koju bi instrukcionu strategiju trebalo koristiti i zašto?
- (viii) Kako možemo ispratiti da li učenici razumeju koncepte ili imaju poteškoće?

Ako razmotrimo dve opisane kompetencije, možemo uvideti da su one u sprezi, odnosno da proširivanje specifičnih znanja istovremeno vodi proširivanju profesionalnih znanja nastavnika i obrnuto.

Uz sve kompetencije koje su opisane u ovom poglavlju i koje su poželjne u nastavnom procesu, pomenućemo i opšte zahteve za uspešnu nastavu koje preuzimamo iz didaktike – *didaktičke principe*.

4.6 Didaktički principi u nastavi hemije

Didaktički principi predstavljaju načela kojima se rukovodi nastavnik u procesu planiranja i realizacije nastave. Oni važe za sve nastavne predmete i za sve uzraste učenika. Postoje različite klasifikacije didaktičkih principa. Ovde ćemo pomenuti klasifikaciju koju su predložili didaktičari iz Srbije i okruženja, a koja je prikladna za nastavu hemije [58].

- (i) Princip naučnosti nastave,
- (ii) Princip odmerenosti prema uzrastu učenika,
- (iii) Princip očiglednosti i apstraktnosti,
- (iv) Princip postupnosti i sistematičnosti u nastavi,
- (v) Princip individualizacije nastavnog rada,
- (vi) Princip svesne aktivnosti učenika,
- (vii) Princip racionalizacije i ekonomičnosti.

4.6.1 Princip naučnosti nastave

Princip naučnosti nastave ističe da se u nastavi obrađuju samo naučno potvrđena znanja, odnosno sadržaji koji imaju naučnu osnovu. Ovo pravilo se odnosi na sve sadržaje, bilo da se radi o početnoj ili naprednoj nastavi hemije. Čak i najelementarniji sadržaji moraju biti naučno zasnovani. Ipak, neretko se dešava da nastavnici, pokušavajući da pojednostave neki apstraktan koncept, uvode analogije koje nisu u skladu sa naukom.

Objasnićemo ovo na primeru dobro poznate analogije „Pas i koska” koju su nastavnici širom sveta prihvatili i koju vrlo često primenjuju u obradi nastavne teme Hemijska veza. Radi se o tri povezane animacije koje prikazuju jonsku, polarnu kovalentnu i nepolarnu kovalentnu vezu. U okviru prve animacije prikazana su dva psa različite vrste i vidno različitih veličina (koji reprezentuju atome dva elementa koji imaju značajno različite vrednosti elektronegativnosti) i gde svaki od njih ima svoju kosku (koja reprezentuje elektron). Nakon obračuna među njima, veći pas uzima kosku od manjeg psa. Ovo bi prema tvorcima animacije trebalo da reprezentuje stvaranje jonske veze. Slična je situacija i sa primerom animacije kojom se reprezentuje nepolarna kovalentna veza gde učestvuju

dva psa iste veličine i vrste. Treći slučaj se odnosi na polarnu kovalentnu vezu u kojoj učestvuju dva psa čije se veličine razlikuju u manjoj meri nego što je to bio slučaj u prvoj opisanoj animaciji.

Veliki broj istraživača u oblasti metodike nastave hemije ima negativno mišljenje o primeni ove analogije u nastavi hemije, a naročito u vezi konstatacije nastavnika da atomi žele elektrone, kao što psi žele koske, odnosno pripisivanja svojstava živih bića na atome koji ih izgrađuju. Dodatni problem je i broj koski prikazanih na animaciji. Ovo ne znači da analogije u nastavi hemije ne treba koristiti, naprotiv one su vrlo korisne. Međutim, pre primene u nastavi ih uvek treba kritički razmotriti [59] i pri tome se voditi principom naučnosti.

4.6.2 Princip odmerenosti prema uzrastu učenika

Ovaj princip je jedan od najstarijih didaktičkih principa i u direktnoj je vezi sa stepenom intelektualnog i fizičkog razvoja koji karakteriše učenike određene starosne dobi.

Objasnićemo ovaj princip na sledećem primeru. U okviru izučavanja agregatnih stanja supstanci planira se izvođenje eksperimenta u kome se kocka vode zagreva, pri čemu voda prelazi u tečno, a zatim i u gasovito agregatno stanje. Učenici osnovnoškolskog uzrasta treba da razumeju da se supstance u prirodi, u zavisnosti od uslova, mogu naći u tri osnovna agregatna stanja – čvrstom, tečnom i gasovitom. Međutim, zbog uzrasta učenika, međumolekulske interakcije koje uslovljavaju agregatna stanja supstanci se ne obrađuju. U srednjoškolskoj nastavi se, pak ponovo obrađuju agregatna stanja, ali se tada obrađuju i međumolekulske interakcije, jer su učenici srednjoškolskog uzrasta dovoljno zreli da savladaju te sadržaje.

4.6.3 Princip očiglednosti i apstraktnosti

Ovaj princip sugerise da se u nastavi hemije uvek kreće od konkretnog ka apstraktnom, a neophodan uslov za izvođenje apstrakcija je očiglednost. Kada smo govorili o specifičnostima hemije kao nastavnog predmeta, rekli smo da je hemija konkretno-apstraktna nauka, odnosno da je predmet proučavanja hemije konkretan (supstanca), ali da razumevanje hemije zahteva razvijeno apstraktno mišljenje, budući da supstancu na nivou čestica ne možemo čulno opaziti.

Zato u nastavi hemije čulna percepcija igra važnu ulogu u razvoju

processa mišljenja i zato eksperimenti čine ključnu komponentu osnovnoškolskog programa. Pored eksperimenata, očiglednost u nastavi hemije se može postići i kroz stručne ekskurzije i kratke posete fabrikama za proizvodnju različitih supstanci, vodovodu, muzeju i sl.

4.6.4 Princip postupnosti i sistematičnosti u nastavi

Princip postupnosti i sistematičnosti u nastavi zahteva da se sadržaji u nastavnom procesu izučavaju po sledećem pravilu: od poznatog ka nepoznatom; od lakšeg ka težem i od jednostavnog ka složenom.

Sadržaji koji se obrađuju u okviru nastave hemije predstavljaju tek jedan mali deo sadržaja hemije kao nauke, ali činjenice i generalizacije u nastavi moraju da oslikavaju logičku strukturu hemije kao nauke. To znači da se nastavnik mora strogo pridržavati nastavnog programa, te nastavne jedinice predavati u strogo logičkom poretku.

Ovo možemo objasniti na konkretnom primeru iz nastave. U početnoj nastavi hemije se učenici najpre upoznaju sa fizičkim i hemijskim svojstvima supstanci i saznaju da su svojstva supstanci uslovljena njihovom građom. Učenici prvo uče o jednostavnim sistemima – čistim supstancama. Tada stižu znanja o atomima i o činjenici da se atomi udružuju u molekule kako bi postigli stabilnost, a da pri tome grade hemijske veze. Nakon toga, učenici izučavaju složenije sisteme – smeše, a zatim hemijske reakcije, koje daju odgovor na pitanje kako se čestice koje izgrađuju supstancu reorganizuju i kako od njih nastaju nove supstance. To je redosled koga se nastavnik mora pridržavati kako bi početna nastava hemije bila efikasna.

4.6.5 Princip individualizacije nastavnog rada

Iako učenici istog uzrasta imaju brojne psihofizičke sličnosti, među njima postoje individualne razlike, koje su obično manje u odnosu na one koje postoje među učenicima različitog uzrasta. Prvo moramo pomenuti da među učenicima može postojati uzrasna razlika od godinu dana u zavisnosti od toga u kom delu godine je dete rođeno. Ovaj faktor nije zanemarljiv, a naročito u osnovnoškolskom uzrastu učenika. Pored toga, važni faktori koji doprinose potrebi za individualizacijom nastavnog rada jesu predznanja učenika, njihove genetske predispozicije i društvena sredina iz koje učenici potiču. Tako će, na primer, deca hemičara verovatno imati bolja predznanja iz hemije od dece čiji su roditelji trgovci,

ekonomisti, pravnici i dr.

Nastavnikova uloga u vezi sa ovim principom je da vrši organizovano i sistemsko posmatranje učenika kako bi spoznao potrebe učenika i odredio metode i postupke rada kojima će unaprediti i povećati efikasnost procesa usvajanja nastavnih sadržaja kod učenika. Pri tome, termin *individualizovana nastava* ne treba poistovećivati sa terminom *individualna nastava*. Naime, individualna nastava je ona u kojoj učestvuju jedan nastavnik i jedan učenik. S druge strane, u individualizovanoj nastavi učestvuje veći broj učenika, ali su im zadaci i dubina građe različiti [58].

4.6.6 Princip svesne aktivnosti učenika

Ovaj didaktički princip zahteva da nastavnik vodi računa o aktivnosti učenika. Poznato je da u tradicionalnoj nastavi učenici uglavnom imaju pasivnu ulogu, dok se moderna nastava temelji na aktivnosti učenika uz pretpostavku da je ulaganje mentalnog napora jedini način da sadržaji budu shvaćeni i trajno zadržani u svesti učenika. U nastavi hemije se to postiže primenom eksperimenata i savremenih instrukcionih strategija kao što su: nastava zasnovana na kontekstu, „obrnuta učionica”, kao i primenom sistemika, mozaika, tripletnog modela nastave i dr.

4.6.7 Princip racionalizacije i ekonomičnosti

Naime, hemija je nastavni predmet koji se u okviru osnovnog obrazovanja izučava samo u sedmom i osmom razredu sa svega dva časa nedeljno. S druge strane hemija je kao nastavni predmet veoma vremenski zahtevna i to prvenstveno zbog ogleđa koji predstavljaju važan deo nastavnog programa. Međutim, iako je raspoloživo nastavno vreme ograničeno, cilj nastave hemije mora biti ostvaren. Zato ovaj didaktički princip zahteva detaljno planiranje i organizaciju nastavnog procesa kako bi se maksimalno iskoristilo raspoloživo nastavno vreme. Kada su ogleđi u pitanju, to znači da unapred treba pripremiti sav materijal i urediti radni prostor. Ukoliko ogleđ podrazumeva duže zagrevanje, poželjno je pripremiti vodeno kupatilo na odmoru koji prethodi času, a vreme u toku kog se vrši zagrevanje iskoristiti za određene nastavne aktivnosti (aktiviranje učenika, skiciranje i sl.).

Drugi aspekt racionalizacije jeste racionalizacije materijala. Demonstracioni ogleđi se prema pravilu izvode kako bi svi učenici mogli da vide nastale promene. Ipak, zbog lošijeg materijalnog stanja i slabe opremlje-

nosti škola u Republici Srbiji demonstracioni ogledi se često izvode u semimikro tehnici, a nastavnik sa epruvtom ili sudom u kome je izvedena reakcija može da prođe učionicom i pokaže učenicima efekte oglada.

Literatura

- [1] Cooper, M. M., Stowe, R. L. (2018). Chemistry Education Research—From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chemical Reviews*, 118(12), 6053–6087.
- [2] Knežević, O., Ninković, S., (2012). Horizonti istraživanja u obrazovanju. Novi Sad: Filozofski fakultet.
- [3] Ginsburg, H. P., Opper, S. (2016). Piaget’s Theory of Intellectual Development. Chevy Chase: International Psychotherapy Institute.
- [4] Eilks, I., Byers, B. (2009). Innovative Methods of Teaching and Learning Chemistry in Higher Education. Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- [5] Ausubel, D. P., (2000). The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View. Cambridge: RSC Publishing.
- [6] Bretz, S. L. (2001). Novak’s theory of education: Human constructivism and meaningful learning. *Journal of Chemical Education*, 78(8), 1107–1115.
- [7] Novak, J. (1991). Clarify with concept maps: A tool for students and teachers alike. *The Science Teacher*, 58(7), 45–49.
- [8] Pravilnik o programu nastave i učenja za treći razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja (2019). *Prosvetni glasnik*, 68(5), 37–41.
- [9] Pravilnik o programu nastave i učenja za četvrti razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja (2019). *Prosvetni glasnik*, 68(11), 42–45.
- [10] Mrkalj, V. Z. (2010). Pojam korelacije u metodici nastave. *Metodički vidici*, 1(1), 47–55.
- [11] Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research Practice*, 5(3), 247–264.

- [12] Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro- chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377–379.
- [13] Reid, N. (2019). A tribute to Professor Alex H Johnstone (1930–2017). *Chemistry Teacher International*, 1(1), 1–13.
- [14] Kolioulis, D., Tsaparlis, G. (2007). Eighth-grade chemistry, with emphasis on macroscopicconstructivist approach and the meaningful introduction of the concepts of molecule and atom – Teaching book and its preliminary evaluation by teachers, Proceedings of the 5th Greek Conference Science education and new technologies in education, 2, 680–689.
- [15] Toomet, R., DePierro, E., Garafalo, F. (2001). Helping students to make inferences about the atomic realm by delaying the presentation of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(6), 129–144.
- [16] Chittleborough, G. (2014). The development of theoretical frameworks for understanding the learning of chemistry. U I. Devetak i S. A. Glažar (editori), Learning with understanding in the Chemistry classroom. Dordrech: Springer, 25–40.
- [17] Kelly, R., Akaygun, S. (2019). Visualizations and representations inchemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 657–658.
- [18] Markic, S., Childs, P. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 434–438.
- [19] Rodić, D., Rončević, T., Segedinac, M. (2018). The accuracy of macro–submicro–symbolic language of future chemistry teachers. *Acta Chimica Slovenica*, 65(2), 394–400.
- [20] Kleinman, R. W., Griffin, H. C., Kerner, N. K. (2018). Images in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(9), 766–770.
- [21] Milenkovic, D., Segedinac, M., Hrin, T. (2014). Increasing high school students’ 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.

-
- [22] Pravilnik o programu nastave i učenja za osmi razred osnovnog obrazovanja i vaspitanja (2019). *Prosvetni glasnik*, 68(11), 135–139.
- [23] Pravilnik izmenama i dopunama Pravilnika o programu nastave i učenja za prvi razred gimnazije (2019). *Prosvetni glasnik*, 68(8), 151–162.
- [24] Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., Hofstein, A. (2006). Chemical literacy: What does this mean to scientists and school teachers?. *Journal of Chemical Education*, 83(10), 1557–1561.
- [25] Potkonjak, N., Šimleša, P. (1989). Pedagoška enciklopedija 2. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
- [26] Jong, T., Ferguson-Hessler, M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105–113.
- [27] Chi, M., Ohlsson, S. (2005). Complex declarative learning. U K. J. Holyoak i R. G. Morrison (editori), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 371–100.
- [28] Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- [29] Veenman, M. (2015). Teaching for metacognition. U J. D. Wright (editor), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Elsevier, 89–95.
- [30] Taber, K. (2012). *Chemical misconceptions: Prevention, diagnosis and cure: Theoretical background, Volume 1*. London: Royal Society of Chemistry.
- [31] Flynn, A. B., Orgill, M. K., Ho, F. M., York, S., Matlin, S. A., Constable, D. J. C., Mahaffy, P. G. (2019). Future directions for systems thinking in chemistry education: Putting the pieces together. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3000–3005.
- [32] Orgill, M. K., York, S., MacKellar, J. (2019). Introduction to systems thinking for the chemistry education community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720–2729.

- [33] Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: A case study with fifth-graders and sixth-graders. *International Journal of Science Education*, 31(5), 655–674.
- [34] Constable, D. J. C, Jimenes-Gonzales, C., Matlin, S. A. (2019). Navigating complexity using systems thinking in chemistry, with implications for chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2689–2699.
- [35] 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.
- [36] Barke, H-D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2009). Misconceptions in chemistry: Addressing perceptions in chemical education. Berlin: Springer.
- [37] Asimov, I. (1965). A short history of chemistry. New York: Doubleday.
- [38] Yeomans, E. (2019). Uncover your students' preconceptions. *Education in Chemistry*, dostupno na: <https://edu.rsc.org/feature/uncover-your-students-preconceptions/3010703.article>, (pristupljeno: 31.1.2020.).
- [39] Boo, H. K. (1998). Students' understanding of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 569–581.
- [40] Adadan, E. (2014). Investigating the influence of pre-service chemistry teachers' understanding of the particle nature of matter on their conceptual understanding of solution chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(2), 219–238.
- [41] Ozmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159.
- [42] Pinarbasi, T., Canpolat, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 80(11), 1328–1332.

-
- [43] Ozmen, H., Naseriazar, A. (2018). Effect of simulations enhanced with conceptual change texts on university students' understanding of chemical equilibrium. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 83(1), 121–137.
- [44] Yoke, J. (1989). Ammonium hydroxide does not exist. *Journal of Chemical Education*, 66(4), 310–310.
- [45] Segedinac, M. (2008). Školska praksa kao značajna komponenta inicijalnog obrazovanja budućih nastavnika prirodnih nauka. U S. Budić (editor), *Didaktičko-metodički aspekti studentske prakse u partnerskim relacijama fakulteta i škola*. Novi Sad: Filozofski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- [46] Marzano, R. J., Marzano, J. S. (2003). The key to classroom management. *Educational Leadership*, 61(6), 6–13.
- [47] Standardi kompetencija za profesiju nastavnika i njihovog profesionalnog razvoja, dostupno na:
http://www.cep.edu.rs/sites/default/files/Standardi_kompetencija_za_profesiju_nastavnika.pdf, (pristupljeno: 10.2.2020.).
- [48] Druva, C. A., Anderson, R. D. (1983). Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 467–479.
- [49] Morine-Dershimer, G., Kent, T. (2002). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. U J. Newsome i N. G. Lederman (editori), *Examining Pedagogical Content Knowledge*, Volume 6. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [50] Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- [51] De Jong, O. (2000). The teacher trainer as researcher: Exploring the initial pedagogical content concerns of prospective science teachers. *European Journal of Teacher Education*, 23(2), 127–137.
- [52] Van Driel, J., de Jong, O., Verloop, N. (2002). The development of pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Teacher Education*, 86(4), 572–590.
- [53] Buhagiar, M. A., Tonna, M. A. (2015). School-based mentoring in initial teacher education. Msida: Faculty of Education, University of Malta.

- [54] Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. U S. Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (editori), Re-examining pedagogical content knowledge in science education. New York: Routledge.
- [55] Schmidt, H-J., Kaufmann, B., Treagust, D. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(4), 265–272.
- [56] Kjonaas, R. A.(1984). An analogy for solubility: Marbles and magnets. *Journal of Chemical Education*, 61(9), 765–765.
- [57] Loughran, J., Berry, A., Mulhall, P. (2012). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Rotterdam: Sense Publishers.
- [58] Babić-Kekez, S., Tasić, I., (2012). Didaktika. Zrenjanin: Tehnički fakultet Mihajlo Pupin.
- [59] Husband, T. (2015). Chemistry is not like... people! *Education in Chemistry*, dostupno na: <https://edu.rsc.org/feature/chemistry-is-not-like--people/3007431.article>, (pristupljeno: 5.2.2020.).

Indeks pojmov

- afektivni domen, 7, 8, 32
- akomodacija, 4, 42
- asimilacija, 4
- deklarativno znanje, 35, 36
- didaktički principi, 71, 72
- duboko znanje, 35, 37, 38
- egzemplarna nastava, 39
- formalne operacije, 4
- generalizacije, 35, 74
- hemijska pismenost, 31, 32
- hemijski jezik, 21–24, 32
- hemijski triplet, 16
- holistički pristup, 40
- horizontalna korelacija, 14
- kognitivni domen, 7, 8
- kognitivni konflikt, 44, 54, 56, 57, 59
- kompetencije nastavnika, 61–64
- konceptna mapa, 8, 9, 50, 51
- konceptualno znanje, 36
- konkretne operacije, 4
- makroskopski nivo, 15, 16, 18–21, 24–27, 29, 32, 46, 49, 50
- mehaničko učenje, 7, 37
- metakognitivno znanje, 35, 37
- miskoncepcija, 41–45, 48–50, 52–55, 57, 59, 66, 70
- model kompetencija, 67, 68
- model šegrtovanja, 67
- PCK, 63, 66–69
- pedagoški eksperiment, 2
- pedagoško znanje, 63–66
- PISA, 36
- površno znanje, 35, 37, 38
- preoperacionalni stadijum, 4
- pretkoncept, 45–48
- proceduralno znanje, 35, 36
- psihomotorički domen, 7, 8
- razvojno-psihološka teorija, 5
- redukcionistički pristup, 39
- refleksivni model, 67, 68
- senzomotorna inteligencija, 4
- simbolički nivo, 15, 16, 18, 19, 21, 25–27, 29
- sistemska mišljenje, 38–41, 55
- smisljeno učenje, 7, 41
- submikroskopski nivo, 15, 16, 18–21, 24–26, 29, 45–47, 49, 50

teorija kognitivnog razvoja, 4
tripletni model, 18, 55, 75

vertikalna korelacija, 14
višeslojni zadaci, 53

znanje sadržaja, 63, 64, 66, 69
zona proksimalnog razvoja, 5, 6

činjenice, 35

Indeks imena

Arenijus S., 52, 56, 58

Beher J., 43

Bercelijus J., 22

Bertalanfi L., 40

Bojl R., 1

Brenšted J., 56, 58

Dalton Dž., 22

Dejvi H., 55, 58

Džonston A., 16–18, 42

Glauber J., 55, 58

Lavoazje A., 22, 55, 58

Lemeri N., 53, 55, 56, 58

Libig J., 56, 58

Lori T., 56, 58

Luis G., 52, 56–58

Novak Dž., 3, 7, 8

Osibel D., 3, 7

Pijaže Ž., 3–5

Vigotski L., 3, 5, 6

Šatelje A., 28, 29

Štal G., 43

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

371.3::54(075.8)

РОДИЋ, Душица, 1987-

Metodika nastave hemije I [Elektronski izvor] / Dušica Rodić, Mirjana Segedinac, Tamara Rončević. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, 2020. - 85 str. : ilustr. ; 25 cm

Način pristupa (URL):

https://www.pmf.uns.ac.rs/studije/epublikacije/hemija/rodic_segedinac_metodika_nastave_hemije.pdf. - Opis zasnovan na stanju na dan 29.5.2020. - Nasl. s naslovnog ekrana. - Bibliografija. - Registar.

ISBN 978-86-7031-560-0 (pdf)

1. Segedinac, Mirjana, 1952- [аутор] 2. Рончевић, Тамара [аутор]
а) Методика наставе -- Хемија -- Уџбеници

COBISS.SR-ID 14469129

Ova knjiga je složena u *Latin Modern* familiji fontova korišćenjem programa L^AT_EX 2_ε i B_IB_TE_X u okviru M_IK_TE_X distribucije. Kao interfejs je korišćen T_EX_{MAKER}. Za ilustracije su korišćeni TikZ i Inkscape.

