



Udruga „Školsko zvonč“

Narcisa 74, 10360 Sesevete

mobitel: 095/900-59-91

e-mail: info@udrugaskolskozvono.hr

web: www.udrugaskolskozvono.hr

NAZIV PROGRAM

ODGOJ I OBRAZOVANJE MLADIH KROZ UČENJE KEMIJE

AUTOR PROGRAMA

Petar Vrkljan, prof. kemije, savjetnik

DRUGI NOSITELJI I SURADNICI U PROGRAMU

doc. dr. sc. Nenad Judaš

mr. sc. Nenad Marković, prof. biologije i kemije

VODITELJI PROGRAMA

mr. sc. Nenad Marković, prof. biologije i kemije

Petar Vrkljan, prof. kemije, savjetnik

KORISNICI PROGRAMA

Školska populacija mladih Grada Zagreba

PREDSJEDNIK UDRUGE

mr. sc. Nenad Marković, prof.

CILJEVI KOJI SE REALIZACIJOM PROGRAMA ŽELE POSTIĆI

- *upućivanje učenika na važnost cjeloživotnoga obrazovanja*
- *ukazivanje na važnost odabranih sadržaja i tema iz kemije*
- *poticati korisnika programa na razmišljanje i povezivanje različitih sadržaja u kemiji*
- *poticati motivaciju za kvalitetno učenje kemije*
- *poticanje zanimanja za povijest kemije u Republici Hrvatskoj*
- *razvijanje svijesti o važnosti kemije za realni svijet*
- *otkrivanje važnosti i vrijednosti istraživačkoga miniprojekta u nastavi kemije*
- *poticanje korisnika programa na prihvaćanje timskoga rada i različitosti u pristupu*
- *naglašavanje važnosti znanja o opasnim tvarima iz svakodnevnice te tvarima bitnim za funkcioniranje živih bića*
- *razvijanje samopouzdanja u izvođenju praktičnih radova*

KORISNICI PROGRAMA

Korisnici ovoga programa mogu biti učenici **prvih i drugih razreda srednje škole** (16-17 godina), kao i učenici **trećih i četvrtih razreda srednje škole** (18-20 godina). Obzirom na starosnu dob učeničke populacije program predviđa određenu modifikaciju u metodičko-didaktičkom pristupu izvođenja radionica kao i načinima, oblicima te metodama rada i poučavanja.

Program predviđa izvođenje u odgojno-obrazovnim institucijama (školama). Očekivani broj korisnika je 50 učenika/ca (25 učenika/ca populacije 16/17 godina godina i 25 učenika/ca populacije 18-20 godina). Program bi se izvodio u najmanje dvije odgojno-obrazovne institucije (škole), a najviše u četiri odgojno-obrazovne institucije ovisno o broju učenika i interesu u tim školama.

OPIS PROGRAMA

Program je namijenjen školskoj populaciji mladih. Provest će se u okviru **izvannastavnih aktivnosti**. Program se sastoji od stručnih i metodičkih rješenja koja predstavljaju kemiju na nov i izvoran način. Korisnicima programa bi to bila nužna i vrijedna pomoć u razumijevanju inače apstraktnih i teško razumljivih sadržaja i pojmova. Većina obrazovanih mladih ljudi želi razumjeti ono što uče. No u tome često ne uspijevaju. Učenje je za njih pamćenje! Mnogi učitelji i nastavnici već dugo osjećaju da je učenicima kemija dosta teška i apstraktna. Jedan od problema je što učenici i studenti imaju poteškoća u nalaženju veze između makroskopskoga svijeta opažanja i submikroskopskoga svijeta atoma i molekula, stoga je ovaj program upravo pripremljen da im pomogne u boljem i lakšem učenju. **Programom je predviđeno 6 predavanja i 8 radionica. Sukladno odobrenim novčanim sredstvima od strane Grada Zagreba učenici će pohađati 4 radionice i 3 predavanja.**

Predavanja:

1. Boja – što o boji niste naučili u školi?

Ključni pojmovi: primarne boje, sekundarne boje, komplementarne boje, receptori za boje, boja tvari

Nema kemičara koji ne bi priznao osobitu važnost boje u kemiji. Nažalost, u našim se školama o tome malo uči, a pogotovo malo pažnje pridajemo načelu odnosa makroskopskog svijeta opažanja (boka), svijeta kvanta, atoma i molekula (apsorpcija i emisija kvanta, odnosno interakcija kvanta i elektrona) i simboličkog jezika kemije i fizike.

Prvi pokus koji je bitan je Newtonova prizma. Prizma je namještena tako da svjetlo s grafoskopa prolazi kroz pukotinu na tamnom papiru, a zatim kroz prizmu pada na ekran.

Opišite što vidite i pokušajte objasniti opaženo.

Spoznaja da prizma daje boje stara je najmanje kao i Aristotelov opis te činjenice. Nažalost, i objašnjenja su bila jednako stara.

Newton je shvatio da svjetlo prolazom kroz prizmu nije promijenjeno nego je fizički rastavljeno.

Drugi pokus vodi vas do spoznaje o primarnim, sekundarnim i komplementarnim bojama. Svjetlo je propušteno kroz plavi, zeleni i crveni filter.

Slijede jednostavni pokusi. Otopina glukoze s NaOH i indigokarminom mijenja boju iz žute u crvenu, zelenu i plavu. Zagrijavanjem crveni HgI₂ postaje žut. To je polimorfija. Na temelju poznavanja strukture molekula indikatora, ravnoteže u njihovim otopinama i apsorpcijskih spektara, možemo objasniti promjene boja u tim otopinama.

Slijede pokusi demonstracije fluorescencije i fosforescencije (fluorescein, rodamin B, klorofil) uz tumačenje prema dijagramu Jablonskog i simulacija Rayleighovog raspršenja.

Na kraju fundamentalan pokus. Zatvorite oči! Vidite li boju? Boja je u temelju subjektivan fenomen. Za potpun opis fenomena boje, osim objekta koji je rasvijetljen uključen je fiziološko-psihološki mehanizam oka (mozga).

Postoji razlika u definiciji primarnih i sekundarnih boja u prirodnim znanostima i likovnoj umjetnosti. Ta nam razlika nudi interdisciplinarni pristup.

Ovo može biti predavanje, ali i radionica.

2. Je li samo Mendeljejev tvorac periodnoga sustava elemenata?

Ključni pojmovi: Periodična tablica, periodni sustav, monotona i periodička koordinata, periodički sustav elemenata-trodimenzijski sustav.

Otkriću periodnog sustava elemenata prethodio je teorijom o trijadama elemenata njemački kemičar J.W.Döbereiner.

Otkrivači periodnog sustava elemenata su:

Beguyer de Chancourtois, John Alexander Reina, Newlands William, Odling Gustavus, Detlef Hinrichs, Julius Lothar Meyer, Dmitrij Ivanovič Mendeljejev

Upoznajmo se s njihovim doprinosima. Otkrijmo sličnosti i razlike. Pratimo i svojatanje primata među njima.

Radovi Nielsa Bohra i H. Moseleya omogućili su nove spoznaje i dublje razumijevanje periodnog sustava elemenata. Potrebno je razlikovati periodnu tablicu od periodnog sustava. Periodna tablica ima dvije koordinate, periodičku i monotonu. Periodni sustav ima i treću

koordinatu. Izbor elektronegativnosti, koja je funkcija efektivnog naboja jezgre za treću koordinatu, omogućuje lijepi zadatak za učenike. Uz poznavanje elektronske konfiguracije kao drugog kriterija za izgradnju periodnog sustava oni će kreirati vlastiti periodni sustav elemenata.

Zadatak se sastoji u tome da izračunaju elektronegativnosti iz energija ionizacije valentnih elektrona prvih 53 elemenata.

Elemente će poredati po rednom broju, ali vrijednosti elektronegativnosti mogu navesti učenike da ih po skupinama rasporede drugačije nego kako stoji u udžbeniku.

Kao i u istraživačkom miniprojekt, učenik otkriva poznato, ali njemu nepoznato. U ovom slučaju otkriva ono što je malo poznato, nejasno i u jednom dijelu čak i nepoznato (smještanje helija u drugu skupinu i drugi korijen energije ionizacije kao funkcija rednog broja).

Cilj je vježba u znanstvenoj metodi i razvoj kreativnosti u mladeži, a ne rezultati. Važno je njihovo rješenje problema.

3. Građa atoma

Ključni pojmovi: Elektronska konfiguracija, fotoelektronska spektroskopija

Elektronske se konfiguracije obično izvode iz kvantnih brojeva primjenom niza pravila. Međutim, za učenika, ti brojevi sami po sebi nemaju nikakav očiti smisao ni značenje. Metoda učenja građe atoma, opisana u ovom sažetku, uvedena je u nastavnu praksu s učenicima prvog razreda gimnazije 1996. godine. Opaženo je da je implementaciju te metode pratio povećani interes učenika i bolje razumijevanje pojma. Učenje građe atoma na temelju energija ionizacije omogućuje da učenici analiziraju rezultate mjerenja i donose vlastite zaključke.

Energije ionizacije određuju se fotoelektronskom spektroskopijom (PES). Uporaba monokromatskog zračenja (UV i X) omogućuje da svi elektroni izbačeni iz iste energetske razine imaju jednake energije ionizacije. Pomoću PES-a dobiven je potpun niz energija ionizacije za gotovo sve elemente u periodnom sustavu elemenata.

Zadatak učenika je da nacrtaju graf u kojem je drugi korijen energije ionizacije funkcija rednog broja. Taj je graf zbog nekoliko razloga interesantan.

Činjenica da je dijagram izrađen uporabom objavljenih podataka omogućuje učeniku da kvantitativnu informaciju pretvori u kvalitativnu deduktivnom metodom.

Tako načinjen dijagram omogućuje izvođenje elektronske konfiguracije. Posebno je važno da pojava novog energetskog nivoa, ako se broj elektrona poveća za jedan, znači jasnu indikaciju da je podljuska zatvorena. Kada povećanje broja elektrona ne dovodi do povećanja broja nivoa onda podljuska nije zatvorena.

Dijagram pokazuje učeniku da energije neke podljuske u različitim atomima ne moraju biti jednake.

Iz dijagrama učenik jasno vidi što su ljuske, a što podljuske.

Iz dijagrama se vidi da je 4s nivo uvijek iznad 3d.

Implementacija opisane metode promovira intelektualne, komunikativne, socijalne, kao i moralne komponente učenikove osobnosti. Osposobljava ga da misli kreativno i razvija sposobnosti i vještine potrebne u životu.

4. Struktura molekula

Ključni pojmovi: Lewisova strukturna formula i geometrija molekule

Metoda kojom je moguće predvidjeti Lewisove strukturne formule i geometriju molekula.

Ako ne znaš što se događa, proučavaj strukturu!

Ova rečenica kaže da je poznavanje strukture molekula bitno za razumijevanje kemije.

Moramo li naučiti opis strukture svake pojedine molekule napamet, ili postoji način, jedna dosljedna metoda i sustavnost, da saznamo kakva je struktura neke molekule?

Postoje, dakako, mnoge, ali nisu sve jednako vrijedne u dosljednosti, sustavnosti i opsegu.

Najčešći je nedostatak učenja o strukturi molekule navođenje učenika da pretpostavi mehanizam njezinog nastajanja, a zatim i pristup po kojemu se opisi struktura molekula uče napamet. Srž razumijevanja strukturne formule, dakle opisa strukture molekule, je srž atoma.

Srž atoma je jezgra s unutarnjim elektronima.

U Lewisovoj simbolici sam znak elementa znači srž atoma, dok su vanjski elektroni prikazani točkicama (nevezni) ili crticama (vezni).

Lewisova strukturna formula, koju možemo predvidjeti na temelju niza pretpostavki i pravila, podloga je zaključku o geometriji molekule kako nas uče Nyholm i Gillespie (VSEPR).

Počinjemo s pretpostavkom da je između dviju srži atoma barem jedan vezni par.

Druga je pretpostavka da vrijedi pravilo okteta.

Ako je broj pretpostavljenih elektrona prevelik, smanjujemo ga tako da umjesto dva nevezna para prikažemo jedan vezni. Primijenimo pravilo o odbijanju elektrona.

Odredimo formalni naboj.

Za višeatomske molekule načinimo izbor centralnog atoma pomoću elektronegativnosti ili veličine atoma.

Primijenimo pravilo o odbijanju elektronskih parova.

Primijenimo formalni naboj.

Sad je prilika da se podsjetimo i o značenju eksperimentalnih metoda određivanja strukture koje daju konačan odgovor o strukturi molekule.

Predavanje i/ili radionica.

5. Pojam kemijske reakcije i simbolički jezik

Ključni pojmovi: makroskopski svijet opažanja, mikroskopski svijet atoma i molekula, simbolički jezik

Većina učitelja kemije želi da učenici (i studenti!) razumiju ono što ih uče. Ali mnogi učenici, možda i većina, i ne pokušavaju razumjeti to što uče. Učenje je za njih pamćenje. Misle da je tako lakše.

Učenici smatraju kemiju teškom, apstraktnom i irelevantnom (Kemija jest 80% apstraktna!).

Jedan od problema je što učenici imaju poteškoća u nalaženju veze između makroskopskog svijeta opažanja i mikroskopskog svijeta atoma i molekula. A baš je to aspekt kemije koji ju čini posebnom među drugim znanostima. Ako učenici ne vide tu vezu, ne mogu osjetiti relevantnost i važnost kemije za realni svijet.

Razumijevanje te veze je vjerojatno najvažnije što učenik mora postići u srednjoj školi.

Potrebno je stalno naglašavati vezu između makroskopskog svijeta opažanja i submikroskopskoga svijeta atoma i molekula. Ta koncepcija jedinstven je aspekt kemije, a razumijevanje toga čini kemiju živom i relevantnom. Učiti misliti!

Simbolički jezik kemije odnosi se na mikroskopski svijet atoma i molekula, a ne na makroskopski svijet opažanja.

6. „Gastrokemija“

Ključni pojmovi: *Kemija hrane, kemija metabolizma*

Kakva sve može biti takozvana “Kemija u kuhinji“ (eng. kitchen chemistry)?

Velik je broj internetskih stranica ovakvog ili sličnog naslova. Nažalost, sadržaji su većinom stereotipovi, a tumačenja rezultata pokusa često su više fizika nego kemija. Osim toga, često se javlja i uporaba reagensa poput Lugolove otopine. U kojoj ćemo to kuhinji naći vodenu otopinu joda i kalijeva jodida? Ili kupaonici?

Kada želim govoriti o kemiji u kuhinji, želim govoriti o kemijskim promjenama koje se zbivaju tijekom pripreme hrane. To je jedan od razloga zbog kojeg sam radionici i predavanju dao naslov gastrokemija. Drugi razlog je taj što se u posljednjih četvrt stoljeća upravo razvila čitava nova disciplina koja spravljanju hrane i promjenama koje se pri tome zbivaju pristupa na nov i vrlo egzaktn način.

Zašto se uopće baviti ovakvom temom? Je li ona dovoljno atraktivna? Hoće li povećati interes za kemiju? Da bismo odgovorili na ta pitanja valja prije svega odgovoriti na još barem dva; čemu služi nastava kemije (koja je korist od nje) i čemu služi nastava uopće (iliti zašto idemo u školu).

Koje su prednosti, ili drukčije rečeno, što bi to korisnoga učenik mogao naučiti uz gastrokemiju? I nadalje, što bi nam novoga i korisnog gastrokemija uopće mogla ponuditi?

Za početak, kemija učinjena hranom je ekološki potpuno prihvatljiva (na kraju krajeva jestiva je). U pravilu, to nije skupa kemija. Možemo reći i da je manje opasna, ali nikako bezopasna. Upravo taj nedostatak bezopasnosti predstavlja vezu sa svakodnevnim životom i daje učenju kemije često izgubljeni (nevidljivi) svakodnevni smisao.

U kulinarskom smislu edukativna je za učenika i korisna za život (danas mnoge mlade osobe žive same, često i kao djeca jer roditelji rade te je vrlo poželjno poučiti ih temeljnim kuharskim vještinama).

Nadalje, kemijske i fizikalne promjene koje se zbivaju tijekom spravljanja hrane vrlo su kompleksne. Svaka od njih bogata je opažanjima te nas lakoćom odvodi u željenom smjeru. Nema temeljnog koncepta (niti kemijskoga niti fizikalnoga) kojeg ne možemo pronaći i zahvatiti „u loncu“.

Treba li navoditi još? Vjerujem da ne, već i ovo malo inventivnom će nastavniku dati početni impuls. Srdačan pozdrav i dobar tek.

Budući da će se glavna provedba ovoga programa odvijati kao radionice koje će uvijek imati i uvodni dio kao predavanje poželjan je rad u skupinama od po pet učenika (tzv. grupni rad)

Radionice:

1. Ovo je pokus. Što mogu istražiti? Što mogu pitati?

Ključni pojmovi: Istraživački miniprojekt, grijanje vode, gorenje šećera, ronilac, plava boca .

Primjer transformacije pokusa u istraživački miniprojekt

Pokus: Reakcija aluminija i HCl ($c = 6 \text{ mol L}^{-1}$)

I kod kuće, u kuhinji ili kupaonici, može se kemikalijama za potrebe kućanstva izvesti taj pokus.

Uzmimo aluminijsku foliju i solnu kiselinu za čišćenje i stavimo ih u čašu.

Napredak počinje kada postavimo pitanje:

„Što vidite?“

Pogrešan je odgovor ako netko kaže da vidi vodik koji se oslobađa reakcijom.

„Što znači opaženo?“

I opet je pogrešno ako netko kaže da nastaje vodik, iako doista nastaje vodik. Nastaje plin, a da je to vodik, treba obrazložiti.

Opaža se, dakle, nastajanje mjehurića. Znači da nastaje plin. Koji je to plin? Dobra je pretpostavka da je to vodik.

Možemo li dokazati da je to vodik? Prinesimo zapaljenu šibicu!

„Što možemo mjeriti?“

Masu aluminija? Volumen vodika? Koncentraciju otopine soli? Masu nastale soli? Promjenu temperature?

„Što možemo pitati?“

Je li moguće izmjeriti volumen nastalog vodika? O čemu sve ovisi volumen nastalog vodika? Kako algebarski izraziti odnos volumena, tlaka i temperature plina? Koja je veza između mase aluminija i njegova volumena? Koji je odnos volumena i debljine aluminijske folije?

Tu počinje kreiranje miniprojekta. Postavljamo problemski zadatak. Pokus i problemski zadatak kao polazište.

Pitanje i zadatak: Kolika je debljina aluminijske folije?

Odredite debljinu aluminijske folije bez mikrometarskog vijka, pomične mjerke ili vage!

Učenici sjede u skupinama (5-7 učenika u pet skupina).

Svaki učenik dobiva arak papira, zadatke i uputu za izradu pokusa. Skupina pokus izvodi zajedno, a zadatke rješavaju pojedinačno. Nakon isteka vremena za rješavanje zadatka rad se prekida i objavljuju se rezultati. Učenici uspoređuju svoje rezultate s točnim rješenjima i sami si upisuju bodove. Podatke do kojih nisu sami došli, a potrebni su za nastavak rada, prepisuju i njima se mogu služiti. Nakon završetka rada učenici zbrajaju bodove i prema prikazanom kriteriju upisuju si ocjene i predaju uradak. Profesor bez provjere upisuje ocjene u dnevnik.

Svaki pokus potencijalni je istraživački miniprojekt.

To je zapravo pitanje mjesta i uloge pokusa u nastavi kemije. Na temelju pokusa organiziramo i izvodimo nastavu. Pokus nije ilustracija izrečenih predavačevih tvrdnji prema propisanom programu, a nije ni zabava (ili barem nije zabava svrha pokusa). Na temelju pokusa učenici postavljaju pitanja i pretpostavke (ili se njima postavljaju pitanja) i donose zaključke.

Ovo je pokus. Što o njemu mogu reći? Što o njemu mogu pitati?

A pitanje je program!

Što možemo pitati ovisi o tome koje su sposobnosti u učenika razvijene i koliko su razvijene.

Dvije su najvažnije:

- sposobnost apstraktnog mišljenja
- pismenost.

Istraživački miniprojekt utemeljen je na pokusu, dobro smišljenim pitanjima i pažljivo organiziranoj nastavi.

Za istraživački miniprojekt najpogodniji su „oni pokusi koji nas vode u sva područja kemije“ (M. Faraday, malo parafrazirano). Reakcija aluminijske i HCl vodi nas u ova područja:

- mjerenje reakcijske entalpije,
- izračunavanje $\Delta_r H$ iz $\Delta_f H$,
- mehanizam reakcije radikala,
- protolitičke reakcije,
- redoks reakcije,
- elektrodni potencijali,
- kemijska ravnoteža,
- stehiometrija (koja nema smisla bez povezanosti s eksperimentom),
- plinski zakoni.

Sposobnosti koje se razvijaju u ovom miniprojektu:

- pismenost,
- crtanje,
- vještina eksperimentiranja,
- mjerenje,
- uporaba podataka.

Uputa za izvođenje pokusa

Pričvrstite epruvetu za odsisavanje za stativ. Menzuru napunite do vrha vodom i preokrenutu uronite u posudu s vodom tako da nimalo vode ne iscuri iz menzure. Gumenu i staklenu cjevčicu spojite tako da plin iz epruvete ulazi u menzuru. Stavite solnu kiselinu u epruvetu. Ubacite u nju listić aluminijske dimenzija 4 x 4 cm. Začepite epruvetu. Izmjerite volumen nastalog plina.

Svaka skupina ima na raspolaganju sav potreban pribor i kemikalije.

Za vrijeme izvođenja pokusa učenici surađuju i o svemu se dogovaraju. Zajednički utvrđuju rezultat mjerenja. Nakon završetka eksperimentalnoga dijela rada svaka komunikacija među njima mora prestati.

Budući da sjede u skupinama, tehnički nije moguće spriječiti učenike da prepisuju zagledajući u kolegin papir koji je tako blizu! Ipak, prepisivanje je zanemarivo!

Zadatci za učenike		min	bod
1.	Kako odrediti debljinu, d , aluminijske folije;	2	5
2.	Nacrtajte aparaturu.	5	3
3.	Načinite pokus.	5	3
4.	Što vidite?	0,5	1
	Što znači opaženo?	0,5	1
	Što je nastalo?	0,5	1
5.	Možemo li nešto mjeriti?	1	2
6.	Koliki je volumen plina?	1	2
7.	Očitajte tlak i temperaturu. Gustoća aluminija, $\rho(\text{Al})=2,7 \text{ g/mL}$	2	1
8.	Napišite i izjednačite kemijsku jednadžbu (označite agregacijska stanja).	2	1
9.	Napišite tri jednadžbe koje su potrebne za izračunavanje mase aluminija iz volumena plina.	3	2
10.	Izračunajte masu aluminija. Provedite samo veličinski račun.	2	3
11.	Uvrstite brojčane vrijednosti i jedinice.	2	3
12.	Kolika je masa?	2	3
13.	Koliki je volumen aluminija?	2	1
14.	Kolika je debljina folije?	2	2
Ukupno:		32,5	36

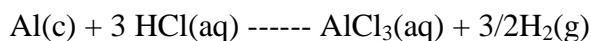
Rješenja:

1. Aluminijska folija poznate površine (16 cm^2) reagira s HCl ($c = 6 \text{ mol L}^{-1}$) u suvišku. Mjeri se volumen nastalog vodika. Iz volumena vodika izračuna se masa izreagiranog aluminijska. Iz mase i gustoće aluminijska izračuna se volumen, a njega podijeli s površinom (ako neki učenik iznese ovu ideju – otkrili ste nadarenoga).
2. (Skica)
3. Profesor se nalazi u sredini učionice, nadzire rad i pomaže učenicima da otklone nedostatke u eksperimentiranju.
4. Mjehuriće

Riječ je o plinu.

Vodik.

5. Volumen vodika, temperaturu i tlak zraka, vlažnost zraka.
6. 70 mL (rezultati između 60 mL i 80 mL dobrodošli su).
7. Ako nema barometra, učenici mogu mobitelom zvati službu informacija.
8. $2\text{Al}(c) + 6\text{HCl}(aq) \rightarrow 2\text{AlCl}_3(aq) + 3\text{H}_2(g)$ ili



9. $n(\text{Al}) = 2/3n(\text{H}_2)$

$$pV = nRT$$

$$10. m(\text{Al}) = M(\text{Al}) \frac{2 \cdot p \cdot V}{3 \cdot R \cdot T}$$

$$11. m(\text{Al}) = \frac{27 \text{ g mol}^{-1} \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 70 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 2}{8,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K} \cdot 3}$$

(Tlak, temperatura i volumen ovdje su proizvoljno uvršteni. Učenici uvrštavaju vrijednosti do kojih su došli mjerenjem.)

12. $m(\text{Al}) = 0,05 \text{ g}$

13. $V(\text{Al}) = 0,02 \text{ cm}^3$

14. $d = 0,001 \text{ cm}$

2. Kemijski simbolički jezik

Ključni pojmovi: pokus, raznovrsne tvari, vrste promjena, pismena i govorna komunikacija u kemiji

Pokus: Grijanje vode

Poznavanje i razumijevanje simboličkog jezika kemije drugi je važan aspekt učenja kemije. Učenje pismenosti!

Opis pokusa:

Grijanjem vode u čaši nad plinskim plamenikom istražujemo promjenu agregacijskog stanja, ali i reakciju nastajanja vode gorenjem ugljikovodika. Slijedi pouka o simboličkom jeziku.

- 1) Elektroliza vode u Hofmannovom aparatu, mjerenje napona nakon završene elektrolize i potom eksplozija nastalog praskavca predstavljaju temelj za tumačenje značenja simbola i jednadžbi kemijskih reakcija, kao i upoznavanje s veličinskom jednadžbom.
- 2) Mjerenje entalpije reakcije cinka s otopinom modre galice uvodi u crtanje grafova i pretvaranje jedne vrste informacija u drugu.

3. Ako ne znaš što se događa proučavaj strukturu!

Ključni pojmovi: struktura, simbolički jezik

Pokus 1 – Geberov pokus

Opis pokusa:

U koljenastu epruvetu (u daljnjem tekstu: koljeno) pričvršćenu klemom i mufom na stativ stavimo smjesu salitre i modre galice te ju začepimo vatom.

Pažljivo zagrijavamo.

Ispitajmo svojstva tekućine u koljenu epruvete indikatorom. Nakon toga u tekućinu, koja se nalazi u koljenastoj epruveti, dodajmo komadić bakra. Važno je da tekućina u koljenu više nije vruća.

Zabilježite opažanja!

Protumačite opaženo i odaberite odgovarajući simbolički jezik.

Pokus 2 – Dušikovi oksidi

Opis pokusa:

U čašu stavimo hladnu smjesu (sol i led) i u nju stavimo ampulu s dušikovim dioksidom. U drugu čašu ulijemo vruću vodu i u nju stavimo ampulu s dušikovim dioksidom.

Zabilježimo opažanje!

Koliko vrsti tvari ima u ampuli?

Pokušajte objasniti (a pokus je zato i izabran) da svaka reakcija ima i sebi suprotnu reakciju.

Protumačite to na molekulskoj razini!

Prikažite kemijsku promjenu simboličkim jezikom!

Ovo je dio radionice s primjerima pokusa na temelju kojih je moguće zaključiti o važnosti poznavanja strukture molekula za razumijevanje kemijskih promjena.

4. O prirodi željeza

Ključni pojmovi: Oksidi željeza, oksidacijski brojevi atoma željeza, kompleksni spojevi željeza

Pokus: Oksidi i kompleksni spojevi željeza

Radionica nudi detaljniju analizu odnosa makrosvijeta opažanja i submikroskopskog svijeta atoma i molekula. Taj odnos je jedinstveni aspekt kemije čije razumijevanje čini kemiju živom i relevantnom.

Bitno je da demonstriranje svojstava tvari i njihove uloge u stvarnom svijetu slijedi tumačenje na razini atoma i molekula.

Teorije i načela, što čine veliki dio kemije, nisu zato da ih učenik nauči napamet, nego su pomoć u razumijevanju opaženog.

Pokus 1 – Oksidi željeza

Pribor

5 čaša 600 mL (ili staklenki od pekmeza)

5 Erlenmeyer tikvica 250 mL, 5 lijevaka = 10 cm, filter papir

5 plamenika, 5 pinceta, 5 žlica

kemikalije

željezna vuna, varikina, ocat

Opis pokusa:

Željeznu vunu (načinite kuglicu promjera 3-4 cm) stavite u čašu. Dodajte 20 mL varikine i 10 mL octa. Pričekajte oko 10 minuta. Pincetom izvadite željeznu vunu.

Dekantirajte nekoliko puta uz dodavanje vode. Profiltrirajte. Talog osušite sušilom za kosu. Suhi prah pokušajte privući magnetom. Zatim prah zagrijte u žlici do promjene boje.

Ponovite pokus s magnetom.

Pokus 2 – Kompleksni spojevi željeza

Opis pokusa:

U porculansku zdjelicu stavite željeznu vunu i prelijte ju s 20%-tnom sumpornom kiselinom. Otapanje željeza počinje odmah. Nakon što se otapanje uspori, reakcijsku smjesu zagrijavajte polako slabim plamenom sve dok se željezo ne otopi.

Pokus 3 – Kompleksni spojevi željeza

Opis pokusa:

Stavite 2 mL varikine u čašu od 25 mL. Dodajte 1 g NaOH u prahu. Miješajte da se otopi. Kada je većina hidroksida otopljena, dodajte 2 kapi 0,3 M FeCl₃. Miješajte smjesu još neko vrijeme da se ohladi. Otopina postaje purpurna.

U pokusu 1 dobili smo spoj željeza s Fe(III), u pokusu 2 Fe(II), a u pokusu 3 Fe(VI).

5. Kemija krša

Ključni pojmovi: Kemija karbonata, ugljikov dioksid

Pokus: Kemija ugljikovog dioksida i karbonata

Kemija karbonata i ugljikovog dioksida relevantna je za život (sige, špilje, vrtače, ponornice, sedrene barijere, kamen kotlovac, kuhinje i kupaonice, pipe, Krka, Plitvička jezera, Velebit, Biokovo, Lika, Dalmacija... Ovo je primjer radionice (ujedno i učeničkog istraživačkog mini-projekta) koja započinje jednostavnim pokusima – žarenjem ljušturice školjkaša i puhanjem zraka iz pluća u kalcijevu lužinu. Iako je vrlo poznat, ovaj drugi pokus posebno je zanimljiv! Naime, njegov rezultat je općepoznat – nastaje bijeli talog, zamućenje. Nažalost, ovaj pokus ovdje uglavnom i završava, kako u udžbeničkim tekstovima tako i u nastavničkoj praksi. **A samo treba nastaviti s puhanjem!** Na kraju još treba dobivenu bezbojnu otopinu zagrijati i opaziti ljepotu kemijske promjene – čar Krke i Plitvičkih jezera.

Ova radionica obiluje jednostavnim, jeftinim i neopasnim pokusima, a vješt će ju nastavnik dobrim pitanjima lako prilagoditi svakom uzrastu – osnovnoškolskom, srednjoškolskom ili višem – sve ovisi o tome što i s kime želi postići.

To skupo puhanje...

Opis pokusa:

Ovaj pokus zahtijeva vrlo pažljivu pripremu! U čašu od 250 mL stavite žličicu kalcijeva oksida i prelijte sa 100 mL destilirane vode. Profiltrirajte. Filtrat je kalcijeva lužina koja će se zamutiti, ako u nju pušete zrak iz pluća, ali ne i izbistriti ukoliko s puhanjem nastavite. Da bi se pripremljena otopina izbistрила potrebno ju je dva puta filtrirati i zatim razrijediti destiliranom vodom na dvostruki volumen. Načinite probni pokus i ako uspije otopinu ćete moći koristiti idućih sedam dana. Upozorenje! Ukoliko je destilirana voda bila neko vrijeme izložena zraku, pokus neće uspjeti!

Ovu je radionicu moguće oplemeniti dodatnim pokusima i pitanjima i ostvariti izuzetne korelacije i integracije s nastavnim sadržajima fizike i biologije. Od pokusa primjerice: Pečenje kruha u epruveti, Aparat za gašenje požara, Puhanje u žlicu vruće juhe, Crna zmija, Dobivanje tekućeg amonijaka, Disanje, Reakcija Grignardovog reagensa s ugljikovim dioksidom, Efekt staklenika i mnogi drugi. Pitanja koja će ponuditi opažanja u ovim pokusima možemo izdvojiti sljedeća: Zašto se tijesto diže? Kako djeluje prašak za pecivo s dvostrukim djelovanjem? Zašto se ugljikov dioksid toliko ohladi da nastaje suhi led ($t = -78^{\circ}\text{C}$)? Što je zajedničko pokusu Crna zmija i Solvayevom postupku? Kakav je mehanizam nastajanja ugljikovog dioksida iz hidrogenkarbonatnih iona? Što je zajedničko procesu disanja i sedrenim barijerama? Što se događa dok trčimo?

6. Gastrokemija“

Ključni pojmovi: osmoza, „gastrokemija“

Koje su prednosti, ili drukčije rečeno, što bi to korisnoga učenik mogao naučiti uz gastrokemiju? I nadalje, što bi nam novoga i korisnog gastrokemija uopće mogla ponuditi?

Za početak, kemija učinjena hranom je ekološki potpuno prihvatljiva (na kraju krajeva jestiva je). U pravilu, to nije skupa kemija. Možemo reći i da je manje opasna, ali nikako bezopasna. Upravo taj nedostatak bezopasnosti predstavlja vezu sa svakodnevnim životom i daje učenju kemije često izgubljeni (nevidljivi) svakodnevni smisao.

U kulinarskom smislu, edukativna je za učenika i korisna za život (danas mnoge mlade osobe žive same, često i kao djeca jer roditelji rade te je vrlo poželjno poučiti ih temeljnim kuharskim vještinama).

Nadalje, kemijske i fizikalne promjene koje se zbivaju tijekom spravljanja hrane vrlo su kompleksne. Svaka od njih bogata je opažanjima te nas lakoćom odvodi u željenom smjeru. Nema temeljnoga koncepta (niti kemijskoga niti fizikalnoga) kojeg ne možemo pronaći i zahvatiti „u loncu“.

Treba li navoditi još? Vjerujem da ne, već i ovo malo inventivnom će nastavniku dati početni impuls. Srdačan pozdrav i dobar tek.

Pokus: Osmoza

Radionica u kojoj se svi reaktanti i produkti kemijskih reakcija slobodno mogu pojesti i popiti. Radi se o namirnicama koje reagiraju s bezopasnim reagensima, a nastali produkti su također bezopasne tvari.

Pribor i kemikalije: zdjelice, jagode, šećer (saharoza), žlice

Opis pokusa:

U jednoj zdjelici servirajte očišćene i oprane jagode, a u drugoj jednako tako jagode ali posipajte ih obilno sa šećerom. Ostavite da stoje najmanje jedan sat. Tamo gdje je bio šećer ima slatkoga soka, a same jagode su bez soka. Učenici dolaze do zaključka (ako dobro razmišljaju) da je voda iz jagoda izašla van i otopila šećer. Kod osmoze voda prelazi iz područja manje koncentracije (jagoda) kroz polupropusnu membranu u područje veće koncentracije. Ovo je primjer jednostavnoga pokusa u kojem su upotrebljene kao kemikalije isključivo jestvine, a može se načiniti temelj za otkrivanje važnoga pojma- osmoze. Na sličan način u radionici ćemo iskoristiti pravljenje sladoleda, majoneze, margarina, hladetina, pečenje kruha, hlađenje juhe i grijanje prstiju.

7. Vrijeme u kemiji

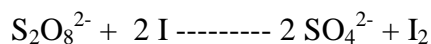
Ključni pojmovi: Brzina kemijske reakcije, energija aktivacije, red reakcije, mehanizam reakcije

Pokus: Mjerenje energije aktivacije

Pribor i kemikalije: zaštitne naočale, zaporni sat, dvije velike epruvete, čaša od 400 ili 600 mL, 2 termometra od 0 do 100°C, Bunzenov plamenik, tronožac i azbestna mrežica, 4 birete od 50 mL ili 4 graduirane pipete od 10 mL, otopina $c(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8) = 0,02 \text{ mol/L}$, otopina $c(\text{KI}) = 0,50 \text{ mol/L}$, otopina $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01 \text{ M}$, otopina škroba

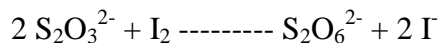
Uvod

Cilj je ovog pokusa odrediti energiju aktivacije, E_a za reakciju u kojoj peroksidisulfatni ioni oksidiraju jodidne ione u elementarni jod.



Energiju aktivacije moguće je izračunati na osnovi mjerenja brzine reakcije pri različitim temperaturama.

Brzina reakcije mjeri se tako da se u reakcijsku smjesu doda mala, ali točno poznata količina tiosulfatnih iona i škrob kao indikator. Nastali elementarni jod reagira s tiosulfatnim ionima.



U trenutku kada se potroši sav tiosulfat, prva suvišna količina izlučena joda oboji otopinu plavo. Kako je količina tiosulfata zadana i u svim pokusima jednaka, proizlazi da se mjerenjem vremena, koje je potrebno da se pojavi plava boja, ustvari mjeri vrijeme potrebno da se izluči uvijek ista količina joda. Brzina reakcije je obrnuto proporcionalna vremenu potrebnom da se dostigne određeno stanje (tj. potroši zadana količina tiosulfatnih iona). Zbog toga se ova reakcija često naziva jodna „clock“ reakcija.

Pokus valja izvesti pri pet različitim temperatura između 20 i 50°C. Energija aktivacije odredi se iz grafikona u kojemu se na ordinatu nanese recipročna vrijednost vremena, $1/t$, a na apscisu recipročna vrijednost termodinamičke temperature, $1/T$.

Opis pokusa:

- Pripremite vodenu kupelj tako da čašu od 600 mL napunite do polovice vodom i zagrijte na 50°C (=1°C).
- Otpipetirajte u prvu epruvetu 10 mL otopine kalijeva peroksodisulfata. U epruvetu stavite termometar i uronite je u vodenu kupelj.
- U drugu epruvetu otpipetirajte 5 mL otopine kalijeva jodida, 5 mL otopine natrijeva tiosulfata i 2,5 mL otopine škroba. Stavite u epruvetu drugi termometar i sve zajedno uronite u vodenu kupelj.
- Kada temperatura u obje epruvete dosegne istu vrijednost (+- 1°C) i dalje se ne mijenja, prelijte sadržaj druge epruvete u prvu, pokrenite zaporni sat i opet sve prelijte u prvu epruvetu. Epruveta s reakcijskom smjesom neka se i dalje nalazi u vodenoj kupelji.
- Kada se pojavi plava boja jod-škrobnog kompleksa, zaustavite zaporni sat, odčitajte vrijeme i rezultat unesite u tablicu.
- Ponovite pokus pri temperaturi približno 45°C, 40°C, 35°C i 30°C (temperature mjerenja mogu se razlikovati od navedenih, ali moraju biti precizno odčitane i registrirane).

Rezultati:

Temperatura, t/°C					
Temperatura, T/K					
Vrijeme, t/s					
Log 1/t					
T ⁻¹ /K ⁻¹					

Obrada rezultata:

Načinite grafikon log 1/t prema 1/T i upotrijebite ga za izračunavanje energije aktivacije.

Primjer rezultata mjerenja i obrade rezultata mjerenja:

Temperatura, t/°C	30	36	39	45	51
Temperatura, T/K	303	309	312	318	324
Vrijeme, t/s	204	138	115	75	55
Log 1/t	-2,31	-2,14	-2,08	-1,88	-1,74
T ⁻¹ /K ⁻¹	3,30	3,34	3,21	3,14	3,09

$$\begin{aligned} \text{Koeficijent smjera pravca} &= \frac{y}{x} = \frac{12,285 - (-1,675)}{(3,920 - 3,070) \times 10^{-3} \text{K}^{-1}} \\ &= -2,733 \times 10^3 \text{K} \end{aligned}$$

Budući da je

$$\text{Koefficient smjera pravca} = \frac{-E_a}{2,303 R}$$

slijedi da je

$$\begin{aligned} E_a &= - \text{Koefficient smjera pravca} \times 2,303 R \\ &= 2,773 \times 10^3 \text{ K} \times 2,303 \times 8,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 53,0 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

8. Od polimera do elementarnih tvari

Ključni pojmovi: Škrob, maltoza, glukoza, CO₂, etanol, građa šećera

Škrob se na nekoliko načina može rastaviti na maltozu, a zatim na glukozu. Glukoza se može dalje rastaviti na CO₂ i etanol. Jednostavnim pokusima može se pokazati da su šećeri građeni od ugljika, kisika i vodika.

Pokus 1.

Škrobu u epruveti (otprilike 0,25 g) doda se malo vode i otopina joda u kalijevu jodidu. Dodatkom pet zrnaca panaze, prethodno smrvljenih u tarioniku, nakon par minuta plava boja iščezne. Da je nastala glukoza, može se pokazati pomoću Tromerovog ili Fehlingovog ili Tollensovog reagensa (maltoza je također reducirajući šećer).

Pokus 2.

Ponovite prvi pokus do nestanka plave boje. U istu epruvetu dodajte suhog kvasca i ostavite stajati 10 do 15 minuta.

Pokus 3.

U tikvicu za frakcionu destilaciju od 100 mL ulijte sadržaje epruveta (od svake grupe) iz pokusa 2. Zagrijavajte uz kamenčiće za vrenje. Kao hladilo služi cijev tikvice preko koje je obješena mokra krpa. Destilat hvatajte u epruvetu ili tikvicu po Erlemeyeru (50 mL).

Pokus 4.

U epruvetu stavite kalijeva bikromata (s vrha špatule). Ulijte nekoliko kapi 9 M sumporne kiseline (s konc. kiselinom nastat će zelena boja, ali je rizik puno veći). Nastaje zelena boja koja polako prelazi u plavu (plavu boju daju Cr²⁺ i Cr⁵⁺).

Pokus 5.

Petrijeva zdjelica je ispod čaše od 100 mL. U čaši je glukoza (min 20%) i kvasac. Čaša je poklopljena preokrenutom čašom od 250 mL. U Petri zdjelicu ulijte vapnene vode. Nakon nekoliko minuta sadržaj čaše počinje se pjeniti, kroz kljun veće čaše počinju izlaziti mjehurići, a u vapnenoj vodi nastaje bijeli talog. Nakon toga sadržaj čaše se filtrira i filtrati (od pet grupa) destiliraju kao u pokusu 3. Etanol se dokazuje kao u pokusu 4.

Pokus 6.

U manji tarionik stavi se smjesa saharoze i NaNO₃ (ili KNO₃) i upali pomoću magnezijeve vrpce. Smjesa je priređena od 1 volumena NaNO₃ i 2 volumena šećera dobro pomiješanih i smrvljenih u tarioniku. Šećer je u toj reakciji karboniziran. Ako zaostane bijela tvar, znači da je nitrat bio u suvišku.

Pokus 7.

Elektroliza vode u Hofmannovom aparatu. Nakon prikupljenih 90 mL prskavca, plinovi se istovremeno pomoću jednostavnog uređaja iz bireta uvode u otopinu detergenta (Čarli je za tu priliku najbolji). U nastale mjehuriće ubacimo goruću šibicu. Eksplozija može biti vrlo bučna.

Pokus 8.

Elektroliza vode može se učiniti i u home-made aparatu. Plastična boca sa širokim grlom prereže se, a grlo zatvori gumenim čepom. Kroz čep se provuku dvije željezne žice. Kao elektrolit služi zasićena otopina natrijeva sulfata. Napune se vodom do vrha dvije epruvete i preokrenute stave svaka oko jedne žice koje služe kao elektrode. Omjer volumena nastalih plinova daleko je od 2:1.

Pokus 9.

Nakon elektrolize, uređaj se isključi od izvora struje, a priključi se digitalni instrument koji pokazuje prolaz struje nastale kemijskom reakcijom.

Pokus 10.

Razliku glukoze i maltoze možemo upoznati testom s 2,4-dinitrofenilhidrazinom. Pozitivan test daje samo glukoza.

Otopite oko 0,5 g u 1 mL vode i dodajte 5 mL otopine 2,4-dinitrofenilhidrazina.

Ako žuti kristali ne nastanu zagrijte epruvetu i ohladite pod mlazom vode.

Otopina DNFH priprema se tako da se 0,33 g spoja otopi u 2,5 mL konc. H₂SO₄ i 25 mL etanola i razrijedi vodom do 100 mL.

DINAMIKA REALIZACIJE PROGRAMA (šk. god. 2010./2011.)

Listopad 2010. – 6 školskih sati (3X 90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Studeni 2010. – 6 školskih sati (3X 90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Prosinac 2010. – 2 školska sata (2X 45 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Siječanj 2011. – 4 školska sata (2X 90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Veljača 2011. – 12 školskih sati (6X90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Ožujak 2011. – 12 školskih sati (6X90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Travanj 2011. – 12 školskih sati (6X90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Svibanj 2011. – 12 školskih sati (6X90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Lipanj 2011. – 6 školskih sati (3X 90 min), oblici rada: grupni i frontalni rad

Završetak rada i evaluacija rada/programa (popratni upitnici za učenike i voditelje programa, analiza upitnika, zaključci).

Dakle ukupno je predviđeno 72 školska sati za realizaciju predavanja i praktičnih radova u skupinama (radionica). Između svakoga blok sata predviđen je odmor za učenike u trajanju od 30-60 min. Za učenike prvih i drugih razreda SŠ predviđeno je 35 školskih sati kao i za učenike trećih i četvrtih razreda SŠ (ukupno 72 školska sata). Moguće je da učenici u dogovoru s autorom i voditeljima programa te ravnateljem SŠ i predmetnim nastavnikom u školi izaberu teme.

NAPOMENA: SUKLADNO ODOBRENIM NOVČANIM SREDSTVIMA GRADA ZAGREBA PROGRAM ĆE SE REALIZIRATI U OKVIRU 36 NASTAVNIH SATI OD 1. LISTOPADA 2010. DO 1. SIJEČNJA 2011. GODINE

REALIZACIJA I EVALUACIJA PROGRAMA

Svi zainteresirani subjektu u školama dobit će i sve obavijesti o programu **e-poštom ili zemaljskom poštom**. Učenici, roditelji, učitelji i ravnatelji moći će saznati sve o programu i **na mrežnim stranicama Udruge** <http://www.udrugaskolskozvono.hr/>, <http://www.udrugaskolskozvono.hr/obrazovni-programi/>.

Na našim mrežnim stranicama postoje i linkovi za prijavu kako bi sve zainteresirane škole mogle obaviti pravovremenu prijavu zainteresiranih učenika. Evaluacija programa i rada voditelja programa provest će se na kraju rada. Za tu prigodu učenici će dobiti posebno pripremljene upitnike koje će ispuniti. Oni će se posebno obraditi i prezentirati učenicima (kvantitativna i kvalitativna analiza).

VODITELJI PROGRAMA I SURADNICI

Petar Vrkljan, prof. kemije, profesor savjetnik, autor i voditelj programa, nastavnik s 40 godina iskustva rada u nastavi s gimnazijskom populacijom učenika, sudionik smotri i natjecanja mladih kemičara RH. Dugogodišnji suradnik na raznim seminarima Agencije za odgoj i obrazovanje, gdje je održao na desetke nekih od radionica koje će biti dio ovoga programa. Nastavnici su u većini slučajeva bili iznimno zadovoljni i načinom izvođenja radionica i predavanja, kao i odabranim temama (veći dio u ovom programu). Neke od radionica spomenutoga stručnjaka su njegovo autorsko djelo. On je jedini nastavnik u RH koji je objavio svoj rad u vodećem međunarodnom časopisu kemijskoga obrazovanja Journal of Chemical Education. Njegov rad nosio je naslov „Kinetics and Mechanism of Iodide Oxidation by Iron (III): A Clocks Reaction Approach.“ J.Chem.Educ.2008, 85, 1123-1125. Vrlo aktivan član nastavne sekcije Hrvatskoga kemijskoga društva. Održao je zajedno sa svojim suradnicima 31 seminar e-škole diljem RH. Petar Vrkljan je nastavnik koji je tijekom

svoga radnoga vijeka stekao iskustvo rada u osnovnoškolskoj, srednjoškolskoj i visokoškolskoj nastavi kemije.

mr. sc. Nenad Marković, prof. biologije i kemije – predsjednik Udruge. Radeći 9,5 godina u gimnaziji i poučavajući gimnazijalce/ke stekao je određeno iskustvo rada s mladima koje će pomoći kvalitetnoj realizaciji ovoga programa.

doc. dr. sc. Nenad Judaš, suradnik i jedan od autora programa, sveučilišni nastavnik na Kemijskom odsjeku PMF-a u Zagrebu. Zajedno s nastavnicom doc. dr. sc. Draginjom Mrvoš-Sermek vodi kolegij metodike nastave kemije, što je jedno od njegovih zaduženja. Voditelj je **e-škole** kemije pri Hrvatskom prirodoslovnom društvu. Održao je zajedno sa svojim suradnicima 31 seminar e-škole diljem RH. Dugogodišnji suradnik na raznim seminarima Agencije za odgoj i obrazovanje. Objavio je niz uglednih znanstvenih radova o strukturi malih molekula, a prihvaćen i objavljen mu je i jedan rad iz kemijskoga obrazovanja u Journal of Chemical Education pod nazivom „A Postcard from Croatia: Where Would We Like To Proceed in Chemical Education?“. (prihvaćeno i publicirano na webu: www.JCD.DivCHED.org).

MP

PREDSJEDNIK UDRUGE

Mr. sc. Nenad Marković, prof. biol. i kem.