

# ŠKOLSKI OGLEDI IZ HEMIJE

Meliha Zejnilagić-Hajrić  
Ines Nuić  
Merima Mrdić  
Sabina Žero  
Jelena Ostojić

Sarajevo, 2023.



Meliha Zejnilagić-Hajrić

Ines Nuić

Merima Mrdić

Sabina Žero

Jelena Ostojić

# ŠKOLSKI OGLEDI IZ HEMIJE

Sarajevo, 2023.



Dr. sc. Meliha Zejnilagić-Hajrić, professor emeritus

Dr. sc. Ines Nuić

Mr Merima Mrdić

Dr. sc. Sabina Žero

Dr. sc. Jelena Ostojić

# ŠKOLSKI OGLEDI IZ HEMIJE

---

## Izdavač:

Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet

## Recenzenti:

Dr. sc. Omer Mahmutović, vanredni profesor

Univerzitet u Sarajevu – Pedagoški fakultet

Dr. sc. Anela Topčagić, docentica

Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet

Dr. sc. Adnan Zahirović, docent

Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet

## Tehničko uređenje i DTP:

Autori

## Naslovna stranica:

Mr Merima Mrdić

ISBN 978-9926-453-61-9

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH pod ID brojem 54758662



# Sadržaj

<b>Predgovor</b>	
<b>1 Uvod</b>	1
1.1. Cilj i zadaci učenja hemije	1
1.2. Tri nivoa predstavljanja hemijskih pojmovra	2
1.3. Značenje pojma eksperiment (ogled, opit, pokus)	4
1.4. Eksperiment u nastavi hemije	4
1.5. Procjena znanja i vještina kroz oglede	5
1.6. Sigurnost u školskom hemijskom laboratoriju	7
1.6.1. GHS piktogrami	8
1.7. Predlaboratorijske aktivnosti (Pre-Lab)	9
1.8. Metode izvođenja ogleda u nastavi hemije	9
1.8.1. Metoda demonstracije – demonstracioni ogled	9
1.8.2. Laboratorijska metoda – laboratorijski ogled	12
1.9. Metodička pravila izvođenja ogleda	15
1.10. Pismeni izvještaj	17
1.11. Kratak historijski uvod u razvoj oblasti obuhvaćenih praktikumom Školski ogledi iz hemije	19
<b>2 Školski ogledi iz hemije</b>	30
2.1. Prečišćavanje otpadne vode	31
2.2. Pravljenje kristala	33
2.3. Gustoća	35
2.4. Gay-Lussacov zakon	37
2.5. Boyleov zakon	39
2.6. Vizualizacija Avogadrovoog broja	41
2.7. Osmoza	43
2.8. Razlikovanje fizičke i hemijske promjene tvari	45
2.9. Tipovi hemijskih reakcija	47
2.10. Test bojenja plamena solima metala	51
2.11. Pripremanje olovo(II) jodida	53
2.12. Nastajanje kompleksa	57
2.13. Reakcije oksidacije i redukcije kroz promjene „hemijskog kameleona“	61
2.14. Galvanski element	63
2.15. Elektroliza	67
2.16. Olovno drvo	69
2.17. Dobivanje „srebra“ i „zlata“	73
2.18. Reverzibilna reakcija	77
2.19. Brzina hemijske reakcije	81

2.20.	Katalitička oksidacija amonijaka	85
2.21.	Hemijska ravnoteža	87
2.22.	Hemijska ravnoteža u gaziranoj mineralnoj vodi	91
2.23.	Hidroliza soli	93
2.24.	Određivanje pH-vrijednosti	97
2.25.	Određivanje pH-vrijednosti vode sa česme, flaširane negazirane vode i riječne vode	103
2.26.	Svojstva indikatora	107
2.27.	Ugljična kiselina i pH indikatori	111
2.28.	Svojstva magnezija	113
2.29.	Svojstva aluminija	119
2.30.	Određivanje sadržaja aluminija u Al foliji	125
2.31.	Polarnost molekula	129
2.32.	Svojstva alkohola	133
2.33.	Dokazivanje vode u etanolu	137
2.34.	Oksidacija alkohola do aldehida	139
2.35.	Reakcija kalij permanganata s glicerolom	141
2.36.	Dobivanje estera	143
2.37.	Svojstva vode i acetona	147
2.38.	Svojstva glukoze	151
2.39.	Polimerizacija	155
2.40.	Svojstva sapuna	157
2.41.	Tyndallov efekt	163
2.42.	Gustoća i polarnost tvari	165
2.44.	Svojstva kurkume	167
2.45.	Dokazivanje vještački izmijenjenog sastava mlijeka	169
<b>3</b>	<b>Literatura</b>	173
<b>4</b>	<b>Prilozi</b>	176
4.1.	Prilog 1. SI prefiksi	177
4.2.	Prilog 2. Primjeri pripreme rastvora	178
4.3.	Prilog 3. Priprema rastvora indikatora	181
4.4.	Prilog 4. Primjeri iz Standarda učeničkih postignuća	185
4.5.	Prilog 5. Piktogrami i razredi opasnosti GHS-a	189
4.6.	Prilog 5. Odlaganje produkata ogleda	192
4.7.	Prilog 6. Periodni sistem elemenata	196

# ŠKOLSKI OGLEDI IZ HEMIJE

*Sve što znamo iz stvarnosti proističe iz eksperimenta i završava s njim.*  
(Einstein)

## Predgovor

Praktikum je nastao kao rezultat dugogodišnje nastavne prakse autorica i ima za svrhu pomoći studentu - budućem nastavniku u osmišljavanju i realizaciji praktičnog rada u nastavi hemije. Nastojali smo pomoći ovih ogleda studente zainteresirati za praktični rad u nastavi hemije, kako bi ga primjenjivali u nastavnom procesu. Zato su za pojedine oglede dati i popularni nazivi u ovom praktikumu koji će izazvati radoznanost kod studenata, privući im pažnju i potaknuti na razmišljanje, posmatranje i pravilno zaključivanje.

Ogledi su predviđeni da se rade individualno, tako da će svaki student imati svoja vlastita zapažanja i vlastite zaključke. Individualnim radom se žele potaknuti studenti na vlastiti angažman, kao i provjeriti radni učinak svakog studenta. Pri tome se vodilo računa da se planiraju ogledi koji će pobuditi intelektualne aktivnosti, kao i povezivanje teorijskog znanja iz hemije s praksom. Potrebno je ne samo pravilno tumačenje činjenica nego i trajno osiguranje i učvršćenje stečenog znanja izvođenjem ogleda. Ostvareni ciljevi će se, kroz veći postotak uspjeha, odražavati na osjećaj kompetentnosti, a time i na povećanje motivacije.

Želimo kod studenata izazvati želju i težnju za uspješnim izvođenjem ogleda kao i vlastitu interpretaciju rezultata ogleda na submikroskopskom nivou. Učenici koji su motivirani za učenje hemije uvijek su postizali bolji uspjeh. Pored toga što visoka motiviranost vodi do dobrih rezultata u učenju, dobri rezultati također osnažuju motivaciju. Studenti generalno, a posebno budući nastavnici hemije **nikako ne bi trebali učiti samo onoliko koliko je dovoljno za prolaznu ocjenu.**

Prilikom odabira ogleda za ovaj praktikum osnovni kriterij bio je da su ogledi primjenljivi u nastavi hemije u osnovnim i/ili srednjim školama, kako bi studenti-budući nastavnici i nakon studija imali koristan materijal za realizaciju nastave. Samim time, vodili smo računa i o tome da većina škola nema u potpunosti opremljen kabinet hemije (pri tome prvenstveno mislimo

na digestor u kojem se izvode ogledi čiji su produkti potencijalno opasne plinovite tvari).

Ovaj praktikum namijenjen je za izvođenje ogleda iz različitih oblasti hemije, s naglaskom na metodički aspekt ogleda i na njegovo pojašnjenje na sva tri spoznajna nivoa gdje god je to moguće. Autori nisu imali namjeru odabirom ogleda favorizirati bilo koju oblast hemije. S tim u vezi, mnogi ogledi se, prema konceptima koje obrađuju, mogu svrstati u više oblasti. Svakako da ovim Praktikumom nisu iscrpljene sve oblasti, i da se još mnogo ogleda moglo ovdje obraditi; u svakom slučaju, a na osnovu prijedloga kolega, studenata i nastavnika, može se u narednom periodu raditi na dopunjrenom izdanju.

Godine 2021., Agencija za predškolsko, osnovno i srednje obrazovanje (APOSO) je objavila *Standarde učeničkih postignuća iz hemije za kraj devetogodišnjeg odgoja i obrazovanja*<sup>1</sup>. Standardi su dokument primjenljiv na cijelom području Bosne i Hercegovine, za razliku od kurikuluma i nastavnih planova i programa, koji se usvajaju na kantonalmnom ili entitetskom nivou. Brojni su standardi čije postignuće je moguće realizacijom demonstracionih ili laboratorijskih školskih ogleda (Prilog 3).

Autori

---

<sup>1</sup> <https://aposo.gov.ba/sadrzaj/uploads/Hemija-BOS-s-napomenom.pdf> [pristupljeno 09.09.2022.]

## **1. Uvod**

Savremena nastava hemije se treba realizirati primjenom različitih metoda poučavanja i učenja. Posebno je važno voditi računa o efikasnosti pojedinih nastavnih metoda za određenu temu. Na primjer, učenici više sudjeluju u nastavi ako se koriste metode u kojima do izražaja može doći njihova kreativnost.

Izbor metoda i oblika rada u nastavi ovisi o nastavniku. Prilikom odabira istih, nastavnikov cilj treba biti postizanje aktivnosti učenika u nastavnom procesu, što se teško postiže tradicionalnim nastavnim metodama „prenošenja“ znanja – treba uvijek imati u vidu da se znanje ne može „prenijeti“ nego se stječe, odnosno rezultat je vlastite svjesne aktivnosti učenika, dok je nastavnikova uloga da bude „*facilitator*“, odnosno osoba koja učenicima olakšava stjecanje znanja i vještina. Ako se hemijski sadržaji izlažu kao skup činjenica (često nepovezanih i apstraktnih), ne dolazi do formiranja sistema naučnih pojmova kod učenika, što je nužno za produbljivanje i proširivanje znanja u daljem obrazovanju.

Činjenica da je hemija eksperimentalna nauka upućuje na važnost eksperimenta u nastavi hemije. Istraživanja, a i svakodnevna nastavna praksa su pokazali da eksperimenti kod učenika izazivaju veliki interes i imaju ogroman didaktički značaj. Cilj realizacije eksperimenata jeste da učenici razviju praktične laboratorijske vještine, ali i da se pokrenu misaone aktivnosti. U ovom segmentu je izuzetno važna uloga nastavnika kako bi učenike potaknuo na opažanje, kreativnost, razmišljanje i diskusiju, što na kraju rezultira odgovarajućim zaključkom. Može se reći da je velikim dijelom učenje hemije zasnovano na eksperimentu, bilo da ga učenici samo posmatraju ili samostalno izvode.

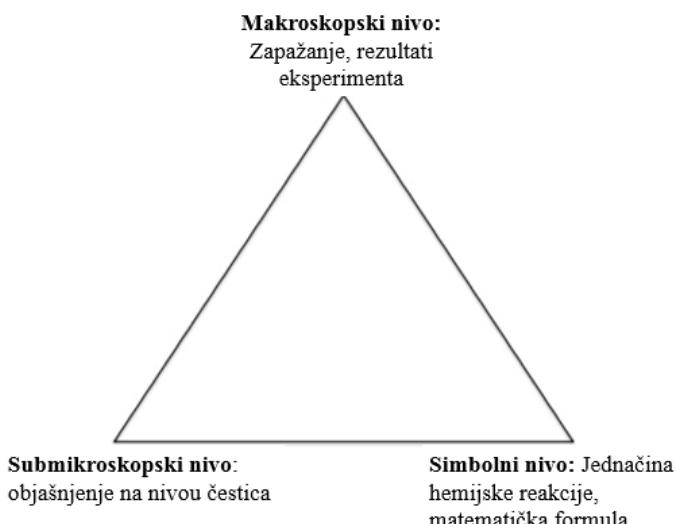
### **1.1. Cilj i zadaci učenja hemije**

Cilj i zadaci učenja hemije različito su definirani u metodičkim udžbenicima i priručnicima, no te definicije imaju mnogo zajedničkih karakteristika. Vezano za eksperimentalni rad, autori obično navode da je cilj eksperimenata operacionaliziran kroz zadatke kao što su razviti vještinu eksperimentiranja, razviti sposobnosti usmenog i pismenog izražavanja o opaženim promjenama, sposobnosti zaključivanja o rezultatima

eksperimenta, korištenja informacija datih na različite načine (tekstualno, tabelarno, grafički), te sposobnosti predviđanja hemijskih promjena u datim okolnostima. Vrlo je važno i razumijevanje praktičnog značaja i povezivanje s prethodno naučenim gradivom, te poticanje na odabir, planiranje i izvođenje ogleda koji će istovremeno potaknuti samostalnost i stvaralaštvo, a time i interes za izučavanje mnogih hemijskih promjena, bilo da se odvijaju spontano u prirodi ili se iniciraju u hemijskoj laboratoriji.

## 1.2. Tri nivoa predstavljanja hemijskih pojmove

Alex Johnstone<sup>1</sup> je još 1978. godine predložio model u kojem postoje „najmanje tri“ nivoa predstavljanja hemijskih pojmoveva, a time i tri nivoa poučavanja i učenja hemije. Prikazani su u obliku trokuta čiji vrhovi predstavljaju makroskopski, submikroskopski i simbolni nivo (Slika 1). Zbog složenosti i apstraktnosti pojmoveva prirodnih nauka i česte upotrebe matematičkih simbola, formula i jednačina, zagovara se njihovo predstavljanje i poučavanje na tri nivoa.

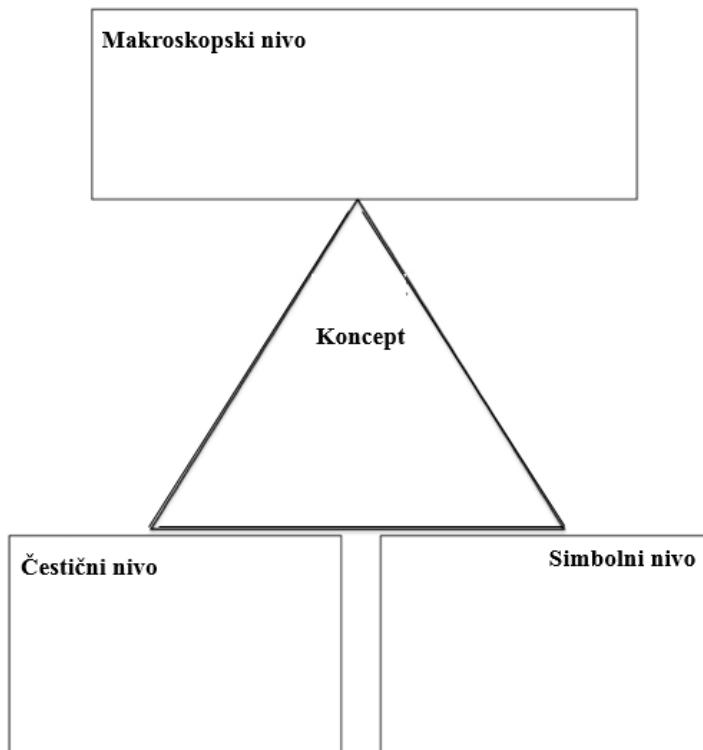


Slika 1. Tri nivoa predstavljanja hemijskih pojmoveva (Johnstone, prema Gabel, 1993)

<sup>1</sup> Sir Alex H. Johnstone (1930-2017), profesor hemije, profesor emeritus obrazovanja iz prirodnih nauka, direktor Centra za obrazovanje iz prirodnih nauka na Univerzitetu u Glasgowu, Velika Britanija

Smatra se da je Johnstoneov trokut jedna od najutjecajnijih ideja u hemijskom obrazovanju.

Kako bi naglasili važnost integracije svih ovih nivoa predstavljanja hemijskih pojmoveva za razumijevanje, može se učenicima (i studentima) dati radni list kao podrška razumijevanju (Slika 2).



Slika 2. Izgled radnog lista koji naglašava tri nivoa predstavljanja hemijskih pojmoveva

Prepreka za razumijevanje hemije prema brojnim autorima proističe iz predstavljanja nastavnog sadržaja na apstraktnom i simbolnom nivou. Prema Johnstoneu, treba uvijek povezivati sva tri nivoa poučavanja i neophodno je da ih nastavnici znaju, razumiju i primjenjuju. Istraživači se slažu da su mnogi hemijski sadržaji zahtjevni za učenje, prije svega zbog složenosti hemije kao nauke, što se odražava i na nastavu. Navode se brojni razlozi: apstraktni pojmovi, veliki broj varijabli kod naučnih problema, brojni stručni termini, itd.

### **1.3. Značenje pojma eksperiment (ogled, opit, pokus)**

Eksperiment je jedna od metoda istraživanja i stjecanja znanja u mnogim naukama, a u prirodnim ima poseban značaj. To je postupak kojim se izaziva neka pojava radi zapažanja, istraživanja i tumačenja. Eksperiment je riječ latinskog porijekla (lat. *experimentum* = pokus, dokaz). Eksperiment možemo definirati kao naučno posmatranje u precizno određenim i kontroliranim uvjetima, s ciljem da se provjeri postojanje i priroda nekog uzročnog odnosa. Za razliku od eksperimenta, u običnom posmatranju mora se čekati da se pojava koja se želi posmatrati javi, dok se pri eksperimentu na javljanje pojave ne čeka, već se ona namjerno izazove.

Razlika (a ujedno i sličnost) između eksperimenta u naučno-istraživačkom radu i eksperimenta u nastavi je u tome što se u naučno-istraživačkom radu eksperimentom otkrivaju nove istine, dok u nastavi putem eksperimenta učenici doznaju ono što je već otkriveno u nauci, ali je *za njih* nepoznato. Dakle, sam put stjecanja toga znanja *za učenika* se znatno podudara s putem naučnog istraživanja za naučnika. U skladu s tim, neki autori u našem govornom području razlikuju pojам eksperimenta (podrazumijevajući pod tim naučni eksperiment) od pojma ogleda (opit, pokus), pod kojim se podrazumijeva eksperiment u nastavi. Pojam *ogled* ima još značenje i kratkog prikaza ili komentara (npr. ogled o jeziku), a može označavati i uzorak ili model.

### **1.4. Eksperiment u nastavi hemije**

Eksperiment zahtijeva sistematsko posmatranje i eksperimentiranje kako bi se neka hemijska reakcija optimizirala. On nije značajan samo zbog rezultata, već i zbog aktivnosti koji prethode samom eksperimentu: nacrt eksperimenta, procjena prihvatljivosti plana, te njegove izvedbe. Nakon toga, slijedi obrada i predstavljanje podataka, analiza značaja podataka i njihovo povezivanje s teorijskim pravilima i zakonitostima.

Istraživanja hemijskog obrazovanja kontinuirano pokazuju učeničko zanimanje za izvođenje hemijskih eksperimenata. Jedno takvo istraživanje iz 2008. godine pokazalo je da 87 % djevojčica i 89 % dječaka navodi značajno zanimanje za izvođenje hemijskih eksperimenata. Međutim, sve ostale

aktivnosti vezane za izvođenje eksperimenta, poput njegovog planiranja, objašnjavanja opažanja, računanje i pisanje jednačina hemijskih reakcija rezultirali su značajno nižim postotcima. Nastavnik treba voditi računa da eksperimenti sami za sebe nisu dovoljni; potrebno ih je prvo isplanirati, potom izvesti, promatrati i objasniti (zaključak). Stoga je u ovom praktikumu za svaki ogled ostavljen prostor za upisivanje zapažanja i zaključaka ogleda.

Nastava hemije bez ikakvih ogleda često dovodi do konfuzije učenika, nerazumijevanja i nemogućnosti savladavanja gradiva, što uglavnom rezultira negativnim stavom prema nastavnom predmetu, a i hemiji općenito.

Treba naglasiti da eksperimenti u nastavi hemije imaju veliko didaktičko značenje. Za uspješnu primjenu hemijskog eksperimenta u nastavi navode se određene smjernice za nastavnika rad. Najrasprostranjenija je sljedeća shema izvođenja tih nastavnih sati:

- uvodni razgovor, prilikom kojeg se navodi cilj izvođenja određenog ogleda, daju se upute za rad, dijele se materijali za rad (radni listovi), učenici pripremaju potrebni pribor, posuđe, hemikalije i drugi materijal, nastavnik po potrebi dijeli učenike u grupe, itd.,
- izvođenje eksperimenta, prilikom kojeg nastavnik ranije pripremljena pitanja postavlja učenicima, vodi računa o održavanju pažnje učenika (ako je u pitanju demonstracioni ogled) i o sigurnosti učenika koji izvode ogled (laboratorijski ogled),
- evaluacija rada, koja podrazumijeva nastavnikovu procjenu uspješnosti izvođenja ogleda, pravilnog korištenja pribora i hemikalija, pridržavanja mjera opreza i sl.

## **1.5. Procjena znanja i vještina kroz oglede**

Razvoj praktičnih laboratorijskih vještina smatra se ključnom komponentom studija hemije čiji je cilj adekvatno pripremiti studente za moderno radno okruženje. Međutim, ocjenjivanje praktičnog rada studenata često se još uvijek bazira na pisanom izvještaju u kojem se detaljno navode provedene metode i rezultati eksperimenta. S tim u vezi, čest je slučaj visokih prinosa sintetiziranih spojeva visoke čistoće, dobiveni podaci koji se skoro savršeno slažu sa literaturnim, čime se nastoji postići visoka ocjena. Nastavnicima svakako jeste cilj unaprijed isplanirati eksperimente kako bi se uz što manju potrošnju resursa (hemikalija, pribora, vremena) dobili što bolji

rezultati. Učenici i studenti su svjesni da izvođenjem ogleda slijede prethodno definirane i provjerene procedure, što sliči receptu, i prepostavljaju da na taj način trebaju dobiti očekivane rezultate. Stoga se fokusiraju uglavnom na to kako što brže uraditi postavljeni zadatak, te dovršiti laboratorijski izvještaj izvan laboratorija. Istraživanja su pokazala da poslodavci često uočavaju nepovezanost između akademskog uspjeha studenata i njihovih praktičnih vještina.

Nastavnik može dijelom temeljiti i ocjenu iz hemije na eksperimentalnom radu učenika. Prednosti ocjenjivanja laboratorijskog rada su u tome što su neki učenici "praktičari", te lakše demonstriraju svoje znanje i vještine što nije moguće preko pismenog testa. Ogledi su odličan alat za objektivnu procjenu kompetencija i manualnih vještina učenika. Nadalje, učenicima se na taj način daje do znanja kako je važno prikupiti, zapisati i analizirati podatke strpljivo i tačno.

Eksperimenti ne mogu zamijeniti udžbenike i živu nastavnikovu riječ, ali potiču učenje kroz praksu. Ipak, nedostatak ovakvog načina procjene znanja jeste što zahtijeva relativno mnogo vremena i sredstava da bi se pripremili ogledi. Nužno je stalno nadzirati učenika prilikom izvođenja ogleda: neki učenici možda mogu trebati pomoći, a tu je i problem nedostatka samopouzdanja. Neki ogledi zahtijevaju grupni rad, a iz toga može proistekći nepravedna raspodjela posla unutar grupe, što može utjecati na ocjenu.

Nastavnicima može biti teško na jednak, pravedan i pouzdan način procijeniti praktične vještine svih učenika. Taj problem može se prevazići snimanjem učenika kako izvode ogled što olakšava procjenu, a i omogućuje nastavniku da više puta pogleda istog učenika kako izvodi ogled, te se može konsultovati i s kolegom. Za snimanje učenika (osnovnih i srednjih škola, s obzirom da su maloljetni) potrebno je imati dozvolu roditelja/staratelja. Procjena znanja učenika kroz izvođenje ogleda može uključivati:

- Anketni upitnik o laboratorijskim vještinama, u kojem će učenici navesti eventualno prethodno iskustvo u laboratoriju/na projektima unutar drugih nastavnih predmeta;
- Stavove prema hemiji/prema eksperimentu;
- Osnovne laboratorijske vještine (prepoznavanje i prikladna upotreba laboratorijskog posuđa, objašnjavanje postupka rada s čašama, tikvicama, biretom, pipetom...);
- Zadatke u kojima će učenici odrediti značajne cifre;

- Proceduralna pitanja (vezana za konkretni planirani ogled), npr. očitavanje volumena tečnosti;
- Grafičko prikazivanje podataka, izračunavanje greške mjerenja, utvrđivanje razloga za greške;
- Organiziranost, preciznost i sistematičnost učenika pri zapisivanju dobivenih podataka;
- Zrelost i odgovornost pri izvođenju eksperimenta (pridržavanje uputa, mjera opreza, odnos prema drugim kolegama);
- Kontekst (u okviru koje teme/jedinice se ogled izvodi i je li prikladan)
- Integriranje i primjena znanja (povezivanje s drugim temama/predmetima, primjena u svakodnevnom životu).

## **1.6. Sigurnost u školskom hemijskom laboratoriju**

U većini škola u Bosni i Hercegovini nastava hemije se realizira bez izvođenja ogleda ili demonstriranja nastavnih sredstava, a postojeća situacija se objašnjava slabom opremljenosti škola. Pored toga, nastavnici su često zabrinuti i za sigurnost učenika, te radije izbjegavaju laboratorijski rad učenika.

U laboratoriju mora vladati red i radna disciplina. Nastavnik mora veliku pažnju posvetiti mjerama zaštite pri radu. Sredstva za ličnu zaštitu pri rukovanju hemikalijama i izvođenju ogleda su radni mantil, zaštitne naočale i rukavice po potrebi.

Pitanje sigurnosti u laboratoriju, i općenito pri bilo kojoj aktivnosti, jednako je važno kao i drugi nastavni sadržaji. Podaci o povredama na radu pokazuju da su najčešće tijekom početnog razdoblja zaposlenja i smanjuje se s iskustvom. Stoga, u školskom hemijskom laboratoriju je velika vjerojatnost incidenata, povreda i štete. Jako je važno da učenici znaju šta sve može „poći po zlu“, kako spriječiti da se takvo nešto dogodi, i šta uraditi u hitnim slučajevima.

Nastavnici imaju obavezu pružiti učenicima sigurnosne informacije, uputiti ih u osnovne sigurnosne prakse i dati im informacije o opasnosti po zdravlje kojima mogu biti izloženi u većini školskih laboratorijskih. Tokom izvođenja ogleda u kabinetu za hemiju treba vladati disciplina, a nastavnik mora stalno biti prisutan u razredu da promatra, nadzire, daje upute i ispravlja tijekom eksperimenta.

Sigurnost učenika u razredu je obaveza i odgovornost je nastavnika. Učenici na taj način razvijaju pozitivne stavove prema sigurnosti (vlastitoj i kolega u razredu) i stječu navike procjene opasnosti. Učenici bi trebali razmotriti eventualne rizike eksperimenata koje promatraju ili provode kako bi naučili da su sigurni postupci sastavni dio eksperimentalnog rada u nastavi hemije.

Veoma je važno da se kod učenika, pored smisla za preciznost i mjere opreznosti razvije i određen ritam rada. Neke hemikalije koje se koriste u ogledu koriste se i u svakodnevnom životu te u rukovanju s njima treba biti oprezan. Boce s hemikalijama, osim informacija o svojstvima hemikalija, na naljepnicama imaju označene piktograme opasnosti, te upute za rukovanje.

### 1.6.1. GHS piktogrami

Danas su piktogrami u svakodnevnoj primjeni. Uočljivi su, jednostavni za razumijevanje, i razumiju ih ljudi s različitim govornih područja. Nalaze se, na primjer, na ambalaži sredstava za čišćenje, i učenici bi ih trebali poznavati kako bi znali kako rukovati hemikalijama koje se nalaze u domaćinstvu. Trovanja sredstvima za čišćenje su česta, bilo da se udišu direktno, progutaju ili preko kože dospiju u organizam.

Piktogram opasnosti uključuje simbol upozorenja i određenu boju radi pružanja podataka o štetnosti po zdravlje ili okoliš koja proizlazi od određene tvari, a u skladu s Globalnim sistemom klasifikacije i označavanja hemikalija UN (GHS)<sup>2</sup>. Za sve hemikalije koje se koriste za izvođenje ogleda u ovom praktikumu dati su piktogrami upozorenja<sup>3</sup>, a njihovo značenje obrazloženo je u Prilogu 5. Za tvari za koje nisu navedeni piktogrami podrazumijeva se da nisu opasne tvari ili da nema podataka o njihovoj eventualnoj štetnosti prema Uredbi Europskog parlamenta i Vijeća Europe br. 1272/2008<sup>4</sup> - razvrstavanje, označavanje i pakiranje tvari i smjesa.

<sup>2</sup> Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). Prvo izdanje GHS-a bilo je početna osnova za globalnu implementaciju sistema, objavljeno je 2003. Od tada se GHS ažurira, revidira i poboljšava svake dvije godine. Deveto revidirano izdanje GHS-a (GHS Rev.9), objavljeno 2021., posljednje je objavljeno izdanje.

<sup>3</sup> Izvor za navedene informacije su SDS (Safety Data Sheets) sa internet stranice [www.sigmadrlich.com](http://www.sigmadrlich.com)

<sup>4</sup> <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/regulation-ec-no-1272-2008-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>

## **1.7. Predlaboratorijske aktivnosti (*Pre-Lab*)**

Za početnika su sve informacije u laboratoriju (mjeđurići, promjena boje, miris) relevantne, dok je za stručnjaka samo manji dio njih važan. Važnost pripreme učenika i studenata radi smanjenja kognitivnog opterećenja tijekom laboratorijskog rada istaknuli su mnogi obrazovni stručnjaci i psiholozi. Predlaboratorijske aktivnosti osmišljene su radi usmjerenja pažnje učenika na neki aspekt eksperimenta čije se izvođenje planira u skladu s postavljenim ciljevima eksperimentalnog rada. Njihov cilj je da se učenicima naglase razlozi i način provođenja eksperimentalnog rada, te se trebaju upoznati s teorijskom podlogom eksperimenta. Pravilno primijenjene predlaboratorijske aktivnosti povećavaju učinkovitost rada učenika, smanjuju vrijeme provedeno na eksperimentalnim zadacima, pomažu učenicima u stjecanju osjećaja samopouzdanja i samostalnosti prilikom rada, te se umanjuju njihovi negativni stavovi prema laboratorijskom radu.

## **1.8. Metode izvođenja ogleda u nastavi hemije**

Hemski školski ogled se izvodi u dva oblika:

1. Nastavnik (ili 1-2 učenika) izvodi ogled pred cijelim razredom za vrijeme nastavnog sata, s ciljem pokazivanja, dokazivanja ili rasvjetljavanja izvjesnih hemijskih pojava - demonstracioni ogled.
2. Učenici sami izvode oglede - laboratorijski ogled, s istim ciljem kao i demonstracioni ogled, ili kao vježba na nastavnom satu (ili izvan sata) radi utvrđivanja znanja i umijeća učenika ili primjenjivanja izvjesnih zakona za nove slučajeve.

### **1.8.1. Metoda demonstracije – demonstracioni ogled**

Naziv potječe od latinske riječi *demonstrare* što znači prikazivati, objašnjavati, dokazivati. Njen zadatak je da učenici na temelju posmatranja izvođenja ogleda, uočenih pojava/promjena te dobivenih rezultata, uz pomoć nastavnika, dođu do određenih zaključaka, koji će im pomoći u savladavanju i učenju datog gradiva.

Demonstracioni ogledi koji se izvode u okviru neke nastavne jedinice moraju se odabrat i tako da ne oduzimaju puno vremena, ali i da se hemijski proces u potpunosti okonča i dogodi neka uočljiva promjena. Svrha demonstracionog ogleda ne smije biti (samo) dodatak izlaganju nastavnika, niti se treba primjenjivati tako da nastavnik postavi ogled, izvede ga i sam daje objašnjenja i zaključke. Pažnja učenika mora biti usmjerena na uočavanje pojave koju nastavnik želi pokazati. Ono što se u ogledima zapazi trebalo bi pokrenuti razmišljanje i traganje za objašnjenjem. Samim tim, podrazumijeva se da demonstracioni ogled mora biti vidljiv svim učenicima (i onima u zadnjoj klupi), što nastavnik može osigurati tako što će pozvati učenike da se približe demonstracionom stolu, ali da ipak ostanu na sigurnoj udaljenosti.

Tehnika pripremanja demonstracionog ogleda:

1. Pripremiti sav pribor i sve hemikalije (nastavnik se ne smije vraćati po neku „sitnicu“) prije početka nastavnog sata. Ništa ne smije biti suvišno na laboratorijskom/demonstracionom stolu.
2. Prije izvođenja eksperimenta treba provjeriti:
  - Ispravnost uređaja koji će se koristiti (vage, rešoa,...);
  - Dovod struje i plina, dovod i odvod vode;
  - Čistocu i ispravnost (eventualnu oštećenost) pribora. Korisno je uvijek pripremiti rezervni pribor (čaše, epruvete, upaljač,...) i držati ga u blizini, ali ne na demonstracionom stolu.
3. Promjene na eksperimentu (količine i vrste tvari) nikada se ne izvode *ad hoc*, neposredno prije ili za vrijeme trajanja ogleda, nego se uvijek prethodno trebaju pripremiti i provjeriti.
4. Ogled treba uvijek prethodno izvesti sa istim hemikalijama i istim (sličnim) priborom (npr. čaše i tikvice iste veličine), bez obzira što nastavnik možda izvodi isti ogled u nekoliko odjeljenja. To će pomoći u određivanju vremena potrebnog za izvođenje ogleda i na taj način se adekvatno uklopiti u nastavni sat.
5. Postavka ogleda (aparatura, pribor) mora biti jednostavna kako ne bi odvlačila pozornost, promjena treba biti lako uočljiva i ogled treba biti dinamičan (da traje, po pravilu, do pet minuta).

Ogled bi u pravilu uvijek trebao uspjeti, što nastavnik osigurava i prethodnim „pripremnim“ izvođenjem ogleda. U slučaju da se to ipak ne dogodi, nastavnik mora imati spremno objašnjenje za neuspjeh, te ponoviti ogled čim prije (na istom ili eventualno na sljedećem nastavnom satu). Prethodna priprema ogleda osigurava nastavniku mogućnost dvojake uloge: demonstratora i voditelja diskusije.

Nakon uočavanja promjena se formuliraju zapažanja (individualno ili grupno, ovisno o cilju ogleda/nastavnog sata), na osnovu kojih se izvodi zaključak. Nastavnik usmjerava učenike ka formulaciji odgovarajućih zaključaka, ali im ih ne „servira“. Ovdje je izuzetno važna uloga nastavnika u sumiranju zapažanja učenika, izdvajaju onih najvažnijih za očekivani zaključak, te isticanje pravilno formuliranog zaključka za sve učenike.

Demonstracioni ogled je najpristupačniji oblik izvođenja ogleda jer zahtijeva manje vremena i drugih resursa nego laboratorijski ogledi, te omogućava da se za kratko vrijeme prikupi empirijsko gradivo potrebno za uopćavanja. Zastupljeniji je u osnovnoj školi, dok učenici još uvijek stječu navike rukovanja laboratorijskim priborom i hemikalijama. U pravilu bi se u školskim uvjetima trebali izbjegavati ogledi koji bi potencijalno mogli rezultirati izdvajanjem po zdravlje štetnih plinova, eksplozijama, ili drugim neželjenim posljedicama, osobito ako u učionici ne postoji digestor.

U izvjesnim slučajevima isključivo nastavnik demonstrira oglede:

1. ako ogled nosi neki potencijalni rizik,
2. ako je ogled suviše komplikovan za određeni uzrast učenika, tako da ga učenici nisu u stanju da izvedu,
3. ako se eksperimentira s tvarima kojih je na raspolaganju u vrlo malim količinama ili su jako skupe,
4. ako se radi o nekim osjetljivim i skupim aparatima koje također moramo brižljivo čuvati od kvara.

No, demonstracioni ogled ne daje mogućnost za izgrađivanje stvarnih predodžbi o tvarima i njihovim svojstvima, za samostalno usvajanje znanja i stjecanje eksperimentalnih vještina, pa se zato mora kombinirati s laboratorijskim ogledima.

### **1.8.2. Laboratorijska metoda – laboratorijski ogled**

Laboratorijska metoda se sastoji u tome što učenici pojedinačno ili u manjim grupama samostalno izvode oglede, a rezultate dobivene ogledom razrađuju zajedno s nastavnikom, kao i kod metode demonstracije. Ova metoda se može primijeniti prilikom obrade novog gradiva kao i prilikom ponavljanja, utvrđivanja, uvježbavanja i provjeravanja prethodno obrađenog gradiva. Dakle, kod ove metode učenici sami izvode oglede i zapisuju zapažanja, i na osnovu toga dolaze do zaključka.

Laboratorijska metoda potiče aktivnost učenika u većoj mjeri u odnosu na metodu demonstracije, te se razvija samostalnost pri kojoj učenici stiču niz vještina i navika, a time ostvaruju veće šanse za uspješno učenje gradiva. Učenici obično vode dnevnik rada, koji obavezno sadrži upute za izvođenje ogleda, skicu ogleda, zapažanja, tabelarne ili grafičke prikaze dobivenih rezultata. Na osnovu toga vodi se razgovor o rezultatima rada unutar grupe ili s kolegom u paru. Nakon toga, diskusija se vodi s nastavnikom, analiziraju se eventualna odstupanja u rezultatima, pri čemu, kao i kod demonstracionog ogleda, nastavnik usmjerava učenike ka formulaciji odgovarajućih zaključaka, ističe pravilno formulirani zaključak, koji svi učenici bilježe u svoj dnevnik rada.

Laboratorijski ogled od nastavnika zahtijeva veći angažman, iako to možda tako ne izgleda jer nastavnik ne izvodi ogled. Međutim, u ovom slučaju nastavnik prati i vodi kroz ogled sve učenike, te vodi računa o tome kako ogledi napreduju i da se ne bi neki učenik ozlijedio.

Prije nego što učenici mogu pristupiti laboratorijskim ogledima, trebaju dobro uvježbati postupke rada sa hemikalijama i laboratorijskim priborom. Preporučuje se uvježbati laboratorijske tehnike koristeći tvari koje se koriste u svakodnevnom životu, npr. vaganje kuhinjske soli, odmjeravanje određenog volumena vode menzurom i/ili pipetom, i sl.

Ovisno o organizaciji, laboratorijski ogledi se mogu izvoditi kao frontalni, grupni i individualni, a svaki od njih se može izvoditi na temelju pismenih ili usmenih uputa. Laboratorijskim radom učenika postiže se bolja vidljivost promjena jer se one događaju pred očima učenika.

1. Pri **frontalnom načinu rada** svi učenici zasebno rade isti ogled (frontalni pojedinačni rad, ili individualni rad), ili pak grupe učenika rade isti ogled (frontalni grupni rad). To je najjednostavniji i najprikladniji laboratorijski oblik rada, jer nastavnik prati kako

učenici izvode isti ogled i lakše se koncentrira na to da uoči eventualne propuste ili probleme. Ovaj vid laboratorijskog rada najčešće se koristi u stručnim školama. Ako je u pitanju frontalni grupni rad, grupe učenika ne bi trebale sadržavati više od pet učenika, koji sjede ili stoje za istim stolom (radnim mjestom). Na ovaj način se može obrađivati novo gradivo i utvrđivati staro gradivo.

2. **Grupni rad** također je karakteriziran podjelom učenika u grupe, s tim da učenici u ovom slučaju izvode različite oglede, ali koji su vezani za istu nastavnu jedinicu (ili temu). Na primjer, ogled ispitivanja kinetike hemijske reakcije („Plava boca“) može se postaviti tako da različite grupe učenika urade ogled s različitim količinama glukoze i indikatora, ili pak umjesto indikatora bromtimol plavo može se koristiti indikator karmin crveno, a umjesto glukoze fruktoza. Učenici prije ogleda, ako nastavnik to smatra pogodnim, mogu postaviti hipotezu o tome koji će biti rezultati ogleda, te na osnovu rezultata postavljenu hipotezu prihvatići, modificirati, ili odbaciti. Svakako trebaju provjeriti hoće li zapažanja i rezultati ogleda biti isti ili usporedivi u svim slučajevima. Za grupne oglede treba odabrati jednostavne, jeftine i kratkotrajne oglede, bez opasnosti od povreda i/ili trovanja.
3. **Rad u paru** sličan je grupnom radu, samo što učenici rade u parovima (po dvoje), a mogu realizirati iste ili različite oglede. Kod ovog oblika laboratorijskog rada veća je potrošnja hemikalija u odnosu na grupni rad, a treba imati i više pribora te bočica (reagens boca) s hemikalijama. Prednost je u tome što učenici imaju više prilike da razviju manualne sposobnosti i vještine izvođenja ogleda, što u grupnom radu često preuzimaju napredniji i vještiji učenici.
4. **Individualizirani rad** karakteriziran je time što svaki učenik radi različit ogled. Mana ovog oblika laboratorijskog ogleda jeste što treba osigurati još više pribora i hemikalija u odnosu na rad u paru i grupni rad, te što je za nastavnika izuzetno zahtjevno pratiti rad 20-25 učenika koji rade različite oglede. Prednost je pak u tome što na ovaj način nastavnik može osigurati individualizirani pristup, odnosno procijeniti kojem učeniku treba više podrške, a koji

učenici ispoljavaju samostalnost u izvođenju ogleda te potencijal za zahtjevniye oglede.

Neovisno o organizaciji laboratorijskog rada, svi učenici se prije pristupanja izvođenju ogleda trebaju upoznati s laboratorijskim priborom i hemikalijama koje će se koristiti, te sa procedurom izvođenja ogleda. Iako se od učenika zahtijeva da prethodno pročitaju materijal, preporučuje se da nastavnik (ili jedan od učenika) pročita upute za izvođenje ogleda naglas, pri čemu nastavnik provjerava jesu li svi učenici shvatili što su pročitali, kako ne bi bilo nepredviđenih poteškoća prilikom izvođenja ogleda.

Ograničenje laboratorijskih ogleda u nastavi jeste u tome što su manje pristupačni nego demonstracioni; ne može se svaki ogled povjeriti učenicima i ne raspolaže svaka škola s dovoljno opreme i pribora. Laboratorijski ogledi zahtijevaju i znatno veći utrošak vremena u odnosu na demonstracione. No, ma kako savršeno bili izvedeni ogledi od strane nastavnika, njima uvijek nedostaje ono što je najvažnije, a to je aktivnost učenika.

Laboratorijski ogledi koji se provode poslije proučavanja glavnih tema nastavnog programa imaju veliko značenje za obogaćivanje učenika sigurnim znanjem, za ponavljanje, utvrđivanje i konkretiziranje već usvojenog znanja, za stjecanje novog znanja, eksperimentalnih vještina i navika za samostalan rad, te za vježbanje učenika za primjenu znanja u praksi.

Brojne su prednosti izvođenja laboratorijskih ogleda u nastavi hemije, kako u odnosu na realizaciju nastave hemije bez ogleda, tako i u odnosu na demonstriranje. Laboratorijski ogledi uključuju sva čula učenika (vid, sluh, dodir,...), okupiraju im pažnju, te su im zapažanja potpunija i svršishodnija, što ima mnogo veću vrijednost od učenja činjenica napamet. Kad učenik nešto radi sam, mora mnogo bolje paziti na to što radi, i tako dolazi do novih saznanja kroz akciju: proučava pojave kvalitativno i/ili kvantitativno, navikava se na eksperimentiranje, vrši mjerenja i sl. Vremenom, stjecanjem iskustva i navika pri eksperimentiranju, može se učenike dovesti do toga da sami izvedu zaključke o određenim prirodnim zakonitostima. Samopouzdanje učenika se povećava, jer osjećaju da mogu uraditi eksperiment kao i nastavnik. Razvija se smisao za tačnost, urednost, pažljiv i savjestan rad, odgovornost za svoju sigurnost i sigurnost kolega u razredu, kao i za svoje rezultate. Razvija se također i smisao za rad u grupi jer u takvom radu učenici osjećaju da je njihov udio u radu isto toliko potreban i nezamjenjiv kao i udio

drugih članova grupe, te da se udruženim snagama može postići više, da je uspjeh i napredak pojedinca vezan za uspjeh i napredak grupe. Ono što se vlastitim radom i trudom sazna, mnogo se bolje zapamti nego ono što se samo gleda i sluša, što omogućava veću trajnost znanja. Za eksperimentalni rad je potrebna i spretnost, vježbaju se manualne vještine i na taj način povezuje umni sa fizičkim radom, povezuje se teorija s praksom. Eventualni neuspjeh pri izvođenju ogleda potiče učenike da ispitaju njegove uzroke, da ih otklone i da čitav rad ponovo smišljeno, planski, savjesnije i bolje urade nego što su to prvi put uradili, samo da bi im sada ponovljeni ogled uspio.

Mana laboratorijske metode je što su nastavni sati za njenu primjenu često prekratki, kao i nedostatak drugih resursa.

I demonstraciona i laboratorijska metoda imaju svoje prednosti i svoje mane. Nastavnik će odabrati metodu u skladu sa uvjetima u kojima radi i sredstvima s kojima raspolaže. Nastavne pripreme nastavnici uglavnom pišu ili revidiraju nekoliko dana ili sedmica unaprijed, što vrijedi i za planirane oglede.

### **1.9. Metodička pravila izvođenja ogleda**

Nijedan od navedenih oblika ogleda ne može sam za sebe ostvariti zadatke koji su postavljeni pred nastavu hemije. Samo primjenom svih oblika ogleda uz usmeno izlaganje i očigledne metode rada uz stvarnu analizu sadržaja rada, radnih uvjeta, predznanja učenika i raspoloživog vremena nastavnik može uspješno postići cilj nastave hemije.

Da bi se ogledom ostvarili ciljevi i zadaci nastave hemije, treba se voditi izvjesnim metodičkim pravilima:

- svaki ogled treba dati odgovor na postavljeno pitanje ili problem,
- učenici trebaju posjedovati adekvatno terojsko predznanje kako bi mogli razumjeti ogled,
- učenici trebaju upoznati aparaturu, pribor, posuđe, materijal i tehniku izvođenja ogleda,
- rezultat ogleda se nikada ne govori unaprijed, već se eventualno nagovještava i traži se od učenika da izvode pretpostavke,
- nastavnik treba objasniti tok ogleda, i crtežom ga prikazati i objasniti,

- po završenom ogledu rezimirati tok ogleda i zabilježiti zapažanja i rezultate,
- ako je u pitanju demonstracioni ogled, svi ga učenici moraju moći neometano vidjeti (nekada to uključuje aparature i posuđe većih dimenzija),
- blagovremeno skrenuti pažnju učenicima na eventualne opasnosti od ogleda i preduzeti sve potrebne mjere radi zaštite učenika (npr. zaštitno staklo/pleksiglas između demonstracionog stola i učenika),
- svaki ogled nastavnik mora brižljivo pripremiti i prethodno isprobati.

Priprema ogleda podrazumijeva njegovu metodičku i tehničku pripremu.

**Metodička priprema** sastoji se u prvom redu u odabiranju ogleda, a zatim u njihovom sveukupnom povezivanju s nastavnim jedinicama u kojima će se oni primjenjivati. Stoga svaki ogled koji se izvodi u nastavi hemije mora biti (1) metodički opravdan i jasan, (2) metodički ispravan (3) i metodički potreban.

Metodički opravdan i jasan je onaj ogled iz koga učenici mogu osjetiti da se postavljeno pitanje ili problem rješava baš tim ogledom, i da se iz njega najjasnije vidi samo ona pojava koja se proučava, bez eventualnih sporednih stvari koje mogu zbuniti učenike.

Metodički ispravan je ogled koji je na osnovu do tada stečenog znanja dovoljno razumljiv, pregledan i ubjedljiv. Zato od više mogućih ogleda uvijek treba izabrati one najjednostavnije, jer jednostavniji ogled je i razumljiviji.

Metodički potreban je ogled koji učenicima omogućava samostalno i kritičko rasuđivanje, razmišljanja, usporedbe i zaključivanja.

Pod **tehničkim pripremanjem ogleda** podrazumijevaju se prije svega prikupljanje, pripremanje i provjeravanje ispravnosti aparata i potrebnog materijala (hemikalija, dijelova aparata i različitog pribora). Neophodno je prethodno probno izvođenje ogleda istim sredstvima i priborom kojima će se oni i na nastavnom satu izvoditi. Ako priprema nije izvršena na odgovarajući način, nastavnik se pretvara u laboranta i gubi mogućnost da vodi rad učenika.

Neposredno prije nastavnog sata potrebno je pripremiti laboratorijski stol, sastaviti potrebnu aparaturu te pripremiti ostali pribor i potrebne

hemikalije. Pri tome nastavnik mora predvidjeti cijeli tok rada na nastavnom satu, svaku pa i najmanju sitnicu i svaki svoj pokret, tako da ogledi teku određenim redom, bez žurbe, ali i bez nepotrebognog zastajkivanja i često vrlo mučne šutnje (stalno treba propitivati ili objašnjavati). Ne smije se nikada desiti da nastavnik u toku samog eksperimentisanja ili neposredno prije njega traži potreban pribor (upaljač, epruvete, čepove i sl.), jer to ne samo da ometa tok eksperimenta, nego umanjuje i ugled nastavnika u očima učenika.

Svaki ogled treba biti sastavni dio same nastave, a ne nešto uzgredno, ne smije biti ilustracija već protumačenog gradiva. U školi nema mjesa ogledima koji se rade bez cilja, samo zato da se „nešto radi“. Treba uvek imati na umu da cilj ogleda nije da zabavlja učenike već da ih nečemu nauči. Na jednom nastavnom satu ne smije se izvesti ni prevelik broj ogleda jer to za učenike predstavlja preveliko kognitivno opterećenje.

Iz svega navedenog jasno je da **ogled treba dominirati i davati obilježje cjelokupnoj nastavi hemije**.

## 1.10. Pismeni izvještaj

Pismene izvještaje o izvedenim ogledima pišu i nastavnici i učenici. Nastavnici ga sastavljaju prilikom pripreme nastavnog sata, dok učenici to rade u toku sata, za vrijeme rada i neposredno nakon njega.

Nastavnikov pismeni izvještaj treba sadržavati:

- naslov ogleda, njegova povezanost s nastavnim planom i programom, planirani ishodi učenja,
- pribor i materijal (posuđe, instrumenti, hemikalije,...), skica aparature,
- postupak (detaljan i jasan opis niza radnji koje treba izvesti),
- očekivani rezultati ogleda,
- napomene na koje aspekte ogleda se učenicima treba skrenuti pažnja,
- pitanja kojima će se usmjeravati pažnja učenika ka određenom zaključku,
- sva potrebna zapažanja i tačan, precizan i jasan zaključak.

Učenici trebaju naučiti savjesno, sistematično i detaljno sastavljati izvještaj. Nastavnik treba sistematski provjeravati pismene izvještaje, ispravljati greške i na dobrim primjerima pokazivati kako se izvještaji

sastavljuju. Pri tome treba biti dosljedan, jer učenici neće vidjeti svrhu pisanja izvještaja ako ih nastavnik na neki način ne vrednuje i ne daje povratne informacije. Pismeni izvještaji učenika obično su sastavni dio njihovog dnevnika rada, mogu sadržavati različite sastavne elemente, ovisno o samom ogledu.

Pismeni izvještaj učenika treba sadržavati:

- naslov ogleda,
- pribor i materijal (posuđe, instrumenti, hemikalije...), skica aparature,
- postupak (jasan opis niza radnji koje treba izvesti),
- rezultate ogleda (tabelarne i/ili grafičke prikaze, potrebne izračune,...),
- zapažanja i tačan, precizan i jasan zaključak.

### **1.11. Kratak historijski uvod u razvoj oblasti obuhvaćenih praktikumom Školski ogledi iz hemije**

U nastavku su dati uvodni tekstovi o oblastima i konceptima obuhvaćenim u ovom praktikumu. Naglasak je stavljen na historijski razvoj kao i na metodičke aspekte, a imajući u vidu da i studenti, kao i nastavnici, posjeduju znanje hemije (engl. *content knowledge*) koje je svakako preduvjet za uspješnu realizaciju nastave hemije na svim nivoima obrazovanja.

**Fizička svojstva tvari** su svojstva koja se mogu odrediti ili izmjeriti bez mijenjanja hemijskog sastava tvari, odnosno bez stupanja tvari u hemijsku reakciju. Fizička svojstva tvari, između ostalih, uključuju rastvorljivost, gustoću, te tačku ključanja.

**Rastvorljivost tvari** definira se kao maksimalna masa te tvari koja se može rastvoriti u određenoj masi (ili volumenu) rastvarača na određenoj temperaturi. Tvar ima različitu rastvorljivost u različitim rastvaračima, što ovisi o polarnosti i tvari i rastvarača. Poznato je empirijsko pravilo da se *slično rastvara u sličnom*, što znači da će polarna tvar biti rastvorljivija u polarnom rastvaraču, i obrnuto.

**Gustoća tvari** definira se kao masa tvari određenog, jediničnog volumena. U hemijskim eksperimentima, mjerena jedinica za gustoću tvari je  $\text{g/cm}^3$ . Učenicima je važno naglasiti da se ova veličina ne smije poistovjećivati s masenom koncentracijom rastvora, koja također ima mernu

jedinicu  $\text{g/cm}^3$ , te objasniti razliku između ovih dviju veličina. Određivanje gustoće tvari može pomoći pri identifikaciji nepoznatog spoja. Historija ovog koncepta počinje čuvenim Arhimedovim „eksperimentom“ kada je uočio da se uranjanjem tijela u vodu njen nivo poveća onoliko koliko odgovara volumenu tijela. Inače, njegov zadatak tada je bio odrediti da li je kraljeva kruna bila zaista načinjena od čistog zlata, ali da pri tome ni na koji način krunu ne smije oštetiti.

**Tačka ključanja (vrelište)** definira se kao temperatura na kojoj tečnost prelazi u plinovito agregatno stanje. Za razliku od tačke topljenja, na tačku ključanja značajan utjecaj ima atmosferski pritisak. Standardna tačka ključanja je, prema IUPAC-u (1982) temperatura na kojoj dolazi do vrenja pod pritiskom od jednog bara ( $10^5 \text{ Pa}$ ).

**Boyleov zakon** nazvan je po irskom filozofu Robertu Boyleu<sup>5</sup> koji ga je prvi objavio 1662. godine. Na odnos između pritiska i volumena plina Boyle su skrenula pozornost dva prijatelja i naučnika-amatera, Richard Towneley i Henry Power. Boyle je njihovo otkriće potvrđio eksperimentima i objavio rezultate. Francuski fizičar Edme Mariotte<sup>6</sup> otkrio je isti zakon neovisno o Boyleu 1676. godine, pa se ovaj zakon može nazvati Mariotteovim ili Mariotte-Boyleovim zakonom.

**Gay-Lussacov<sup>7</sup> zakon** glasi: pritisak određene mase plina direktno je proporcionalan temperaturi toga plina, ako se volumen održava konstantnim, odnosno  $p/T = \text{const.}$  To znači da povećanje temperature uzrokuje povećanje pritiska, i obrnuto. Naime, temperatura je mjera prosječne kinetičke energije; kako se kinetička energija plina povećava, njegove se čestice brže sudaraju sa stijenkama spremnika, tako povećavajući pritisak. Boyleov, dva Gay-Lussacova zakona i Avogadrova hipoteza su temeljni zakoni koji opisuju idealni plin.

Pojam **kiseline** jedan je od vjerojatno najpoznatijih hemijskih koncepata s kojim se učenici upoznaju vrlo rano. U svakodnevnom životu pojmom kiselina povezujemo s kiselim okusom, sposobnošću nagrizanja nekih tvari/predmeta, neugodnim osjećajem „kiseline“ u želucu (probavnim problemima pri kojima hloridna kiselina iz želuca dolazi do jednjaka i uzrokuje neugodan osjećaj žgaravice), kiselim kišama i slično. S druge strane, **baze (lužine, alkalije)** se prepoznaju po svojstvu da „uništavaju“

<sup>5</sup> Robert Boyle (1627-1691), irski filozof, hemičar, fizičar, alhemičar i izumitelj.

<sup>6</sup> Edme Mariotte (1620-1684), francuski fizičar i svećenik

<sup>7</sup> Joseph Louis Gay-Lussac (1778 – 1850), francuski hemičar i fizičar

svojstva kiselina kao što je kiseo okus; tj. neutraliziraju ih. No, teškoću za teorijsko objašnjenje svojstava kiselina, baza i soli predstavljala je činjenica da soli, koje nastaju *neutralizacijom* nisu uvijek *neutralne*, nego imaju kisela ili bazična svojstva, iako ne toliko izražena kao kod kiseline ili baze iz kojih su nastali. Nadalje, tu su i amfoterne tvari koje istovremeno imaju svojstva i kiselina i baza, odnosno u prisustvu baza ponašaju se kao kiseline, a u prisustvu kiselina kao baze.

Jedna od podjela soli jeste *prema sastavu*, i to na (1) neutralne ( $\text{NaCl}$ ), (2) kisele ( $\text{NaHSO}_4$ ), (3) bazne ( $\text{MgOHCl}$ ), (4) dvostrukе ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ), (5) mješovite ( $\text{Ca}(\text{OCl})\text{Cl}$ ) i (6) kompleksne soli ( $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Druga podjela soli je na osnovu *promjene pH vrijednosti* kada se soli rastvore u vodi. Način na koji soli mijenjaju pH rastvora može se predvidjeti. Soli, kao ionski spojevi, sastoje se od aniona i kationa. Ako je kation alkalni ili zemnoalkalni metal (s izuzetkom magnezija i berilija), on će tvoriti *bazni* voden rastvor, jer hidroksidi ovih metala gotovo potpuno disociraju kada se dodaju u vodu, što proizvodi hidroksidni ion i uzrokuje povećanje pH. Ako je u pitanju so čiji anion potječe od jake kiseline, voden rastvor te soli bit će *kiseo*. Jake kiseline, kao i jake baze, potpuno će disocirati u vodi. Kada jake kiseline disociraju, proizvode  $\text{H}^+$ ione, što smanjuje pH rastvora. Ako so sadrži i jak bazni kation i jak kiselinski anion, rastvor će biti *neutralan*.

Pojmovi kiseline i baze u historiji hemije bili su poznati vrlo rano; kiseline kao skup tvari koje dijele neka zajednička svojstva, nasuprot njih baze kao tvari koje dijele neka druga zajednička svojstva, a međusobno su povezani mogućnošću reakcije jednih s drugima. Ideja o klasifikaciji tvari na kiseline i baze vjerojatno je jedna od najstarijih u hemiji. Zapisi o kiselinama i bazama javljaju se još u srednjevjekovnim alhemijskim tekstovima. Međutim, jedan od prvih pokušaja teorijskog objašnjenja pojma kiseline dao je francuski hemičar Antoine L. Lavoisier<sup>8</sup>, koji je smatrao da sve kiseline sadrže kisik; i naziv ovog elementa (oksigen) koji je dao upravo Lavoisier, odražava ovo vjerovanje<sup>9</sup>. Nakon što se saznao da hlorovodična kiselina ( $\text{HCl}$ ) ne sadrži kisik, H. Davy je pretpostavio da je vodik element koji gradi kiseline. Teorijsko objašnjenje svojstava kiselina i baza zabilježeno je tek u

<sup>8</sup> Antoine L. Lavoisier (1743-1794), francuski plemić i hemičar

<sup>9</sup> Grč.: *oxys* – kiselina, kiseo, oštar, i *genes* – koji gradi; naziv *kisik* predložio je Bogoslav Šulek (1816-1895), hrvatski jezikoslovac i prirodoslovac, utemeljitelj hrvatskog znanstvenog nazivlja.

19. stoljeću, i to od strane njemačkog hemičara Justusa Liebiga (tvari koje sadrže vodik, koji se može zamijeniti metalom), te švedskog hemičara Svantea Arrheniusa. Arrheniusova teorija se pokazala odgovarajućom kada su u pitanju vodeni rastvori kiselina i baza, a potom su tu teoriju proširili i dopunili engleski hemičar Thomas Lowry i danski hemičar Johannes Brønsted, a potom i američki hemičar G. N. Lewis, čija teorija je uključivala nevodene sisteme i sisteme bez otapala.

Školski ogledi koji ilustriraju svojstva kiselina, baza i soli su uobičajeni u nastavi hemije. Razlog za to su brojni relativno jednostavni ogledi, te zastupljenost gradiva o ovim vrstama hemijskih spojeva u nastavnim programima hemije na osnovnoškolskom i na srednjoškolskom nivou.

Mnogi od njih uključuju korištenje kiselinsko-baznih indikatora, jer je promjena boje učenicima dojmljiva i lako uočljiva. Indikatori se mogu komercijalno nabaviti, ali i pripremiti, što je obično ekonomski povoljnija varijanta. Iz tog razloga, na kraju ove zbirke ogleda nalaze se upute za pripremanje nekih najčešće korištenih kiselinsko-baznih indikatora. Preporučuje se učenicima demonstrirati i promjenu boje indikatora kada se, umjesto uobičajenih rastvora kiselina i baza, koriste proizvodi koji se mogu naći u svakom domaćinstvu ili trgovini, što omogućuje povezivanje znanja o hemijskim procesima sa svakodnevnim životom.

Preporučuje se učenicima ukazati i na činjenicu da mnogi oksidi i soli također imaju kiselinsko-bazne osobine, kako bi se izbjeglo stvaranje miskoncepcije da su soli uvijek neutralne. Osobina nekih tvari da pokazuju svojstva i kiselina i baza (amfoternost) je takođe izuzetno važna, a jednostavna za demonstrirati.

Na višim nivoima obrazovanja (srednja škola) preporučuju se ogledi koji uključuju kvantitativne odnose, npr. ilustracija činjenice da više kiselina iste količinske koncentracije nemaju istu sposobnost neutralizacije baze jedne koncentracije, potom svojstva pufera, te ogledi koji ilustriraju provodljivost rastvora ionskih spojeva.

**Elektrohemija** je vrlo važan dio hemije, prije svega zbog široke primjene u svakodnevnom životu, ali i povezanosti s drugim naukama i naučnim disciplinama. Nalazi se u kurikulumima hemije na različitim nivoima obrazovanja širom svijeta, ali je prepoznata kao apstraktna i teška tema, kako nastavnicima za poučavanje, tako i učenicima za učenje. Čak se smatra jednom od najtežih tema u nastavi hemije. Iako su provedena mnoga

istraživanja o potencijalnim teškoćama pri učenju i poučavanju elektrohemije, učenici i studenti i dalje imaju slične probleme.

Naziv elektrohemija pojavio se prvi put 1817. godine, objavljinjem knjige *Grundriss der Elektrochemie* autora W. A. Lampadiusa, koji definira elektrohemiju kao „nauku o promjenama koje nastaju u tvarima pod utjecajem elektriciteta“ (Grdenić, 2001). U to vrijeme već su bila poznata epohalna otkrića kao što su Faradayeva dva zakona elektrolize, Davyjeva otkrića alkalnih metala, te Berzeliusova elektrohemiska teorija po kojoj se hemijski elementi dijele na elektropozitivne i elektronegativne, a hemijska sila se svodi na električnu.

Utemeljiteljima elektrohemije smatraju se Michael Faraday<sup>10</sup> i John Daniell<sup>11</sup>.

Faraday je poznat po svojim doprinosima u oblasti elektromagnetizma i elektrohemije, a iako je njegovo formalno obrazovanje bilo vrlo oskudno, smatra se jednim od najutjecajnijih naučnika svih vremena (Rao, 2000). Njegov doprinos elektrohemiji ogleda se u dva zakona elektrolize.

Prvi Faradayev zakon (1832) povezuje količinu elektriciteta koja je prošla kroz elektrolit i količinu tvari koja se prilikom elektrolize izluči na bilo kojoj elektrodi. Naime, on je utvrdio da dvaput jača struja za isto vrijeme izluči dvaput veću količinu tvari, odnosno da je količina izlučenih tvari proporcionalna količini elektriciteta koja je prošla kroz elektrolit:

$$Q = n \cdot F$$

$$F = N_A \cdot e$$

gdje je  $Q$  – količina elektriciteta (C),  $n$  – količina izlučene tvari (mol),  $F$  – Faradayeva konstanta ( $F = 96484 \text{ C/mol}$ ),  $N_A$  - Avogadrova konstanta ( $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ),  $e$  – naboj elektrona ( $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )

Također uvodi pojam elektrohemiskog ekvivalenta - masa tvari (kg) koju izluči jedan kulon elektriciteta.

Drugi Faradayev zakon govori da jednake količine elektriciteta izlučuju različite količine tvari na elektrodama, koje su u omjeru njihovih ekvivalentnih masa (ekvivalentna masa je omjer atomske mase i

<sup>10</sup> Michael Faraday (1791-1867), engleski naučnik

<sup>11</sup> John Frederic Daniell (1790 – 1845), engleski hemičar i fizičar.

naboga/valencije neke tvari). Tako će 1 mol elektrona reducirati 1 mol iona srebra  $\text{Ag}^+$ , dok će ista količina elektrona reducirati 0,5 mola iona  $\text{Cu}^{2+}$ .

Daniell je najpoznatiji po izumu tzv. Daniellovog elementa, koji se sastoji od bakrene i cinkove elektrode uronjene u rastvore bakar(II) i cink(II) sulfata, respektivno. Na anodi se oksidira cink u  $\text{Zn}^{2+}$  ione, a na katodi reduciraju  $\text{Cu}^{2+}$  ioni u elementarni bakar, što rezultira taloženjem elementarnog bakra na katodi i „trošenjem“ cinka. Nijedna polureakcija neće se dogoditi bez prisustva druge, te ove dvije polućelije moraju biti povezane poroznom barijerom, a ako se elektrode i rastvori stave u različite posude, najčešće se za spajanje dviju polućelija koristi soni most, koji sadrži visoku koncentraciju neke soli koja ne ometa reakcije ni u jednoj polućeliji (npr. kalij nitrat). To osigurava protok električne struje.

Zbog svoje jednostavnosti, Daniellov element često se koristi prilikom poučavanja. Daniellov element je reverzibilan, odnosno ako se spoji na izvor struje, reakcija se odvija u suprotnom smjeru, odnosno dolazi do redukcije  $\text{Zn}^{2+}$  i oksidacije bakra.

Teškoće prilikom učenja elektrohemije mogu se svrstati u četiri grupe: vodljivost elektrolita, električna neutralnost, procesi na elektrodama i njihova terminologija, te aspekti vezani sa komponentama ćelije, struje i elektromotorne sile. Osim toga, javlja se i neusklađenost terminologije u udžbenicima i one koju koriste nastavnici, ali problemi najviše dolaze od nedovoljne i neadekvatne pripreme nastavnika za obradu ovih pojmove, pa i nedovoljno razumijevanje istih, što onda rezultira nedovoljnim znanjem i miskoncepcijama kod učenika.

Prema široko prihvaćenoj konstruktivističkoj teoriji učenja, znanje se konstruira u umu učenika, a proces konstrukcije znanja odvija se tako da se novo znanje povezuje sa prethodno stečenim znanjem. Do teškoća u učenju dolazi ako učenici ne posjeduju prethodno znanje (koje nastavnik smatra da oni imaju), ili ako prethodno znanje nije adekvatno (naučno tačno), odnosno ako učenik ima miskoncepcije (pogrešna razumijevanja) stečena ili kroz nastavu ili kroz svakodnevni život. Ako nastavnik uoči postojanje miskoncepcija, od velike je važnosti da ih s učenicima razriješi prije nego počne obrađivati novo nastavno gradivo. Kod poučavanja elektrohemijskih

pojmova efikasnima su se pokazale strategije aktivnog učenja<sup>12</sup> koje uključuju grupni rad učenika i praktične školske oglede koji ilustriraju navedene koncepte te olakšavaju njihovo razumijevanje i učenje.

### Oksidacija i redukcija

Gorenje je jedna od prvih hemijskih reakcija koja je zaintrigirala filozofe. Tako se u predalhemijskom periodu vatra smatrala jednim od četiri elementa, odnosno *počela* ili pramaterije od kojih su izgrađene sve ostale tvari. Dosta kasnije, teorija flogistona, kojom se pokušao objasniti proces gorenja, bila je vrlo popularna i široko prihvaćena među tadašnjim naučnicima. Formulirao ju je Stahl<sup>13</sup>, a prema toj teoriji svaka tvar koja gori sadrži u svom sastavu flogiston, *goreći element*; tvar koja ima više flogistona više gori. Gorenje uglja objašnjavalo se gubitkom flogistona, a pepeo ne gori jer nema flogistona. Redukcija oksida metala ugljem objašnjavala se kao prijenos flogistona sa uglja na oksid. Ograničena sposobnost tvari da gore u zatvorenom sistemu objašnjavale se zasićenošću zraka flogistonom.

Mnogi su se hemijski procesi mogli objasniti ovom teorijom, što je vjerojatno razlog za njenu popularnost i prihvaćenost. Činjenica da teorija flogistona ne objašnjava porast težine (mase) kod oksidacije metala u oksid isprva se zanemarivala, a potom je objašnjavana tako što se flogistonu pripisivala *negativna vrijednost mase*.

Za odbacivanje teorije flogistona vjerojatno je najzaslužniji francuski hemičar Antoine Laurent Lavoisier, ali i engleski hemičar Joseph Priestley koji je najzaslužniji za otkriće kisika. Lavoisier je uočio da je kisik ključan u procesu gorenja sumpora, fosfora, te nastajanja oksida. U svojoj knjizi jasno je naznačio da proces gorenja podrazumijeva hemijsku reakciju između gorive tvari i kisika iz zraka. Ovakvo objašnjenje bilo je zadovoljavajuće i za proces disanja, kao i fotosinteze. Reakcije u kojima se kisik troši nazvao je reakcijama oksidacije, a reakcije u kojima se on troši nazvane su reakcijama redukcije.

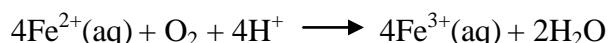
<sup>12</sup> Materijali za učenike i nastavnike dostupni su na linku <https://asdlib.org/activelearningmaterials/electrochemical-methods-of-analysis/> [pristupljeno 09.09.2022.]

<sup>13</sup> Georg Ernst Stahl (1659 – 1734), njemački hemičar, ljekar i filozof

U 19. stoljeću razvoj elektrohemije doveo je do šireg pogleda na oksidaciju. Zabilježeno je da se  $\text{Fe}^{3+}$  ion može dobiti iz  $\text{Fe}^{2+}$  iona na anodi, proces koji ne uključuje kisik.



Reakcijom  $\text{Fe}^{2+}$  sa molekularnim kisikom također se može dobiti  $\text{Fe}^{3+}$ .



Sličnost ovih dvaju procesa dovila je do objašnjenja redoks reakcija prijenosom elektrona. Nakon otkrića elektrona, mišljenje da se oksidacija i redukcija postižu gubitkom i dobivanjem elektrona postalo je čvrsto ukorijenjeno. Stoga su početkom 20. stoljeća hemičari bili skloni sve redoks reakcije pripisati prijenosu elektrona. Međutim, kasnija istraživanja su pokazala netačnost te teorije. Pojam razlike u elektronegativnosti bio je ključni korak za određivanje oksidacijskih brojeva na kojima se temelje reakcije oksidacije i redukcije.

Redoks reakcije nisu značajne samo u hemiji, nego i u biologiji i geologiji. Tako, Zemljina kora predstavlja barijeru između (oksidirajuće) atmosfere i neoksidirane unutrašnjosti. Zemljina kora se uglavnom sastoji od oksida metala, a mora i okeani sadrže vodu, koja je oksid vodika. Pored toga, veliki dio hemijskih tehnoloških procesa bazira se na redukciji, kao što je dobivanje velike većine metala, amonijaka, vodika,...

**Valencija i oksidacijski broj** su različiti koncepti iako opisuju slične stvari. Valencija nekog atoma je broj koji pokazuje s koliko se drugih atoma on može povezati. Koncept valencije je nastao prije nego što su otkriveni elektroni, a oksidacijski broj je, na neki način, nadogradnja ovog pojma, nastao nakon otkrića elektrona i definicije hemijske veze. U suštini, za sam pojam valencije može se reći da je isključivo od didaktičkog značaja.

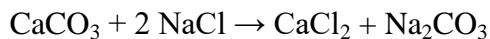
**Hemijski afinitet** bio je ključni koncept u razvoju ideje hemijske ravnoteže krajem 18. i početkom 19. stoljeća. Prva poznata tablica objavljena

je 1718. godine<sup>14</sup> i sastojala se od šesnaest kolona. Na vrhu svake bila je tradicionalna oznaka tvari (ili skupine tvari), a ispod njega simboli tvari s kojima ta tvar reagira, poredanih prema njihovom afinitetu, odnosno, u kombinaciji dviju tvari iz iste kolone, niže rangirana tvar bit će istisnuta više rangiranom tvari. Ova tablica načinjena je na osnovu eksperimentalnih podataka.

Isaac Newton je početkom 18. stoljeća pokušao teorijski objasniti zašto neke tvari hemijski reagiraju s drugima. On je smatrao da u hemiji postoje sile slične gravitacijskoj sili, a kao posljedica toga, neki hemičari su pretpostavili da je hemijski afinitet zapravo gravitacijska privlačnost.

Bergman<sup>15</sup> je smatrao da su sve reakcije potpune i da se odvijaju samo u jednom smjeru, odnosno pretpostavljaо je da je reverzibilna reakcija nemoguća, jer se redoslijed tvari prema afinitetu u tablici nije mogao obrnuti. Smatrao je da je nekoliko tada poznatih „anomalija“ posljedica neadekvatnosti eksperimentalnih podataka, te da će pažljivije eksperimentiranje rezultirati „uklapanjem“ svih hemijskih reakcija u tablicu afiniteta bez nedosljednosti.

Početkom 19. stoljeća ovim reakcijama novo objašnjenje je dao Berthollet<sup>16</sup>, djelomično zahvaljujući njegovom putu u Egipat u sklopu Napoleonovog pohoda, gdje je primijetio stvaranje natrij karbonata na rubovima jezera, a po jednačini:



što je obrnuto od one koju predviđa tablica afiniteta.

Berthollet je ovu pojavu objasnio pomoću velikih količina natrij hlorida i kalcij karbonata, te kontinuiranog uklanjanja produkata reakcije (natrij karbonat je formirao koru oko ruba jezera, a kalcij hlorid se taložio na dnu). Smatrao je da hemijski afinitet nije apsolutan, odnosno da je masa reaktanata faktor koji može „preokrenuti“ smjer hemijske reakcije u odnosu na onaj predviđen tablicom afiniteta. Dakle, ako se dvije tvari različitih afiniteta „takmiče“ kako bi reagirale s trećom tvari, moguće je da tvar koja

<sup>14</sup> Étienne François Geoffroy (1672 – 1731), francuski fizičar i hemičar, najpoznatiji po svojoj tablici afiniteta objavljenoj 1718. godine.

<sup>15</sup> Torbern Olaf Bergman (1735 – 1784), švedski hemičar i mineralog, 1775. godine objavio najveću tablicu hemijskih afiniteta.

<sup>16</sup> Claude Louis Berthollet (1748 – 1822), francuski hemičar.

ima manji afinitet reagira ako je prisutna u većoj količini. Berthollet je također pretpostavio da nijedna reakcija istiskivanja nije potpuna nego da se uspostavlja stanje ravnoteže.

Prva istraživanja hemijskog afiniteta obuhvatala su uglavnom reakcije između kiselina i baza, te reakcije metala s kiselinama. U drugoj polovici 18. stoljeća, Berthelot<sup>17</sup> je počeo s istraživanjima afiniteta u reakcijama esterifikacije. Na osnovu tada dostupnih eksperimentalnih podataka, norveški naučnici Guldberg<sup>18</sup> i Waage<sup>19</sup> su pokušali formulirati matematički izraz koji bi zadovoljavao sve do tada dobivene eksperimentalne podatke. Za razliku od Bertholleta, smatrali su da nije količina tvari ta koja određuje afinitet tvari u reakciji, nego njihove „aktivne mase“, odnosno koncentracije.

Godine 1839. Gay-Lussac zamislio je stanje ravnoteže kao dinamički proces, a Williamson<sup>20</sup> je prvi naučnik koji je predložio submikroskopski model kako bi objasnio stanje hemijske ravnoteže, pretpostavljajući da se tada odvijaju dvije reakcije istovremeno, ali u suprotnim smjerovima. Dakle, reaktanti kao i produkti konstantno se stvaraju i razgrađuju tako da ukupna količina svih tvari ostaje konstantna.

Na ovaj način postavili su temelje **hemijskoj katalizi**. Kataliza je korištena još od antičkih vremena u proizvodnji vina i piva, no mehanizam kataliziranih reakcija nije bio objašnjen sve dok van't Hoff nije formulirao teoriju hemijske ravnoteže. Termin „kataliza“ potječe iz 1836. godine od Berzeliusa, a nastao je iz grčke riječi *kataluein*, što znači *olabaviti* ili *odvezati*. Katalizom se, pored Berzeliusa, bavio i Faraday, ali nijedan od njih nije dao teorijsko objašnjenje pojave da neke tvari ubrzavaju hemijsku reakciju, a iz nje izlaze nepromijenjene po svom hemijskom sastavu. Tek je Ostwald<sup>21</sup> dao definiciju katalizatora kao tvari koja ne utječe na

<sup>17</sup> Pierre Eugène Marcellin Berthelot (1827 - 1907), francuski hemičar, poznat po brojnim sintezama organskih spojeva iz anorganskih.

<sup>18</sup> Cato Maximilian Guldberg (1836 – 1902), norveški matematičar i hemičar, poznat kao pionir fizikalne hemije.

<sup>19</sup> Peter Waage (1833 – 1900), norveški hemičar i Guldbergov zet, koji je s Guldbergom razvio zakon o djelovanju masa.

<sup>20</sup> Alexander William Williamson (1824 – 1904), engleski hemičar

<sup>21</sup> Friedrich Wilhelm Ostwald (1853 – 1932) njemački hemičar i filozof, jedan od utemeljitelja fizikalne hemije, zajedno s Van't Hoffom, Nernstom i Arrheniusom. Godine 1909. dobio je Nobelovu nagradu za hemiju za naučne doprinose u području katalize, hemijske ravnoteže i brzine hemijskih reakcija.

termodinamičku ravnotežu reaktanata i produkata, ali utječe na brzinu hemijskih reakcija.

Cilj stjecanja uvida u rad naučnika koji su izveli mnoge eksperimente i formulirali različita objašnjenja (neka od njih i pogrešna) kako bi objasnili prirodu hemijskih reakcija jeste činjenica da slične probleme prilikom definiranja hemijske ravnoteže i faktora koji na nju utječu mogu imati i učenici prilikom učenja. Zabilježeno je i da često nastavnici imaju određene miskoncepcije koje se vrlo lako prenose na učenike, osobito ako se nastava realizira po ustaljenom modelu „vježbanja“ pisanja matematičkog izraza hemijske ravnoteže, bez dubljeg razumijevanja iste. Stoga nastavnici mogu iskoristiti poznavanje historijskog razvoja koncepta hemijske ravnoteže kako bi istakli kako se do njega došlo, od vjerovanja da se sve hemijske reakcije odvijaju do kraja (nema reverzibilnosti) do pojma konstante hemijske ravnoteže. U poučavanju hemijske ravnoteže svakako mogu pomoći jednostavni školski ogledi kojima se može demonstrirati utjecaj različitih faktora na istu.

**Organska hemija**, pojednostavljeno rečeno, je hemija ugljikovih spojeva. Svoj naziv duguje povijesnoj podjeli hemijskih spojeva na one koji se mogu sintetizirati samo u biljnem ili životinjskom organizmu utjecajem tzv. životne sile (organski spojevi), i one koji se mogu sintetizirati u laboratoriju (anorganski spojevi). Ova, nekad vrlo prihvaćena vitalistička teorija dovedena je u pitanje Wöhlerovim<sup>22</sup> eksperimentom sinteze uree (sastojka urina, organski spoj) iz amonijaka, a potom je definitivno napuštena nakon uspješnih laboratorijskih sinteza drugih organskih spojeva. Ipak, naziv organska hemija je zadržan i danas. Također iz povijesnih razloga, neki spojevi ugljika (karbonati, karbidi, oksidi ugljika, cijanidi) smatraju se anorganskim spojevima, dok se alotropske modifikacije ugljika (grafit, dijamant, fuleren) sastoje od jedne vrste atoma te se općenito ne smatraju spojevima.

Organски spojevi uvijek sadrže hemijski element ugljik, koji se povezuje kovalentnim vezama s drugim atomima ugljika, ili pak s atomima drugih elemenata, kao što su vodik, kisik, ili halogeni elementi. Ovim hemijskim vezama nastaju molekule. Hemijske veze između atoma ugljika, ili atoma ugljika i vodika su stabilne na sobnoj temperaturi, no niska

---

<sup>22</sup> Friedrich Wöhler (1800. – 1882.), njemački hemičar poznat po svom radu u organskoj i anorganskoj hemiji, prvi izolirao hemijske elemente berilij i itrij.

otpornost na povišenu temperaturu karakteristična je za mnoge organske spojeve. Oni već pri temperaturi od nekoliko stotina stepeni Celziusa gore ili se ugljenišu. Ova činjenica posljedica je niske polarnosti C-C i C-H veza u organskim spojevima.

Iako u sastav organskih spojeva ulazi svega nekoliko hemijskih elemenata, postoji nekoliko miliona različitih organskih spojeva, i njihov broj se konstantno povećava.

Organски spojevi su prisutni u svakodnevnom životu, te je s tim u skladu potrebno i učenike osposobiti da izvode oglede, da posmatraju, uočavaju i zapisuju svoja saznanja o njima. Na taj način izbjegava se učenje napamet. Osim toga, kroz ove oglede učenici mogu uočiti neizostavnu povezanost različitih oblasti hemije.

## 2. Školski ogledi

## 2.1. Prečišćavanje otpadne vode

### Pribor:

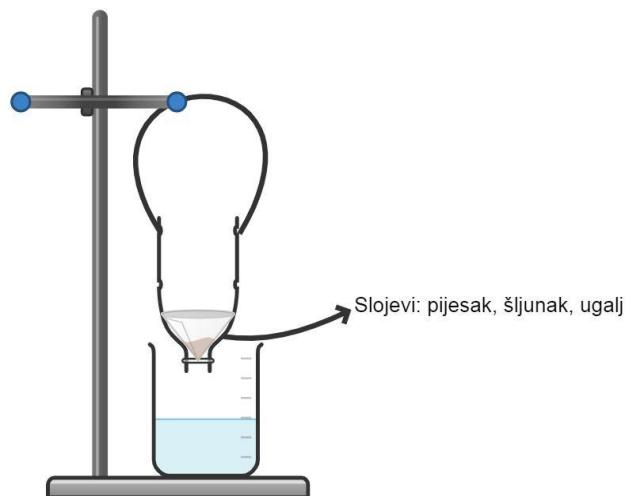
- Laboratorijska čaša od  $250 \text{ cm}^3$ , dvije plastične boce na zavrtanje od  $500 \text{ cm}^3$ , filter papir, plamenik, muf, klema, stativ

### Materijal:

- Voda (blatnjava), pjesak, šljunak, komadići uglja, skalpel (univerzalni, automatski), žica duljine oko 25 cm, ekser

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

Korak	Postupak
1.	Skalpelom odrezati dno plastične boce.
2.	Zagrijati vrh eksera plamenikom. Na 1-2 cm od ruba odrezanog dijela plastične boce, zagrijanim eksrom probušiti dvije rupe, jednu nasuprot drugoj.
3.	Provuci žicu kroz rupe kako bi se boca mogla okačiti.
4.	Okačiti bocu na stativ pomoću žice i mufa.
5.	Postaviti u bocu filter papir.
6.	Zatim na filter papir dodati redom: 3-4 cm pjeska, 3-4 cm isitnjene uglja, 3-4 cm šljunka.
7.	Sa otvora boce ukloniti čep i ispod staviti čistu čašu.
8.	Pažljivo uliti $100-150 \text{ cm}^3$ blatnjave vode u pripremljenu bocu. Posmatrati šta se dešava.  Zapažanja:



Slika 3. Prečišćavanje otpadne vode

### Zaključak

## 2.2. Pravljenje kristala

### Pribor:

- Laboratorijska čaša od  $250 \text{ cm}^3$ , kvalitativni lijevak, plastična kašika, filter papir, grafitna olovka, žica

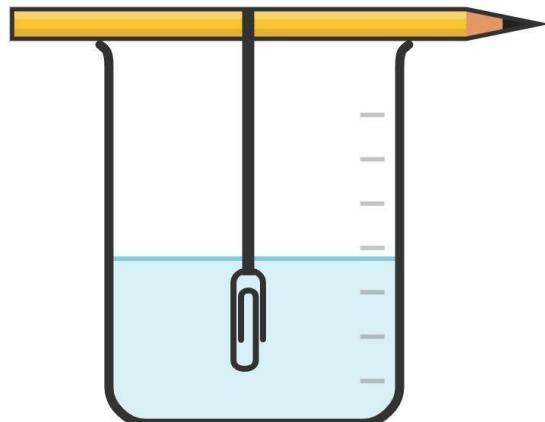
### Materijal:

- Voda sa česme, boja za hranu

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Bakar(II) sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	  

Korak	Postupak
1.	U čašu uliti oko $100 \text{ cm}^3$ tople vode.
2.	Dodavati so i miješati sve dok se ne postigne zasićenost rastvora.
3.	Zatim pripremljini rastvor profiltrirati.
4.	U sakupljeni filtrat dodati nekoliko kapi boje za hranu.
5.	Okačiti spajalicu o žicu.
6.	Pričvrstiti žicu na olovku tako da spajalica visi i da je uronjena u filtrat, dok je olovka pridržava.
7.	Ostaviti sve da stoji neko vrijeme i zabilježiti zapažanja. Zapažanja:



**Slika 4.** Pravljenje kristala

### Zaključak

## 2.3. Gustoća

### Pribor:

- Staklena ili plastična prozirna posuda volumena  $5 \text{ dm}^3$

### Materijal:

- *Coca Cola, Coca Cola Zero, Pepsi*, u bocama od  $500 \text{ cm}^3$ , voda

Korak	Postupak
1.	Uroniti sve tri boce u hladnu vodu. Zapažanja:
2.	Zagrijati oko $3 \text{ dm}^3$ vode na $37^\circ\text{C}$ i uliti u staklenu posudu.
3.	Uroniti sve tri boce u zagrijanu vodu. Zapažanja:

### Zaključak

**Napomena:** Ogled se s istim materijalom može izvesti više puta



## 2.4. Gay-Lussacov zakon

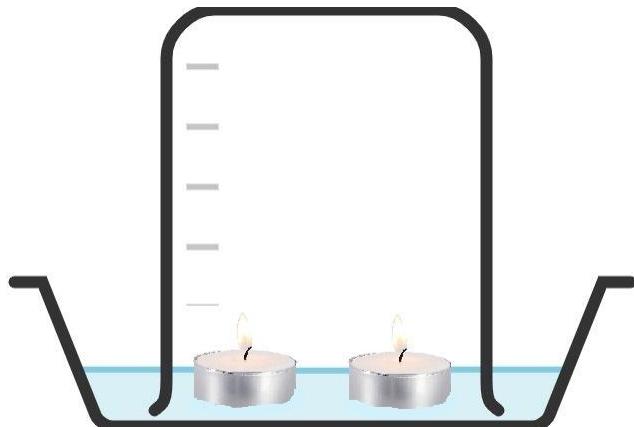
### Pribor:

- Prozirna posuda dubine oko 5 cm, dvije male okrugle svijeće (lučica), upaljač, laboratorijska čaša od  $600 \text{ cm}^3$

### Materijal:

- Voda, plava boja za hranu

Korak	Postupak
1.	Uliti vodu u posudu, tako da zauzme oko 1 cm visine posude.
2.	Dodati nekoliko kapi plave boje za hranu.
3.	Ubaciti dvije male okrugle svijeće u sredinu posude i upaliti plamen.
4.	Sviće poklopiti čašom. Posmatrati. Zapažanja:



Slika 5. Gay-Lussacov zakon

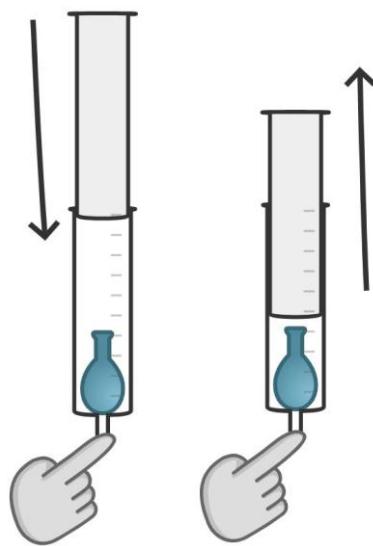
## **Zaključak**

## 2.5. Boyleov zakon

### Pribor:

- Velika šprica od  $100 \text{ cm}^3$ , mali balon

Korak	Postupak
1.	Napuhati balon toliko da odgovara volumenu šprice.
2.	Ubaciti balon u špricu i na otvor umetnuti dio za potiskivanje.
3.	Prstom zatvoriti donji uski otvor šprice i početi potiskivati. Zapažanja:
4.	Pomjeriti prst sa donjeg otvora. Zapažanja:
5.	Potisnuti potiskivač toliko da dođe do površine balona (bez da ga dodiruje).
6.	Prstom zatvoriti donji otvor na šprici i povući potiskivač prema gore. Zapažanja:
7.	Pomjeriti prst sa donjeg otvora. Zapažanja:



Slika 6. Boyleov zakon

### Zaključak

## 2.6. Vizualizacija Avogadrovoog broja

### Pribor:

- Pet prozirnih boca na zavrtanje od 100 cm<sup>3</sup> (ili pet prozirnih plastičnih čaša), analitička vaga, pet plastičnih kašika, pet posuda za vaganje

### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/ formula	Znakovi opasnosti
Natrij hidrogenkarbonat	NaHCO <sub>3</sub>	-
Bakar	Cu	 
Bakar(II) sulfat pentahidrat	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	  
Natrij hlorid	NaCl	-
Voda	H <sub>2</sub> O	-

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu jednog mola natrij hidrogenkarbonata;
- masu jednog mola bakra;

- c) masu jednog mola bakar(II) sulfata pentahidrata;
- d) masu jednog mola natrij hlorida;
- e) masu jednog mola vode.

Korak	Postupak
1.	Odvagati masu jednog mola svake od navedenih tvari prema proračunu iz pripremnih vježbanja.
2.	Prenijeti tvari u zasebne bočice (ili prozirne plastične čaše)
3.	Zabilježiti zapažanja

### Zaključak

Navesti primjere kako se još može pomoći učenicima da vizualiziraju Avogadrov broj.

**Napomena:** Tvari se mogu spremiti u posebne spremnike kako se ne bi vraćale u originalne bočice i time unijele eventualne nečistoće. Za ovu vježbu mogu se koristiti neograničen broj puta.

## 2.7. Osmoza

**Pribor:**

- Tri laboratorijske čaše od  $250 \text{ cm}^3$ , veća metalna kašika

**Materijal:**

- Dva jajeta, sirće, boja za hranu, kukuruzni sirup

Korak	Postupak
1.	Uzeti dva jajeta približno iste veličine. Jedno jaje lagano spustiti u čašu. Voditi računa da se ne razbije. Drugo jaje ostaviti za usporedбу.
2.	Preliti jaje sirćetom. Ulići sirčeta toliko da volumen zauzme prostor do oko dva centimetra od gornje površine jajeta. Ostaviti da stoji jedan dan. Zapažanja:
3.	Nakon jednog dana, izliti sirće iz čaše u odvod i uliti preko jajeta novu porciju sirčeta. Ostaviti da stoji jedan dan. Zapažanja:
4.	Nakon završenog procesa, izliti sirće u odvod i izvaditi lagano jaje iz čaše. Uporeediti ga sa drugim jajetom. Zapažanja:
5.	Jaje koje je stajalo u sirčetu ubaciti u čistu i suhu čašu. Preliti ga kukuruznim sirupom, tako da bude u potpunosti prekriveno.
6.	Veliku metalnu kašiku saviti na granici uskog i širokog dijela, pod ugлом od $80^\circ$ .

7.	Postaviti je u čašu tako da zadržava jaje potopljeno u kukuruznom sirupu.
8.	Držati jaje potopljeno u kukuruznom sirupu jedan dan.
9.	Nakon jednog dana, izliti sirup iz čaše i izvaditi jaje. Uporediti ga sa izgledom jajeta nakon vađenja iz čaše sa sirćetom. Zapažanja:
10.	U čistu čašu uliti oko dvije trećine vode i dodati nekoliko kapi boje za hranu.
11.	Jaje koje je prethodno stajalo u sirupu, ubaciti u čašu sa obojenom vodom. Ostaviti da stoji jedan dan.
12.	Odliti vodu i izvaditi jaje iz čaše. Uporediti ga sa izgledom jajeta nakon vađenja iz čaše sa kukuruznim sirupom. Zapažanja:

### Zaključak

## 2.8. Razlikovanje fizičke i hemijske promjene tvari

### Pribor:

- Dvije epruvete, gumeni čep za epruvetu, analitička vaga, dvije plastične kašike, pet posuda za vaganje, Erlenmeyer tirkvica od  $250\text{ cm}^3$ , laboratorijska kliješta, crna (kartonska) podloga

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Suhi led	$\text{CO}_2$	
Olovo(II) nitrat	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	
Kalij jodid	KI	

**Oprez: Važno je da spojevi olova ne dođu u kontakt s kožom!**

Korak	Postupak
1.	Odvagati po $5\text{ g}$ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ i KI i prenijeti u epruvete.
2.	Pažljivo presuti KI u epruvetu sa $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , u potpunosti naslanjajući rubove epruveta jedan na drugi. Epruvetu zatvoriti gumenim čepom i snažno protresti smjesu. Zapažanja:

3.	<p>U Erlenmeyer tikvicu kliještimu ubaciti dva-tri komadića suhog leda. Protresti tikvicu sa ledom i posmatrati. Na crnu podlogu kliještimu staviti komadić suhog leda i lagano u njega puhati.</p> <p>Zapažanja:</p>
----	---

### **Zaključak**

## 2.9. Tipovi hemijskih reakcija

### Pribor:

- Pet Erlenmeyer tirkvica (jedna tirkvica od  $250\text{ cm}^3$ , četiri tirkvice od  $50\text{ cm}^3$ ), pet kapaljki

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Željezo(III) hlorid heksahidrat	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	 
Natrij karbonat	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	
Amonij tiocijanat	$\text{NH}_4\text{SCN}$	 
Kalij heksacijanidoferat(II)	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	 
Fenolftalein	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	 
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu natrij karbonata da bi se napravilo  $10\text{ g}$  rastvora masenog udjela  $0,05$ .

- b) masu željezo(III) hlorida za pripremu 10 g rastvora masenog udjela 0,5.
- c) masu amonij tiocijanata za pripremu 10 g rastvora masenog udjela 0,30.
- d) masu kalij heksacijanidoferata(II) za pripremu 10 g rastvora masenog udjela 0,05.

### Priprema rastvora

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja

Korak	Postupak
1.	U jednu tikvicu uliti $50 \text{ cm}^3$ destilovane vode.
2.	U drugu tikvicu dodati pet kapi rastvora natrij karbonata ( $w = 0,05$ ).
3.	U treću tikvicu dodati pet kapi rastvora željezo(III) hlorida ( $w = 0,50$ ).
4.	U četvrtu tikvicu dodati 20 kapi rastvora amonij tiocijanata ( $w = 0,30$ ).

5.	U petu tikvicu dodati pet kapi rastvora kalij heksacijanidoferata(II) ( $w = 0,05$ ).
6.	Potom u prvu tikvicu dodati $1 \text{ cm}^3$ rastvora fenolftaleina i promiješati. Ovaj rastvor prelije se u drugu tikvicu, potom iz druge u treću, iz treće u četvrту i na kraju iz četvrte u petu tikvicu. Zabilježiti promjene:

### Zaključak



## 2.10. Test bojenja plamena solima metala

### Pribor:

- Pet laboratorijskih čaša (boroslikatno staklo), kapaljka, plastična kašičica ili špatula, šibica

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	 
Litij hlorid	LiCl	
Kalij hlorid	KCl	*Nije opasna tvar
Kalcij hlorid	CaCl <sub>2</sub>	
Bakar(II) hlorid	CuCl <sub>2</sub>	  
Boratna kiselina	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	

**Napomena:** Umjesto etanola može se koristiti i metanol, ali je metanol jako otrovan i može izazvati sljepoću. U razredu obavezno prakticirati sigurniju verziju ogleda sa etanolom. Također, reakcija uspijeva i bez boratne kiseline, ali je plamen intenzivniji ako se ona doda u reakcijsku smjesu.

Korak	Postupak
1.	U laboratorijske čaše od borosilikatnog stakla odvagati redom po 2,5 g nabrojanih soli i boratne kiseline.
2.	Kapaljkom natopiti odvagane tvari etanolom (1-2 cm <sup>3</sup> ).
3.	Prigušiti rasvjetu u prostoriji i prinijeti reakcijskim smjesama zapaljeni drveni štapić. Zapažanja:

### Zaključak

## 2.11. Pripremanje olovo(II) jodida

### Pribor:

- Tirkvica okruglog dna od  $1\text{ dm}^3$ , Erlenmeyer tirkvica od  $250\text{ cm}^3$ , dvije menzure od  $100\text{ cm}^3$ , menzura od  $5$  ili  $10\text{ cm}^3$ , lampa sa sijalicom jačine  $100\text{ W}$ , crna podloga (kartonska ploča), vodeno kupatilo, stativ, dvije plastične kašičice ili špatule

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Kalij jodid	KI	
Olovo(II) acetat	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	  
Acetatna kiselina	$\text{CH}_3\text{COOH}$	 

**Oprez: Važno je da spojevi olova ne dođu u kontakt s kožom!**

**Napomena:** Umjesto olovo acetata može se koristiti i olovo(II) nitrat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , a umjesto acetatne hloridna kiselina ( $1\text{ mol/dm}^3$ ). Umjesto lampe može se koristiti i svjetlo s mobitela.

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu olovo(II) acetata da bi se napravilo  $100\text{ g}$  rastvora masenog udjela  $0,01$ .

- b) masu kalij jodida za pripremu 100 g rastvora masenog udjela 0,01.

### **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	Odmjeriti menzurom $50 \text{ cm}^3$ pripremljenog rastvora kalij jodida i prenijeti u Erlenmeyer tikvicu.
2.	Odmjeriti menzurom $50 \text{ cm}^3$ pripremljenog rastvora olovo(II) acetata i dodati u tikvicu u kojoj se nalazi rastvor kalij jodida. Zapažanja:
3.	Sačekati 2-3 minute, a potom dekantirati tečni dio od nastalog taloga.
4.	Talog prenijeti u tikvicu okruglog dna u kojoj se nalazi oko $600 \text{ cm}^3$ vruće vode ( $70-80 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Dodati oko $3 \text{ cm}^3$ koncentrovane acetatne kiseline. Zapažanja:
5.	Sadržaj tikvice lagano promiješati i ohladiti pod mlazom hladne vode iz slavine. Zapažanja:

6.	<p>Iza tikvice postaviti tamnu podlogu i usmjeriti svjetlost lampe kroz tikvicu. Zapažanja:</p>
----	---

### Zaključak

**Napomena:** Efekt je još bolji ako je prostorija zamračena.



## 2.12. Nastajanje kompleksa

### Pribor:

- Dvije plastične boce sa raspršivačem, dva bijela papira, kist

### Hemikalije:

Naziv	Hemiska formula	Znakovi opasnosti
Amonij tiocijanat	$\text{NH}_4\text{SCN}$	
Željezo(III) hlorid heksahidrat	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	 
Kalij heksacijanidoferat(II)	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	 

**Napomena:** Ovaj ogled se može naći i pod nazivom „Nevidljiva tinta“ („Invisible ink“ ili Lažna krv („Fake blood“). Kao boca sa raspršivačem može se iskoristiti boca od sredstva za čišćenje.

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu amonij tiocijanata da bi se napravilo 75 g rastvora masenog udjela 0,01.

- b) masu željezo(III) hlorida heksahidrata za pripremu 50 g rastvora masenog udjela 0,05.
- c) masu kalij heksacijanidoferata(II) za 25 g rastvora masenog udjela 0,025.

### **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja

Korak	Postupak
1.	Na dva lista papira kistom ili četkicom i rastvorom željezo(III) hlorida napijeti željeni tekst.
2.	Ostaviti papir da se osuši na zraku ili ga osušiti fenom za kosu.
3.	Pričvrstiti papir na ploču ili zid i jedan poprskati rastvorom amonij tiocijanata, a drugi rastvorom kalij heksacijanidoferata.
4.	Zapažanja:

## **Zaključak**



## 2.13. Reakcije oksidacije i redukcije kroz promjene „hemijskog kameleona“

### Pribor:

- Čaša ili Erlenmeyer tikvica od 200 ili 250 cm<sup>3</sup>, epruveta, menzura od 100 cm<sup>3</sup>, tri plastične kašičice ili špatule

### Hemikalije:

Naziv	Hemadska formula	Znakovi opasnosti
Kalij permanganat	KMnO <sub>4</sub>	
Saharoza	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	-
Natrij hidroksid	NaOH	
Voda	H <sub>2</sub> O	-

Korak	Postupak
1.	Rastvoriti 1-2 kristalića KMnO <sub>4</sub> u nekoliko mililitara destilovane vode u epruveti, da se dobije rastvor roza boje. Veoma je važno ne uzeti previše KMnO <sub>4</sub> jer bi boje u tom slučaju bile veoma tamne i teško bi se uočavale promjene.
2.	Uliti 100 cm <sup>3</sup> vode u Erlenmeyerovu tikvicu.
3.	Dodati 0,5 g čvrstog NaOH i 2,5 g saharoze. Miješati dok se granule i šećer ne rastvore u potpunosti.

4.	<p>Potom uliti rastvor <math>\text{KMnO}_4</math> iz epruvete u tikvicu, lagano promiješati i spustiti je na bijelu podlogu. Nekoliko minuta pratiti promjene koje se odvijaju. Zapažanja:</p>
----	--

### Zaključak

## 2.14. Galvanski element

### Pribor:

- Dvije čaše od  $200\text{ cm}^3$ , čaša od  $250\text{ cm}^3$ , čaša od  $500\text{ cm}^3$ , staklena U-cijev, štapić cinka, štapić bakra, dva kabla sa krokodil nastavcima, digitalni multimetar, stativ

### Hemikalije:

Naziv	Hemadska formula	Znakovi opasnosti
Bakar(II) sulfat	$\text{CuSO}_4$	
Cink sulfat	$\text{ZnSO}_4$	
Kalij nitrat	$\text{KNO}_3$	
Agar-agar	-	-

### Priprema vježbanja

Pripremiti po  $100\text{ cm}^3$  vodenih rastvora bakar(II) sulfata i cink sulfata koncentracije  $1\text{ mol/dm}^3$ .

### *Priprema sonog mosta*

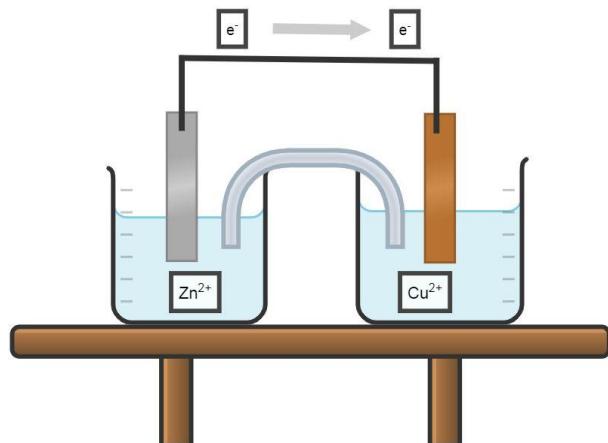
Soni most je najčešće obrnuta U-cijev ispunjena koncentrovanim rastvorom elektrolita. Uglavnom se kao elektroliti koriste soli poput KCl, KNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> itd. Ioni u sonom mostu se odabiru tako da ne ometaju elektrohemiju reakciju tako što bi se sami oksidirali ili redukovali, formirali talog ili komplekse.

Za pripremanje sonog mosta, agar-agar ili želatina se rastvori u vrućem koncentrovanim vodenom rastvoru elektrolita i pripremljeni rastvor se puni u U-cijev. Prilikom hlađenja rastvor dobiva oblik gela u U-cijev. Krajevi U-cijevi se zatvore pamučnom vatom.

- a) Soni most se može pripremiti na slijedeći način: U staklenu čašu od 500 cm<sup>3</sup> uliti vodu i staviti U-cijev tako da u nju ne ulazi voda. U drugu čašu od 250 cm<sup>3</sup> uliti 50 cm<sup>3</sup> destilovane vode, kada voda proključa dodati 17,5 g KNO<sub>3</sub>, potom 1,5 g agar-agara. Zatim odmah puniti U-cijev rastvorom iz čaše od 250 cm<sup>3</sup>, pazеći da se ne stvaraju mjeđurići.
- b) Varijanta sonog mosta sa filter papirom: odrezati traku filter papira dovoljne dužine kako bi povezala dva rastvora u čašama. Uroniti filter papir u zasićeni rastvor soli (često se koristi KNO<sub>3</sub>, a može i NaCl). Sačekati da se traka osuši.

#### **a) Verzija 1**

Korak	Postupak
1.	Postaviti dvije čaše jednu pored druge.
2.	U jednu čašu nasuti 50 cm <sup>3</sup> rastvora CuSO <sub>4</sub> , u drugu 50 cm <sup>3</sup> rastvora ZnSO <sub>4</sub> .
3.	U čašu s rastvorom CuSO <sub>4</sub> uroniti elektrodu od bakra, a u čašu sa ZnSO <sub>4</sub> elektrodu od cinka.
4.	Postaviti soni most tako da jedan dio mosta bude u svakom od rastvora. Umjesto staklene U-cijevi može se koristiti i varijanta s filter papirom. Pogledati sliku za detaljniji prikaz.
5.	Povežite štapiće od cinka i bakra sa multimetrom pomoću kablova sa krokodil nastavcima. Očitati izmjereni napon. U =



Slika 7. Galvanski element

### b) Verzija 2

#### Pribor:

- štapić cinka, štapić bakra, dva kabla sa krokodil nastavcima, digitalni multimetar, limun

Korak	Postupak
1.	U limun zabiti štapić od cinka i štapić od bakra. Neka udaljenost između štapića bude otprilike 1,5 cm do 2 cm.
2.	Povežite štapiće od cinka i bakra sa multimetrom pomoću kablova sa krokodil nastavcima. Očitati izmjereni napon. $U =$

**Napomena:** umjesto limuna može se koristiti kivi ili naranča.

## Zapažanja

## Zaključak

**Napomena:** Sve upotrijebljeno u ogledu može se koristiti više puta.

## 2.15. Elektroliza

### Pribor:

- Izvor istosmjerne struje (4 do 6 V), U-cijev, dvije grafitne elektrode, stativ, klema, muf

### Hemikalije:

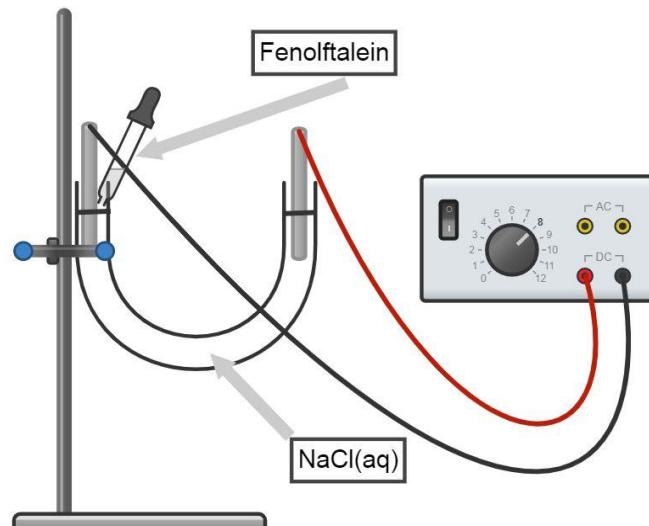
Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Natrij hlorid	NaCl	-
Fenolftalein	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	 

**Oprez: Ogled se izvodi u digestoru!**

### Pripremna vježbanja

Prepremiti 100 cm<sup>3</sup> vodenog rastvora natrij hlorida koncentracije 1mol/dm<sup>3</sup>.

Korak	Postupak
1.	Na stativ pričvrstiti „U“ cijev, a zatim je napuniti rastvorom natrij hlorida.
2.	Dvije grafitne elektrode povezati na gornjem dijelu kablovima koristeći krokodil nastavke. Donji dio elektrode uroniti u U – cijev.
3.	Elektrode spojiti sa izvorom istosmjerne struje.
4.	Na jednoj strani U-cijevi u rastvor natrij hlorida nakapati par kapi fenolftaleina. Pogledati sliku za detaljniji prikaz.
5.	Uključiti izvor istosmjerne struje.



Slika 8. Elektroliza

### Zapažanja

### Zaključak

## 2.16. Olovno drvo

### Pribor:

- Stativ, muf, klema, grafskop, Erlenmeyer tirkvica od  $200\text{ cm}^3$  ili  $250\text{ cm}^3$ , kapaljka, plastična kašičica ili špatula

### Materijal:

- Štapić cinka dužine 15 cm

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Olovo(II) acetat trihidrat	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	  
Acetatna kiselina	$\text{CH}_3\text{COOH}$	 
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Oprez: Važno je da spojevi olova ne dođu u kontakt s kožom.**

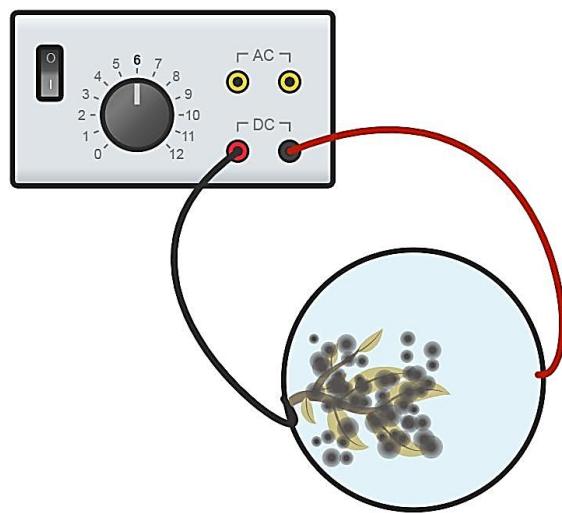
### Pripremna vježbanja

Rastvoriti 20 g olovo(II) acetata trihidrata u  $150\text{ cm}^3$  destilovane vode, te izračunati maseni udio i količinsku koncentraciju u dobivenom rastvoru.

Korak	Postupak
1.	Pripremljen rastvor blago zakiseliti dodavanjem $1 \text{ cm}^3$ koncentrovane acetatne kiseline.
2.	Erlenmeyer tikvicu s ovim bistrim rastvorom postaviti na grafskop.
3.	Pričvrstiti štapić cinka tako da je uronjen u rastvor. Zapažanja:

**Napomena:** Ogled traje oko 30 minuta i mora se izvoditi na stabilnoj podlozi bez pomjeranja. Za bolji efekt prostoriju zamračiti.

### Zaključak



**Slika 9.** Olovno drvo



## 2.17. Dobivanje „srebra“ i „zlata“

### Pribor:

- Porculanska zdjelica, laboratorijska čaša od  $250 \text{ cm}^3$ , tri laboratorijske čaše od  $50 \text{ cm}^3$ , metalni tronožac, menzura od  $25 \text{ cm}^3$ , keramička ili azbestna mrežica, metalna kliješta, tri bakrena novčića, stakleni štapić, plamenik, upaljač

### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	 
Natrij hidroksid	NaOH	
Cink	Zn	
Voda	H <sub>2</sub> O	-

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- a) volumen koncentrovane HCl potreban za pripremanje  $100 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $1\text{mol}/\text{dm}^3$

- b) masu NaOH potrebnu za pripremanje  $50 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije 1 mol/dm<sup>3</sup>

### Priprema rastvora

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	Staviti bakrenu novčiće u čašu i dodati oko $20 \text{ cm}^3$ rastvora hloridne kiseline.
2.	Očistiti novčiće dok ne dobiju bakreno-crvenkasti sjaj.
3.	Menzurom odmjeriti $20 \text{ cm}^3$ vodenog rastvora NaOH i uliti u porculansku zdjelicu.
4.	<b>Polagano</b> dodati oko 4 g cinkovog praha.
5.	Staviti keramičku mrežicu na metalni tronožac. Zdjelicu postaviti na mrežicu i lagano zagrijavati.
6.	Koristeći se klještima vaditi jedan po jedan novčić iz rastvora hloridne kiseline i stavljati ih u porculansku zdjelicu sa pripremljenom smjesom. Sve zagrijavati oko tri minute. Nakon toga novčiće izvaditi i ohladiti u čaši s vodom iz slavine. Zapažanja:
7.	Nakon hlađenja, novčiće unijeti u plamen Bunsenovog plamenika i zagrijavati kratko. Novčiće ponovo ohladiti u vodi. Zapažanja:

## **Zaključak**



## 2.18. Reverzibilna reakcija

### Pribor:

- Tikvica ravnog dna od  $1 \text{ dm}^3$ , električni rešo, stakleni štapić, termometar, dvije menzure (od  $100 \text{ cm}^3$  i od  $50 \text{ cm}^3$ ), kapaljka ili pipeta

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Kalij natrij tartarat tetrahidrat	$\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-
Bakar(II) sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	  
Vodik peroksid	$\text{H}_2\text{O}_2$	

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- a) masu kalij natrij tartarata tetrahidrata da bi se napravilo  $100 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $1 \text{ mol/dm}^3$

- b) masu bakar(II) sulfata pentahidrata za pripremu  $10 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $1 \text{ mol/dm}^3$
- c) masu i volumen rastvora vodik peroksida ( $w = 0,3$ ) za  $100 \text{ cm}^3$  rastvora masenog udjela  $0,03$ ?

### Priprema rastvora

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	U tikvici pomiješati $60 \text{ cm}^3$ vodenog rastvora kalij natrij tartarata i $40 \text{ cm}^3$ rastvora vodikovog peroksida.
2.	Rastvor zagrijati na $50^\circ\text{C}$ i dodati $1 \text{ cm}^3$ rastvora bakar(II) sulfata pentahidrata uz stalno miješanje. Zabilježiti promjene:
3.	Dodati još $40 \text{ cm}^3$ rastvora vodik peroksida. Zabilježiti promjene:

**Napomena:** Ciklični proces se može izvesti 5-6 puta.

### **Zaključak**



## 2.19. Brzina hemijske reakcije

### Pribor:

- Dva odmjerna suda od  $1 \text{ dm}^3$  s čepovima, dvije plastične kašičice ili špatule, štoperica

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Glukoza	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-
Natrij hidroksid	NaOH	
Metilen plavo	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$	
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Napomena:** Ovaj ogled se može naći i pod nazivom „Plava boca“ („Blue Bottle“)

Korak	Postupak
1.	Napuniti destilovanom vodom do polovine oba suda (može se koristiti i voda iz slavine).
2.	U jednom sudu ( $S_1$ ) rastvoriti 2,5 g glukoze, a u drugom ( $S_2$ ) 5 g glukoze.
3.	U sudu $S_1$ dodatno rastvoriti 2,5 g natrij hidroksida, a u sudu $S_2$ 5 g natrij hidroksida.
4.	U svaki sud dodati po $1 \text{ cm}^3$ rastvora metilen plavog ( $w = 0,001$ ).
5.	Začepiti oba suda i dobro protresti. Potom ih ostaviti i pratiti promjenu boje kao i zavisnost brzine reakcije od koncentracije. Zabilježiti:

	<p>(a) promjenu boje koju ste uočili:</p>     <p>(b) vrijeme potrebno da dođe do promjene boje u sudovima <math>S_1</math> i <math>S_2</math>:</p>																		
6.	<p>Nakon što se boja promijeni u oba suda, otvoriti ih, ponovno protresti i začepiti. Zabilježiti uočene promjene:</p>																		
7.	<p>Ponoviti korake 7 i 8 nekoliko puta. Svaki put zabilježiti vrijeme potrebno da dođe do promjene boje</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Broj ponavljanja</th> <th><math>S_1</math> – vrijeme potrebno za promjenu boje</th> <th><math>S_2</math> – vrijeme potrebno za promjenu boje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Broj ponavljanja	$S_1$ – vrijeme potrebno za promjenu boje	$S_2$ – vrijeme potrebno za promjenu boje	1.			2.			3.			4.			5.		
Broj ponavljanja	$S_1$ – vrijeme potrebno za promjenu boje	$S_2$ – vrijeme potrebno za promjenu boje																	
1.																			
2.																			
3.																			
4.																			
5.																			

## **Zaključak**



## 2.20. Katalitička oksidacija amonijaka

### Pribor:

- Erlenmeyer tikvica od  $500 \text{ cm}^3$  – široko grlo, menzura od  $25 \text{ cm}^3$ , malo satno staklo, Bunsenov plamenik, upaljač, laboratorijska kašika od nehrđajućeg čelika s dužom drškom za brzo sagorijevanje (deflagraciju)

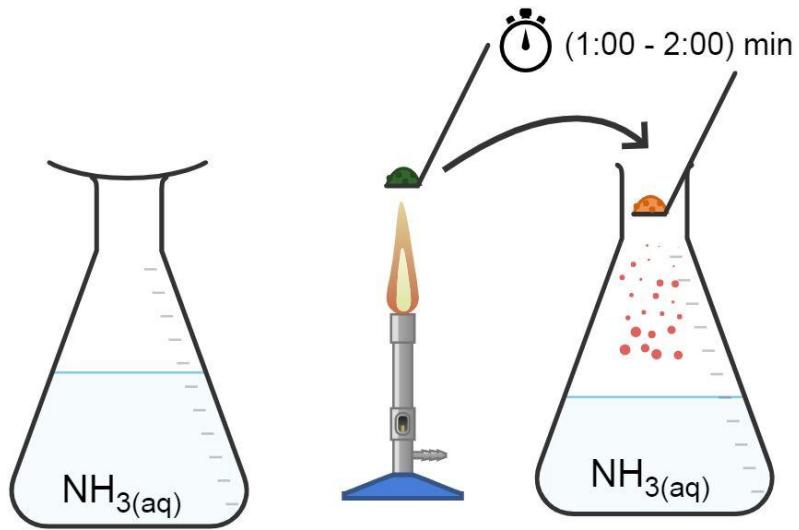
### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Amonij hidroksid	$\text{NH}_4\text{OH}$	  
Hrom(III) oksid	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	-

**Napomena:** Ogled se može naći i pod nazivom „Iskričavi vatromet“

**Oprez: Zbog intenzivnog mirisa amonijaka, ogled se treba izvoditi u digestoru. Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

Korak	Postupak
1.	U Erlenmeyer tikvicu uliti $10 \text{ cm}^3$ koncentrovanog vodenog rastvora amonijaka. Na tikvicu staviti satno staklo.
2.	Laboratorijsku kašiku napuniti hrom(III) oksidom i zagrijavati na plamenu Bunsenovog plamenika 1-2 minute, dok se ne užari.
3.	Otkloniti satno staklo koliko je potrebno i unijeti kašiku s hrom(III) oksidom u grlo tikvice.
4.	Kuckanjem o stijenke tikvice polagano istresati male količine hrom(III) oksida u tikvicu s amonijakom.
5.	Zabilježiti promjene:



**Slika 10.** Katalitička oksidacija amonijaka

### Zaključak

## 2.21. Hemijska ravnoteža

### Pribor:

- Lijevak za odvajanje, četiri menzure od  $5\text{ cm}^3$  ili  $10\text{ cm}^3$

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Kalij jodid	KI	
Bakar(II) sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	  
Hloroform	$\text{CHCl}_3$	 
Amonij hidroksid	$\text{NH}_4\text{OH}$	  

**Oprez: Hloroform i koncentrovani amonijak imaju intenzivan miris i otrovni su. Ogled raditi u digestoru.**

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu kalij jodida za pripremu  $10\text{ g}$  rastvora masenog udjela  $0,25$ .

- b) masu bakar(II) sulfata pentahidrata za pripremu 30 g rastvora masenog udjela 0,15.

### **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	U lijevak za odvajanje uliti $40 \text{ cm}^3$ destilovane vode.
2.	Odmjeriti menzurom $5 \text{ cm}^3$ rastvora bakar(II) sulfata ( $w = 0,15$ ) i dodati u lijevak za odvajanje.
3.	Dodati $5 \text{ cm}^3$ rastvora kalij jodida ( $w = 0,25$ )
4.	Zabilježiti promjene:
5.	U lijevak dodati $20 \text{ cm}^3$ rastvora $\text{CuSO}_4$ ( $w = 0,15$ ) Zabilježiti promjene:
6.	Dodati $5 \text{ cm}^3$ hloroform-a i sadržaj lijevka dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:
7.	Dodati $5 \text{ cm}^3$ koncentrovanog vodenog rastvora amonijaka.
8.	Sve ponovno dobro izmućkati. Zabilježiti promjene:

## **Zaključak**



## 2.22. Hemijska ravnoteža u gaziranoj mineralnoj vodi

### Pribor:

- Puna prozirna neobojena boca gazirane mineralne vode (bez prirodnih ili umjetnih dodataka koji mijenjaju boju), kapaljka, vodeno kupatilo, ledeno kupatilo

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Bromkrezol zeleno	C <sub>21</sub> H <sub>14</sub> Br <sub>4</sub> O <sub>5</sub> S	-

Korak	Postupak
1.	Ohladiti mineralnu vodu u zatvorenoj boci do 0 °C na ledenom kupatilu.
2.	Otvoriti bocu, brzo izliti oko 1/3 volumena mineralne vode, u bocu dodati tri kapi bromkrezol zelenog i zatvoriti bocu. Zabilježiti boju:
3.	Bocu ostaviti na sobnoj temperaturi oko 10 minuta, te je, zatim, snažno protresti i otvoriti kako bi izašao CO <sub>2</sub> . Zabilježiti boju:
4.	Postupak ponavljati sve dok se više ne primjećuje razlika u pritiscima prije i nakon protresanja.
5.	Otvorenou bocu zagrijati u vodenom kupatilu i potom ohladiti. Zabilježiti boju.

## **Zaključak**

## 2.23. Hidroliza soli

### Pribor:

- Dvije tikvice okruglog dna od  $100\text{ cm}^3$  sa čepovima, dvije veće epruvete, stalak za epruvete, stativ, plinski plamenik, šibice, ledeno kupatilo, dvije plastične kašičice ili špatule

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Natrij acetat trihidrat	$\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	-
Aluminij hlorid heksahidrat	$\text{AlCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	
Fenolftalein	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	 
Metil-crveno	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	-
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

### Preparacija vježbanja:

Napisati hemijske jednačine reakcija koje se odvijaju u ovom ogledu.

Korak	Postupak
1.	Odvagati 1 g natrij acetata trihidrata i staviti u epruvetu. Dodati 3 cm <sup>3</sup> destilovane vode i tri kapi rastvora fenolftaleina. Zapažanja:
2.	Odvagati 10 g natrij acetata trihidrata i staviti u tikvicu okruglog dna, dodati 50 cm <sup>3</sup> destilovane vode i pet kapi rastvora fenolftaleina, začepiti tikvicu i lagano zagrijati na rešou. Zapažanja:
3.	Potom sadržaj tikvice pažljivo ohladiti, prvo na sobnoj temperaturi a potom u ledenom kupatilu (kako ne bi došlo do pucanja tikvice). Zapažanja:
4.	Odvagati 1 g aluminij hlorida heksahidrata i staviti u epruvetu. Dodati 3 cm <sup>3</sup> destilovane vode i tri kapi rastvora fenolftaleina. Zapažanja:
5.	Odvagati 10 g aluminij hlorida heksahidrata i staviti u drugu tikvicu okruglog dna, dodati 50 cm <sup>3</sup> destilovane vode i pet kapi rastvora metil-crvenog, začepiti tikvicu i lagano zagrijati. Zapažanja:
6.	Potom sadržaj tikvice pažljivo ohladiti, prvo na sobnoj temperaturi a potom u ledenom kupatilu (kako ne bi došlo do pucanja tikvice). Zapažanja:

## **Zaključak**



## 2.24. Određivanje pH-vrijednosti

### a) pH rastvora soli

#### Pribor:

- Tri epruvete, stalak za epruvete, tri plastične kašičice

#### Materijal:

- Univerzalni indikator

#### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Natrij hlorid	NaCl	-
Natrij acetat trihidrat	CH <sub>3</sub> COONa·3H <sub>2</sub> O	-
Amonij hlorid	NH <sub>4</sub> Cl	
Voda	H <sub>2</sub> O	-

**Napomena:** Koristiti kuhinjsku jodiranu so (NaCl).

Korak	Postupak																
1.	<p>U stalak staviti tri epruvete. U svaku epruvetu kašičicom staviti oko 0,5 g gore navedenih soli i dodati 2-3 cm<sup>3</sup> destilovane vode. Protresti epruvete kako bi se soli rastvorile.</p> <p>a) Ako se koristi rastvor univerzalnog indikatora, dodati po 1-2 kapi u svaku epruvetu. Zabilježiti promjene:</p> <table border="1"> <tr> <td>Epruveta</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Boja univerzalnog indikatora</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Na osnovu promjene boje indikatora odrediti približne pH-vrijednosti ovih rastvora.</p> <table border="1"> <tr> <td>Epruveta</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Epruveta	1	2	3	Boja univerzalnog indikatora				Epruveta	1	2	3	pH			
Epruveta	1	2	3														
Boja univerzalnog indikatora																	
Epruveta	1	2	3														
pH																	
2.	<p>b) Ako se koristi laksus papir, u svaku epruvetu staviti mali komad crvenog i plavog laksus papira. Zabilježiti promjene:</p> <table border="1"> <tr> <td>Epruveta</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Boja crvenog laksus papira</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Boja plavog laksus papira</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Na osnovu promjene boje laksus papira odrediti da li se radi o kiselom, baznom ili neutralnom rastvoru.</p> <p>Epruveta 1: _____</p> <p>Epruveta 2: _____</p> <p>Epruveta 3: _____</p>	Epruveta	1	2	3	Boja crvenog laksus papira				Boja plavog laksus papira							
Epruveta	1	2	3														
Boja crvenog laksus papira																	
Boja plavog laksus papira																	

## Zaključak

### b) Prirodni indikatori

#### Pribor:

- 50 epruveta, naljepnice za epruvete ili flomaster, stalak za epruvete, tri laboratorijske čaše od  $100 \text{ cm}^3$ , tri kapaljke

#### Materijal:

- Alkoholni ili jabučni ocat iz domaćinstva, bijelo vino, iscijeđen sok od limuna, deterdženti za veš, sredstvo za pranje posuđa, tečni sapun za ruke, *Domestos*, varikina, prašak za pecivo, soda bikarbona, tableta vitamina C, ekstrakt crvenog kupusa (1:2), ekstrakt cvekla
- Lakmus papir ili voden rastvor lakmusa

#### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	
Natrij hidroksid	NaOH	
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Napomena:** Koristiti samo svježe iscijedeni sok od crvenog kupusa i cvekla. Tabletu vitamina C rastvoriti u čaši u toploj vodi (ne smije prokuhati). Voditi računa o mjerama predostrožnosti prilikom izvođenja ogleda sa *Domestosom*, deterdžentom za veš, sredstvom za pranje posuđa i varikinom, jer svi podliježu znaku opasnosti:



Korak	Postupak
1.	Od svakog materijala navedenog pod stavkom a) u tabeli pripremiti vodeni rastvor u odnosu 1:1, osim soka od crvenog kupusa i cvekla, koje treba pripremiti u odnosu 1:2.
2.	Od svakog pripremljenog rastvora uliti po $2\text{ cm}^3$ u tri epruvete. Epruvete označiti brojevima (naljepnicama ili flomasterom).
3.	Potom u prvu epruvetu staviti po jedan komadić crvenog i plavog lakmus papira (ili kapaljkom dvije kapi vodenog rastvora lakmusa).
4.	U drugu epruvetu uliti dvije-tri kapi razblaženog vodenog ekstrakta crvenog kupusa.
5.	U treću epruvetu uliti dvije-tri kapi razblaženog vodenog ekstrakta cvekla.
6.	Postupak redom ponoviti za svaki rastvor kojem se određuje kiselost ili bazičnost. Koristiti za svaki indikator zasebnu kapaljku.

U tabelu upisati promjene boje odgovarajućih indikatora:

#	Rastvor	Lakmus Papir		Lakmus indikator	Sok od crvenog kupusa	Sok od cvekla	Procijenjena pH-vrijednost
		Crveni	Plavi				
1.	Hloridna kiselina						
2.	Natrij hidroksid						
3.	Ocat/sirće						
4.	Bijelo vino						
5.	Limunov sok						
6.	Deterdžent za veš						
7.	Deterdžent za pranje posuđa						
8.	Tečni sapun za ruke						
9.	Domestos						
10.	Varikina						
11.	Prašak za pecivo						
12.	Soda bikarbona						
13.	Tableta vitamina C						
14.	Voda						



## **2.25. Određivanje pH-vrijednosti vode sa česme, flaširane negazirane vode i riječne vode**

### **Pribor:**

- pH-metar, laboratorijske čaše, papirni ubrus, dva odmjerna suda od 1 dm<sup>3</sup>

### **Materijal:**

- Uzorci: (a) flaširane negazirane vode u staklenoj boci, (b) flaširane negazirane vode u plastičnoj boci, (c) riječne vode, (d) vode sa česme
- Puferski rastvori proizvođača pH-metra ili pripremljena dva puferska rastvora

### **Hemikalije:**

Naziv	Hemiska formula	Znakovi opasnosti
Kalij hidrogen ftalat	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> KO <sub>4</sub>	-
Kalij dihidrogen fosfat	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-
Dinatrij hidrogen fosfat	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-
Voda	H <sub>2</sub> O	-

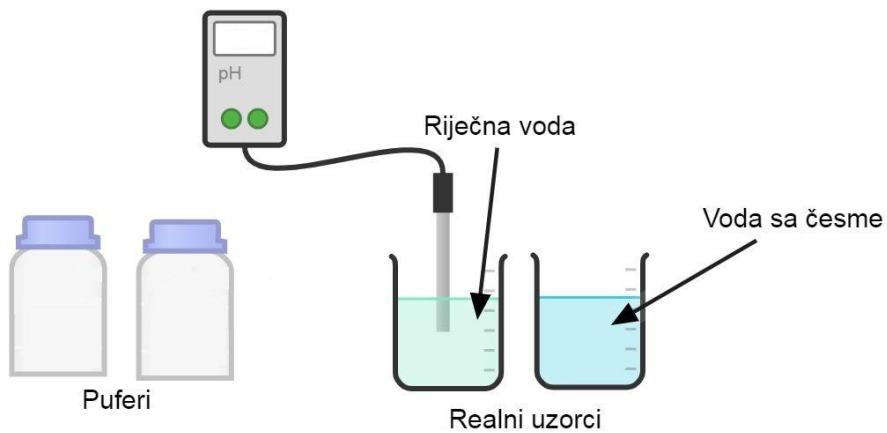
**Napomena:** Voda za pripremu puferskih rastvora se prethodno mora zagrijati da ključa, te ohladiti (s ciljem uklanjanja CO<sub>2</sub>).

### **Pripremna vježbanja:**

- a) Pripremiti standardni rastvor pufera pH = 4,01 (na 25 °C): odvagati 10,211 g C<sub>8</sub>H<sub>5</sub>KO<sub>4</sub> (prethodno sušenog 2 h na 110 °C-130 °C), rastvoriti u destilovanoj vodi, uliti u odmjerni sud od 1 dm<sup>3</sup>. Odmjerni sud dopuniti do markice destilovanom vodom.

- b) Pripremiti standardni rastvor pufera pH = 6,86 (na 25 °C): odvagati 3,402 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> i 3,549 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (prethodno sušenih 2 h na 110 °C-130 °C), rastvoriti u destilovanoj vodi, uliti u odmjerni sud od 1 dm<sup>3</sup>. Odmjerni sud dopuniti do markice destilovanom vodom.
- c) Definisati pH, objasniti princip rada pH-metra, objasniti odabir puferskih rastvora za kalibraciju, navesti šta utiče na promjenu pH vrijednosti vodenih rastvora.
- d) Nađeno je da neki rastvor ima pH = 6,4. Izračunati približnu koncentraciju H<sup>+</sup> i OH<sup>-</sup> iona.

Korak	Postupak
1.	<p>Kalibrirati pH-metar koristeći odgovarajuće puferске rastvore (2 puferska rastvora):</p> <p>Upaliti pH-metar podesiti temperaturu na <math>25^{\circ}\text{C}</math> i pritisnuti tipku <i>cal</i>, zatim uroniti elektrodu u prvi rastvor pufera, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p> <p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom.</p> <p>Uroniti elektrodu u drugi rastvor pufera, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p> <p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom. Kada se na displeju pH-metra pojavi znak <i>cal ok</i>, kalibracija je uspješno provedena. U slučaju izostanka znaka <i>cal ok</i> neophodno je ponoviti prethodno opisani postupak.</p>
2.	<p>Uroniti elektrodu u uzorak vode sa česme, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p>
3.	<p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom.</p>
4.	<p>Uroniti elektrodu u uzorak flaširane vode iz staklene boce, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p>
5.	<p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom</p>
6.	<p>Uroniti elektrodu u uzorak flaširane vode iz plastične boce, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p>
7.	<p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom.</p>
8.	<p>Uroniti elektrodu u uzorak riječne vode, zabilježiti pH vrijednost sa displeja pH-metra.</p> <p>pH =</p>
9.	<p>Isprati elektrodu destilovanom vodom i posušti papirnim ubrusom.</p>



**Slika 11.** Određivanje pH različitih uzoraka vode

### Zaključak

## 2.26. Svojstva indikatora

### Pribor:

- Erlenmeyer tirkvica od  $100 \text{ cm}^3$ , epruveta, gumeni čep za epruvetu, plastična kašika, plastička kapaljka, menzura od  $50 \text{ cm}^3$

### Materijal:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Glukoza	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-
Bromtimol plavo	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$	-
Fenolftalein	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	
Izopropil alkohol	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	
Hloridna kiselina	$\text{HCl}$	
Kalij karbonat	$\text{K}_2\text{CO}_3$	
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

### Pripremna vježbanja

Izračunati volumen koncentrovane hloridne kiseline potrebne za pripremanje  $10 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $6 \text{ mol/dm}^3$ . Za gustoću koncentrovanog rastvora hloridne kiseline uzeti  $\rho = 1,2 \text{ g/cm}^3$ , a za maseni udio  $\text{HCl} w = 0,37$ .

Korak	Postupak
1.	Menzurom odmjeriti i u Erlenmeyer tikvici pomiješati po $50\text{ cm}^3$ destilovane vode i izopropil alkohola ( $w = 0,70$ ).
2.	U epruvetu dodati kap-dvije hloridne kiseline koncentracije $6\text{ mol/dm}^3$ .
3.	U smjesu vode i alkohola dodati nekoliko kapi indikatora bromtimol plavog. Zapažanja:
4.	Dio smjese iz Erlenmeyer tikvice izliti u epruvetu sa kiselinom (napuniti oko pola raspoloživog volumena epruvete). Zapažanja:
5.	U epruvetu sa smjesom dodati tri-četiri kašičice kalij karbonata. Zapažanja:
6.	Zatvoriti epruvetu gumenim čepom i snažno protresti. Vratiti epruvetu u stalak. Posmatrati. Zapažanja:
7.	Ponoviti korake 1-3. U smjesu dodati i nekoliko kapi fenolftaleina. Zapažanja:

	Ponoviti korake 4-6. Zapažanja:  8.
--	--

### Zaključak



## 2.27. Ugljična kiselina i pH indikatori

### Pribor:

- Tri menzure od  $1000 \text{ cm}^3$ , tri plastične kapaljke, kliješta

### Materijal:

- Univerzalni indikator

### Hemikalije:

Naziv	Hemadska formula	Znakovi opasnosti
Natrij hidroksid	NaOH	
Fenolftalein	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	
Bromtimol plavo	C <sub>27</sub> H <sub>28</sub> Br <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S	-
Suhi led	CO <sub>2</sub>	-

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- a) masu natrij hidroksida da bi se napravilo  $50 \text{ cm}^3$  vodenog rastvora koncentracije  $2 \text{ mol/dm}^3$ .

## **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvor prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	Uliti po $500 \text{ cm}^3$ vode u tri menzure.
2.	U prvu menzuru dodati 10 kapi univerzalnog indikatora, u drugu 10 kapi bromtimol plavog, a u treću 10 kapi fenolftaleina.
3.	Dodati u sve tri menzure po 2-3 kapi rastvora NaOH i promiješati. Zapažanja:
4.	Kliještima ubaciti u svaku menzuru komadić suhog leda. Zabilježiti promjene. Zapažanja:

## **Zaključak**

## 2.28. Svojstva magnezija

### a) Reakcija magnezija s vodom (I)

#### Pribor:

- Plamenik, šibice, epruveta, drvena hvataljka, stalak za epruvete

#### Materijal:

- Magnezijeva traka

#### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/ formula	Znakovi opasnosti
Magnezij	Mg	
Fenolftalein	C <sub>20</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	 
Voda	H <sub>2</sub> O	-

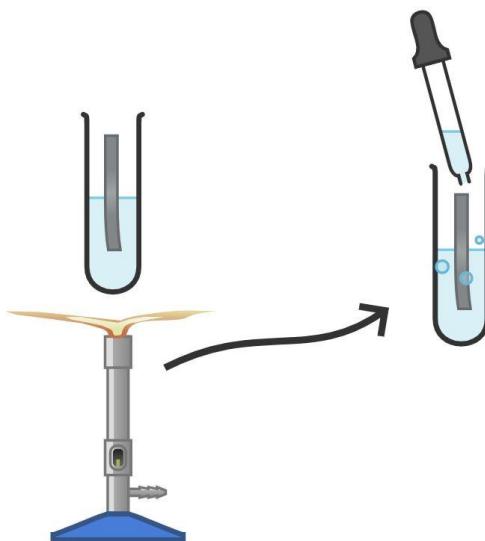
**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

#### Pripremna vježbanja

Napisati jednačinu hemijske reakcije između magnezija i vode.

Pripremiti rastvor fenoftaleina prema uputama u prilogu.

Korak	Postupak
1.	U epruvetu staviti mali komad magnezijeve trake i dodati $3\text{ cm}^3$ destilovane vode.
2.	Koristeći plinski plamenik zagrijati sadržaj epruvete do ključanja.
3.	Kada sadržaj proključa, ugasiti plamenik, i u rastvor dodati nekoliko kapi rastvora fenolftaleina. Zabilježiti promjene:



Slika 12. Reakcija magnezija s vodom (I)

### Zaključak

## b) Reakcija magnezija s vodom (II)

### Pribor:

- Laboratorijska čaša od  $250 \text{ cm}^3$ , kvalitativni lijevak ( $r = 1,5 \text{ cm}$ ), epruveta

### Materijal:

- Strugotine magnezija, univerzalni indikator

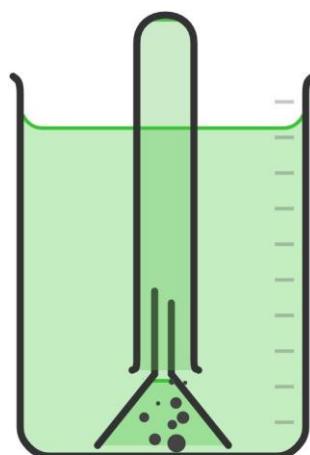
### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/formula	Znakovi opasnosti
Magnezij	Mg	
Voda	H <sub>2</sub> O	-

Korak	Postupak
7.	Uliti u čašu $200 \text{ cm}^3$ destilovane vode. Dodati nekoliko kapi univerzalnog indikatora. (zeleno)
8.	Napuniti epruvetu tom vodom i otvorom okrenutu prema dolje uroniti u čašu sa vodom i indikatorom.
9.	Lagano spuštajući, dodati punu kašičicu sitnih strugotina magnezija u čašu. Malim lijevkom pokušati poklopiti što je moguće više strugotina na površini vode i dnu čaše. Voditi računa da grlo lijevka treba biti ispod nivoa vode. Zatim napunjenu epruvetu lagano staviti na otvor grla lijevka.
10.	Nakon 10 minuta zabilježiti zapažanja. Zapažanja:

11.

Ostaviti da stoji nekoliko sati. Zabilježiti zapažanja.  
Zapažanja:



**Slika 13.** Reakcija magnezija s vodom (II)

### Zaključak

### c) Gorenje magnezija

#### Pribor:

- Keramička pločica, niska limena posuda, tamna plastična boca od  $2\text{ dm}^3$  bez dna, šibice, plastična kašičica, špatula, satno staklo, kapaljka, crveni i plavi lakiški papir

#### Materijal:

- Magnezijeva traka, magnezijev prah

#### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/formula	Znakovi opasnosti
Magnezij	Mg	
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Oprez: Magnezij gori blještavim plamenom koji se ne smije gledati. Prejako svjetlo može oštetiti očni živac. Plamen treba posmatrati kroz tamno obojenu zaštitnu pregradu!**

#### Pripremna vježbanja

Napisati jednačine hemijskih reakcija gorenja magnezija, te produkta gorenja sa vodom.

Korak	Postupak
1.	U limenu posudu staviti kašičicu magnezijevog praha i u njega utaknuti komadić magnezijeve trake. Preko posude staviti tamnu plastičnu bocu bez dna. Zapaliti magnezijevu traku.
2.	a) Kad sav magnezij izgori, promotriti nastalu tvar. Špatulom pažljivo ukloniti gornji sloj praha. Zabilježiti boju praha:
3.	b) Malo gornjeg sloja praha staviti špatulom na satno staklo i dotaknuti ga crvenim i plavim lakmus papirićem navlaženim destilovanom vodom.
4.	c) Malo donjeg sloja praha staviti špatulom na satno staklo i na njega kapnuti nekoliko kapi destilovane vode. Obratiti pažnju na miris. <b>Iznad praha</b> stavite navlažene lakmus papiriće. Zabilježiti promjene:

### Zaključak

## 2.29. Svojstva aluminija

### a) Verzija 1

#### Pribor:

- Tri laboratorijske čaše od  $100\text{ cm}^3$ , menzura od  $50\text{ cm}^3$ , menzura od  $200\text{ cm}^3$ , tri plastične kapaljke

#### Materijal:

- Aluminijска folija

Naziv	Hemijска formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	 
Natrij hidroksid	NaOH	
Bromtimol plavo	C <sub>27</sub> H <sub>28</sub> Br <sub>2</sub> O <sub>5</sub> S	-
Voda	H <sub>2</sub> O	-

#### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu natrij hidroksida da bi se napravilo  $10\text{ g}$  vodenog rastvora masenog udjela  $0,2$ .

- b) volumen koncentrovane hloridne kiseline za pripremu  $10 \text{ cm}^3$  vodenog rastvora masenog udjela 0,2.

### **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja

Korak	Postupak
1.	Menzurom odmjeriti $150 \text{ cm}^3$ vode u čašu od $250 \text{ cm}^3$ , a zatim u vodu dodati nekoliko mililitara indikatora.
2.	U tri čaše od $100 \text{ cm}^3$ odmjeriti po $50 \text{ cm}^3$ napravljenog rastvora indikatora. Čaše prekriti komadima alumijjske folije i pričvrstiti je za rubove. Prvu i treću čašu obilježiti brojevima 1 i 2.
3.	Na foliju na čaši 1 kapaljkom nakapati desetak kapi rastvora hloridne kiseline, a na foliju na čaši 2 nakapati desetak kapi rastvora natrij hidroksida. Posmatrati šta se dešava na folijama u toku vremena. Zapažanja:

## Zaključak

### b) Verzija 2

#### Pribor:

- Četiri Erlenmeyer tikvice od  $250\text{ cm}^3$ , dva odmjerna suda od  $100\text{ cm}^3$ , pipeta, tri plastične kapaljke, drveni štapić, upaljač

#### Materijal:

- Aluminijскаfolija

Naziv	Hemijска formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	 
Sulfatna kiselina	$\text{H}_2\text{SO}_4$	
Bakar(II) sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	  
Bakar(II) hlorid dihidrat	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	  
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

## Pripremna vježbanja

## Izračunati:

- a) volumen koncentrovane hloridne kiseline za pripremu  $100 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $1 \text{ mol/dm}^3$ .
  
  - b) volumen koncentrovane sulfatne kiseline za pripremu  $100 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $0,5 \text{ mol/dm}^3$ .

## Priprema rastvora

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	U jednu Erlenmeyer tikvicu dodati oko 0,5 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ i preliti rastvorom hloridne kiseline, a u drugu oko 0,5 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ i preliti rastvorom sulfatne kiseline.
2.	U druge dvije Erlenmeyer tikvice staviti po jedan komad aluminijске folije (3x3 cm). Jedan komad aluminijске folije preliti rastvorom $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ u hloridnoj kiselini, a drugi komad rastvorom $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ u sulfatnoj kiselini.
3.	Dok reakcija traje, u obje tikvice unijeti tinjajuću triješćicu. Zapažanja:

### Zaključak



## 2.30. Određivanje sadržaja aluminija u Al foliji

### Pribor:

- Dvije Erlenmeyer tikvice od  $250 \text{ cm}^3$ , menzura od  $50 \text{ cm}^3$ , ledeno kupatilo

### Materijal:

- Komad aluminijске folije

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	 

### Pripremna vježbanja

Izračunati volumen koncentrovane HCl potreban za pripremanje  $100 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $6 \text{ mol/dm}^3$ .

### Priprema rastvora

Pripremiti rastvor prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	Izvagati 0,5 g aluminijске folije, te 0,5 g čistog aluminija.
2.	Odmjeriti po $50 \text{ cm}^3$ rastvora hloridne kiseline u dvije tikvice, izvagati ih i zabilježiti masu.
3.	Potom uroniti tikvice u leđeno kupatilo oko 10 minuta, dok se temperatura snizi na oko $0^\circ\text{C}$ . Dok se tikvice još nalaze u ledenom kupatilu, pažljivo u jednu staviti izvaganu aluminijsku foliju, a u drugu čisti aluminij. Pratiti i bilježiti promjene. Zapažanja:
4.	Sistem ostaviti da stoji oko 30 minuta.
5.	Nakon toga, izvaditi tikvice iz leđenog kupatila, posušiti ih i ponovo izvagati.

### Zaključak

Izračunati količinu ( $n$ ) vodika nastalog u reakciji aluminija i hloridne kiseline (na osnovu razlike u masama tikvice prije i nakon hemijske reakcije).

Koristeći dobiveni podatak i podatak o masi aluminija, odrediti stehiometrijski odnos količina reaktanata u reakciji čistog aluminija sa hloridnom kiselinom.

Izračunati količinu ( $n$ ) vodika nastalog u reakciji aluminija iz aluminijске folije i hloridne kiseline (na osnovu razlike u masama tikvice prije i nakon hemijske reakcije).

Koristeći dobiveni podatak, stehiometrijski odnos iz prethodnog računa, te podatak o masi aluminijске folije, izračunati maseni udio ( $w$ ) čistog aluminija u aluminijskoj foliji.

Na osnovu jednačine hemijske reakcije, odrediti limitirajući reaktant i reaktant u višku.

## 2.31. Polarnost molekula

### a) Ispitivanje polarnosti poznatih tvari

#### Pribor:

- Bireta od  $50\text{ cm}^3$ , dvije čaše od  $100$  ili  $250\text{ cm}^3$ , stalak s epruvetama, kapaljka, plastična kašičica ili špatula

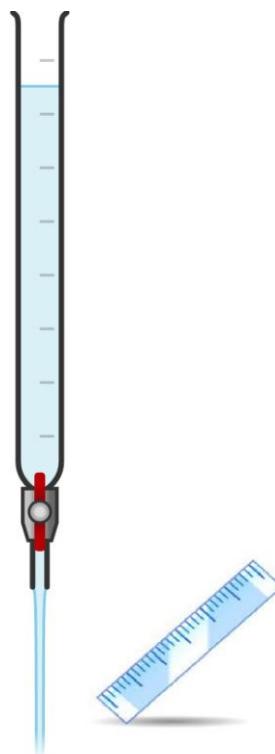
#### Materijal:

- Plastični predmet (linijar, vješalica, češalj i sl.), tkanina

#### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	 
Tetrahlormetan	$\text{CCl}_4$	 
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-
Dietileter	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	 
Jod	$\text{I}_2$	  

Korak	Postupak
1.	Jedan kraj plastične vješalice protrljati tkaninom. Biretu napunjenu vodom otvoriti tako da tanki mlaz ističe u čašu. Električki nabijenu plastičnu vješalicu približite tankom mlazu vode. Zapažanja:
2.	Ogled ponoviti s drugom biretom napunjenom tetrahlormetanom. Zapažanja:
3.	U epruveti pomiješajte po 5-6 kapi vode i tetrahlormetana. Zapažanja:



**Slika 14.** Polarnost molekula

## Zaključak

**Napomena:** Tetrahlormetan iz birete može se ispustiti u odgovarajuću posudu te koristiti više puta.

### b) Određivanje identiteta nepoznate organske tvari na osnovu polarnosti

Korak	Postupak
1.	U epruvetama označenim sa A, B, C i D su četiri rastvarača. Na raspolaganju su: voda (A), etanol, tetrahlormetan i eter.
2.	U praznoj epruveti pomiješati po nekoliko kapi rastvarača A i B. Sadržaj promiješati protresanjem epruvete.  Zapažanja:  A i C:  A i D:
3.	Ponoviti korak 2 sa rastvaračima iz epruveta A i C, te A i D.  Zapažanja:  A i C:  A i D:
4.	U svaku od početnih epruveta (A, B, C i D) staviti po kristalić joda i promućkati.

	Zapažanja:  A:  B:  C:  D:
5.	Na temelju zapažanja iz izvedenih ogleda zaključiti koji je rastvarač u kojoj epruveti.

### **Zaključak**

Nepoznati rastvarač	A	B	C	D
	voda			
Obrazloženje				

## 2.32. Svojstva alkohola

### Pribor:

- Pet epruveta, stalak za epruvete, čaša od  $250\text{ cm}^3$ , termometar, tronožac, keramička mrežica, plamenik, šibice/upaljač, injekcijska šprica od  $5\text{ cm}^3$ , flomaster

### Hemikalije:

Naziv	Hemadska formula	Znakovi opasnosti
Metanol	$\text{CH}_3\text{OH}$	  
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	 
1-propanol	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	  
1-butanol	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	  
1-pentanol	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	  
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom. Ne provlačiti otvor epruvete kroz plamen jer su alkoholne pare zapaljive.**

### a) pH vrijednost i temperatura ključanja alkohola

Korak	Postupak
1.	Označiti pet epruveta flomasterom slovima A-E. Redom u epruvete uliti oko $5 \text{ cm}^3$ sljedećih alkohola: metanol, etanol, 1-propanol, 1-butanol i 1-pentanol. Pomoću univerzalnog indikatorskog papira odrediti pH vrijednost alkohola i zabilježiti je: Zapažanja: A: B: C: D: E:
2.	U časi zagrijati oko $100 \text{ cm}^3$ vode do ključanja. U vodu uroniti epruvete. Zabilježiti u kojim epruvetama alkoholi ključaju i izmjeriti temperature ključanja. Zapažanja: A: B: C: D: E:
3.	Alkohole koji nisu proključali preliti u epruvete. Zagrijati na plamenu do ključanja i zabilježiti temperaturu ključanja. Zapažanja:
4.	Prikazati grafički ovisnost temperature ključanja od broja atoma ugljika u molekulama.

## Zaključak

### b) Rastvorljivost alkohola u vodi

Korak	Postupak
1.	U jednu epruvetu uliti oko $5 \text{ cm}^3$ vode i zabilježiti flomasterom nivo vode. Polagano <u>niz stijenku</u> u istu epruvetu uliti špricom $5 \text{ cm}^3$ etanola i epruvetu odložiti u stalak.
2.	Zabilježiti nivo tečnosti u epruveti. Začepiti gumenim čepom i lagano promućkati.
3.	Postupak u koraku 1 ponoviti sa sljedećim alkoholima: 1-propanol, 1-butanol i 1-pentanol.
4.	Promućkati i uporediti rastvorljivost alkohola u vodi. Zapažanja:

## **Zaključak**

## 2.33. Dokazivanje vode u etanolu

### Pribor:

- Epruveta, lončić za žarenje, laboratorijska kašičica ili špatula, laboratorijska kliješta, tronožac, trokut za žarenje, plamenik, šibice, menzura od  $10\text{ cm}^3$

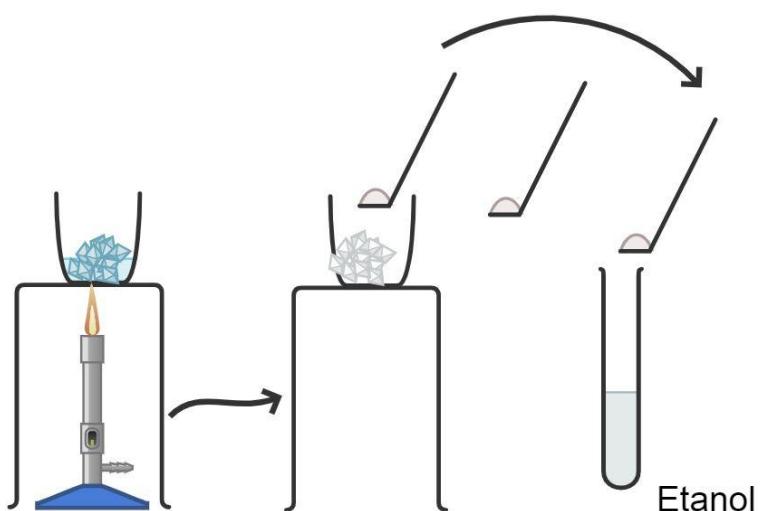
### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	 
Bakar(II) sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	  

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

Korak	Postupak
1.	Nekoliko kristalića $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (oko 0,5 g) žariti u čistom porculanskom lončiću dok ne promijene boju iz plave u bijelu.
2.	U epruvetu uliti oko $2\text{ cm}^3$ etanola ( $w = 0,96$ ).
3.	Kašičicom ili špatulom prenijeti dobiveni bijeli prah u epruvetu s etanolom. Zapažanja:

## Zaključak



**Slika 15.** Dokazivanje vode u etanolu

## 2.34. Oksidacija alkohola do aldehida

### Pribor:

- Tri epruvete, plamenik, šibice, stalak za epruvete

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Sulfatna kiselina	$\text{H}_2\text{SO}_4$	
Kalij dihromat	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	    
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	 

**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

### Preparacija vježbanja

Izračunati:

- a) potreban volumen koncentrovane sulfatne kiseline za pripremanje  $25 \text{ cm}^3$  rastvora  $c = 2,5 \text{ mol/dm}^3$

- b) potrebnu masu kalij dihromata za pripremanje  $25 \text{ cm}^3$  rastvora  $c = 0,5 \text{ mol/dm}^3$

Korak	Postupak
1.	Uliti u epruvetu 3-4 $\text{cm}^3$ rastvora sulfatne kiseline, potom 3-4 kapi rastvora kalij dihromata i 2-3 kapi etanola.
2.	Reakcijsku smjesu zagrijati do ključanja. Zapažanja:

### Zaključak

## 2.35. Reakcija kalij permanganata s glicerolom

### Pribor:

- Dvije porculanske zdjelice, avan s tučkom, dvije kapaljke, plastična kašičica ili špatula

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Kalij permanganat	KMnO <sub>4</sub>	
Glicerol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	-

**Oprez: Ogled raditi u digestoru!**

Korak	Postupak
1.	U avanu se oprezno usitni 5 g kristala kalij permanganata.
2.	Prah se stavi u jednu porculansku zdjelicu, a u drugu se stavi 5 g kristala kalij permanganata.
3.	Špatulom od kristala i praha napraviti piramidu na čijem vrhu se načini rupica u koju će se dokapati glicerol.
4.	Kapaljkom pažljivo kap po kap dodati po 2 cm <sup>3</sup> glicerola na permanganat u svakoj od zdjelica. Zapažanja:

## **Zaključak**

## 2.36. Dobivanje estera

### Pribor:

- Pet epruveta, stalak za epruvete, tirkvica od  $250\text{ cm}^3$ , plinski plamenik, šibice, tronožac s mrežicom, vodeno kupatilo, kapaljke

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Sulfatna kiselina	$\text{H}_2\text{SO}_4$	
Acetatna kiselina	$\text{CH}_3\text{COOH}$	
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
1-pentanol	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	
2-pentanol	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	
3-metil-butanska kiselina	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$	
Benzojeva kiselina	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	
Salicilna kiselina	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	

**Oprez:** Neki esteri imaju neugodan miris. Ogled raditi u digestoru ili u dobro provjetrenoj prostoriji. Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.

Korak	Postupak
1.	(I) Pentil acetat (amil acetat) U epruveti pomiješati po $2\text{ cm}^3$ 1-pentanola i acetatne kiseline. Kapaljkom pažljivo dodati $1\text{-}2\text{ cm}^3$ koncentrovane sulfatne kiseline. Smjesu <b>kratko i pažljivo</b> zagrijati na plamenu plinskog plamenika i provjeriti miris koji se izdvaja. Zapažanja:
2.	(II) Izopentil 3-metilbutanoat U epruveti pomiješati $3\text{ cm}^3$ 2-pentanola, $3\text{ cm}^3$ 3-metil-butanske kiseline i kapaljkom pažljivo dodati $1\text{ cm}^3$ koncentrovane sulfatne kiseline. Blago zagrijati na plamenu plinskog plamenika. Ispočetka se izdvaja neugodan, a potom prijatan miris. Zapažanja:
3.	(III) Etil benzoat U epruveti pomiješati 1 g benzojeve kiseline i $4\text{ cm}^3$ etanola. Kapaljkom pažljivo dodati $1\text{-}2\text{ cm}^3$ koncentrovane sulfatne kiseline. Smjesu blago zagrijati i provjeriti miris koji se izdvaja. Zapažanja:

## Zaključak

Napisati jednačine hemijskih reakcija. Na osnovu jednačina:

- a) odrediti limitirajući reaktant u svakoj reakciji.
- b) procijeniti kako će na prinos reakcije utjecati smanjenje ili povećanje količine nekog od reaktanata.
- c) procijeniti kako bi na prinos reakcije utjecalo uklanjanje produkta iz reakcijske smjese.

**Napomena:** Dobivenim produktima mogu se ispitati fizičke osobine (tačka ključanja, rastvorljivost, gustoća).



## 2.37. Svojstva vode i acetona

### Pribor:

- Veća epruveta ili plastična prozirna boca, dvije Erlenmeyer tikvice od  $100 \text{ cm}^3$ , gumeni čep za epruvetu, menzura od  $100 \text{ cm}^3$ , plastična prozirna boca od  $100 \text{ cm}^3$

### Materijal:

- Žuta boja za hranu, crvena boja za hranu, plave i zelene šljokice (*glitter*)

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-
Aceton	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	 
Natrij hlorid	$\text{NaCl}$	-

### Pripremna vježbanja

Izračunati:

- masu  $\text{NaCl}$  potrebnu za pripremanje  $50 \text{ g}$  rastvora masenog udjela  $0,17$ .

## **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvor prema proračunu iz pripremnih vježbanja

Korak	Postupak
1.	Uliti u tikvicu $35 \text{ cm}^3$ acetona.
2.	U aceton dodati malo plavih šljokica i snažno promućkati.
3.	U drugu tikvicu uliti $20 \text{ cm}^3$ vode. Dodati jednu kap žute boje za hranu.
4.	U veliku epruvetu uliti vodu sa žutom bojom, a zatim dekantirati tečni dio iz tikvice sa acetonom i šljokicama. Snažno promućkati smjesu. Zapažanja:
5.	U epruvetu sa smjesom dodati oko 0,5 g natrij hlorida. Zatvoriti epruvetu čepom i snažno promućkati. Ostaviti epruvetu u stalak i posmatrati. Zapažanja:
6.	Uliti u plastičnu prozirnu bocu do polovine 17 % rastvora natrij hlorida.
7.	Zatim bocu dopuniti acetonom.
8.	Dodati nekoliko kapi zelene boje pripremljene miješanjem acetona i šljokica. Kada se plava boja „spusti“, dodati nekoliko kapi crvene boje za hranu.
9.	Bocu zatvoriti i snažno promućkati smjesu. Ostaviti je na ravnu površinu i posmatrati. Zapažanja:

## Zaključak

**Napomena:** Smjesa se može držati u zatvorenoj boci i koristiti za demonstriranje više puta.



## 2.38. Svojstva glukoze

### Pribor:

- Erlenmeyer tikvica od  $250 \text{ cm}^3$ , gumeni čep, menzura od  $50 \text{ cm}^3$ , menzura od  $100 \text{ cm}^3$ , plastična kapaljka

### Hemikalije:

Naziv	Hemisjska formula	Znakovi opasnosti
Glukoza	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	-
Indigo karmin	$\text{C}_{16}\text{H}_8\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\text{S}_2$	
Natrij hidroksid	$\text{NaOH}$	
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

### Preporučljiva priprema vježbanja

Izračunati:

- masu indigo karmina potrebnu za pripremanje  $5 \text{ g}$  rastvora masenog udjela  $0,02$ .
- masu  $\text{NaOH}$  potrebnu za pripremanje  $50 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $1 \text{ mol/dm}^3$ .

- c) masu D-glukoze potrebnu za pripremanje 200 g rastvora masenog udjela 0,03.

Korak	Postupak
1.	U Erlenmeyer tikvicu uliti $200 \text{ cm}^3$ rastvora glukoze.
2.	Plastičnom kapaljkom dodati $1 \text{ cm}^3$ rastvora indigo karmina u rastvor glukoze i zatvoriti tikvicu čepom.
3.	Menzurom odmjeriti $40 \text{ cm}^3$ rastvora NaOH.
4.	Uliti rastvor NaOH u tikvicu sa smjesom glukoze i indikatora i zatvoriti tikvicu čepom. Posmatrati. Zapažanja:
5.	Zatim promućkati smjesu u tikkici i ostaviti da stoji neko vrijeme. Posmatrati. Zapažanja:

## **Zaključak**



## 2.39. Polimerizacija

### Pribor:

- Dvije laboratorijske čaše od  $250 \text{ cm}^3$ , dva staklena štapića, plastična kašika

### Materijal:

- Voda, prozirno tečno ljepilo za papir, boja za hranu, boraks

Korak	Postupak
1.	Uliti u čašu oko $100 \text{ cm}^3$ tople vode.
2.	Dodati kašičicu boraksa u vodu. Promiješati dok se boraks ne rastvori u potpunosti.
3.	U drugu čašu uliti oko $100 \text{ cm}^3$ tople vode.
4.	U vodu istresti cijelu bočicu prozirnog ljepila. Miješati neko vrijeme.
5.	U smjesu vode i ljepila dodati nekoliko kapi boje za hranu i promiješati.
6.	Presuti rastvor boraksa u smjesu ljepila i vode.
7.	Konačnu smjesu miješati i posmatrati. Zapažanja:

## **Zaključak**

## 2.40. Svojstva sapuna

### a) Verzija 1

#### Pribor:

- Osam epruveta sa gumenim čepovima, stalak za epruvete, laboratorijska čaša od  $150\text{ cm}^3$ , menzura od  $10\text{ cm}^3$ , plastična kapaljka, plastična kašičica, špahtla, makaze, 2 komada vunenog konca dužine oko 25 cm

#### Materijal:

- Sapun za pranje veša, maslinovo (ili neko drugo biljno) ulje, drveni ugljen u prahu

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	 
Kalcij hidroksid	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	 
Magnezij hlorid	$\text{MgCl}_2$	-
Srebro nitrat	$\text{AgNO}_3$	  
Kalij hlorid	$\text{KCl}$	-
Fenolftalein	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	 
Voda	$\text{H}_2\text{O}$	-

Korak	Postupak
1.	Označiti epruvete brojevima od 1 do 8 i staviti u stalak za epruvete
2.	Uliti u epruvete 1 i 2 po $1 \text{ cm}^3$ rastvora sapuna. Dodati $2 \text{ cm}^3$ vode i lagano promiješati protresanjem.
3.	Uliti u epruvete 3 i 4 po $3 \text{ cm}^3$ vode (ukupni volumen treba biti kao u epruvetama 1 i 2).
4.	Uliti oko $5 \text{ cm}^3$ rastvora sapuna u epruvete 5-8
5.	Pipetom uliti po 2 kapi maslinovog ulja u epruvete 1-3. Začepiti epruvete čepom i snažno promućkati. Vratiti epruvete u stalak i izmjeriti vrijeme potrebno da se slojevi odvoje. Zapažanja:
6.	Krajeve dva vunena konca protrljati od drveni ugljen. Kraj jednoga konca uroniti u epruvetu 2, a drugog u epruvetu 4. Voditi računa da drugi kraj konca visi izvan epruvete, kako bi se konac mogao izvaditi radi posmatranja. Začepiti prstom i snažno promiješati. Zapažanja:
7.	U čašu uliti pola kašičice sapuna za pranje veša, dodati $10 \text{ cm}^3$ apsolutnog etanola, i kapaljkom dodati nekoliko kapi rastvora fenolftaleina. Razblažiti destiliranom vodom do pojave promjene. Zapažanja:

8.	<p>Uliti 1-2 kapi rastvora kalcij hidroksida u epruvetu 5, te nekoliko kapi magnezij hlorida u epruvetu 6. Začepiti gumenim čepom i snažno promućkati.</p> <p>Zapažanja:</p>
9.	<p>Uliti nekoliko kapi rastvora u srebro nitrata epruvetu 7, te nekoliko kapi kalij hlorida u epruvetu 8. Začepiti obje epruvete gumenim čepom i snažno promućkati.</p> <p>Zapažanja:</p>

### **Zaključak**

## b) Verzija 2

### Pribor:

- Kristalizirka od 300 cm<sup>3</sup>, bočica uskog grla od 50 cm<sup>3</sup>, laboratorijska čaša od 250 cm<sup>3</sup>, stakleni štapić, plastična kašičica ili špahtla, plastična kapaljka, plamenik

### Materijal:

- Maslinovo ulje, organska boja rastvorljiva u ulju, sapun za pranje veša, deterdžent za pranje posuđa, voda

### Hemikalije:

Naziv	Hemijski simbol/formula	Znakovi opasnosti
Sumpor	S	
Stearinska kiselina	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	-

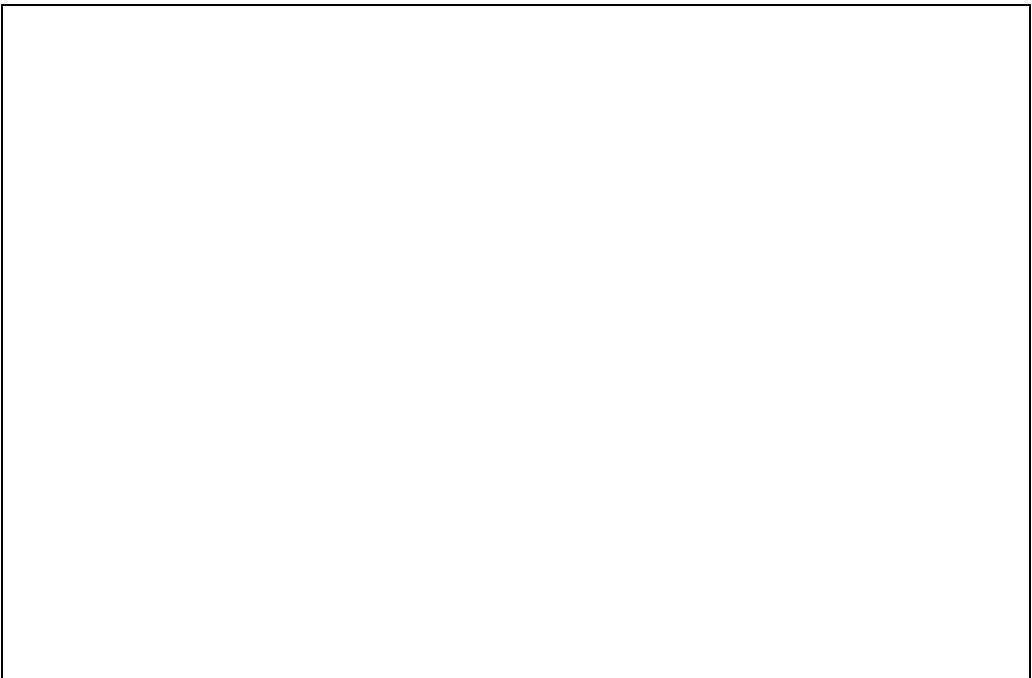
**Oprez: Pažnja je potrebna prilikom rada s plamenikom.**

Korak	Postupak
1.	Uliti 60 cm <sup>3</sup> maslinovog ulja u čašu, dodati nekoliko kapi organske boje i promiješati staklenim štapićem dok se ulje ne oboji u potpunosti. Napuniti bočicu do vrha obojenim uljem i staviti bočicu u čašu.
2.	Uliti vodu u čašu ali tako da se ne ulijeva preko ulja. Kada nivo vode dosegne visinu ruba bočice, ulijevati vodu polako i pažljivo, uz rub čaše. Prestati ulijevati vodu kada njen nivo bude oko 3 cm iznad otvora bočice.

3.	Polako staviti nekoliko kapi deterdženta na površinu vode iznad bočice. Zapažanja:
4.	Toplom vodom napuniti kristalizirku do 2/3 volumena. Lagano poprskati površinu vode sumporovim prahom. Uroniti rub komada sapuna u sredinu. Zapažanja:
5.	U jednu čašu nasuti stearinsku kiselinu u prahu do 2/3 volumena i zagrijati na laganom plamenu ( $T_{t \text{ Stearinska kiselina}} = 69 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Toplom vodom napuniti drugu kristalizirku do 2/3 volumena. Kad sva stearinska kiselina pređe u tečno agregatno stanje, polako je izliti na površinu vode tako da formira sloj debljine oko 0,5 cm. Zapažanja:
6.	Kad se stearinska kiselina potpuno stvrdne, čvrsti sloj polako izvaditi iz posude. Držati sloj iznad posude i polako pokvasiti vodom s gornje, a potom s donje strane. Zapažanja:

### **Zaključak**

Skicirati kako se molekule sapuna ponašaju u kontaktu s tvarima netopivim u vodi.



## 2.41. Tyndallov efekt

### Pribor:

- Grafoskop, tirkvica ravnog dna od  $1 \text{ dm}^3$ , stakleni štapić, kapaljka, menzura od  $250 \text{ cm}^3$

### Hemikalije:

Naziv	Hemiska formula	Znakovi opasnosti
Hloridna kiselina	HCl	 
Natrij tiosulfat pentahidrat	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	-

**Napomena:** Ovaj ogled može se pronaći i pod nazivom „Zalazak Sunca“ („The chemical sunset“)

### Priprema vježbanja

Izračunati:

- a) potreban volumen koncentrovane hloridne kiseline da bi se napravilo  $20 \text{ cm}^3$  rastvora masenog udjela 0,05.
- b) masu natrij tiosulfata pentahidrata za pripremu 500 g rastvora masenog udjela 0,02.

## **Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja

Korak	Postupak
1.	U tikvicu od $1 \text{ dm}^3$ uliti rastvor natrij tiosulfata do polovine.
2.	Postaviti tikvicu na grafskop, uključiti ga i posmatrati sliku na zidu ili ekranu. Oštrinu podesiti tako da je krug koji čini tikvica oštar – on predstavlja Sunce.
3.	Potom kapaljkom dodavati rastvor hloridne kiseline u tikvicu uz konstantno miješanje. Zapažanja:

## **Zaključak**

## 2.42. Gustoća i polarnost tvari

### Pribor:

- Duboka staklena posuda, lampa ravne površine, laboratorijska čaša od  $100 \text{ cm}^3$ , plastična kašika

### Materijal:

- Sirće, jestivo ulje, soda bikarbona, boja za hranu

Korak	Postupak
1.	U staklenu posudu dodati oko 10 g natrij hidrogenkarbonata.
2.	Zatim uliti jestivo ulje tako da zauzme oko $\frac{3}{4}$ posude.
3.	U čašu uliti oko $50 \text{ cm}^3$ sirćeta. Zatim dodati oko $1 \text{ cm}^3$ boje za hranu.
4.	Staklenu posudu sa natrij hidrogenkarbonatom staviti na osvijetljenu površinu. Smjesu iz čaše preliti preko ulja i posmatrati šta se dešava. Zapažanja:

### Zaključak



## 2.43. Svojstva kurkume

### Pribor:

- Tri laboratorijske čaše od  $100 \text{ cm}^3$ , dvije plastične kašike, bijeli papir, dva štapića s vatom, vata

### Materijal:

- Sirće, kurkuma, deterdžent za pranje veša, voda

Korak	Postupak
1.	U čašu uliti oko $70 \text{ cm}^3$ vode i dodati oko 1g kurkume. Promiješati.
2.	Vatu umočiti u pripremljenu smjesu i premazivati preko cijele površine papira.
3.	Dok se papir suši, u drugu čašu ulici oko $70 \text{ cm}^3$ vode i dodati oko 1 g deterdženta za pranje veša. Promiješati.
4.	Štapić sa vatom umočiti u pripremljenu smjesu i crtati po osušenom papiru (slika po želji). Zapažanja:
5.	Drugi štapić sa vatom umočiti u sirće i brisati dijelove slike. Zapažanja:

### Zaključak



## 2.44. Dokazivanje vještački izmijenjenog sastava mlijeka

### Pribor:

- Pet laboratorijskih čaša od  $25\text{ cm}^3$ , papirni ubrus, menzure od  $20\text{ cm}^3$  i  $5\text{ cm}^3$  (2 komada), plastična kašičica

### Materijal:

- Brašno, mlijeko, soda bikarbona

### Hemikalije:

Naziv	Hemijska formula	Znakovi opasnosti
Jod	$I_2$	
Etanol	$C_2H_5OH$	
Natrij hidrogenkarbonat	$NaHCO_3$	-
Fenol crveno	$C_{19}H_{14}O_5S$	
Škrob	$(C_6H_{10}O_5)_n$	-
Voda	$H_2O$	-

**Pripremna vježbanja:**

Izračunati:

- a) potrebnu masu joda i volumen etanola za pripremu  $25 \text{ cm}^3$  rastvora volumnog udjela joda 0,01.
  
  
  
  
  
  
- b) potrebnu masu fenol crvenog i volumen etanola za pripremu  $10 \text{ cm}^3$  rastvora masenog udjela fenol crvenog 0,01.

**Priprema rastvora**

Pripremiti rastvore prema proračunu iz pripremnih vježbanja.

Korak	Postupak
1.	U čašu uliti menzurom oko $15 \text{ cm}^3$ mlijeka.
2.	U mlijeko dodati menzurom $2 \text{ cm}^3$ rastvora joda u etanolu.
3.	Sadržaj dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:
4.	U sljedeću čašu uliti menzurom oko $15 \text{ cm}^3$ mlijeka.
5.	U čašu sa mlijekom dodati oko 2 g škroba.
6.	Zatim u čašu dodati menzurom $2 \text{ cm}^3$ rastvora joda u etanolu.

7.	Sadržaj dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:
8.	U čašu uliti menzurom oko $15 \text{ cm}^3$ mlijeka.
9.	U čašu sa mlijekom dodati oko 3 g brašna.
10.	Zatim u čašu dodati menzurom oko $2 \text{ cm}^3$ rastvora joda u etanolu.
11.	Sadržaj dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:
12.	U čašu uliti menzurom oko $10 \text{ cm}^3$ mlijeka.
13.	U mlijeko dodati menzurom $5 \text{ cm}^3$ rastvora fenol crvenog u etanolu.
14.	Sadržaj dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:
15.	U čašu uliti menzurom oko $10 \text{ cm}^3$ mlijeka.
16.	U čašu sa mlijekom dodati oko 3 g natrij hidrogenkarbonata (ili sode bikarbone).
17.	U mlijeko dodati menzurom $5 \text{ cm}^3$ rastvora fenol crvenog u etanolu.
18.	Sadržaj dobro izmiješati. Zabilježiti promjene:

## **Zaključak**

### 3. Literatura

- Bishoff, J. P. (2016, May). *Periodical: Managing chemical wastes in the High School Lab*. Retrieved April 11, 2023, from <https://teachchemistry.org/periodical/issues/may-2016/managing-chemical-wastes-in-the-high-school-lab>
- Bolte, C., Streller, S., & Hofstein, A. (2013). How to motivate students and raise their interest in chemistry education. In *Teaching chemistry—a studybook* (pp. 67-95). Brill.
- Centers for Disease Control and Prevention (2014). *School Chemistry Laboratory Safety Guide*. Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved April 7, 2023, from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-107/default.html>
- Chemical Traffic Light Experiment, Dostupno na: [Chemical Traffic Light Experiment \(sciencenotes.org\)](https://sciencenotes.org/), [Pristupljeno: 2. 12. 2022.]
- Dragić, R. (1973). *Metodika nastave hemije*. Sarajevo: Svjetlost
- Dunning, T. (2012). *Natural Experiments in the Social Sciences: A Design-Based Approach*. Cambridge University Press.
- Encyclopaedia Britannica (2022). *Historical origins of the redox concept*. <https://www.britannica.com/science/oxidation-reduction-reaction/Historical-origins-of-the-redox-concept> (20.1.2023.)
- Galijašević, S., Dugandžić, V. (2014). *Uvod u laboratorijski rad: praktikum*. Sarajevo: Prirodno-matematički fakultet.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1990). Common misconceptions in electrochemistry: Can we improve students' understanding of this topic? *Chemed: Australian Journal of Chemical Education*, 27(3), 3-11.
- Grdenić, D. (2001). *Povijest kemije*. Zagreb: Novi Liber/Školska knjiga
- Kahrović, E. (2005). *Anorganska hemija*. Sarajevo: Bemust
- Memić, M. & Žero, S. (2016). *Praktikum iz instrumentalnih metoda analize*. Sarajevo: Prirodno-matematički fakultet
- Moulijn, J.A., van Leeuwen, P.W.N.M., van Santen, R.A. (Eds.), (1993) Chapter 1- History of catalysis. (1993). *Studies in Surface Science and Catalysis*, 3–21. [https://doi.org/10.1016/s0167-2991\(08\)63805-7](https://doi.org/10.1016/s0167-2991(08)63805-7)
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education* 69(3), 191-196. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- Ogude, A. N. & Bradley, J. D. (1994). Ionic conduction and electrical neutrality in operating electrochemical cells: Pre-college and college student interpretations. *Journal of Chemical Education* 71(1), 29-34. <https://doi.org/10.1021/ed071p29>

- Posthuma, E. (2019). *Integrating three types of chemical representation*. Chemical Education Xchange. Retrieved April 7, 2023, from <https://www.chemedx.org/article/integrating-three-types-chemical-representation>
- Quílez, J. (2017). The historical development of the basic ideas concerning chemical equilibrium. *ChemTexts* 3, 695-708. <https://doi.org/10.1007/s40828-017-0040-1>
- Rajchakit, U., Limpanuparb, T. (2016). Greening the traffic light: air oxidation of vitamin C catalyzed by indicators. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1486-1489.
- Rao, C. N. R. (2000). *Understanding Chemistry*. Universities Press. p. 281.
- Reaction of magnesium with water, Dostupno na: [Magnesium with water - YouTube](#)
- Royal Society of Chemistry: Dancing flames, Dostupno na: <http://www.rsc.org/eic/2014/09/aluminium-oxide-chloride-reaction>
- Royal Society of Chemistry: Demonstrate intermolecular forces with colourful separations, Dostupno na: [Demonstrate intermolecular forces with colourful separations | Exhibition chemistry | RSC Education](#)
- Royal Society of Chemistry: Steaming ahead with magnesium, Dostupno na: [The reaction of magnesium with steam | Exhibition chemistry | RSC Education](#)
- Royal Society of Chemistry: Turning copper coins into “silver” and “gold”, Dostupno na: [Turning copper coins into ‘silver’ and ‘gold’ | Experiment | RSC Education](#). [Pristupljeno: 9. 9. 2022.]
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching* 34(4), 377-398. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199704\)34:4<377::AID-JTEA7>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199704)34:4<377::AID-JTEA7>3.0.CO;2-O)
- Science on Stage (2018). *Lilu's House: Language Skills through Experiments*. Science on Stage Deutschland e.V., Berlin, Germany, <https://www.science-on-stage.eu/material/lilus-house> (01.09.2022).
- Scientific American: Boyle’s Law, Dostupno na: [In and Out: Demonstrating Boyle's Law - Scientific American](#) [Pristupljeno: 16. 10. 2022.]
- Shadish, W. R., Cook, T. D. Campbell, D. T. (2001). *Experimental and Quasi-experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Shakhshiri, B. Z. (1989). *Chemical demonstrations: A handbook for teachers of chemistry* (Vol. 3). Madison, WI 53706 USA: University of Wisconsin Press
- Sikirica, M. (2001). *Stehiometrija*. Zagreb: Školska knjiga

- Sikirica, M. (2003). *Metodika nastave kemije – priručnik za nastavnike kemije*. Zagreb: Školska knjiga.
- Sikirica, M. (2011). *Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu*. Zagreb: Školska knjiga.
- Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. (prevoditelj Kujundžić, N. et al.) (1999). *Osnove analitičke kemije*. 1. izd. Zagreb: Školska knjiga
- Solution to Chemical Mystery #8: Go Blue!, Dostupno na: [Solution to Chemical Mystery #8: Go Blue! | Chemical Education Xchange \(chemedx.org\)](https://chemedx.org/Solution_to_Chemical_Mystery_%238:_Go_Blue!_Chemical_Education_Xchange), [Pristupljeno: 5. 6. 2022.]
- Turmeric pH Indicator Art Project - Experiment for Acids & Bases, Dostupno na: [Turmeric pH Indicator Art Project - Experiment for Acids & Bases - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=JyfzXWVQHgA)
- Turning copper coins into silver and gold, Dostupno na: [coins student.pdf \(weizmann.ac.il\)](https://weizmann.ac.il/~coinsstudent.pdf), [Pristupljeno: 9. 9. 2022.]
- University of Waterloo: Shout-out: Neat little trick for gas laws, Dostupno na: [Shout-out: Neat little trick for gas laws | Chem 13 News Magazine | University of Waterloo \(uwaterloo.ca\)](https://www.uwaterloo.ca/chem13-news-magazine/shout-out-neat-little-trick-gas-laws)
- Vatrenjak-Velagić, V. (1997). *Analitička kontrola kvaliteta*. Sarajevo: Studentska štamparija Univerziteta Sarajevo
- Veale, C. G., Jeena, V., Sithebe, S. (2020). Prioritizing the development of experimental skills and scientific reasoning: A model for authentic evaluation of laboratory performance in large organic chemistry classes. *Journal of Chemical Education*, 97(3), 675-680.
- Wajrak, M., Harrison, T. (2016). *Chemical Demonstrations Booklet*, Western Australia: Edith Cowan University.
- Wenzel, T. J. (2018). Active learning materials for teaching electrochemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 410, 4767–4771. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1180-x>
- Zidny, R., Fadhlilah, G. A., Melda, G. E., Sholihah, I. I., Widiastuti, N. L., Haerunnisa, N., & El Islami, R. A. Z. (2019). Simple and Low-Cost Chemical Experiment Kits to Observe the Concept of Gas Laws. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 5(1), 16-25.

# Prilozi

## Prilog 1. SI\* prefiksi

Naziv	Naziv	Simbol	Faktor množenja
<b>quetta</b>	kveta	Q	$10^{30}$
<b>ronna</b>	rona	R	$10^{27}$
<b>yotta</b>	jota	Y	$10^{24}$
<b>zetta</b>	zeta	Z	$10^{21}$
<b>exa</b>	eksa	E	$10^{18}$
<b>peta</b>	peta	P	$10^{15}$
<b>tera</b>	tera	T	$10^{12}$
<b>giga</b>	giga	G	$10^9$
<b>mega</b>	mega	M	$10^6$
<b>kilo</b>	kilo	k	$10^3$
<b>hecto</b>	hekto	h	$10^2$
<b>deca</b>	deka	da	$10^1$
<b>deci</b>	deci	d	$10^{-1}$
<b>centi</b>	centi	c	$10^{-2}$
<b>milli</b>	milli	m	$10^{-3}$
<b>micro</b>	mikro	$\mu$	$10^{-6}$
<b>nano</b>	nano	n	$10^{-9}$
<b>pico</b>	piko	p	$10^{-12}$
<b>femto</b>	femto	f	$10^{-15}$
<b>atto</b>	ato	a	$10^{-18}$
<b>zepto</b>	zepto	z	$10^{-21}$
<b>yocto</b>	jokto	y	$10^{-24}$
<b>ronto</b>	ronto	r	$10^{-27}$
<b>quecto</b>	kvekto	q	$10^{-30}$

\*SI - Međunarodni sistem mjernih jedinica od francuskog naziva *Système International d'Unités*

## Prilog 2. Primjeri pripreme rastvora

1. Koliko je grama NaOH potrebno za pripremanje  $200 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $0,5 \text{ mol/dm}^3$ ?

$$\begin{aligned}c &= 0,5 \text{ mol/dm}^3 \\V &= 200 \text{ cm}^3 = 0,2 \text{ dm}^3 \\M(\text{NaOH}) &= 40 \text{ g/mol} \\m &=?\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{n}{V} \rightarrow n = c \cdot V = 0,5 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,2 \text{ dm}^3 = 0,1 \text{ mol} \\n &= \frac{m}{M} \rightarrow m = n \cdot M = 0,1 \text{ mol} \cdot 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 4 \text{ g}\end{aligned}$$

Potrebno je odvagati 4 g NaOH i rastvoriti u мало destilovane vode. Rastvor prenijeti u odmjerni sud od  $200 \text{ cm}^3$  i dopuniti destilovanom vodom do marke.

2. Izračunati volumen koncentrovane  $\text{H}_2\text{SO}_4$  potrebne za pripremu  $500 \text{ cm}^3$  rastvora koncentracije  $2 \text{ mol/dm}^3$ . Gustina koncentrovane kiseline je  $1,84 \text{ g/cm}^3$ , a maseni udio kiseline  $0,96$ .

$$\begin{aligned}V_2 &= 500 \text{ cm}^3 = 0,5 \text{ dm}^3 \\c_2 &= 2 \text{ mol/dm}^3 \\p &= 1,84 \text{ g/cm}^3 \\M(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 98 \text{ g/mol} \\w &= 0,96 \\V_1 &=?\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c_1 &= \frac{w \cdot p}{M} = \frac{0,96 \cdot 1,84 \text{ g/cm}^3 \cdot 1000}{98 \text{ g/mol}} = 18,02 \text{ mol/dm}^3 \\c_1 \cdot V_1 &= c_2 \cdot V_2 \rightarrow V_1 = \frac{c_2 \cdot V_2}{c_1} = \\&\frac{2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,5 \text{ dm}^3}{18,02 \text{ dm}^3} = 0,0555 \text{ dm}^3 = 55,5 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Uleti u odmjerni sud od  $500 \text{ cm}^3$  oko  $200 \text{ cm}^3$  destilovane vode. Zatim odmjeriti i uliti  $55,5 \text{ cm}^3$  koncentrovane  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Odmjerni sud dopuniti destilovanom vodom do marke.

**3. Izračunati masu NaCl potrebnu za pripremanje 50 g 0,9 % rastvora.**

$$w = 0,009$$

$$\underline{m_{rastvora} = 50 \text{ g}}$$

$$m_{NaCl} = ?$$

$$W = \frac{m(NaCl)}{m(rastvora)} \rightarrow m_{NaCl} = m_{rastvora} \cdot W$$

$$m_{NaCl} = 50 \text{ g} \cdot 0,009 = 0,45 \text{ g}$$

$$m_{rastvora} = m_{NaCl} + m_{vode} \Rightarrow m_{vode} = m_{rastvora} - m_{NaCl}$$

$$m_{vode} = 50 \text{ g} - 0,45 \text{ g} = 49,55 \text{ g}$$

Za pripremu 50 g 0,9 % rastvora NaCl potrebno je odvagati 0,45 g NaCl i rastvoriti u 49,55 g vode.

**4. Izračunati masu  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  potrebnu za pripremanje  $100 \text{ cm}^3$  rastvora  $CuSO_4$  koncentracije  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ .**

$$c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$$

$$\underline{V = 100 \text{ cm}^3}$$

$$M_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} = ?$$

$$n(CuSO_4) = c \cdot V = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol CuSO}_4$$

$$n = m / M \Rightarrow m(CuSO_4) = 0,01 \text{ mol} \cdot 159,61 \text{ g/mol} = 1,596 \text{ g CuSO}_4$$

Sada je potrebno izračunati koliko grama bakar(II) sulfata pentahidrata bi sadržalo toliko grama bakar(II) sulfata. Treba voditi računa da postoji 5 molova vode za svaki 1 mol hidrata.

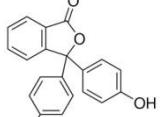
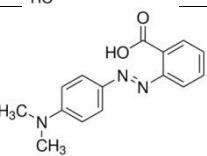
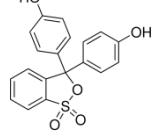
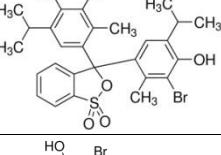
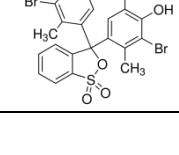
$$159,61 \text{ g/mol} / (159,61 \text{ g/mol} + 5 \times 18,015 \text{ g/mol}) \times 100 = 63,92 \% CuSO_4$$

Za svakih 100 g bakar(II) sulfata pentahidrata dobijete 63,92 g bezvodnog bakar sulfata. Koristeći se faktorom konverzije izračunavamo:

$$1,596 \text{ g CuSO}_4 \cdot (100 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / 63,92 \text{ g CuSO}_4) = 2,497 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

Za pripremu rastvora  $\text{CuSO}_4$  volumena  $100 \text{ cm}^3$ , koncentracije  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  potrebno je odvagati  $2,49 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , te rastvoriti u vodi u odmjernom sudu od  $100\text{cm}^3$ .

### Prilog 3. Priprema rastvora indikatora

Kiselinsko-bazni indikator (pH raspon)	Strukturna formula	Boja					
		pH = 2	pH = 4	pH = 6	pH = 8	pH = 10	pH = 12
Fenolftalein (8,2 – 10,5)							
Metil crveno (4,2 – 6,3)		Red	Red	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
Fenol crveno (6,6 – 8,0)		Yellow	Yellow	Yellow	Pink	Pink	Pink
Bromtimol plavo (6,0 – 7,6)		Yellow	Light Green	Blue	Blue	Blue	Blue
Bromkrezol zeleno (3,8 – 5,4)		Yellow	Light Green	Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue
Univerzalni indikator	-	Red	Orange	Yellow	Blue	Dark Blue	Purple
Vodeni ekstrakt crvenog kupusa	-	Red	Pink	Purple	Light Blue	Medium Blue	Green

Redoks indikator	Struktorna formula	Reducirani oblik	Oksidirani oblik (1)	Oksidirani oblik (2)
Indigo karmin				

Redoks indikator	Struktorna formula	Reducirani oblik	Oksidirani oblik
Metilen plavo			

#### Postupak pripreme rastvora indikatora fenolftaleina

1. Rastvoriti 0,05 g fenolftaleina u  $50 \text{ cm}^3$  etanola ( $w = 96\%$ ).
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $100 \text{ cm}^3$ .
3. Razblažiti rastvor do marke destiliranom vodom.

#### Postupak pripreme rastvora indikatora metil crveno

1. Rastvoriti 0,025 g metil crvenog u  $20 \text{ cm}^3$  etanola ( $w = 96\%$ ).
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $50 \text{ cm}^3$ .
3. Razblažiti rastvor do  $50 \text{ cm}^3$  destiliranom vodom.
4. Ako se metil crveno ne rastvara u potpunosti, dodati nekoliko kapi NaOH ( $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ ).

#### Postupak pripreme rastvora indikatora fenol crveno

1. Rastvoriti 0,1 g fenol crvenog u  $2,82 \text{ cm}^3$  rastvora NaOH ( $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ ) i  $20 \text{ cm}^3$  etanola ( $w = 96\%$ ).
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $100 \text{ cm}^3$ .
3. Razblažiti rastvor do  $100 \text{ cm}^3$  destiliranom vodom.

### **Postupak pripreme rastvora indikatora bromtimol plavo**

1. Rastvoriti 0,1 g bromtimol plavog u nekoliko mililitara destilovane vode.
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $100\text{ cm}^3$ .
3. Dodati kap rastvora amonij hidroksida kako bi rastvor poprimio tamnoplavu boju.
4. Razblažiti rastvor do  $100\text{ cm}^3$  destilovanom vodom.

### **Postupak pripreme rastvora indikatora bromkrezol zeleno**

1. Rastvoriti 0,1 g bromkrezol zelenog u  $75\text{ cm}^3$  etanola.
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $100\text{ cm}^3$ .
3. Razblažiti rastvor etanolom do  $100\text{ cm}^3$ .

### **Postupak pripreme rastvora univerzalnog indikatora (1) – Yamada<sup>23</sup>**

1. Rastvoriti 0,0025 g timol plavog, 0,006 g metil crvenog, 0,030 g brom timol plavog, 0,05 g fenolftaleina u  $50\text{ cm}^3$  etanola ( $w = 0,95$ ).
2. Prenijeti u odmjerni sud od  $100\text{ cm}^3$ .
3. Dodati nekoliko kapi rastvora NaOH ( $c = 0,01\text{ mol/dm}^3$ ) da se rastvor oboji u zeleno.
4. Dopuniti destilovanom vodom odmjerni sud do marke.

### **Postupak pripreme rastvora univerzalnog indikatora (2)**

1. Rastvoriti 0,18 g metil crvenog i 0,36 g fenolftaleina u  $550\text{ cm}^3$  etanola ( $w = 0,96$ ).
2. Rastvoriti 0,43 g bromtimol plavog u  $300\text{ cm}^3$  destilovane vode.
3. Pomiješati ova dva rastvora u odmjernom sudu od 1L.
4. Dodati nekoliko kapi rastvora NaOH ( $c = 0,1\text{ mol/dm}^3$ ) da se rastvor oboji u zeleno.
5. Dopuniti do marke destilovanom vodom.

---

<sup>23</sup> Univerzalni indikator je kiselinsko-bazni indikator (pH indikator), koji mijenja boju u rasponu pH od 3 do 12. Postoji nekoliko načina pripreme rastvora univerzalnih indikatora. Većina njih je varijacija smjese indikatora patentirane 1933. godine od strane naučnika Yamade (Jap. Pat. 99,664, Feb 21, 1933; Chem Abstr, 28, 2258 (1934))

([https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Universal\\_indicator.html#\\_note-1/](https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Universal_indicator.html#_note-1/))

### **Postupak pripreme rastvora univerzalnog indikatora (3)**

1. Rastvoriti 0,02 g metil oranža, 0,04 g metil crvenog, 0,08 g bromtimol plavog, 0,10 g timol plavog, 0,02 g fenolftaleina u 100 cm<sup>3</sup> etanola (w = 0,95).

### **Postupak pripreme vodenog ekstrakta crvenog kupusa**

1. Narezati crveni kupus na sitne komadiće. Prenijeti u čašu od 500 cm<sup>3</sup>.
2. U čašu uliti oko 400 cm<sup>3</sup> destilirane vode (može i voda iz slavine). Zagrijati do ključanja.
3. Ohladiti i procijediti kroz cijedilo.
4. Rastvor koristiti kao indikator, a ostatak kupusa baciti.

### **Postupak pripreme rastvora indikatora indigo karmin**

1. Rastvoriti 1,0 g indigo karmin u 80 cm<sup>3</sup> destilovane vode.
2. Prenijeti u odmjerni sud od 100 cm<sup>3</sup>.
3. Dopuniti destilovanom vodom do marke.

### **Postupak pripreme rastvora indikatora metilen plavo**

1. Rastvoriti 1,0 g metilen plavog u 80 cm<sup>3</sup> destilovane vode.
2. Zagrijavati 30 minuta na vodenom kupatilu.
3. Ohladiti i prenijeti u odmjerni sud od 100 cm<sup>3</sup>.
4. Dopuniti destilovanom vodom do marke.

#### **Prilog 4. Primjeri iz Standarda učeničkih postignuća**

Standardi učeničkih postignuća predstavljaju opis razine kvantitete i kvalitete znanja i vještina koje učenici postižu na završetku određene razine obrazovanja. Oni konkretiziraju i diferenciraju učenička postignuća po razinama težine.

Primjena standarda omogućava efikasniji i kvalitetniji obrazovni rad te pouzdanije vrednovanje rezultata. Njihova primjena, također, povećava objektivnost svakodnevnog školskog ocjenjivanja, kao i usporedbe školskih ocjena (APOSO, 2021).

U prilogu su izdvojeni standardi po razinama postignuća koji se mogu postići primjenom školskih ogleda u nastavi hemije. Napominjemo das u ovdje izdvojeni standardi koji eksplicitno navode primjenu ogleda/eksperimenata u nastavi hemije, dok postoji i određeni broj standarda na svim nivoima za čije dostignuće ogledi svakako mogu doprinijeti (npr. prikazivanje rezultata tabelarno i grafički)

# STANDARDI UČENIČKIH POSTIGNUĆA ZA HEMIJU

Kraj devetogodišnjeg odgoja i obrazovanja

<b>OBLAST 1: TVARI</b>	
<b>1. komponenta: Struktura i svojstva tvari</b>	
<b>Ishod učenja:</b> Razlikuje sastav i vrstu tvari.	
Razina/nivo: Srednja	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"><li>Predlaže postupke odvajanja sastojaka smjesena primjerima iz svakodnevnog života.</li></ul>
Razina/nivo: Napredna	<ul style="list-style-type: none"><li>Primjenjuje postupke odvajanja sastojaka zadate smjese tvari na osnovu poznatog kvalitativnog sastava.</li></ul>
<b>Ishod učenja:</b> Povezuje strukturu i svojstva tvari.	
Razina/nivo: Osnovna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"><li>Utvrđuje kiselo-bazne osobine rastvora pomoću indikatora.</li></ul>
Razina/nivo: Napredna	<ul style="list-style-type: none"><li>Istražuje fizikalna i hemijska svojstva tvari izvođenjem eksperimenata (npr. talište, vrelište i rastvorljivost tvari).</li></ul>
<b>2. komponenta: Stehiometrijski zakoni</b>	
<b>Ishod učenja:</b> Provodi postupke za dokazivanje stehiometrijskih zakona.	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"><li>Vrednuje eksperimentalnim putem Zakon o održanju mase (npr. u reakciji acetatne kiseline i natrij hidrogenkarbonata).</li></ul>
<b>4. komponenta: Prikazivanje eksperimentalnih rezultata</b>	
<b>Ishod učenja:</b> Prikuplja podatke iz različitih izvora.	
Razina/nivo: Osnovna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"><li>Izvodi jednostavnija mjerena (masa, zapremina, pH).</li></ul>
<b>Ishod učenja:</b> Uočava zakonitosti podataka prikazanih modelima, tabelama i grafikonima.	
Razina/nivo: Srednja	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"><li>Izrađuje skalu pH vrijednosti na osnovu rezultata eksperimenata sakiselinama i bazama.</li></ul>

<b>OBLAST 2:</b> <b>STRUKTURA I FUNKCIONALNA POVEZANOST PROCESA U PRIRODI</b>	
<b>2. komponenta: Anorganske i organske tvari</b>	
<b>Ishod učenja:</b> Analizira fizikalne i hemijske promjene.	
Razina/nivo: Napredna	<p>Indikator(i):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ispituje eksperimentima hemijske promjene na primjerima reakcija organskih tvari (gorenje ugljikovodika, alkoholno vrenje) i anorganskih tvari (gorenje Mg).</li> </ul>
<b>4. komponenta: Eksperimentalna primjena znanja</b>	
<b>Ishod učenja:</b> Prikuplja podatke iz različitih izvora.	
Razina/nivo: Osnovna	<p>Indikator(i):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Upoređuje osobine metala i nemetala na osnovu izvedenih eksperimenata.</li> </ul>
Razina/nivo: Srednja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Određuje fizikalne konstante organskih i anorganskih tvari (talište, vrelište, gustoću).</li> </ul>
<b>Ishod učenja:</b> Povezuje rezultate eksperimenta s konceptualnim spoznajama	
Razina/nivo: Osnovna	<p>Indikator(i):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Navodi načine upotrebe laboratorijskog pribora i posuđa.</li> <li>• Navodi mjere opreza kojih se treba pridržavati pri izvođenju eksperimenata.</li> </ul>
Razina/nivo: Srednja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Izvodi eksperimente fizikalnih i hemijskih promjena anorganskih i organskih tvari pridržavajući se mera opreza.</li> <li>• Upotrebljava laboratorijskopsuđe i pribor pri izvođenju eksperimenata.</li> </ul>
Razina/nivo: Napredna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ispituje eksperimentima osobine metala i njihove spojeve (djelovanje kiselinai baza na metale, oksidacija...) pridržavajuće se mera opreza.</li> <li>• Demonstrira promjenuboje kiselo-baznih indikatora u reakciji s kiselinama i bazama.</li> <li>• Primjenjuje eksperimentalni postupak prema zadatom cilju, problemu i pitanju za istraživanje.</li> </ul>

<b>OBLAST 3: STRUKTURA TVARI I ENERGIJA</b>	
<b>1. komponenta:</b> Fizičko-hemija svojstva tvari i izvori energije	
<b>Ishod učenja:</b> Objašnjava strukturu i fizikalno-hemija svojstva tvari.	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizira fizikalna i hemijska svojstva tvari izvođenjem eksperimenata.</li> </ul>
<b>Ishod učenja:</b> Analizira promjenu energije unutar sistema.	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Objašnjava promjenu toplotne energije sistem pri odvijanju fizikalnih i hemijskih promjena (otapanje, gorenje) uz pomoć eksperimenata.</li> </ul>
<b>4. komponenta:</b> Istraživanje i prezentovanje rezultata	
<b>Ishod učenja:</b> Povezuje rezultate s konceptualnim spoznajama	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Istražuje fizičke i hemijske promjene tvari izvođenjem eksperimenata.</li> </ul>
<b>Ishod učenja:</b> Prikuplja podatke iz različitih izvora	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Provodi istraživanje ekološke opravdanosti izvora energije temeljenih na elektrohemijskim člancima.</li> </ul>

<b>OBLAST 4: PROCESI I MEĐUDJELOVANJE ŽIVIH I NEŽIVIH SISTEMA</b>	
<b>1. komponenta:</b> Organske tvari	
<b>Ishod učenja:</b> Opisuje svojstva, sastav i vrste organskih spojeva	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Ispituje prisustvo ugljika, vodika, kisika, sumpora i azota u organskim spojevima pomoću eksperimenata.</li> </ul>
<b>Ishod učenja:</b> Analizira hemijske reakcije organskih tvari.	
Razina/nivo: Napredna	Indikator(i): <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizira primjere reakcija organskih spojeva iz svakodnevnog života izvođenjem eksperimenata.</li> </ul>

## Prilog 5. Piktogrami i razredi opasnosti GHS-a

Piktogram	Razred i kategorija opasnosti
<b>Simbol: bomba koja eksplodira</b>	
	<p>Odjeljak 2.1 Nestabilni eksplozivi Eksplozivi iz odjeljaka 1.1., 1.2., 1.3. i 1.4.</p> <p>Odjeljak 2.8 Samoreagirajuće tvari i smjese, tip A i B</p> <p>Odjeljak 2.15 Organski peroksidi, tip A i B</p>
<b>Simbol: plamen</b>	
	<p>Odjeljak 2.2 Zapaljivi plinovi, 1. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.3 Zapaljivi aerosoli, 1. i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.6 Zapaljive tekućine, 1., 2. i 3. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.7 Zapaljive krutine, 1. i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.8 Samoreagirajuće tvari i smjese, tipovi B, C, D, E i F</p> <p>Odjeljak 2.9 Piroforne tekućine, 1. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.10 Piroforne krutine, 1. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.11 Samozagrijavajuće tvari i smjese, 1. i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.12 Tvari i smjese koje u dodiru s vodom otpuštaju zapaljive plinove 1., 2. i 3. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.15 Organski peroksidi, tipovi B, C, D, E i F</p>
<b>Simbol: plamen iznad prstena</b>	
	<p>Odjeljak 2.4 Oksidirajući plinovi, 1. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.13 Oksidirajuće tekućine, 1., 2. i 3. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 2.14 Oksidirajuće krutine, 1., 2. i 3. kategorija opasnosti</p>

<b>Simbol: plinska boca</b>	
	<p>Odjeljak 2.5            Plinovi pod tlakom:            Stlačeni plin;            Ukapljeni plin;            Pothlađeni ukapljeni plin;            Otopljeni plin</p>
<b>Simbol: korozija</b>	
	<p>Odjeljak 2.16            Nagrizajuće za metale, 1. kategorija opasnosti            Odjeljak 3.2            Nagrizajuće za kožu, 1.A, 1.B i 1.C kategorija opasnosti            Odjeljak 3.3            Teška ozljeda oka, 1. kategorija opasnosti</p>
<b>Simbol: mrtvačka glava s prekriženim kostima</b>	
	<p>Odjeljak 3.1            Akutna toksičnost (gutanje, preko kože, udisanje), 1., 2. i 3. kategorija opasnosti</p>
<b>Simbol: uskličnik</b>	
	<p>Odjeljak 3.1            Akutna toksičnost (gutanje, preko kože, udisanje), 4. kategorija opasnosti            Odjeljak 3.2            Nadražujuće za kožu, 2. kategorija opasnosti            Odjeljak 3.3            Nadražujuće za oči, 2. kategorija opasnosti            Odjeljak 3.4            Preosjetljivost kože, 1. kategorija opasnosti            Odjeljak 3.8            Specifična toksičnost za ciljani organ – jednokratno izlaganje, 3. kategorija opasnosti            Nadražujuće za dišni sustav            Narkotički učinci</p>

<b>Simbol: opasnost za zdravlje</b>	
	<p>Odjeljak 3.4 Preosjetljivost ako se udiše, 1. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.5 Mutageni učinak na zametne stanice, 1.A, 1.B i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.6 Karcinogenost, 1.A, 1.B i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.7 Reproaktivna toksičnost, 1.A, 1.B i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.8 Specifična toksičnost za ciljani organ – jednokratno izlaganje, 1. i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.9 Specifična toksičnost za ciljani organ – ponavljano izlaganje, 1. i 2. kategorija opasnosti</p> <p>Odjeljak 3.10 Opasnost od aspiracije, 1. kategorija opasnosti</p>
<b>Simbol: okoliš</b>	
	<p>Odjeljak 4.1 Opasno za vodenim okoliš 1. kategorija akutne opasnosti 1. i 2. kategorija kronične opasnosti</p>

Preuzeto sa:

[https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/SAMANCTA/HR/Safety/SymbolsOfHazard\\_HR.htm](https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/HR/Safety/SymbolsOfHazard_HR.htm)

## **Prilog 6. Odlaganje produkata ogleda**

Adaptirano prema *Managing Chemical Wastes in the High School Lab*

Brojni su izvori smjernica za pravilno odlaganje hemikalija koji su dostupni na internetu. Često nastavnici nisu sigurni koje smjernice treba koristiti i koji su propisi važeći u određenoj državi. Član 22 Zakona o hemikalijama<sup>24</sup> Federacije Bosne i Hercegovine propisuje sljedeće:

*(1) Lice koje rukuje hemikalijom obavezno je da skladišti hemikaliju tako da ta hemikalija ne ugrožava zdravlje ljudi ili životnu sredinu.*

*(2) Lice koje rukuje hemikalijom dužno je da sakuplja, skladišti i sigurno odlaže ostatke hemikalija i ambalažu od tih hemikalija u skladu sa propisima o upravljanju otpadom.*

Detaljniji propisi o odlaganju u ovom zakonu ne postoje. Imajući to u vidu, autori ovog praktikuma su se pozvali na pouzdane izvore informacija sa interneta, a to je Američko hemijsko društvo (ACS) i Američko udruženje nastavnika hemije (AACT). Opasni materijali predstavljaju poseban problem nastavnicima hemije, jer većina nema brz i siguran način njihovog skladištenja ili odlaganja.

Razlozi za odlaganje hemikalija mogu biti različiti: da je rok trajanja istekao, ako spremnik nije bio dobro zatvoren pa je moguće da su nastupila onečišćenja, ako se duže vremena ne koristi i sl.

S obzirom na skladištenje, hemikalije se dijele prema tome jesu li eksplozivne, otrovne, irritantne, karcinogene, korozivne, oksidanti, alergeni, zapaljive ili mogu izazvati burne reakcije.

### **Hemikalije koje se mogu baciti u kantu za otpatke ili u kontejner**

Preporučuje se da se samo male količine odlažu u kantu za otpatke, i to samo u dobro zatvorenim spremnicima. Korisno je upozoriti osoblje za održavanje na to, kako bi mogli izbjegći nezgode pri rukovanju.

Informacije da li se neka hemikalija može odložiti na ovaj način dostupna je u SDS (*Safety Data Sheet*) koji dolazi uz svaku hemikaliju prilikom nabavke. Ako ih nastavnik nema na raspolaganju, mogu se pronaći na internetu, najčešće kod proizvođača i distributera hemikalija kakvi su npr. Carl Roth<sup>25</sup> ili Sigma-Aldrich<sup>26</sup>.

<sup>24</sup> <https://advokat-prnjavorac.com/Zakon-o-hemikalijama-Federacije-BiH.html>

<sup>25</sup> [https://www.carlroth.com/com/en/chemicals/c/web\\_folder\\_260523](https://www.carlroth.com/com/en/chemicals/c/web_folder_260523)

<sup>26</sup> <https://www.sigmaaldrich.com/BA/en/search>

Da bi se sigurno odložila u kantu za otpatke, hemikalija ne smije (1) biti radioaktivna (2) predstavljati biološku opasnost, (3) biti zapaljiva, reaktivna, korozivna ili označena kao opasan otpad prema Agenciji za zaštitu okoliša (EPA). SDS imaju odjeljke za svaku od ovih stavki, tako da informacije nije teško pronaći.

Hemikalije koje ne zadovoljavaju navedene kriterije trebaju se odložiti u posebne spremnike i adekvatno označiti. Treba se voditi računa i o kompatibilnosti hemikalija prilikom odlaganja. Kao izvor informacija o međusobno nekompatibilnim hemikalijama može se uzeti popis<sup>27</sup>.

### **Hemikalije koje se mogu izliti u odvod<sup>28</sup>**

Navedeno se odnosi samo za laboratorijske odvode, a nikako one koji vode u potencijalni izvor pitke vode bez prethodnog tretmana otpadnih voda. Prilikom izljevanja hemikalija u odvod, obavezno treba provjeriti je li SVA hemikalija uklonjena prije izljevanja druge hemikalije. Ostaviti vodu da teče nakon odlaganja hemikalija, i to do 100 puta veću količinu vode u odnosu na količinu hemikalije. Dnevno ne izljevati više od 200-300 grama ili milititara hemikalije.

Hemikalije koje se mogu izliti u odvod trebaju zadovoljavati sljedeće kriterije: (1) kriteriji za hemikalije koje se mogu baciti u kantu za otpatke, (2) kiseline i baze s pH između 5,5 i 10,5, (3) spojevi kationa i aniona iz tabele, izuzev ako se ne radi o jakim kiselinama ili bazama:

<b>Kationi</b>	<b>Anioni</b>
$\text{Al}^{3+}$	$\text{HCO}_3^-$
$\text{NH}_4^+$	$\text{HSO}_3^-$
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{BrO}_3^-$
$\text{Cs}^+$	$\text{Br}^-$
$\text{H}^+$	$\text{CO}_3^{2-}$
$\text{Li}^+$	$\text{Cl}^-$
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{OH}^-$
$\text{K}^+$	$\text{IO}_3^-$
$\text{Na}^+$	$\text{I}^-$
$\text{Sr}^{2+}$	$\text{NO}_3^-$
$\text{Sn}^{2+}$	$\text{NO}_2^-$

<sup>27</sup> [https://teach-chemistry.s3.amazonaws.com/2016/10/28/17/02/25/87d47459-1e4d-4037-9f3d-3b91a4e3a9b1/incompatible\\_chemicals.pdf](https://teach-chemistry.s3.amazonaws.com/2016/10/28/17/02/25/87d47459-1e4d-4037-9f3d-3b91a4e3a9b1/incompatible_chemicals.pdf)

<sup>28</sup> <http://web.mit.edu/cohengroup/safety/drain%20disposal120810.pdf>

$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$	$\text{O}^{2-}$
$\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$	$\text{PO}_4^{3-}$
$\text{Zr}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$
	$\text{SO}_3^{2-}$
	$\text{BO}_3^{3-}$
	$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$
	$\text{OCN}^-$
	$\text{SCN}^-$

### Postoji nekoliko hemikalija koje se nikako ne smiju izliti u odvod:

- Halogenirani ugljikovodici
- Nitro spojevi (nitroetan, nitrobenzen, itd.)
- Merkaptani, također poznati kao tioli
- Zapaljive tvari koje se ne mijesaju s vodom (heksan, toluen, itd.)
- Eksplozivi (azidi, fulminati, itd.)
- Polimeri topljivi u vodi (natrijev poliakrilat, guar guma, kazein, itd.)
- Tvari koji reagiraju s vodom (litij, natrij i drugi alkalni metali)
- Hemikalije s neugodnim mirisom
- Otrvne hemikalije (kancerogene, mutagene, teratogene; naznačeno u SDS-u)
- Tvari s vrelištem nižim od  $50^\circ\text{C}$
- Netopljive čvrste tvari, uključujući pepeo, pjesak, metal ili staklo
- Ulje ili mast
- Smjesa koja uključuje bilo koju od gore navedenih tvari

Tri najčešća opasna otpada u školskim laboratorijima su rastvori soli teških metala (uključujući hrom, bakar, olovo, itd.), organska otapala (heksan, benzen, toluen, itd.) i korozivne tekućine (jake kiseline ili baze). Ako treba odložiti ove hemikalije, preporučuju se sljedeće smjernice:

Rastvore soli teških metala treba skupljati u zasebne spremnike sa širokim otvorom, s oznakom "Opasan otpad – soli teških metala". Ostaviti ih otvorenima u digestoru kako bi veći dio vode mogao ispariti. Kada se posuda napuni, zatvoriti je odgovarajućim zatvaračem i odložiti je kao opasni otpad.

Organske rastvarače treba skupljati u spremnik s poklopcem koji čvrsto pričaći i označiti kao opasni otpad.

Korozivne tekućine, poput jakih kiselina i baza, treba odlagati kao opasni otpad. Međutim, ako se razblaže na pH između 5,5 i 10,5, mogu se izliti u odvod.

Preporuka je da svaki školski laboratorij ima namjenske ormare za zapaljive i korozivne tvari. Obavezno voditi računa o označavanju – svaka posuda treba imati odgovarajuću etiketu/naljepnicu na kojoj jasno piše šta se u posudi nalazi.

# IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.0080 ± 0.0002	2 He helium 4.0262 ± 0.0001
3 Li lithium 6.94 ± 0.06	4 Be beryllium 9.0122 ± 0.0001
Key: atomic number <b>Symbol</b> name abridged standard atomic weight	
11 Na sodium 22.990 ± 0.001	12 Mg magnesium 24.305 ± 0.002
19 K potassium 39.098 ± 0.001	20 Ca calcium 40.078 ± 0.004
37 Rb rubidium 85.465 ± 0.001	38 Sr strontium 87.62 ± 0.01
55 Cs caesium 132.91 ± 0.01	56 Ba lanthanoids 137.33 ± 0.01
87 Fr francium [223]	88 Ra radium [226]
3 Li lithium 6.94 ± 0.06	4 Be beryllium 9.0122 ± 0.0001
3 Sc scandium 40.967 ± 0.001	4 Ti titanium 47.867 ± 0.001
21 V vanadium 50.942 ± 0.001	23 Cr chromium 51.996 ± 0.001
25 Mn manganese 54.938 ± 0.001	26 Fe iron 55.845 ± 0.002
27 Co cobalt 58.933 ± 0.001	28 Ni nickel 58.693 ± 0.003
29 Cu copper 63.546 ± 0.002	30 Zn zinc 65.38 ± 0.02
31 Ga gallium 69.723 ± 0.008	32 Ge germanium 72.632 ± 0.008
33 As arsenic 74.922 ± 0.008	34 Se selenium 78.944 ± 0.003
35 Br bromine 80.916 ± 0.008	36 Kr krypton 83.799 ± 0.002
37 Rb rubidium 85.465 ± 0.001	38 Sr strontium 87.62 ± 0.01
39 Y yttrium 88.906 ± 0.001	40 Zr zirconium 91.224 ± 0.002
41 Nb niobium 92.906 ± 0.001	42 Mo molybdenum 95.95 ± 0.01
43 Tc technetium [97]	44 Ru ruthenium 101.07 ± 0.02
45 Rh rhodium 102.91 ± 0.01	46 Pd palladium 106.42 ± 0.01
47 Ag silver 107.87 ± 0.01	48 Cd cadmium 112.41 ± 0.01
49 In indium 114.82 ± 0.01	50 Sn tin 116.71 ± 0.01
51 Sb antimony 121.76 ± 0.03	52 Te tellurium 127.60 ± 0.01
53 I iodine 126.90 ± 0.01	54 Xe xenon 131.29 ± 0.01
55 Cs caesium 132.91 ± 0.01	56 Ba lanthanoids 137.33 ± 0.01
57-71 Hf hafnium 178.49 ± 0.01	72 Ta tantalum 180.95 ± 0.01
73 W tungsten 183.84 ± 0.01	74 Re rhenium 186.21 ± 0.01
75 Os osmium 190.23 ± 0.03	77 Ir iridium 192.22 ± 0.01
78 Pt platinum 195.08 ± 0.02	79 Au gold 196.97 ± 0.01
80 Hg mercury 200.59 ± 0.01	81 Tl thallium 204.38 ± 0.01
82 Pb lead 207.2 ± 1.1	83 Bi bismuth 208.98 ± 0.01
84 Po polonium [209]	85 At astatine [210]
86 Rn radon [222]	87 At astatine [210]
88 Ra radium [226]	89-103 actinoids [267]
104 Rf rutherfordium [268]	105 Db dubnium [269]
106 Sg seaborgium [270]	107 Bh bohrium [270]
108 Hs hassium [289]	109 Mt meitnerium [277]
110 Ds darmstadtium [281]	111 Rg roentgenium [282]
112 Cn copernicium [285]	113 Nh nihonium [286]
114 Fl flerovium [290]	115 Mc moscovium [293]
116 Lv livermoreum [294]	117 Ts tennessine [294]

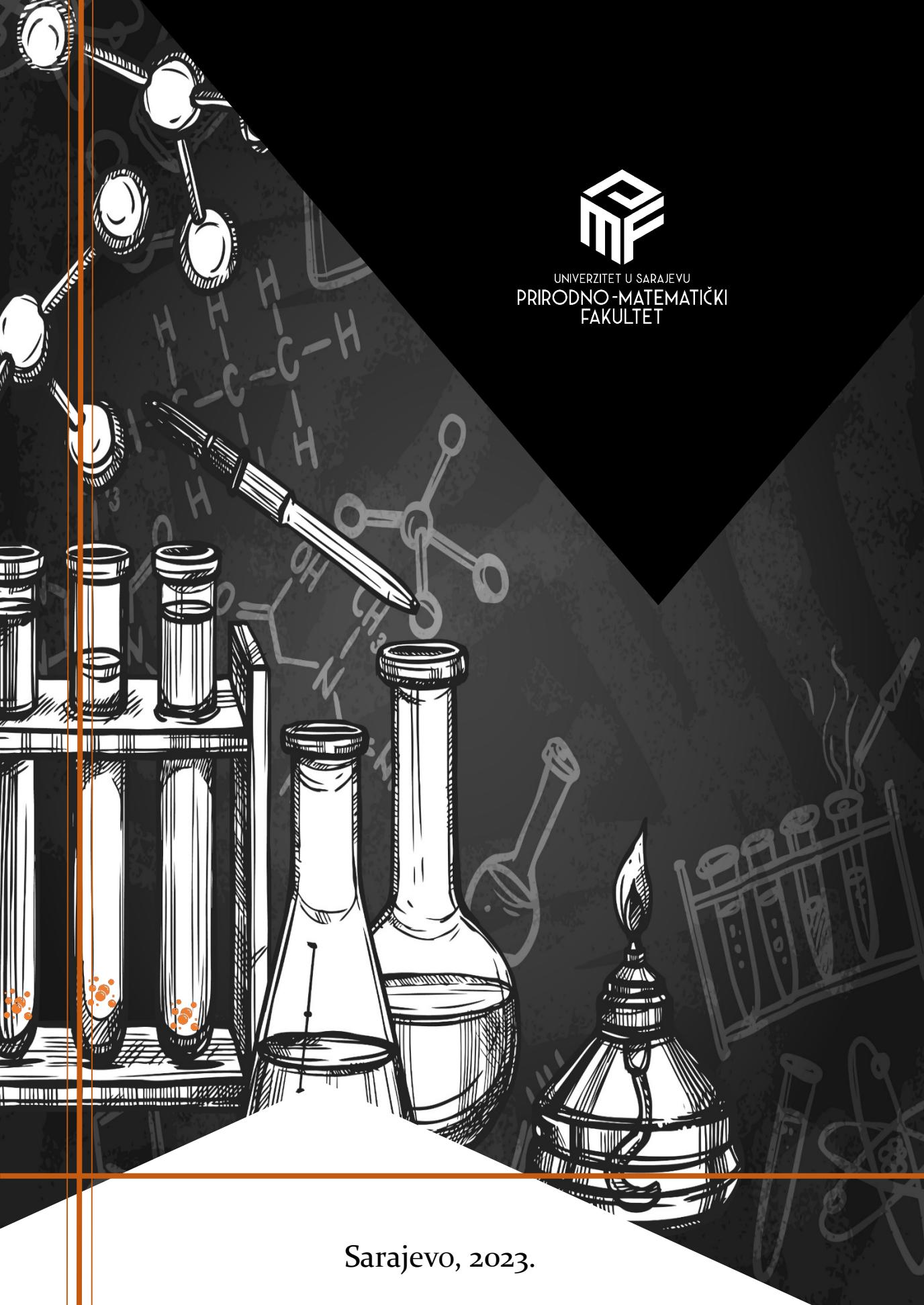


<b>57</b> <b>La</b> lanthanum 138.91 ± 0.01	<b>58</b> <b>Ce</b> cerium 140.12 ± 0.01	<b>59</b> <b>Pr</b> praseodymium 140.91 ± 0.01	<b>60</b> <b>Nd</b> neodymium 144.24 ± 0.01	<b>61</b> <b>Pm</b> promethium [145]	<b>62</b> <b>Sm</b> samarium 150.36 ± 0.02	<b>63</b> <b>Eu</b> europium 151.96 ± 0.01	<b>64</b> <b>Gd</b> gadolinium 157.25 ± 0.03	<b>65</b> <b>Tb</b> terbium 158.93 ± 0.01	<b>66</b> <b>Dy</b> dysprosium 162.50 ± 0.01	<b>67</b> <b>Ho</b> holmium 164.93 ± 0.01	<b>68</b> <b>Er</b> erbium 167.26 ± 0.01	<b>69</b> <b>Tm</b> thulium 168.93 ± 0.01	<b>70</b> <b>Yb</b> ytterbium 173.05 ± 0.02	<b>71</b> <b>Lu</b> lutetium 174.97 ± 0.01
<b>89</b> <b>Ac</b> actinium 227.03 ± 0.01	<b>90</b> <b>Th</b> thorium 232.03 ± 0.01	<b>91</b> <b>Pa</b> protactinium 231.03 ± 0.01	<b>92</b> <b>U</b> uranium 238.03 ± 0.01	<b>93</b> <b>Np</b> neptunium 237.03 ± 0.01	<b>94</b> <b>Pu</b> plutonium [240]	<b>95</b> <b>Am</b> americium [243]	<b>96</b> <b>Cm</b> curium [247]	<b>97</b> <b>Bk</b> berkelium [247]	<b>98</b> <b>Cf</b> californium [251]	<b>99</b> <b>Es</b> einsteinium [252]	<b>100</b> <b>Fm</b> fermium [257]	<b>101</b> <b>Md</b> mendelevium [258]	<b>102</b> <b>No</b> nobelium [259]	<b>103</b> <b>Lr</b> lawrencium [262]

For notes and updates to this table, see [www.iupac.org](http://www.iupac.org). This version is dated 4 May 2022.  
Copyright © 2022 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



UNIVERZITET U SARAJEVU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI  
FAKULTET



Sarajevo, 2023.