

Pogrešna poimanja u nastavi kemije

Mia Ožić

Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Splitu
Split, Hrvatska
mozic@pmfst.hr

Sažetak: Primjenom niza strateških dokumenata u Republici Hrvatskoj, u školskoj je godini 2019./2020. započela provedba kurikularne reforme. Cilj reforme je podići kvalitetu odgojno-obrazovnog procesa i osposobiti učenike za život i cijeloživotno učenje. Nastavnicima je, kao kreatorima nastavnog procesa, povjerena ključna uloga. Pozornost je stavljena na Metodičko znanje nastavnika (engl. *Pedagogical Content Knowledge*). Metodičko je znanje u znanstvenoj literaturi konceptualizirano na različite načine. Slijedeći koncept Magnussona i sur. (1999) domena *Znanje o učeničkom razumijevanju* određena je okvirom u koji su postavljena istraživanja o pogrešnim poimanjima učenika i studenata. U literaturi se izvještava o brojnim pogrešnim poimanjima različitih kemijskih modela, koncepata i teorija. S obzirom na slabiju istraženost, u ovom je radu posebna pozornost posvećena pogrešnim poimanjima o kiselinama i bazama. Dodatno, istraženi su i instrumenti koji se koriste u njihovoj identifikaciji te je objašnjen princip prepoznavanja pogrešnog poimanja, odnosno njegova razlikovanja od neznanja.

Ključne riječi: kemija, metodičko znanje, pogrešna poimanja

I. UVOD

Institut za društvena istraživanja u Zagrebu projektom COBRAS provodi istraživanje 'Obrazovne aspiracije učenika u prijelaznim razdobljima hrvatskog osnovnoškolskog obrazovanja: priroda, odrednice i promjene' kojeg financira Hrvatska zaklada za znanost. Obrazovne aspiracije se definiraju kao ambicije i ciljevi učenika u vezi s neposrednim i budućim obrazovnim ishodima. Korištenjem integriranog nacrtu miješanog modela ta studija predstavlja prvi sustavni pokušaj longitudinalnog istraživanja ove problematike u hrvatskom kontekstu. Prema objavljenom izvješću (travanj, 2018. godine) u istraživanju je sudjelovalo 28 osnovnih škola Grada Zagreba i više od 1000 učenika

osmih razreda.¹ Čak 44 % učenika kemiju smatra dosta ili izrazito teškim nastavnim predmetom. U usporedbi s ostalim predmetima, kemija se percipira kao najzahtjevnijim predmetom. Također kemija je jedan od onih predmeta koji se najviše uče (pored povijesti, matematike i biologije).

Kemija je zahtjevniji nastavni predmet od drugih zbog svoje apstraktne prirode, potrebe za komuniciranjem kemijskim jezikom, zahtjevnoj integraciji elemenata kemijskog tripleta kroz poučavanje i učenje, potrebe vizualiziranja nevidljivoga te nužnosti primjene senzornih i praktičnih vještina te sposobnosti logičkog promišljanja. Više je razloga zašto je kemija zahtjevniji predmet od drugih - primjerice: koristi simbole koji su jedinstveni samo za ovaj predmet, za razumijevanje gradiva su potrebne određene vještine poput vizualizacije, razvijeno logičko razmišljanje. Velika je korelacija s drugim predmetima poput biologije, fizike, te u značajnom dijelu, poput kemijskom računa, matematikom, kojeg također percipiraju kao jednim od zahtjevnijih predmeta. Jezik nastave kemije posebno je važan čimbenik uspjeha učenja i poučavanja (Vladušić, 2017). Bent (1984) je složenost jezika kemije opisao uspoređujući kemiju sa stranim jezikom: *Kemija je dvostruki strani jezik: nepoznati termini koriste se za nepoznate stvari*. Jezik znanosti, posebice jezik kemije, ima mnogo lica i složeniji je od običnog, svakodnevnog jezika, potvrdili su Childs i sur. (2015). Dodatno, u nastavi kemije koristi se niz jezično različitih izvora znanja poput dijagrama, grafova, jednadžbi, simboličkih prikaza i slika. Lemke (1998) ističe da je nepotpuno poznavanje njihova značenja mogući uzrok nerazumijevanja kemijskog sadržaja.

Sustav obrazovanja u Republici Hrvatskoj se može razmatrati kroz tri vremenska perioda: u prvim godinama samostalnosti, u procesu pristupanja EU te period nakon što je Hrvatska postala članica EU. Tijekom godina prilagodbe nacionalnih prioriteta strategijama EU donijeto je nekoliko

¹Obrazovne aspiracije učenika u prijelaznim razdobljima hrvatskog osnovnoškolskog obrazovanja: priroda, odrednice i promjene (COBRAS), Hrvatska zaklada za znanost, Dostupno na http://www.idi.hr/aspiracije/izvjesce_zajavno_druzi_val_novo_izmjenjeno.pdf

strategija i akcijskih planova koje su ove godine rezultirale frontalnom provedbom nove kurikularne reforme.

Prema projektu 'Podrška provedbi Cjelovite kurikularne reforme'² uloga učitelja mijenja se od tradicionalne uloge, u kojoj je učitelj bio gotovo jedini izvor znanja i neupitan autoritet, prema suvremenoj ulozi, u kojoj učitelj postaje voditelj, savjetnik i moderator nastavnih aktivnosti u učionici. Ključnu ulogu u provedbi obrazovne reforme imaju sami nastavnici.

Prema aktualnim trendovima u obrazovanju, nastava treba biti usmjerena na učenika. Prema Preporuci Europskog parlamenta i savjeta³ o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje usvojene su smjernice za osposobljavanje mladih prema potrebnim ključnim kompetencijama i za poboljšanje razine obrazovnih postignuća. U referentnom okviru Preporuke Europskog parlamenta o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje navodi se osam ključnih kompetencija:

- 1) Komunikacija na materinskom jeziku,
- 2) Komunikacija na stranom jeziku,
- 3) Matematička kompetencija i temeljne kompetencije u prirodnim znanostima i tehnologiji,
- 4) Digitalna kompetencija,
- 5) Kompetencija učenja,
- 6) Društvene i građanske kompetencije,
- 7) Smisao za inicijativu i poduzetništvo i
- 8) Kulturološka senzibilizacija i izražavanje.

Jurčić (2012) navodi sljedeće pedagoške kompetencije suvremenog učitelja: kompetencije u području metodologije izgradnje kurikuluma, kompetencije u području organizacije i vođenja odgojno-obrazovnoga procesa, kompetencije u području utvrđivanja učenikova postignuća u školi, kompetencije u području oblikovanja razrednoga ozračja te kompetencije učitelja u području odgojnoga partnerstva s roditeljima. Li (2018) kompetencije 21. stoljeća dijeli u tri kategorije: kompetencije znanja, vještina i sposobnosti koje su prilagodba promjenjivom okruženju u kojem živimo. Catts i Lau (2008) u svom radu daju pregled nekoliko različitih modela kompetencija nastavnika koji uključuju sposobnosti rješavanja problema, kognitivne vještine, informacijsku i medijsku pismenost, sposobnost usmenog komuniciranja i sposobnost zaključivanja. Neke od navedenih kompetencija razvijaju se kao posljedica rastuće uporabe digitalnih tehnologija. Naglašavamo činjenicu kako je od iznimne važnosti osvijestiti koncept u kojem su pedagoške

kompetencije nastavnika ovisne i o kontekstu i o vremenu u kojem živimo.

Način na koji nastavnik poučava uvelike utječe na realizaciju ishoda učenja, odnosno na učenička postignuća i njihovu uspješnost u daljnjem školovanju. Shulman (1986) je među prvima istaknuo kako se govoreći o poučavanju uglavnom analiziraju pedagoški elementi nastave, a zanemaruje predmetni sadržaj. Povezujući pedagoško znanje s znanjem sadržaja Shulman (1986) je konceptualizirao novu vrstu znanja nastavnika – Metodičko znanje (engl. *Pedagogical content knowledge*). U konačnici, prema Shulmanu, nastavnik treba imati odgovarajuće znanje predmetnog sadržaja, metodičko znanje i znanje o kurikulumu. Svaka od navedenih vrsta nastavnikova znanja analizirana je novim istraživanjima, a temeljem rezultata razvijae su nove konceptualizacije, posebice metodičkog znanja. Tako Grossmanov koncept metodičkog znanja (1990) uključuje znanje predmetnog kurikula, znanje o nastavnim strategijama poučavanja te znanje o učeničkom razumijevanju. Tamirov koncept metodičkog znanja (1988), za razliku od Grossmanova, uključuje znanje nastavnika o vrednovanju. Koncept metodičkog znanja Magnussona i suradnika (1999) sastoji se od 5 domena: orijentacija prema poučavanju prirodoslovlja, znanje i uvjerenja o kurikulumu prirodoslovlja, znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja, znanje o nastavnim strategijama i metodama u nastavi prirodoslovlja te znanje o vrednovanju u nastavi prirodoslovlja. Marks (1990) je opisao matematičke komponente metodičkog znanja u četiri glavna područja: predmetno znanje u svrhu poučavanja, učeničko razumijevanje predmeta, mediji za poučavanje predmeta i nastavne strategije vezane za predmet. Andrews (2001) ističe važnost i jedinstvenost "jezika" poučavanja i sugerira uključivanje ove komponente kao strateški važne.

Shulmanov je model metodičkog znanja tijekom godina bio različito interpretiran i revidiran. U posljednjem je desetljeću veći broj znanstvenika zajedno radio na konceptualizaciji metodičkog znanja. Rezultat toga su *koncenzusni model* metodičkog znanja CM 2012 (Gess-Newsome i sur, 2015) i *revidirani koncenzusni model* RCM 2018 (Carlson i Daehler 2019).

Iako se u znanstvenoj literaturi suočavamo s različitim pogledima na metodičko znanje, gotovo svugdje se ističe metodičko znanje nije samo suma svih 'znanja' nastavnika, već kompleksno znanje koje omogućava uspješno poučavanje i učenje. Sinergijski učinak na uspješnost poučavanja ima samo kombiniranje i primjena svih domena

² Dostupno na <http://www.kurikulum.hr/>

³ Preporuka europskog parlamenta od 18. prosinca 2006. o ključnim kompetencijama za cjeloživotno učenje objavljena u: L 394/14 en Official Journal of the European Union 30.12.2006

ovog koncepta u odgovarajućoj mjeri na odgovarajući način na određenoj skupini učenika.

Znanje o učeničkom razumijevanju kao jedna od domena Metodičkog znanja (Magnusson i sur., 1999) relativno česta je tema obrazovnih istraživanja. *Znanje o učeničkom razumijevanju* odnosi se na znanje nastavnika o znanju i načinu učenja svojih učenika. Nastavnik mora poznavati stil učenja, interese, potrebe, raznolikosti, sposobnosti i potencijale svojih učenika. Kako bi poučavanje bilo učinkovito nastavnik mora imati znanje o tome što učenik zna o temi, kakva su njegova predznanja i konceptualizacije, koja su njegova pogrešna poimanja te s kojim se poteškoćama u razumijevanju učenik susreće.

Učenici, u osnovi, grade svoje vlastito razumijevanje o tome kako priroda djeluje i funkcionira, još od djetinjstva – poimajući stvari sami, opažajući i promatrajući život oko sebe i dajući značenje svakodnevnim pojavama. Konstruirajući ‘novo’ znanje na prethodnim iskustvima uče informalno. Kako su Posner i sur. (1982) zabilježili istraživačke studije dosljedno ukazuju kako *učenici ne dolaze u učionicu kao prazne liste*. Kasnije, tijekom *razredne* nastave i *predmetne* nastave učeći o prirodi, raznim procesima i znanosti, učenici uče na formalan način. Mondal i Chakraborty (2013) navode kako je učenje aktivan proces formiranja koncepta koji uključuje činjenice i ideje prezentirane učenicima. Postignuće konceptualnog razumijevanja u velikom stupnju ovisi o načinu na koji učenici već razmišljaju i vjeruju. Prepoznati i naučiti (pre)usmjeriti ova poimanja, alternativne konceptualizacije s kojima učenici dolaze na nastavu, ključne su komponente učinkovitih obrazovnih pristupa.

Mulford i Robinson (2002) ističu problem alternativnih koncepta koji imaju dalekosežnije posljedice od jednostavnih neadekvatnih objašnjenja. Učenici svjesno ili nesvjesno konstruiraju svoje konceptualizacije kroz objašnjenja za ponašanje, svojstva ili teorije svog iskustva. Vjeruju da je većina tih objašnjenja točna jer ta objašnjenja imaju smisla u kontekstu njihovog razumijevanja svijeta oko sebe. Oni naglašavaju činjenicu da se tijekom učenja učenici susreću s novim informacijama koje su u suprotnosti s njihovim alternativnim konceptualizacijama pa im je teško prihvatiti nove informacije jer se čine pogrešnim. Nova poimanja su ‘anomalije’ koje ne odgovaraju njihovim očekivanjima. Jedna opcija je da se pod tim okolnostima nove informacije mogu zanemariti, odbaciti, ne prihvatiti, smatrati nevažnima za trenutni sadržaj, ostaviti za naknadno promišljanje, reinterpretirati u svjetlu postojećih razumijevanja. Druga mogućnost je učenikovo prihvaćanje

manjih promjena u svojim (prethodno održivim) konceptualizacijama. Izgradnja novih poimanja i izmjena postojećih alternativnih konceptualizacija jedan je od ključnih ciljeva nastavnika u procesu ostvarivanja ishoda učenja.

Svijest o postojanju učeničkih i studentskih poteškoća u učenju, uključujući znanje o konkretnim pogrešnim poimanjima, neophodan je preduvjet planiranja i smislenog organiziranja nastave. Zadatak nastavnika najčešće nije učenike i studente dovesti od neznanja do znanja, već utjecati na promjenu postojećih načina na koje razumijevaju svijet (Taber, 2009a).

II. POJAM I VRSTE POGREŠNIH POIMANJA

Usljed brojnih negativnih konotacija koje se vezuju za ovaj pojam, ali i same činjenice kako puko određivanje nečijih uvjerenja kao *točnih* ili *pogrešnih* neće biti korisno (Hokayem & BouJaoude, 2008) bilo je potrebno definirati pojam pogrešnih poimanja. U ovom ćemo se radu voditi definicijom Allen-a iz 2010. godine prema kome su *znanstvena pogrešna poimanja predodžbe o znanosti drugačije od prihvaćenih znanstvenih činjenica*.

Učenici tijekom učenja novog gradiva već imaju neka predznanja, pretpostavke i razumijevanja novih pojmova i koncepta. Tomita (2008) navodi kao se takve predodžbe (*pre-conceptions*) nazivaju alternativnim pojmovima (*alternative conceptions*) ili pogrešnim poimanjima (*misconceptions*). Iako su za nastavnika prepoznati kao znanja nespojiva s prihvaćenim znanstvenim razumijevanjem, kod učenika predstavljaju znanje koje je ugrađeno u njegov logički sustav i sasvim je opravdano. Bez obzira na nove utemeljene činjenice i objašnjenja, učenikov mentalni model razumijevanja se protivi prihvaćanju novih informacija. Očigledno je kako se promjena mora zbiti u učenikovom umu. Posner i suradnici (1982) predlažu kako izložiti ‘novi’ koncept za uspjehnost promjene. Koncept mora biti:

(a) razumljiv - novi koncept mora imati jasnog smisla za učenika;

(b) uvjerljiv - novo shvaćanje mora biti logički prihvatljivo;

(c) dati odgovor - nova koncepcija mora biti učeniku potencijalno produktivna za rješavanje trenutnih problema.

Glavni cilj nastavnih metoda je stvoriti kognitivni sukob kako bi učenik postao nezadovoljan svojim postojećim shvaćanjem.

Prema Taberu (2011) pogrešna poimanja (alternativne konceptualizacije, alternativni okviri) su ključni problem konstruktivizma u znanstvenom obrazovanju.

Njegova opsežna istraživanja o neformalnim idejama studenata o temama iz znanosti, pokazuju kako pogrešna poimanja znatno variraju u smislu svojstava kao što su koherentnost, stabilnost, ovisnost o kontekstu, rasponu primjene....

Clement (1982) je mišljenja kako postoje dva tipa pogrešnih poimanja: naziva ih 'zdravorazumske' pretpostavke koje proturječe zaključcima znanstvenog poučavanja, te didaktikogene, odnosno one koje su nastale tijekom formalne nastave. Thompson i Logue (2006) bilježe postojanje više mogućih razloga za razvoj pogrešnih poimanja učenika. Za početak, ne vode sva iskustva točnom zaključivanju. Učenici ponekad jednostavno ne vide sve moguće ishode. Jedan od razloga su i roditelji koji se suočavaju s pitanjima svoje djece na koja ne znaju točno odgovoriti. Drugi su mediji i medijski sadržaji koje učenici mogu konzultirati poput *online* izvora informacija koji se nerijetko bez provjere smatraju pouzdanima. Izvor pogrešnih poimanja mogu biti i nastavnici koje učenici doživljavaju stručnim autoritetima i u potpunosti prihvaćaju sve što oni poučavaju.

Američko udruženje 'Committee on Undergraduate Science Education National Research Council' je 1997. godine izdalo priručnik u kojem pogrešna poimanja razvrstava u pet osnovnih kategorija: 1) prethodno osmišljeni pojmovi; 2) uvjerenja koja nisu znanstveno utemeljena; 3) konceptualni nesporazumi; 4) kolokvijalna pogrešna poimanja i 5) činjenična pogrešna poimanja.

(1) *Prethodno osmišljeni pojmovi* su popularne paradigme/teorije ukorijenjene u svakodnevnim iskustvima. Prema Brown i Clementu (1991) to su preobraženi pojmovi, koji opisuju niz takvih primjera koje učenici imaju glede općenitih pojmova poput topline, energije i gravitacije.

(2) *Uvjerenja koja nisu znanstveno utemeljena* odnose se na znanje usvojeno uz pomoć izvora koji nisu utemeljeni na znanstvenim činjenicama, kao što su vjerska ili mitska učenja. Danas se 'zahvaljujući' modernoj tehnologiji i njenoj dostupnosti, koriste razni pretraživači koji nude obilje neprovjerenih informacija. Razlika između ovih široko prihvaćenih uvjerenja i znanstveno utemeljenih činjenica i dokaza - dovela je do kontroverzi u nastavi prirodoslovlja.

(3) *Konceptualni nesporazumi* nastaju kada u poučavanju koristimo znanstvene činjenice na način koji učenike izazovno suočava s paradoksima i dilemama koje proizlaze iz vlastitih uvjerenja (koja nisu znanstveno utemeljena). Kako bi nadvladali svoju zbunjenost, učenici grade neispravne

kognitivne modele koji su obično toliko neuvjerljivi da i sami učenici nisu sigurni u svoja novo-stvorena poimanja.

(4) *Kolokvijalna pogrešna poimanja* proizlaze iz upotrebe riječi koje imaju jedno značenje u svakodnevnom životu, a sasvim drugo u znanstvenom kontekstu (primjerice sublimacija)

(5) *Činjenična pogrešna poimanja* su neistine često naučene u ranoj dobi i zadržane bez dubljeg promišljanja u odrasloj dobi.

Potrebno je ukazati na to da se različita pogrešna poimanja koja su učenici stvorili ne smiju ignorirati. Ukoliko stvorimo veze između njihova opažanja (koja su čvrsto ukorijenjena u njihovom uvjerenju) i novo stečenih znanja, veća je vjerojatnost da će učenik stvoriti i učvrstiti novo razumijevanje. Zanemarivanjem (jer su 'pogrešna') ili ne uspješnim dijagnosticiranjem takvih koncepta - učenici se vraćaju na svoje prethodno osmišljene pojmove i uvjerenja jer su im oni već duže vrijeme pohranjeni u njihovoj kognitivnoj strukturi.

III. PODJELA KEMIJSKIH POGREŠNIH POIMANJA

Kako bi osvijestili pogrešna poimanja učenika, neophodno je pronaći njihove izvore. Vrlo često i kada se učenici suoče s točnim rješenjem nekog problema, teško prihvaćaju činjenicu da su pogrešno konceptualizirali problem. Taber (2011) navodi kako učenici svjesno ili nesvjesno izrađuju svoje koncepte kao objašnjenja za ponašanja, svojstva ili teorije s kojima se susreću. Smatraju da su upravo ta objašnjenja ispravna jer se uklapaju u kontekst njihova razumijevanja svijeta koje ih okružuje. Istraživanja vezana za učeničko razumijevanje različitih tema vrlo su važna istraživanja u obrazovanju. Ona nam omogućavaju uvid u poteškoće učeničkog nerazumijevanja konkretnih nastavnih sadržaja, prepoznavanje složenijih područja za poučavanje učenika ili otkrivaju uzroke pogrešnog korištenja prethodno stečenih znanja. Rezultati istraživanja mogu pomoći pri odabiru strategija poučavanja kojim bi se učenicima omogućilo cjelovito razumijevanje teme i kojim bi se premostile poteškoće u razumijevanju kemijskih koncepta.

U znanstvenoj literaturi o pogrešnim poimanjima u nastavi kemije objavljen je velik broj primjera koji se odnose na sadržaje različitih nastavnih tema. Odlučili smo ih svrstati na sljedeći način:

1. Pogrešna poimanja o kemijskoj ravnoteži

2. Pogrešna poimanja vezana uz kemijsko vezivanje
3. Pogrešna poimanja vezana uz kiseline i baze
4. Pogrešna poimanja o kemijskim promjenama
5. Pogrešna poimanja povezana s atomskom strukturom
6. Pogrešna poimanja vezana uz termodinamiku
7. Pogrešna poimanja vezana uz elektrokemiju
8. Pogrešna poimanja vezana za organsku kemiju
9. Pogrešna poimanja o čestičnoj prirodi tvari
10. Pogrešna poimanja vezane uz kemiju otopina
11. Razna druga pogrešna poimanja

Pojedino pogrešno poimanje ne mora biti isključivo vezano samo za jedan kemijski koncept jer se kemijski koncepti isprepliću i nadograđuju tijekom poučavanja. Stoga je navedena podjela okvirna.

Istraživanja o pogrešnim poimanjima međusobno se razlikuju po populacijama, uzorcima, instrumentima i metodama analize. Vrlo često se, osim metodološke, koristi triangulacija na nekoliko razina poput vremenske koja osigurava dijakronijsku i sinkronijsku pouzdanost, kombinirane razine (poput pojedinca, skupine, organizacije) ili teoretsku pri čemu se oslanjaju na alternativne teorije.

Populacija koja se istražuje nije ograničena samo na uzorak učenika i studenata, već se vrlo često uključuje sve sudionike obrazovnog procesa: učenike, studente nastavnčkih studija i same nastavnike.

Pretraživanjem baza podataka pomoću ključnog pojma "pogrešna poimanja" (*misconception, chemistry, acid, base, pedagogical content knowledge*) i naknadnom analizom članaka utvrdili smo da je prema broju dostupnih članaka na WOS platformi najmanje brojčano zastupljeno područje vezano uz kiseline i baze. S obzirom na želju autora da se nakon iscrpne analize svih pogrešnih poimanja fokusira samo na jedno područje, kako bi se za utvrđivanje pogrešnih poimanja u tom području izradio odgovarajući instrument, odlučili smo posebnu pozornost posvetiti upravo pogrešnim konceptualizacijama kiselina i baza.

Pogrešna poimanja vezana uz kiseline i baze

U srednjoškolskoj gimnazijskoj nastavi kemije područje kiselina i baza se obrađuje tijekom drugog razreda. Modul najčešće nosi naziv 'Kiseline, baze i soli' i uobičajeno se sastoji se od pet tema:

1. Kiseline
2. Baze
3. Ravnotežna konstanta ionizacije vode i pH-vrijednost
4. Soli

5. Puferi.

Očekuje se da učenici tijekom i nakon obrade modula „Kiseline, baze i soli“ mogu:

- definirati kiseline i baze po Arrheniusu, Brønsted-Lowryju i Lewisu
- objasniti ulogu pufera u otopinama
- uspoređivati kiseline, baze i pufere po njihovu sastavu, vrsti i svojstvima
- kritički razmatrati upotrebu kiselina, baza, oksida, soli te njihov utjecaj na okoliš
- identificirati kiseline, baze i soli među različitim kemijskim spojevima
- odgovorno postupati s nagrizajućim i opasnim tvarima

Na početku nastavnih jedinica *Kiseline* i *Baze* najčešće se navođenjem primjera upoznaje učenike s organskim i anorganskim kiselinama te bazama s kojima se učenici susreću u svakodnevnom životu (svojstva i primjena). Korištenjem indikatora razlikuju kisele i lužnate sredine pomoću pH ljestvice. Uvođenjem pojma elektrolitičke disocijacije objašnjavaju se:

- oksonijev ion i anhidrid kiseline, hidroksidni ion
- slabe i jake kiseline i baze, konstanta i stupanj disocijacije kiselina i baza
- monoprotanske i višeprotanske kiseline.

Povijesnim pregledom razvoja konceptata definiraju se kiseline i baze po Arrheniusovoj, Brønsted-Lowryjevoj i Lewisovoj teoriji.

Nastavna jedinica *Ravnotežna konstanta ionizacije vode i pH-vrijednost* uvodi pojmove:

- ionski produkt vode, konstanta disocijacije kiseline i baze
- računski 'negativan logaritam' radi vrlo malih množinskih koncentracija oksonijevih i hidroksidnih iona
- intervali pH-vrijednosti

U nastavnoj jedinici *Soli* se nadograđuje znanje stečeno u osnovnoj školi objašnjavanjem pojmova:

- geometrijski oblik kompleksnog iona i VSEPR model
- produkt topljivosti kao produkt koncentracija pojedinih iona u otopini potenciranih brojem iona u formuli spoja
- kiselobazne titracije
- ravnotežna konstanta otapanja soli

- hidroliza soli i predviđanja pH-vrijednost različitih vodenih otopina soli.

Puferi su posljednja nastavna jedinica u kojoj se u uvodnom dijelu naglašavaju sastav i njihova uloga u regulaciji i stabilizaciji pH vrijednosti u ljudskom organizmu. Navode se pojmovi poput kiselo-baznih ravnoteža, uravnoteženje pH-vrijednosti te kapacitet pufera.

Četiri su fundamentalna koncepta u području kiselina i baza: kiselo-bazne teorije, jakost kiselina i baza, koncept pH-vrijednosti te karakteristike otopina kiselina i baza (slabe i jake, konstante i stupanj disocijacije, ravnotežna konstanta otapanja soli).

U nastavku ćemo pregledno prikazati literaturne nalaze o pogrešnim poimanjima.

Latifa (2018) je provela istraživanje među srednjoškolcima koristeći test znanja s indeksom sigurnosti i polustrukturirani intervju. Rezultati su pokazali pogrešna poimanja na razini nemogućnosti povezivanja koncepta kiseline i baze u svakodnevnom životu. Primjerice mnogi su za octenu kiselinu pretpostavili da je kiselina jer molekulska formula završava s OH. Velik broj učenika nepravilno koristi definiciju konjugiranih kiselina i baza prema Arrheniusovoj, Brønsted-Lowryjevoj i Lewisovoj teoriji. Također se pokazalo da učenici imaju pogrešna poimanja i pri određivanju odnosa konstante disocijacije i stupnja disocijacije te pri određivanju jakosti kiselina i baza u odnosu na vodljivost električne energije.

Mubarakah i suradnici (2018) su koristeći intervju i troslojni dijagnostički test s pitanjima višestrukog izbora ispitivali razumijevanje temeljnih konceptata kiselina i baza uspoređujući postignuća srednjoškolaca iz Tajlanda i Indonezije. Potvrđena su podjednaka pogrešna poimanja učenika u područjima svih konceptata kiselina i baza. Ipak, najviše je pogrešnih poimanja utvrđeno u području svojstava otopina gdje su gotovo svi učenici vidjeli otopinu kalijeva hidroksida, KOH(aq), kao jedinu otopinu koja može provoditi električnu energiju jer je to najjača baza.

Cetingul i Geban (2005) su istražili usvojenost konceptata kiselina i baza pomoću upitnika s zadacima višestrukog izbora uspoređujući učinke različitih načina poučavanja na razumijevanje. Tijekom istraživanja utvrdili su sljedeća pogrešna poimanja: *jaka kiselina ima višu pH vrijednost od slabe kiseline; reakcija kiseline i lužine uvijek će rezultirati neutralnom otopinom; Voda služi kao otapalo i ne može se ponašati kao kiselina niti kao baza.*

Hand i Treagust (1988) provode istraživanje primjenom konfliktne strategije na poboljšanje učenje učenika o kiselinama i bazama pri čemu su detektirali sljedeća pogrešna poimanja: *kiseline su one tvari koje uništavaju materijal ili izazivaju opekline, razlika u jakosti kiselina je u tome što jaka kiselina brže uništi neki materijal od slabe, neutralizacija je raspadanje kiseline ili neka promjena kiseline, baze usporavaju proces gorenja kiseline.*

Cachapuz i suradnici (1989) su proveli istraživanje na laboratorijskim vježbama i potvrdili pogrešna poimanja vezana za jakost kiselina. Učenici su uvjerenja da je kiselina ključan faktor u pokretanju kemijske reakcije magnezija s otopinom klorovodične kiseline upravo radi svoje jakosti.

Cooper i suradnici (2016) istražuju metoda koje će karakterizirati razumijevanje kiselo-baznih reakcija na osnovu vlastitih poimanja što se događa tijekom reakcija. Bili su slobodni odabrati bilo koju reakciju i objasniti svoja uvjerenja pomoću jedne od tri teorije. Najuspješniji su bili oni studenti koji su za objašnjenje koristili Lewisovu teoriju, dok su oni koji su odabrali definirati rješenje pomoću Arrheniusa ili Brønsted-Lowryjeve teorije pokazali pogrešna poimanja.

Andina i suradnici (2019) su proveli istraživanje kojim istražuju pogrešna poimanja učenika vezana za hidrolizu soli. Njihovi koncepti kaže da hidroliza soli predstavlja razgradnju soli u vodi. Studenti nisu duboko promišljali o pojmu disocijacije te ravnoteže kiselina i baza kako bi objasnili hidrolizu soli. Pored toga, studenti su određivali svojstva soli, kiselina i baza prema podrijetlu iona u solima, a ne na osnovi reakcije hidrolize soli.

Poteškoća u zamišljanju „reverzibilnosti“ kod učenika navode Johnstone i suradnici (2007). Reverzibilnost kemijskih reakcija predstavlja ozbiljne konceptualne izazove za učenike, što dovodi do nemogućnosti, na primjer, da razumiju recipročni odnos između kiselina i baza i koncept ravnoteže. Dijelom se to pravda iz nemogućnosti uviđanja da se postoji aktivnosti i u 'trenutku' ravnoteže s obzirom da se ne događa vidljiva promjena, ali učenici u vrlo velikom broju u razredima viših razreda također gledaju naprijed i natrag kao dvije odvojene reakcije. Na još dubljem nivou nemogućnost razumijevanja reverzibilnosti može biti povezana s poteškoćama učenika općenito s prikazivanjem dviju stvari koje se događaju istovremeno.

Schmidt (1991) sugerira da izraz "neutralizacija" doista djeluje zbunjujuće i dovodi učenike do pogrešnih poimanja prilikom određivanja kiselosti ili bazičnosti otopine.

Nakhleh i Krajcik (1994) su istražili više pristupa kojima opisuje kako učenici razumiju kiseline i baze i njihov međusobni odnos. Rezultati istraživanja pokazuju kako studentsko razumijevanje kiselina i baza obiluje osnovnim problemima kao što su nemogućnost razlikovanja molekule, atoma i iona te predstavljanja jakosti kiselina i baza.

Uzevši sve pregledane radove u obzir zaključujemo kako je najveći dio istraživanja usmjeren ka dokumentiranju pogrešnih poimanja ili alternativnih ideja koje onemogućavaju razumijevanje kiselo-baznih kemijskih sadržaja. Dio istraživanja se bavi problemima nerazumijevanja matematičkih ideja koje uključuju izračune konstanti, pH-vrijednosti i drugih računskih varijabli.

IV. INDEKS SIGURNOSTI ODGOVORA KAO KRITERIJ ZA RAZLIKOVANJE POGREŠNIH POIMANJA

Demircioglu i suradnici (2005) navode da su pogrešna poimanja razumijevanja ili gledišta koja ne odgovaraju ideji, odnosno stajalištu koji je prihvaćen od strane znanstvene zajednice. Kako bismo ih ispravili prvi je korak njihova identifikacija. Jedan od ključnih koraka u procesu prepoznavanja pogrešnih poimanja je razlikovati pogrešna poimanja od nedostatka znanja o nekoj temi, odnosno od dobrog poznavanje teme i dobrog razumijevanja koncepata.

Hammer (1996) ističe kako su pogrešna poimanja čvrsto ukorijenjene kognitivne strukture koje se razlikuju od prihvaćenog razumijevanja nekog polja i pretpostavljamo da se upliću u procese stjecanja novog znanja. Nedostatak znanja može se nadoknaditi dodatnim poučavanjem ili učenjem, dok pogrešna poimanja sprječavaju valjanu integraciju novog, znanstveno utemeljenog znanja.

Iako i nedostatak znanja i pogrešna poimanja predstavljaju neuspjeh učenja, njihovi su uzroci različiti, kao što će i pristupi koje je nužno provesti da ciljano znanje i postiglo, također biti različiti.

Hasan i suradnici (1999) su među prvima razvili tehniku za prepoznavanje pogrešnih poimanja, odnosno njihovo razlikovanje od neznanja. Ona se koristi intenzivnije zadnjih desetak godina, a temelji se na razini sigurnosti kojom učenik odgovara na pitanje. Indeks sigurnosti odgovora (ISO) je ljestvica koja se sastoji od sljedećih vrijednosti:

- 0 u potpunosti nagađam odgovor
- 1 donekle nagađam
- 2 nisam siguran
- 3 siguran sam
- 4 donekle sam siguran
- 5 u potpunosti sam siguran.

U osnovi, skalom se izražava razina samopouzdanja kojom učenici odgovaraju na pitanja. Broj 0 označava da je nivo samopouzdanja kod učenika vrlo nizak, učenici na pitanja odgovaraju nagađanjem. To ukazuje da polaznici ništa ili jako malo znaju o predmetnim konceptima, dok tvrdnja 5 pokazuje da je razina pouzdanosti učenika u odgovaranju na pitanja vrlo visoka. Ova procjena je vrijednost koju sami učenici određuju dok odgovaraju na pitanja – i to prema vlastitom uvjerenju. Odabiranjem određene vrijednosti indeksa sigurnosti u točnost svog odgovora, učenici svjedoče o vlastitoj uvjerenosti da je odgovor kojeg su dali uistinu točan. Oni sami promišljaju o svom razumijevanju koncepata, načinu na koji će odgovoriti na zadatak te određuju razinu uvjerenja kojom su odabrali točan odgovor na pitanje.

Vrijednosti na ISO ljestvici 0 do 2 ukazuju na nizak stupanj sigurnost u točnost vlastitog odgovora. Ove vrijednosti pretpostavljaju velik udio nagađanja – bez obzira na točne ili pogrešne odgovore. Slučajeve u kojima je učenik označio niske vrijednosti ISO indeksa (od 0-2) istraživač prepoznaje kao pokazatelje učeničkog neznanja, bez obzira je li odgovor učenika na koji se niska prosudba ISO-a, točan ili netočan.

Visoke vrijednosti ISO indeksa ukazuju na visok stupanj povjerenja učenika u točnost vlastitog odgovora.

Slučajeve u kojima je učenik označio visoke vrijednosti ISO-a (od 3-5) istraživač prepoznaje (a) kao pokazatelje učeničkog znanja, ukoliko su odgovori na koje se visoka prosudba ISO-a odnosi točni i (b) pokazatelje pogrešnih poimanja učenika, ukoliko su odgovori na koje se visoka prosudba ISO-a odnosi netočni.

Tablica 1. Matrica odluke – temeljena na kombinaciji točnih i pogrešnih odgovora s indeksom sigurnosti (Hasan i sur., 1999)

V. ZAKLJUČAK

Nakon pregleda postojećih radova možemo zaključiti kako se je prepoznata važnost pogrešnih poimanja u području kiselina i baza. Ujedno je prepoznat i način poučavanja kojim se oni mogu ispraviti. S druge strane izgradnja koncepta koji su znanstveno prihvaćeni i uspjeh obrazovnog procesa neposredno je ovisan o metodičkom znanju nastavnika. Jedan od pristupa je poučavanje temeljeno na usvajanju znanja i razumijevanja strategijom koja 'izgrađuje' znanje a ne samo 'zamjenjuje' pogrešna poimanja.

Prepoznavanje alternativnih konceptata koje su usvojili učenici je nužno u formiranju strategije poučavanja svakog nastavnika. Suvremena praksa i brojna istraživanja studenata zabilježeni u znanstvenoj literaturi upravo pokazuju da su razumijevanja pojedinih konceptata, poput kiselina i baza, vrijedna su novih istraživanja.

Gledajući u povijesnom kontekstu razvoj metoda i instrumenata kojima istražuju i utvrđuju pogrešna poimanja kontinuirano se nadograđuju i usavršavaju. Pri istraživanju pogrešnih poimanja nužno je koristiti troslojne upitnike koji temeljem indeksa sigurnosti u točnost odgovora omogućavaju razlikovanje neznanja od pogrešnog poimanja.

Odgovori	Nizak ISO (0-2)	Visok ISO (3-5)
Točni	Točni odgovori i nizak ISO Nedostatak znanja (sretno pogađanje)	Točni odgovori i visok ISO Poznavanje konceptata
Pogrešni	Pogrešni odgovori i nizak ISO Nedostatak znanja	Pogrešni odgovori i visok ISO Pogrešna poimanja

Prijedlog indeksa sigurnosti se mijenjao i razvijao pojavom novih instrumenata za dijagnosticiranje pogrešnih poimanja. Temeljna ideja Hasana i suradnika (1999) je uvođenje mjernog instrumenta koji će pojasniti stav učenika o njegovom razumijevanje nekog koncepta.

Likertova ljestvica omogućava ispitaniku da za svaku pojedinu tvrdnju izrazi stupanj svoj slaganja ili neslaganja. Ukupni zbroj izražava stav ispitanika, koji u određenoj mjeri siguran ili nesiguran prema znaju konceptu kojeg istražujemo. Uobičajeno je da se ljestvica sastoji od 5 elemenata. Pojedini istraživači su s neodobravanjem prihvatili činjenicu da se ljestvica sastoji od 6 elemenata koji, po njihovom mišljenju, ne omogućuju dovoljnu diskriminativnost, odnosno dovode same učenike u nedoumicu izborom stavova.

Sljedeća tablica prikazuje korištenje indexa sigurnosti uz troslojni upitnik.

Tablica 2. Matrica odluke – temeljena na kombinaciji točnog odgovora, objašnjenja i indeksa sigurnosti

kategorija	vrste odgovora
znanstveni koncept	točan odgovor+točno objašnjenje+siguran
	točan odgovor+ točno objašnjenje+nesiguran netočan odgovor+ točno objašnjenje+nesiguran
nedostatak znanja	točan odgovor+pogrešno objašnjenje +nesiguran netočan odgovor+ pogrešno objašnjenje +nesiguran
greška	netočan odgovor+ točno objašnjenje+siguran
	točan odgovor+pogrešno objašnjenje +siguran
pogrešno poimanje	netočan odgovor+ pogrešno objašnjenje +siguran

REFERENCES

- Allen, M. (2010). Misconceptions in primary science. Berkshire, Open University Press.
- Andina, R. E.; Rahmawati, Y.; Ridwan, A. (2018) Analysis of students' mental model of salt hydrolysis concepts at Klaten, Central Java, Journal of Physics: Conference Series, 1157, 4.
- Andrews, S. (2001). The language awareness of the L2 teacher: Its impact upon pedagogical practice. Language Awareness, 10(2 & 3), 75-90
- Brown, D., & Clement, J. (1991). Classroom teaching experiments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), Research in physics learning - theoretical issues and empirical studies. San Diego, CA: San Diego State University
- Carlson J., Daehler K.R. (2019) The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In: Hume A., Cooper R., Borowski A. (eds) Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. Springer, Singapore
- Cachapuz, A. F., Maskill, R. (1989). Using word association in formative classroom tests: following the learning of Le Chatelier's principle. International Journal of Science Education, 11 (2), 235-246.
- Catts, R., Lau, J. (2008): Towards Information Literacy Indicators. Paris: UNESCO. Information for All Programme (IFAP).
- Cetingül, P., Geban O. (2005) Understanding of acid-base concept, H.U. Journal of education, 29, 69-74
- Clement (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of physics, 50(1), 66-71
- Cooper, M.M., Kouyoumdjian, H., Underwood, S. (2016) Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions, *J. Chem. Educ.* 2016, 93, 1703-1712
- Demircioglu, G., Ayas, A., Demircioglu, H. (2005). Conceptual Change Achieved Through A New Teaching Program on Acids and Bases. The Royal Society of Chemistry, 6 (1), 36-51.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), Re-examining pedagogical content knowledge in science education. New York, London: Routledge.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Hand, B.M. and Treagust, D.F. (1988). Application of a conceptual conflict strategy to enhance student learning of acids and bases, Research in Science Education (18), 53-63.
- Hammer, D. (1996) More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research Am. J. Phys. 64 1316-25
- Hasan, S., Bagaxoko, D., and Kelly, E.L. (1999) Misconceptions and the Certainty of Response Index (CRI) , Phys. Educ. 34(5).
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Horton C., (2002) Student Alternative Conceptions in Chemistry, California Journal of Science Education, Volume VII, Issue 2 – Spring, 2007
- Hokayem, H., & BouJaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. Journal of Research in Science Teaching, 45(4), 395-419.
- Johnstone, A. H., & Selepeng, D. (2001). A language problem revisited. *Chemistry Education: Research and Practice*, 2(1), 19-29.
- Lathifa, U., (2018) Correcting students' misconception in acid and base concept using pdeode instruction strategy, *Unnes Science Education Journal*, 7 (2) , 170-177
- Li, W. (2018) Mentoring for Teachers' Competencies Development in the 21st Century, Proceedings of the 2018 3rd International Conference on Modern Management, Education Technology, and Social Science (MMETSS 2018), Atlantis Press.

- Lin, J.-W.; Chiu, M.-H. Exploring the Characteristics and Diverse Sources of Students' Mental Models of Acids and Bases. *Int. J. Sci. Educ.* 2007, 29 (6), 771–803.
- Lemke, J. L. (1998a). Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. In J.R. Martin & R. Veel (Eds.): *Reading Science*. London: Routledge, pp. 87-113.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Boston, MA: Kluwer.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11
- Mondal, B.C., A.Chakraborty (2013), *Misconceptions in Chemistry*, Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing
- Mubarakah, F.D., Mulyani, S., Indriyanti, N.Y. (2018) Identifying Students' Misconceptions of Acid-Base Concepts Using a Three-Tier Diagnostic Test: A Case of Indonesia and Thailand, *Journal of Turkish Science Education*. 15(Special Issue), 51-58
- Mulford, D. & Robinson, W. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. *Journal in Chemical Education*, Vol. 79, No.6, p739
- Nahum, T. L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91, 579–603.
- Nakhleh, M. B.; Krajcik, J. S. Influence of Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base and pH Concepts. *J. Res. Sci. Teach.* 1994, 31 (10), 1077–1096.
- Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P. W., Gertzog, W.A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, Vol.66,(2), 211-227
- Schmidt, H. J. (1991). A label as a hidden persuader: Chemists' neutralization concept. *International Journal of Science Education*, 13(4), 459–471.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1–22.
- Taber, K. S. & Watts, M. (1996). The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding. *International Journal of Science Education*, 18 (5), 557-568.
- Taber K. S. (2009). Challenging Misconceptions in the Chemistry Classroom: Resources to Support Teachers, *Educació Química EduQ*, 4, 13-20., <http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000087/00000043.pdf>. (pristupljeno 10.5.2018)
- Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: some considerations of from educational research. *Chemical Education: Research and Practice*, 2 (2), 123-158.
- Taber, K. S. (2002). *Misconceptions in chemistry – prevention, diagnosis and cure*. London: Royal Society of Chemistry.
- Taber, K. S., & Coll, R. (2002). Chemical Bonding. In J. K. Gilbert et al., (Edit.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp.213-234). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Taber, K. S. (2011). Constructivism as educational theory: Contingency in learning, and optimally guided instruction. In J. Hassaskhah (Ed.), *Educational Theory* (pp. 39-61). New York: Nova.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110
- Thompson, F. & Logue, S. (2006). An exploration of common student misconceptions in science. *International Education Journal*, 7, 553-559.
- Tomita, M. K., (2008). Examining the influence of formative assessment on conceptual accumulation and conceptual change. Doctoral dissertation, Stanford University.

Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.

Van Driel, J., de Jong, O., & Verloop, N. (2002). The Development of Pre-service Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Teacher Education*, 6, 572 – 590.

Van Driel, J., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

Wellington, J. & Osborne J. (2001). *Language and literacy in science education*. Open University Press, Buckingham – Philadelphia.