

JASMINA PEZO
NERMINA SABLJICA
ELVIRA HUSKIĆ-HADŽIĆ

PRIRUČNIK

ZA ŠKOLSKJE EKSPERIMENTE
IZ HEMIJE

• OSNOVNA ŠKOLA •



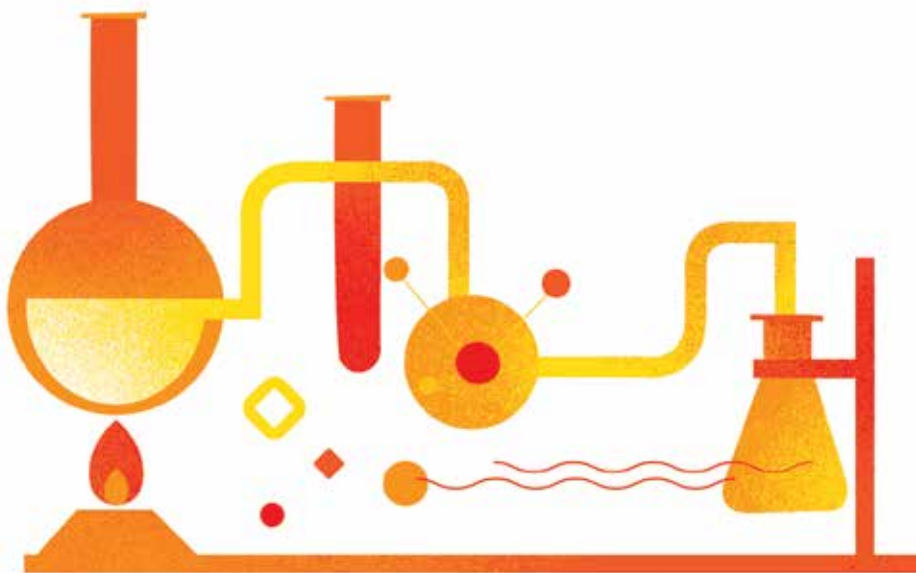
JASMINA PEZO
NERMINA SABLJICA
ELVIRA HUSKIĆ-HADŽIĆ

PRIRUČNIK

ZA ŠKOLSKJE EKSPERIMENTE

IZ HEMIJE

• OSNOVNA ŠKOLA •



IMPRESUM

Naslov:

Priručnik za školske eksperimente iz hemije – osnovna škola

Autori:

Mr. Jasmina Pezo

Prof. Nermina Sabljica

Elvira Huskić-Hadžić, dipl. inž. tehnolog

Izdavač:

JU Institut za razvoj preduniverzitetskog obrazovanja Kantona Sarajevo

Aleja Bosne srebrene bb, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Glavni i odgovorni urednik:

Mr. Merima Mrdić

Recenzenti:

Prof. dr. Alisa Selović

Prof. dr. Nevzeta Ljubijankić

Lektura:

Mr. Irma Kaltak

Likovno oblikovanje:

Aleksandra Nina Knežević

Godina izdanja:

2025.

Štampa:

Gong d. o. o., Sarajevo

Tiraž:

200

ISBN:

978-9926-566-01-2

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH
pod ID brojem COBISS.BH-ID – 66283270.

JASMINA PEZO
NERMINA SABLJICA
ELVIRA HUSKIĆ-HADŽIĆ

**PRIRUČNIK
ZA ŠKOLSKE EKSPERIMENTE
IZ HEMIJE**

• OSNOVNA ŠKOLA •

Sarajevo, 2025.

SADRŽAJ

7	Uvodna riječ
9	1. TEORIJSKI UVOD
11	1.1. Pravila skladištenja hemikalija
14	1.2. Opće preporuke za čuvanje hemikalija u školskim laboratorijama
14	1.3. Savremene oznake rizika u hemijskim laboratorijama
14	1.3.1. Piktogrami
16	1.3.2. Signalne riječi
16	1.3.3. H-oznake (Hazard Statements)
17	1.3.4. P-oznake (Precautionary Statements)
18	1.4. Pravila za siguran rad u školskoj laboratoriji
18	1.4.1. Opća pravila ponašanja učenika
18	1.4.2. Lična zaštitna oprema (LZO)
18	1.4.3. Rukovanje hemikalijama i opremom
19	1.4.4. Održavanje čistoće i sigurnosti radnog prostora
20	1.5. Upute za uspješno izvođenje eksperimenta
20	1.5.1. Priprema prije eksperimenta
20	1.5.2. Uvod u eksperiment
20	1.5.3. Tok eksperimenta
20	1.5.4. Praćenje i evaluacija
20	1.5.5. Završetak eksperimenta
20	1.5.6. Obavezni elementi laboratorijskog dnevnika
21	1.6. Odlaganje produkata eksperimenta
24	1.7. Upute za pripremanje rastvora
24	1.7.1. Priprema procentnog rastvora (m/m%, m/V%, V/V%)
25	1.7.2. Priprema molarnih rastvora
27	1.8. Smjernice za pravilno filtriranje
29	1.9. Smjernice za pravilno pipetiranje
31	1.10. Smjernice za pravilno mjerenje zapremine tečnosti u graduiranom cilindru (menzuri)
32	1.11. Smjernice za sklapanje aparature Hofmannovog aparata
35	2. EKSPERIMENTI ZA 8. RAZRED
37	2.1. Mjerenje mase tvari
39	2.2. Mjerenje mase, zapremine i gustine tvari
41	2.3. Određivanje i poređenje gustina različitih tečnosti
43	2.4. Odnos promjene mase i temperature
45	2.5. Pipetiranje
47	2.6. Dekantiranje
49	2.7. Filtriranje
51	2.8. Kristalizacija
53	2.9. Utjecaj temperature na brzinu rastvaranja
55	2.10. Utjecaj površine tvari na brzinu rastvaranja
57	2.11. Pripremanje rastvora zadanog masenog udjela
59	2.12. Određivanje pH vrijednosti različitih tvari

61	2.13. Virtualni pH-metar
63	2.14. Učenje o hemijskim vezama kroz animacije
65	2.15. Elektroliza vode
67	2.16. Hemijska svojstva natrija – Reakcija s vodom
69	2.17. Reakcija neutralizacije
71	2.18. Termička razgradnja kalcijevog karbonata
73	3. EKSPERIMENTI ZA 9. RAZRED
75	3.1. Modeliranje kristalnih rešetki dijamanta, grafita i fulerena
77	3.2. Ispitivanje svojstava alotropskih modifikacija ugljika
79	3.3. Izučavanje stijena
81	3.4. Istraživačke aktivnosti: Upoznati stijene, minerale i zemljište
84	3.5. Istraživački projekt: Utjecaj različitih uvjeta na proces hrdanja željeza
88	3.6. Amfoterna svojstva aluminija
90	3.7. Gorenje alkohola
92	3.8. Rastvorljivost alkohola u vodi
94	3.9. Alkoholno vrenje
96	3.10. Karamelizacija šećera
98	3.11. Redukcijska svojstva glukoze
100	3.12. Pripremanje rastvora škroba
102	3.13. Rastvorljivost masti i ulja
104	3.14. Denaturacija proteina
106	3.15. Biuret-reakcija
108	3.16. Prečišćavanje vode filtracijom
110	3.17. Određivanje pH vrijednosti vode
113	3.18. Istraživački projekt: Sapun
121	4. PRILOZI
124	LITERATURA
126	BILJEŠKE O AUTORICAMA



Uvodna riječ

Nastava hemije u osnovnoj školi ima posebno značajnu ulogu u razvoju naučne pismenosti učenika. U ovom uzrastu djeca pokazuju prirodnu znatiželju i želju za istraživanjem svijeta oko sebe, a upravo eksperimenti predstavljaju najbolji način da se ta znatiželja usmjeri i razvije. Kada učenici neposredno opažaju promjene i procese kroz jednostavne, jasno vođene ogleda, složeni hemijski pojmovi postaju razumljiviji, a učenje zanimljivije i trajnije.

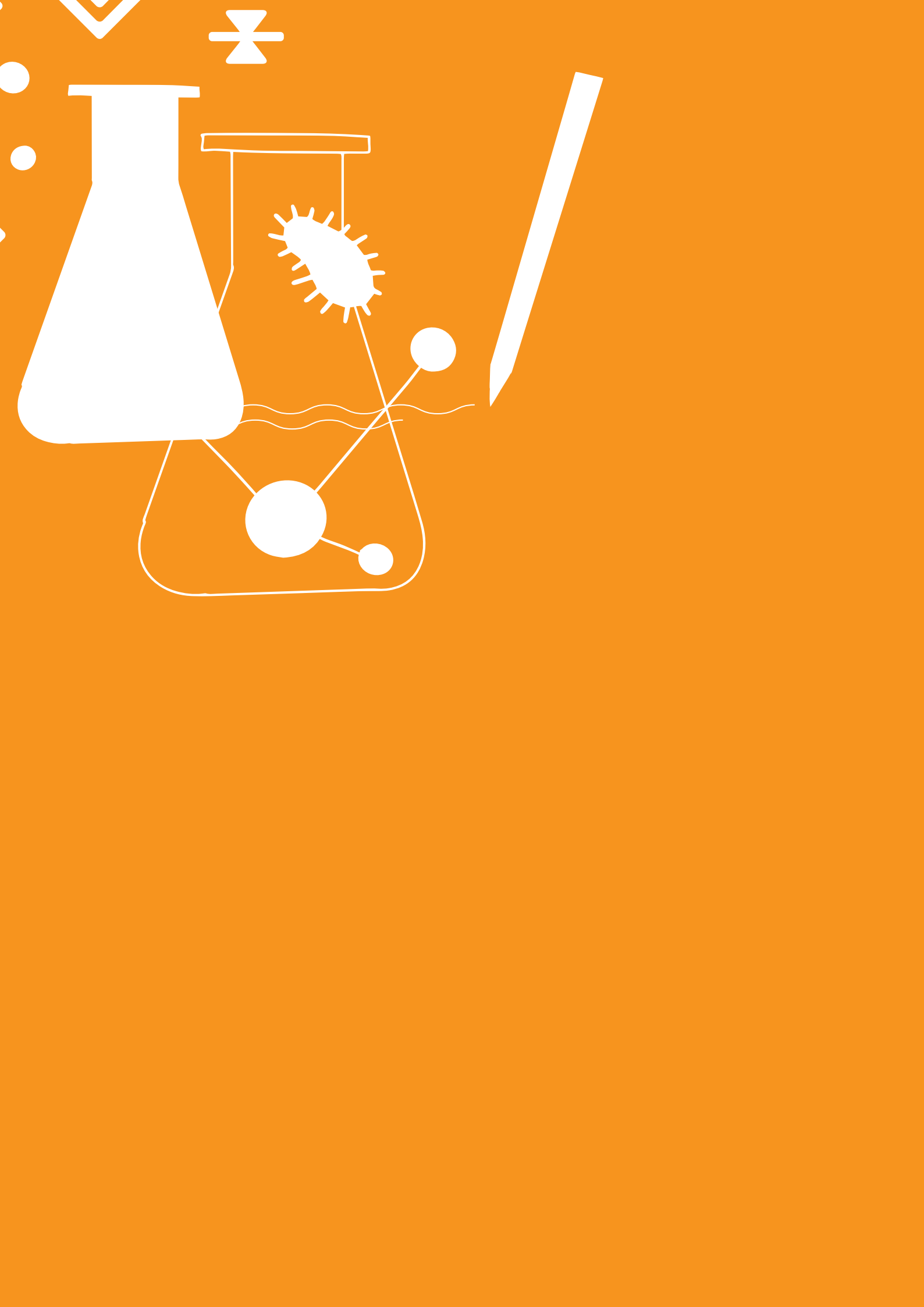
Eksperimenti nisu samo demonstracija naučnih zakonitosti – oni su i prilika da učenici aktivno učestvuju u nastavnom procesu, postavljaju pitanja, uočavaju pravilnosti i samostalno dolaze do zaključaka. Na taj način nastava hemije ne ostaje samo skup činjenica, već postaje iskustvo učenja zasnovano na istraživanju i otkrivanju.

Ovaj Priručnik izrađen je s ciljem da nastavnicima osnovne škole pruži podršku u planiranju i realizaciji školskih eksperimenata. U njemu se nalaze pažljivo odabrani eksperimenti prilagođeni uzrastu učenika, uz jasne upute za izvođenje, potrebne materijale i sigurnosne napomene. Posebna pažnja posvećena je povezivanju eksperimenata s nastavnim sadržajem i ishodima učenja, kako bi nastavnici imali jasno usmjerenje na koji način eksperimenti doprinose ostvarivanju obrazovnih ciljeva. Priručnik je osmišljen kao praktičan alat koji će nastavnicima olakšati organizaciju nastave i motivirati ih da u svoj rad češće uključuju eksperimente. Time se ne samo povećava angažiranost učenika već se i razvijaju njihove ključne kompetencije: vještine rukovanja laboratorijskim priborom i hemikalijama, vještine opažanja, analitičkog i kritičkog mišljenja, zaključivanja i primjene naučnog metoda.

Eksperimenti razrađeni u ovom Priručniku usklađeni su s odgojno-obrazovnim ishodima za 8. i 9. razred prema predmetnom kurikulumu u Kantonu Sarajevo.

Važno je naglasiti i da ovaj vid nastave, uz svoju edukativnu i motivacijsku vrijednost, zahtijeva odgovoran pristup. Eksperimenti trebaju biti prilagođeni uzrastu učenika i izvođeni uz dosljedno poštivanje sigurnosnih pravila. Na taj način stvaramo sigurno i poticajno okruženje u kojem učenici mogu slobodno istraživati i učiti.

Uvjereni smo da će ovaj Priručnik doprinijeti kvalitetnijem izvođenju nastave hemije u osnovnoj školi i podstaći učenike da hemiju dožive kao zanimljivu i životno primjenjivu nauku.



1.

TEORIJSKI UVOD



1.1. PRAVILA SKLADIŠTENJA HEMIKALIJA

Skladištenje hemikalija predstavlja jednu od ključnih aktivnosti u industriji, laboratorijama i različitim granama privrede u kojima se koriste hemijska sredstva. Pravilno korištenje hemikalija od iznimne je važnosti kako bi se osigurala sigurnost ljudi, zaštita životne sredine i očuvanje kvaliteta hemikalija.

Neadekvatno skladištenje može dovesti do ozbiljnih posljedica, uključujući hemijske reakcije, požare, eksplozije, zagađenje zraka, zemljišta i vode, te povrede opasne za život. Zbog toga je neophodno primjenjivati pravila, standarde i mjere zaštite prilikom rukovanja i skladištenja hemijskih tvari.

Opasne tvari klasificiraju se u različite grupe prema njihovim fizičko-hemijskim svojstvima i potencijalnoj opasnosti po zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu. Ova klasifikacija zasnovana je na Globalno usklađenom sistemu za klasifikaciju i obilježavanje hemikalija (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS)¹, po kojem postoji devet glavnih klasa opasnih tvari:

Klasa 1 – Eksplozivne tvari i predmeti

Potklase

- 1.1. Tvari koje eksplodiraju masovno
- 1.2. Tvari koje proizvode fragmentaciju
- 1.3. Zapaljive tvari s malim eksplozivnim učinkom
- 1.4. Male eksplozivne opasnosti
- 1.5. Osjetljive eksplozivne tvari
- 1.6. Izuzetno neosjetljive eksplozivne tvari

Klasa 2 – Gasovi

Potklase

- 2.1. Zapaljivi gasovi
- 2.2. Nezapaljivi, netoksični gasovi
- 2.3. Otrovní gasovi

Klasa 3 – Zapaljive tečnosti

Primjeri: benzin, etanol, aceton



Klasa 4 – Zapaljive čvrste tvari; tvari koje su samozapaljive; tvari koje u kontaktu s vodom emitiraju zapaljive gasove

Potklase

- 4.1. Zapaljive čvrste tvari
- 4.2. Samozapaljive tvari
- 4.3. Tvari koje reagiraju s vodom i oslobađaju zapaljive gasove

Klasa 5 – Oksidirajuće tvari i organski peroksidi

Potklase

- 5.1. Oksidanti
- 5.2. Organski peroksidi

Klasa 6 – Otrovi i infektivne tvari

Potklase

- 6.1. Otrovi
- 6.2. Infektivne tvari

Klasa 7 – Radioaktivne tvari

Primjeri: uranij, plutonij

Klasa 8 – Korozivne tvari

Primjeri: sulfatna kiselina, natrijev hidroksid

Klasa 9 – Ostale opasne tvari i predmeti

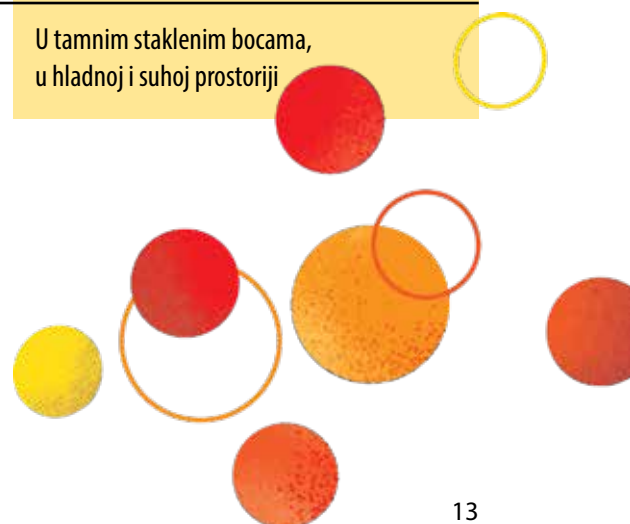
Primjeri: litijske baterije, tvari koje predstavljaju opasnost za životnu sredinu

Najčešće opasne tvari koje se mogu naći u školskim laboratorijama, s prikazom glavne opasnosti i preporukama za čuvanje, date su u Tabeli 1.



Tabela 1. Najčešće opasne tvari dostupne u školskoj laboratoriji

NAZIV TVARI	GLAVNA OPASNOST	PREPORUKE ZA ČUVANJE
Natrij (Na)	Reagira burno s vodom, zapaljiv	Čuvati pod mineralnim uljem, u suhoj atmosferi
Hlorovodonična kiselina (HCl)	Korozivna, iritira disajne puteve	U dobro zatvorenim posudama, dalje od baza i metala
Natrijev hidroksid (NaOH)	Korozivan, oštećuje kožu i oči	U plastičnim posudama, van domašaja vlage
Etanol (C₂H₅OH)	Lahko zapaljiv	U hermetički zatvorenim bocama, van izvora toplote
Kalijev permanganat (KMnO₄)	Oksidirajući agens, može izazvati požar	U hladnom, suhom prostoru, dalje od zapaljivih tvari
Vodonikov peroksid (H₂O₂)	Snažan oksidans, može izazvati opekotine	U tamnim bocama, u frižideru (nisko koncentrirani rastvori)
Amonijev hidroksid (NH₃)	Iritira oči i disajne puteve	U dobro zatvorenim bocama, u provjetrenim prostorijama
Sulfatna kiselina (H₂SO₄)	Veoma korozivna, izaziva opekotine	U staklenim bocama, dalje od organskih tvari i baza
Aceton (CH₃COCH₃)	Lako isparava i zapaljiv	U dobro zatvorenim bocama, dalje od plamena
Bakrov(II) sulfat pentahidrat (CuSO₄ x 5H₂O)	Toksikološki opasan u većim količinama	U zatvorenim kontejnerima, dalje od vlage i hrane
Srebrov nitrat (AgNO₃)	Iritira kožu, svjetlosno osjetljiv	U tamnim bocama, zaštićeno od svjetlosti
Natrijev hipohlorit (NaOCl)	Oksidans, nadražuje disajne puteve	U zatvorenim plastičnim bocama, u tamnom prostoru
Jod (I₂)	Iritira kožu i oči, isparava	U tamnim staklenim bocama, u hladnoj i suhoj prostoriji



1.2. OPĆE PREPORUKE ZA ČUVANJE HEMIKA LIJA U ŠKOLSKIM LABORATORIJAMA

- Sve hemikalije treba jasno etiketirati (ime, formula, koncentracija, opasnost).
- Hemikalije grupirati prema tipu opasnosti (npr. kiseline, baze, zapaljive).
- Zapaljive hemikalije držati u metalnim ormarićima s ventilacijom.
- Korozivne i toksične tvari čuvati u hemijskim ormarićima sa zaštitom od curenja.
- Ne smiju se čuvati zajedno: kiseline i baze, oksidanti i zapaljive tvari, reaktivni metali i voda.
- Obavezna je upotreba zaštitne opreme (rukavice, naočale, zaštitni mantil) pri rukovanju.

1.3. SAVREMENE OZNAKE RIZIKA U HEMIJSKIM LABORATORIJAMA

1.3.1. Piktogrami

Piktogrami² su standardizirani grafički simboli koji služe za brzo i jasno obavješćavanje o vrstama opasnosti koje određene hemikalije mogu predstavljati za zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu. U kontekstu hemije i laboratorijskog rada, piktogrami se koriste kako bi upozorili korisnike na potencijalne rizike prilikom rukovanja, skladištenja ili transporta opasnih materija.

Ovi simboli dio su GHS sistema, koji se koristi u mnogim zemljama, uključujući i Bosnu i Hercegovinu. Svaki piktogram ima svoj specifičan oblik (crveni romb s bijelom pozadinom) i prepoznatljivu ilustraciju koja označava određenu vrstu opasnosti.

Upotreba piktograma u školskim laboratorijama doprinosi sigurnijem radu i boljem razumijevanju hemijskih rizika kod učenika i nastavnika. Pravilnim tumačenjem ovih simbola moguće je poduzeti odgovarajuće mjere zaštite i spriječiti nezgode. Lista piktograma data je u Tabeli 2.

Piktogrami se u školskoj laboratoriji koriste:

- na etiketama hemikalija u ormarićima i bocama,
- na radnim i sigurnosnim listovima i
- u obaveznim laboratorijskim pravilima i uputstvima za rad.

Naziv hemikalije i identifikacijska oznaka proizvoda	Aceton EZ br. 200-662-2	Dobavljač Ulica Grad Broj	Ime, adresa i telefonski broj dobavljača
Piktogrami		Opasnost Vrlo lako zapaljiva tečnost i para. Uzrokuje ozbiljne iritacije oka. Može uzrokovati pospanost ili vrtoglavicu. Držati dalje od izvora toplote, otvorenog plamena i vrućih površina. U blizini proizvoda je zabranjeno pušenje. Izbjegavati udisanje pare. Pri rukovanju nositi rukavice i zaštitne naočale. AKO DOSPIJE U OČI: nekoliko minuta temeljito ispirati vodom. Ako osoba nosi kontaktne leće i ako ih je moguće lako ukloniti, treba ih skinuti. Zatim nastaviti s ispiranjem. Proizvod čuvati u dobro prozračenju prostoriji. Spremnik treba biti čvrsto zatvoren. Dugoročna izloženost proizvodu može uzrokovati suhoću i pucanje kože.	Oznake upozorenja i obavijesti
			Dodatna obavijest
		500 mL	Deklarisana zapremina

² GHS Classification Summary – PubChem (nih.gov)

Tabela 2. Piktogrami

PIKTOGRAM	NAZIV	ZNAČENJE (GLAVNA OPASNOST)
GHS 1 	Eksplzivno	Eksplzivne materije, nestabilni eksplozivi
GHS 2 	Zapaljivo	Lako se pali – gasovi, tečnosti, čvrste materije, aerosoli
GHS 3 	Oksidirajuće	Izaziva ili pojačava požar ili eksploziju u prisustvu drugih materija
GHS 4 	Pod pritiskom	Gasovi pod pritiskom – mogu eksplodirati, izazvati opekotine (hladne)
GHS 5 	Korozivno	Oštećuje kožu, oči, metale
GHS 6 	Akutna toksičnost	Veoma toksično, može izazvati smrt čak i u malim količinama
GHS 7 	Znak upozorenja	Iritacija kože, očiju, disajnih puteva; alergije; manja toksičnost
GHS 8 	Zdravstvena opasnost	Kancerogenost, mutagenost, toksičnost po reprodukciju, oštećenje organa
GHS 9 	Opasno za okolinu	Toksično za vodeni svijet i životnu sredinu

1.3.2. Signalne riječi

Signalne riječi standardizirane su oznake koje se koriste na etiketama hemikalija kako bi odmah upozorile korisnika na nivo opasnosti tvari:

- “Opasno” (engl. *Danger*) – označava ozbiljne opasnosti,
- “Pažnja” (engl. *Warning*) – označava manje ozbiljne opasnosti.

1.3.3. H-oznake (*Hazard Statements*)

H-oznake³ sastavni su dio sistema označavanja hemikalija prema međunarodnoj regulativi GHS. One služe da jasno i sažeto opišu specifične vrste opasnosti koje određena hemikalija ili proizvod može predstavljati za zdravlje ljudi, životnu sredinu ili sigurnost.

Svaka H-oznaka kodirana je kombinacijom slova “H” i broja, koji ukazuju na tačno definiranu opasnost, kao što su toksičnost, zapaljivost, iritacija, korozivnost, ekotoksičnost i druga opasna svojstva.

H-oznake su važne jer omogućavaju brzo prepoznavanje rizika i pravilno postupanje s hemikalijama kako bi se spriječile nezgode i zaštitilo zdravlje korisnika i životna sredina.

Primjeri H-oznaka dati su u Tabeli 3.

Tabela 3. Primjeri H-oznaka

H-oznaka	Značenje	Stare R-oznake (Risk Phrases) korištene do 2015. godine
H200	Eksplzivna tvar	R1
H225	Lako zapaljiva tečnost	R11
H301	Toksično ako se proguta	R25
H314	Izaziva teške opekotine kože i oštećenje očiju	R35
H334	Može izazvati alergijsku reakciju pri udisanju	R42
H411	Otrovno za vodeni svijet	R50 ili R53

³ GHS Hazard Statement List (chemsafetypro.com)

1.3.4. P-oznake (*Precautionary Statements*)

S-oznake (engl. *Safety Phrases*) bile su dio starog sistema označavanja hemikalija. Davale su konkretne preporuke o sigurnom rukovanju, skladištenju i mjerama zaštite. Ove oznake korištene su zajedno s R-oznakama, a danas su u GHS sistemu zamijenjene P-oznakama.

P-oznake⁴ su dio međunarodnog GHS sistema za označavanje hemikalija. Njihova glavna svrha jeste da pruže jasne i precizne informacije o mjerama zaštite koje treba primijeniti prilikom rukovanja, skladištenja i upotrebe hemijskih tvari.

P-oznake sadrže konkretne preporuke za sigurno ponašanje, kao što su mjere lične zaštite, uvjeti skladištenja, postupci u slučaju nezgoda i druge važne sigurnosne instrukcije. Važne su jer smanjuju rizik od nezgoda, povreda i štetnih utjecaja za zdravlje ljudi i životnu sredinu.

U školskim laboratorijama pridržavanje P-oznaka ključno je za očuvanje sigurnosti svih učesnika i pravilno rukovanje opasnim materijama.

Primjeri P-oznaka dati su u Tabeli 4.

Tabela 4. Primjeri P-oznaka

P-oznaka	Opis	S-oznaka (stari sistem)
P101	Ako je potrebna medicinska pomoć, imajte pri ruci proizvod	
P102	Čuvati van dohvata djece	S2
P103	Pročitati etiketu prije upotrebe	
P210	Držati dalje od toplote/iskre/otvorenog plamena	S16
P233	Čuvati ambalažu dobro zatvorenu	S7
P261	Izbjegavati udisanje prašine/pare/gasa	S23
P264	Temeljito prati ruke nakon rukovanja	
P270	Ne jesti, ne piti pri radu s proizvodom	S20/21
P271	Koristiti samo na otvorenom ili u dobro provjetrenom prostoru	S6
P280	Nositi zaštitne rukavice/odjeću/zaštitu za oči/lice	S36/37
P301+P310	Ako je progutano, odmah pozvati liječnika	
P303+P361+P353	Ako dođe do kontakta s kožom, skinuti kontaminiranu odjeću i isprati kožu vodom	S24
P304+P340	Ako se udahnu pare/gasovi, iznijeti na svjež zrak i pozvati liječnika	
P305+P351+P338	Ako dođe do kontakta s očima, isprati oprezno vodom	S25 + S26
P403+P233	Čuvati na dobro provjetrenom mjestu i u dobro zatvorenoj ambalaži	S7 + S6
P501	Odložiti sadržaj i ambalažu u skladu s lokalnim propisima	S60

⁴ Precautionary statements. In force from 17 October 2020. (msds-europe.com)

1.4. PRAVILA ZA SIGURAN RAD U ŠKOLSKOJ LABORATORIJI

1.4.1. Opća pravila ponašanja učenika

U laboratoriji treba vladati red, disciplina i odgovorno ponašanje. Zabranjeno je izvoditi eksperimente bez detaljnih i jasno napisanih uputstava. Učenici ne mogu raditi samostalno u laboratoriji; obavezno je prisustvo nastavnika ili odgovorne osobe. Zabranjeno je jesti, piti i koristiti laboratorijsko posuđe za konzumaciju hrane i/ili pića.

Prije početka eksperimenta učenike treba upoznati s mjerama zaštite u slučaju nezgode. Ukoliko koža dođe u kontakt s rastvorima kiselina ili baza, kožu temeljito ispirati vodom, bez trljanja. U slučaju kiseline, nakon ispiranja, na kožu vatom nanijeti 1%-tnog rastvora sode bikarbone, a u slučaju baze nanijeti 3%-tnog rastvora sirćetne kiseline. Na vidnom mjestu treba istaknuti važne telefonske brojeve za hitne slučajeve kako bi se brzo moglo reagirati u slučaju nezgode (hitna pomoć, vatrogasci, policija, dežurni broj škole, telefonski broj nastavnika odgovornog za laboratoriju, tehničkog osoblja škole, najbliže bolnice, servisa za hitne intervencije – struja, gas, voda).



Slika 1. Ilustrativni prikaz nošenja zaštitne opreme

1.4.2. Lična zaštitna oprema (LZO)

Obavezno je nošenje zaštitnog mantila, rukavica i zaštitnih naočala. Nošenje zatvorene obuće i odjeće koja u potpunosti prekriva noge je obavezno. Ne preporučuje se korištenje kontaktnih leća; ako se koriste, potrebno je obavijestiti nastavnika. Maska za lice (zaštita disajnih puteva) koristi se pri radu s lako isparljivim ili toksičnim tvarima. Duga kosa treba biti vezana da bi se spriječila povreda ili dodir s plamenom. Ne nositi nakit.

1.4.3. Rukovanje hemikalijama i opremom

Radi lične zaštite, zaštite kolega i okoline, neophodno je poštovati sljedeće zahtjeve:

1. pažljivo čitati oznake na bocama i priboru,
2. hemikalije ne dirati rukama,
3. izvađenu hemikaliju ne vraćati ponovo u posudu,
4. ako količina tvari nije navedena, treba koristiti minimalno potrebne količine,
5. posudu s hemikalijom ne ostavljati otvorenom i uvijek je vratiti na prvobitno mjesto,
6. čvrste tvari uzimati suhom i čistom špahtlom ili kašikom,
7. poznavati toksičnost i zapaljivost tvari s kojima se radi,
8. s otrovnim i zapaljivim tvarima raditi isključivo u digestoru,
9. eksperimenti s lako zapaljivim i eksplozivnim tvarima izvode se daleko od plamena i uvijek u prisustvu nastavnika,

10. ne pipetirati ustima – koristiti propipete ili automatske pipete,
11. reagense sipati pažljivo i polako da ne dođe do prosipanja i prskanja,
12. prilikom zagrijavanja epruvete, njen otvor mora biti okrenut od lica osobe koja zagrijava, a epruvetu zagrijavati ravnomjerno držeći je štipaljkom,
13. prilikom ispitivanja mirisa, paru usmjeravati rukom prema nosu, ne nagnjati se iznad posude,
14. ne miješati vruće rastvore kiselina i baza – može doći do prskanja,
15. kiselinu uvijek dodavati u vodu, nikada obrnuto
(pravilo: VUK – Voda U Kiselinu = opasnost!),
16. upaljene uređaje i eksperimente u toku ne treba ostavljati bez nadzora,
17. prilikom ispiranja kiselina i baza, u slivnik prethodno pustiti vodu.

1.4.4. Održavanje čistoće i sigurnosti radnog prostora

Radni stol mora biti čist i bez nepotrebnih hemikalija i aparata. Nakon rada, očistiti stol i opremu koja je korištena. Obavezno oprati ruke nakon svakog rada. Prije napuštanja laboratorije treba provjeriti jesu li isključeni električni uređaji i jesu li zatvorene česme, gasne slavine i ventili.

1.5. UPUTE ZA USPJEŠNO IZVOĐENJE EKSPERIMENTA

1.5.1. Priprema prije eksperimenta

Prije izvođenja temeljito proučiti eksperiment (hemikalije, aparaturu, moguće rizike i alternativne metode). Pripremiti hemikalije u tačno potrebnim količinama, osigurati čist i ispravan pribor i lična zaštitna sredstva. Napraviti alternativni plan u slučaju da se eksperiment ne može izvesti.

1.5.2. Uvod u eksperiment

Učenicima treba jasno objasniti cilj eksperimenta, potreban materijal i tok rada. Naglasiti potencijalne opasnosti i pravila sigurnosti, pokazati tačan način rukovanja opremom i hemikalijama. Provjeriti imaju li svi zaštitni mantil, naočale i zatvorenu obuću.

1.5.3. Tok eksperimenta

Treba aktivno nadzirati rad učenika i voditi računa o tačnosti izvođenja eksperimenta, pravilnoj upotrebi hemikalija i sigurnosti. Učenicima treba pomoći kada je nešto nejasno ili ako su nesigurni. Pratiti redoslijed operacija i ne dozvoliti improvizacije.

1.5.4. Praćenje i evaluacija

Učenike potaknuti da vode uredne zabilješke u laboratorijski dnevnik. Postavljati pitanja tokom rada kako bi se provjerilo razumijevanje. Po potrebi fotografirati faze eksperimenta kako bi poslužili za kasniju analizu.

1.5.5. Završetak eksperimenta

Učenici trebaju očistiti pribor, ispravno odložiti otpad i oprati ruke. Nikada ne izlijevati hemikalije u školski odvod bez prethodne neutralizacije i odobrenja nastavnika. Nastavnik provjerava izvore plina, struje, vode i da li su hemikalije vraćene propisno. Nastavnik treba redovno obnavljati zalihe hemikalija i zaštitne opreme i medicinske opreme u kutiji za prvu pomoć.

1.5.6. Obavezni elementi laboratorijskog dnevnika

U laboratorijski dnevnik učenici trebaju unijeti:

- naziv eksperimenta,
- datum izvođenja,
- skicu pribora i aparature,
- nazive i količine korištenih hemikalija,
- kratak opis postupka i jednačine hemijske reakcije,
- zapažanja tokom rada,
- proračune i zaključke.

1.6. ODLAGANJE PRODUKATA EKSPERIMENTA

Hemijski otpad iz školskih laboratorija treba zbrinjavati u skladu s važećim zakonskim propisima o zaštiti životne sredine i sigurnosti na radu. Zabranjeno je ispuštanje hemikalija u školski odvod ili odlaganje hemijskog otpada u komunalni otpad. Nastavnici i učenici trebaju biti obučeni za pravilno rukovanje otpadom.

Otpad iz hemijske laboratorije

- Neopasni otpad – ostaci soli, slabih kiselina i/ili baza u razblaženim rastvorima. Ovaj otpad može se pažljivo razblažiti i uz prethodnu neutralizaciju ispustiti u školski odvod uz obilno ispiranje vodom.
- Opasni otpad – teški metali (Pb, Hg, Cd, Cr i sl.), koncentrovane kiseline i/ili baze, organski rastvarači (etanol, aceton, toluen i sl.), hlorisane supstance, eksplozivne i/ili lako zapaljive tvari. Ovaj otpad mora se posebno sakupljati u označene zatvorene posude i predati ovlaštenoj firmi za upravljanje opasnim otpadom.

Pregled hemikalija u školskim eksperimentima i preporuke za zbrinjavanje

Kiseline i baze: HCl, H₂SO₄, HNO₃, CH₃COOH, NaOH, KOH

Zbrinjavanje

- Male količine razblaženih kiselina ili baza treba neutralizirati (kiseline – dodavanjem natrijevog hidroksida ili natrijevog hidrogenkarbonata, baze – dodavanjem sirćetne ili limunske kiseline).
- Neutralisani rastvor treba isprati većom količinom vode i ispustiti u školski odvod.
- Koncentrovani rastvori moraju se sakupljati u označene zatvorene posude i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje.

Soli: NaCl, KCl, CuSO₄, FeCl₃, ZnSO₄, AgNO₃, Pb(NO₃)₂, BaCl₂

Zbrinjavanje

- Neotrovne soli (NaCl, KCl) – mogu se isprati većom količinom vode i ispustiti u školski odvod.
- Soli teških metala (Pb, Hg, Cd, Ag, Ba) opasan su otpad i moraju se sakupljati u posebno označene zatvorene posude za metale i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje. Nikako se ne smiju ispuštati u školski odvod.

Organske tvari: etanol, aceton, glicerol, sirćetna kiselina, limunska kiselina, etil-acetat

Zbrinjavanje

- Ne smiju se sipati u školski odvod. Manje količine mogu se ostaviti da ispare pod nadzorom u digestoru. Veće količine prikupiti u označene zatvorene posude i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje.

Indikatori: fenolftalein, metil oranž, lakmus, univerzalni indikator

Zbrinjavanje

- Male količine rastvora indikatora mogu se razblažiti i sipati u školski odvod, a ako sadrže organske rastvarače, zbrinuti kao opasni otpad.

Gasovi nastali u reakcijama: H_2 , CO_2 , NH_3 , Cl_2 , NO_2 , SO_2

Zbrinjavanje

- H_2 i CO_2 mogu se ispustiti u prostoriju s ventilacijom.
 NH_3 , Cl_2 , NO_2 , SO_2 mogu se ispuštati u digestoru, uz poseban oprez.

Ostaci iz eksperimenta: talog, filter-papiri

Zbrinjavanje

- Talog treba prikupiti i staviti u posebno označenu zatvorenu posudu.
- Filter-papire treba osušiti i ostaviti u posebno označenu zatvorenu posudu.

Preporučuje se da svaka školska laboratorija ima namjenske ormare za zapaljive i korozivne tvari. Neophodno je voditi računa o jasnim oznakama – svaka posuda treba imati odgovarajuću etiketu ili naljepnicu na kojoj jasno piše šta se u posudi nalazi.

Prikaz hemikalija koje se najčešće koriste u školskoj laboratoriji i smjernice za zbrinjavanje date su u Tabeli 5.

Tabela 5. Primjeri najčešće korištenih hemikalija i preporuke za zbrinjavanje

Hemikalija	Primjer	Opasnost	Zbrinjavanje
Razblažene kiseline ili baze do 1 M	HCl, H ₂ SO ₄ , NaOH	Korozivnost i iritativnost	Neutralizirati i isprati velikom količinom vode
Koncentrovane kiseline ili baze preko 1 M	HCl, H ₂ SO ₄ , NaOH	Korozivnost i velika iritativnost	Sakupiti u posebno označenu zatvorenu posudu i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje opasnog otpada
Soli	NaCl, KCl, CaCO ₃	Niska opasnost	Manje količine isprati s puno vode
Soli teških metala	Pb(NO ₃) ₂ , AgNO ₃ , BaCl ₂	Toksičnost, posebno za vodu	Sakupiti u posebno označenu zatvorenu posudu i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje opasnog otpada
Organski rastvarači	Metanol, etanol, aceton	Zapaljivost i toksičnost	Sakupiti u posebno označenu zatvorenu posudu i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje opasnog otpada
Indikatori	Fenolftalein, metil oranž, bromtimol plavo	Toksičnost, posebno za vodu	Male količine mogu se razblažiti i ispirati obilno vodom (ako nisu kontaminirani drugim opasnim tvarima)
Čvrsti hemijski otpad	Talozi, filter-papiri	Umjerena ili visoka opasnost	Osušiti i sakupiti u posebno označenu zatvorenu posudu i predati ovlaštenoj firmi za zbrinjavanje opasnog otpada



1.7. UPUTE ZA PRIPREMANJE RASTVORA

1.7.1. Priprema procentnog rastvora (m/m%, m/V%, V/V%)

Procentni rastvori jesu rastvori u kojima se koncentracija rastvorene tvari izražava u procentima (%), što znači koliko jedinica tvari ima u 100 jedinica rastvora.

Postoje tri najčešća tipa procentnih rastvora:

Maseno-maseni rastvor (m/m%)

- Označava grame tvari u 100 g rastvora.
- Primjer: 10% (m/m) NaCl znači da u 100 g rastvora ima 10 g soli i 90 g vode.

Primjer	Zadatak	Postupak
Pripremiti 10%-tni rastvor saharoze.	Pripremiti 200 g 10%-tnog rastvora saharoze.	1. Izračunati potrebnu masu saharoze. Udio saharoze u rastvoru: $10/100 = 0,10$ Masa saharoze: $0,10 \times 200 = 20$ g 2. Izvagati 20 g saharoze i prebaciti u Erlenmeyerovu tikvicu. 3. $m(\text{rastvor}) - m(\text{saharoza}) = m(\text{voda})$ $200 \text{ g} - 20 \text{ g} = 180 \text{ g}$ Izvagati 180 g destilovane vode i dodati u tikvicu. 4. Miješati dok se saharoza ne rastvori.

Maseno-zapreminski rastvor (m/V%)

- Označava grame tvari u 100 ml rastvora.
- Primjer: 5% (m/V) glukoze znači da u 100 ml rastvora ima 5 g glukoze.

Primjer	Zadatak	Postupak
Pripremiti 5%-tni rastvor kuhinjske soli (NaCl).	Pripremiti 100 ml 5%-tnog rastvora NaCl.	1. Izračunati potrebnu masu soli u rastvoru. Udio NaCl: $5/100 = 0,05$ Masa NaCl: $0,05 \times 100 = 5$ g 2. Izvagati 5 g NaCl, prebaciti u Erlenmeyerovu tikvicu i dodati manju količinu destilovane vode. Miješati da se so rastvori. 3. Dopuniti destilovanom vodom do 100 ml.

Zapreminsko-zapreminski rastvor (V/V%)

- Označava mililitre tvari u 100 ml rastvora.
- Primjer: 70%-tni (V/V) etanol znači da u 100 ml rastvora ima 70 ml etanola i 30 ml vode.

Primjer	Zadatak	Postupak
Pripremiti 70%-tni rastvor etanola.	Pripremiti 100 ml 70%-tnog rastvora etanola.	1. Izračunati potrebni volumen 96%-tnog etanola. Udio etanola: $70/100 = 0,7$ Zapremina etanola: $0,7 \times 100 = 70$ ml 2. Pipetom odmjeriti 70 ml 96%-tnog etanola i prenijeti u odmjernu tikvicu od 100 ml. 3. Dopuniti sa 30 ml destilovane vode.

1.8.2. Priprema molarnih rastvora

Molarni rastvor jeste rastvor u kojem se koncentracija rastvorene tvari izražava u molovima po litru rastvora (mol/l).

Koncentracija rastvora računa se prema formuli:

$$c = \frac{n}{V},$$

gdje je: c – koncentracija (mol/l), n – količina tvari (mol), V – zapremina rastvora (l).

Primjer 1. Pripremiti 250 ml rastvora NaCl koncentracije 0,5 mol/l.

Za izračun potrebne mase NaCl uvodi se formula $m = n \times M$, te se dobije da je:

$$m = c \times M \times V$$

$$M (\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g/mol}$$

$$c = 0,5 \text{ mol/l}$$

$$V = 250 \text{ ml} = 0,250 \text{ l}$$

$$m = 0,5 \text{ mol/l} \times 0,250 \text{ l} \times 58,44 \text{ g/mol} = 7,305 \text{ g}$$

Postupak

Izvagati 7,305 g NaCl. Odvagu prenijeti u čašu i rastvoriti u manjoj količini destilovane vode. Rastvor prenijeti u odmjerni sud od 250 ml i dopuniti ga destilovanom vodom do markice.

Primjer 2. Pripremiti 100 ml rastvora H_2SO_4 koncentracije 1 mol/l.

Za pripremu ovog rastvora koristi se 96%-tna sulfatna kiselina gustine 1,84 g/ml.

Koncentracija kiseline računa se prema sljedećoj formuli:

$$C = \frac{\omega \times \rho}{M},$$

gdje je:

$$\omega = 96/100 = 0,96$$

$$\rho = 1,84 \text{ g/ml}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08 \text{ g/mol}$$

$$c = 0,0180 \text{ mol/ml} = 18,00 \text{ mol/l.}$$

Prema formuli $c_1 \times V_1 = c_2 \times V_2$ izračunava se zapremina koncentrovane sulfatne kiseline potrebna za pripremu razblaženog rastvora:

$$V_1 = \frac{c_2 \times V_2}{c_1},$$

gdje je:

$$c_1 = 18 \text{ mol/l}$$

$$c_2 = 1 \text{ mol/l}$$

$$V_2 = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l.}$$

$$V_1 = \frac{(1 \text{ mol/l} \times 0,1 \text{ l})}{(18 \text{ mol/l})} = 0,0056 \text{ l} = 5,6 \text{ ml}$$



Postupak

U odmjerni sud od 100 ml uliti oko 20 ml destilovane vode. Zatim graduiranom pipetom od 10 ml odmjeriti 5,6 ml koncentrovane sulfatne kiseline i uliti u sud te dopuniti destilovanom vodom do markice.

Napomena

Pripremu rastvora izvesti u digestoru. Prilikom dodavanja kiseline, rastvor se zagrijava. Prije dopunjavanja vodom do markice sačekati da se rastvor ohladi do sobne temperature.

1.8. SMJERNICE ZA PRAVILNO FILTRIRANJE

Filtriranje je postupak kojim se odvajaju čvrste tvari od tečnosti. Koristi se kada se želi odvojiti čvrsta nerastvorljiva tvar iz smjese s vodom ili nekom drugom tečnošću. Kada se smjesa izlijeva kroz filter-papir, tečna faza prolazi i sakuplja se u čistu posudu (filtrat), dok se čvrsta tvar zadržava na filter-papiru (talog).

Kako se savija filter-papir?

1. Uzeti okrugli komad filter-papira.
2. Preklopiti filter-papir napola tako da se dobije polukrug.
3. Ponovo preklopiti polukrug filter-papira tako da se dobije četvrtina kruga (trokutasti oblik).
4. Ukoliko je dostupan filter-papir u velikim listovima, treba isjeći komad u obliku kvadrata, saviti ga napola, zatim na četvrtinu i izrezati dijagonalu polukružno.
5. "Otvoriti" filter-papir tako da jedna strana ima jedan sloj filter-papira, a druga strana tri sloja.
6. Tako dobijeni ljevkastí oblik staviti u lijevak i malo navlažiti destilovanom vodom (ili odgovarajućim rastvaračem) da se bolje fiksira za stijenke lijevka.
7. Voditi računa da visina filter-papira bude oko 0,5 cm ispod ruba lijevka.

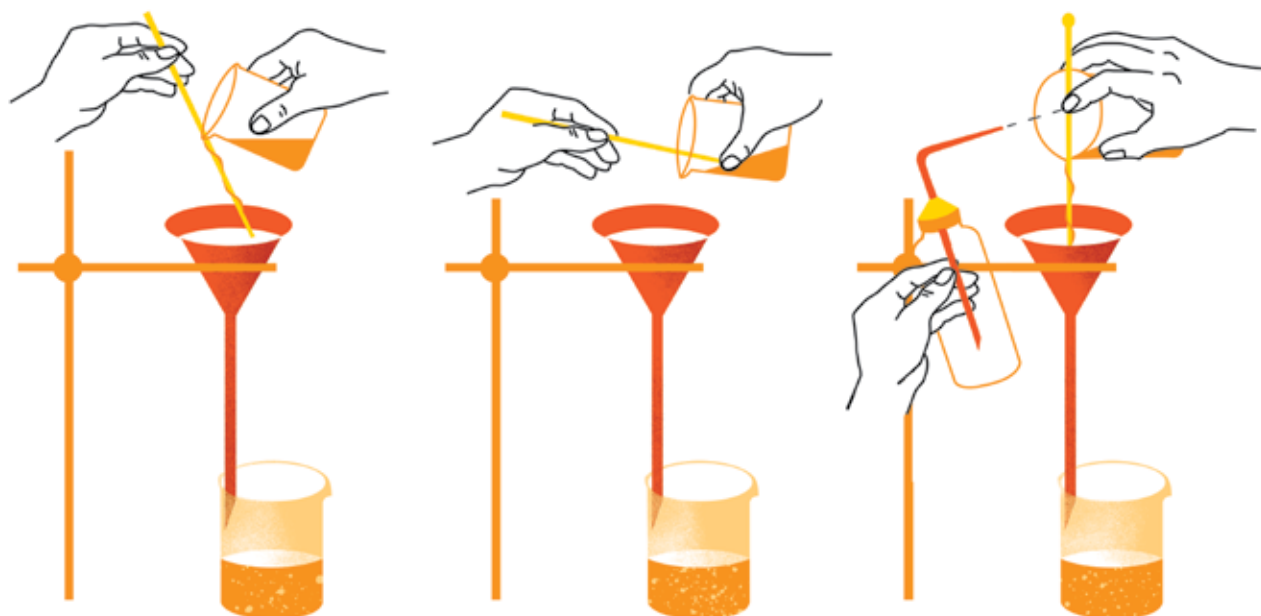


Slika 2. Ilustrativni prikaz savijanja filter papira

Postupak filtriranja

1. Lijevak postaviti u stalak i staviti savijeni filter-papir.
2. Ispod lijevka na stalku postaviti laboratorijsku čašu u koju će se skupljati filtrat tako da je donji dio lijevka oslonjen na zid laboratorijske čaše s unutrašnje strane.
3. Prilikom sipanja smjese za filtraciju koristiti stakleni štapić niz koji će se slijevati smjesa, osiguravajući potpuno i uredno skupljanje tečnosti bez prolivanja.
4. Kada se uoči da više nema tečnosti u lijevku, filtracija je gotova. Posuda iz koje je presipana smjesa može se dodatno isprati destilovanom vodom iznad filtera.

5. Filter u lijevku ne smije se tresti niti dodirivati staklenim štapićem jer se može oštetiti filter i ugroziti proces razdvajanja smjese.
6. Pustiti da posljednje kapi tečnosti prođu kroz filter.
7. Lijevak skinuti sa stalka i ostaviti na odgovarajuće mjesto.



Slika 3. Ilustrativni prikaz postupka filtriranja

1.9. SMJERNICE ZA PRAVILNO PIPETIRANJE

Pipeta je laboratorijski pribor koji se koristi za precizno mjerenje i prenošenje tečnosti iz jednog spremnika u drugi. Ima oblik cjevčice čiji je donji dio sužen u kapilaru. Izrađuju se od stakla ili plastike u različitom kapacitetu (npr. 1 ml, 5 ml, 10 ml).

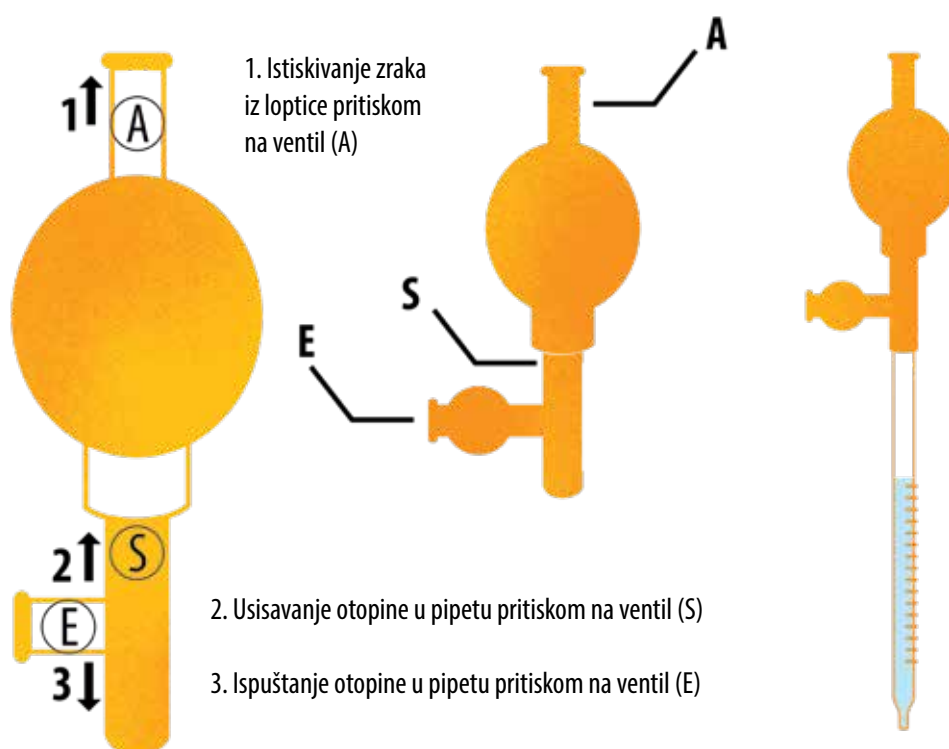
Vrste pipeta

Volumetrijska (trbušasta) pipeta precizna je staklena pipeta s oznakom zapremine. Gornja cijev pipete ima na sebi prstenastu oznaku (marku) koja označava njen nazivni volumen. Sve pipete baždare se na izljev "Ex" (lat. iz), što znači da je pipeta baždarena na istjecanje ili izlijevanje tečnosti. Koristi se kada je potrebno prenijeti tačno određenu zapreminu tečnosti.

Graduirane pipete, za razliku od volumetrijskih, koje mjere jednu fiksnu zapreminu, omogućavaju mjerenje različitih zapremina tečnosti.

Kapaljka (Pasterova pipeta) je cjevčica koja ima gumeni balončić na vrhu i koristi se za prenošenje vrlo malih količina tečnosti (kap po kap).

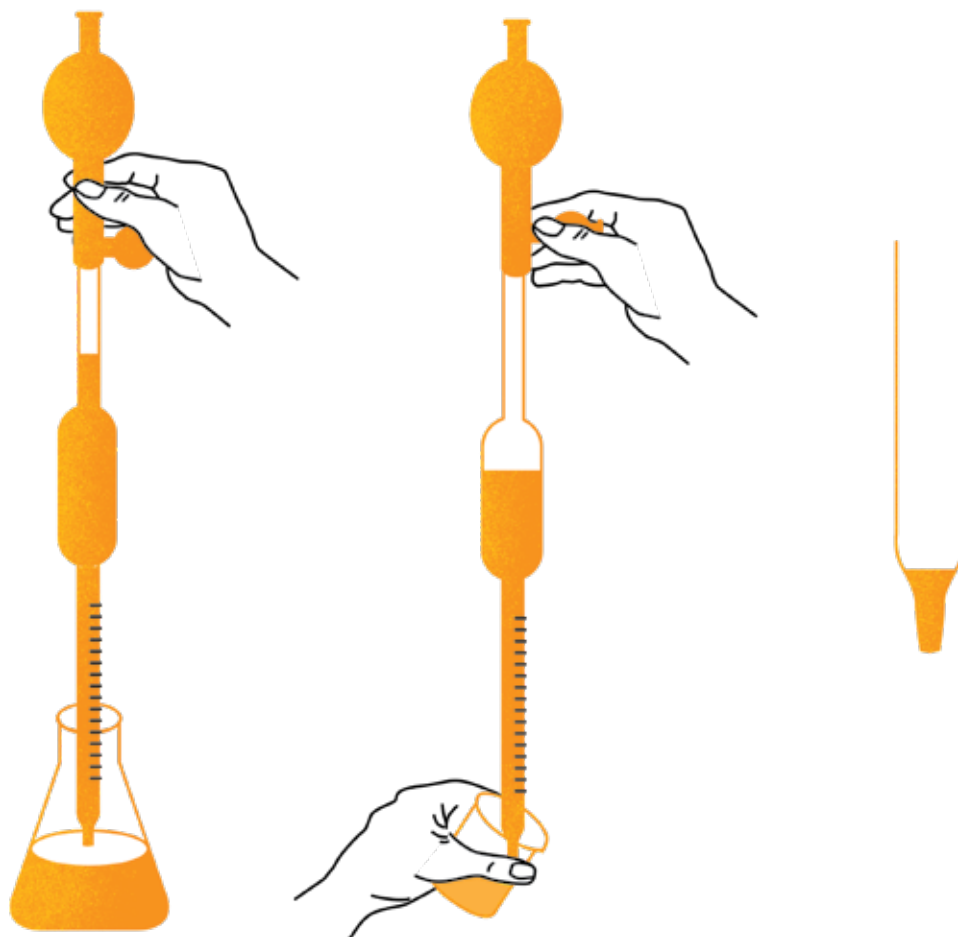
Pipeta se koristi uz propipetu. To je gumeni nastavak koji se stavlja na pipetu i predstavlja alat koji omogućava sigurno i precizno uvlačenje tečnosti u pipetu, a i ispuštanje.



Slika 4. Ilustrativni prikaz propipete

Postupak pipetiranja

1. Punjenje pipete – provjeriti je li pipeta čista, zatim je isprati destilovanom vodom, pa tečnošću koja se želi pipetirati. Pipetu držati za gornju trećinu i upotrijebiti propipetu kako bi se uvukla tečnost iznad željene oznake gradacije. Pipetu držati okomito prilikom uvlačenja tečnosti.
2. Očitavanje – uvjeriti se da je meniskus (zakrivljena površina tečnosti) u ravni s oznakom gradacije kada se posmatra u visini očiju.
3. Ispuštanje tečnosti – lagano otpustiti tečnost u željenu posudu držeći pipetu pod uglom od 45° , a vrh pipete prisloniti uz bočnu stijenku spremnika s unutrašnje strane. Zauzdržati ispuštanje tečnosti kada meniskus dostigne željeni volumen. Zaostalu kapljicu na vrhu pipete ne treba ispuhivati.
4. Nakon pipetiranja, pipetu treba oprati destilovanom vodom i ostaviti da se osuši.



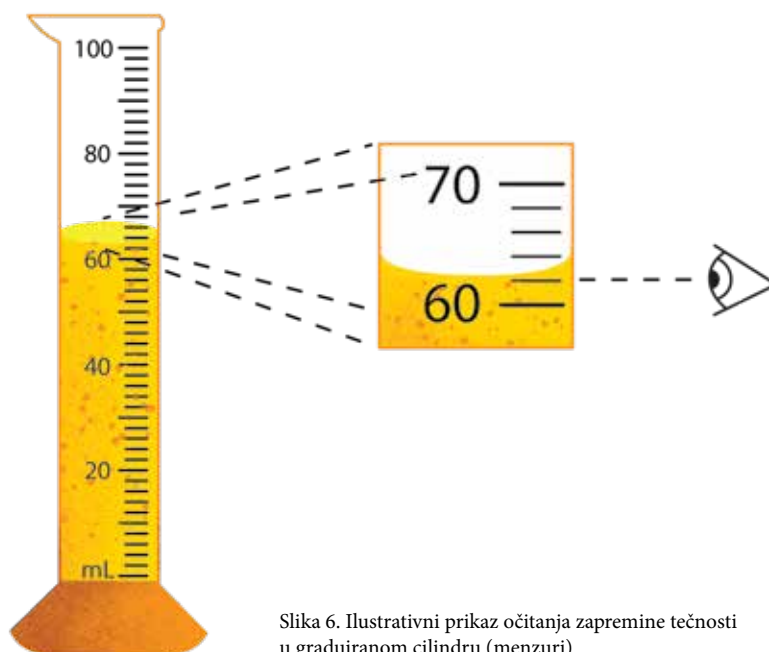
Slika 5. Ilustrativni prikaz postupka pipetiranja

1.10. SMJERNICE ZA PRAVILNO MJERENJE ZAPREME TEČNOSTI U GRADUIRANOM CILINDRU (MENZURI)

Za približno mjerenje zapremine tečnosti koristi se graduirani cilindar. Cilindar ima označenu skalu u mililitrima (ml) i postoji u različitim zapreminama (10 ml, 50 ml, 100 ml).

Kako pravilno mjeriti

1. Staviti cilindar na ravnu površinu.
2. Uliti tečnost.
3. Oči trebaju biti u ravni s površinom tečnosti.
4. Pročitati vrijednost na najnižoj tački zakrivljene površine – meniskus.



Slika 6. Ilustrativni prikaz očitavanja zapremine tečnosti u graduiranom cilindru (menzuri)

1.11. SMJERNICE ZA SKLAPANJE APARATURE HOFMANNOVOG APARATA

Hofmannov aparat je jednostavan, ali vrlo efikasan laboratorijski uređaj koji se koristi za elektrolizu vode, odnosno razlaganje vode na vodik i kisik pomoću električne struje. Ovaj aparat često se koristi u školskim laboratorijama jer na jasan i vizualno zanimljiv način prikazuje osnovne principe elektrolize, kao i odnose između zapremina proizvedenih gasova.

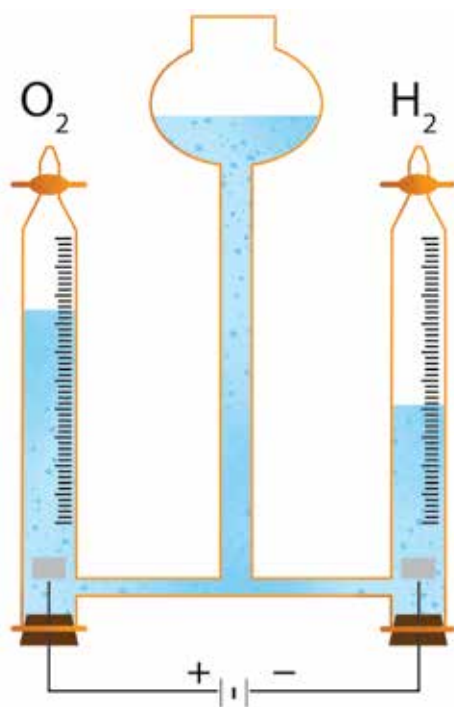
Sastoji se od triju spojenih staklenih cijevi, dviju bočnih i jedne središnje, koje omogućavaju lako prikupljanje i mjerenje količina oslobođenih gasova. Korištenje Hofmannovog aparata pruža učenicima priliku da kroz eksperiment uče o hemijskim reakcijama, vodi kao jedinjenju i ulozi električne energije u razdvajanju supstanci.

Dijelovi Hofmannovog aparata:

- 3 staklene cijevi u obliku slova “H”
 - dvije bočne cijevi – za sakupljanje gasa
 - jedna centralna cijev – u koju se sipa rastvor elektrolita (npr. razblažena sulfatna kiselina H_2SO_4 ili rastvor NaOH)
- 2 elektrode (grafitne, bakarne, platinske) s gumenim čepovima
- izvor istosmjerne struje (baterija 9 V ili adapter)
- ventili ili slavine na vrhu svake bočne cijevi
- provodnici (žice sa štipaljka)
- stalak za fiksiranje cijevi.

Izvođenje eksperimenta

1. Hofmannov aparat postaviti uspravno na stalak da bude stabilan.
2. Provjeriti da li su sve cijevi čiste i bez pukotina.
3. Staviti elektrode u bočne cijevi s donje strane, fiksirati ih gumenim čepovima i povezati elektrode s provodnicima (žice sa štipaljka).
4. Sipati rastvor elektrolita u centralnu cijev dok se ne napune sve tri cijevi do približno iste visine (elektrode trebaju biti potopljene u elektrolit). Elektrolit sipati pažljivo, koristiti stakleni lijevak ako je potrebno. Rukovanje elektrolitom dozvoljeno je nastavniku uz upotrebu zaštitne opreme – mantil, rukavice i naočale.



Slika 7. Ilustrativni prikaz Hofmannovog aparata

Još jednom provjeriti sve spojeve da nema curenja elektrolita, a slavine na vrhu cijevi zatvoriti.

Desnu elektrodu povezati na minus (–) pol izvora električne struje (baterija 9 V ili adapter) – to je katoda (na njoj se izdvaja vodik – H_2).

Lijevu elektrodu povezati na plus (+) pol izvora električne struje (baterija 9 V ili adapter) – to je anoda (na njoj se izdvaja kisik – O_2).

Posmatrati nastanak mjehurića gasa u bočnim cijevima (na katodi se pojavljuje više mjehurića, a na anodi manje, odnos zapremine gasova treba biti približno 2:1).

Nakupljeni gasovi mogu poslužiti za dalja ispitivanja.

Čišćenje i odlaganje aparature

1. Prije rastavljanja aparature isključiti dotok struje.
2. Ispustiti nastale gasove vrlo oprezno.
3. Ukoliko se gasovi koriste za dalje ispitivanje, sakupiti ih jedan po jedan u čiste epruvete i odmah ispitati.
4. Ispustiti elektrolit, neutralizirati ga i sipati u školski odvod.
5. Aparaturu isprati destilovanom vodom, zatim oprati, osušiti i odložiti na mjesto.



2.

EKSPERIMENTI ZA 8. RAZRED



2.1. MJERENJE MASE TVARI

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Osnove laboratorijskog rada, pribor i mjerenja

Cilj eksperimenta: Razviti vještinu preciznog mjerenja mase tvari korištenjem tehničke vage, uz poštivanje pravila tačnog vaganja.

Teorijski uvod

Mjerenje mase osnovna je laboratorijska vještina koja se koristi u gotovo svim oblastima hemije. Digitalna vaga omogućava dovoljno precizno određivanje mase čvrstih i tečnih tvari. Učenici se upoznaju s pravilnom upotrebom vage, važnošću podešavanja nule (tara), kao i s tehnikom mjerenja mase pomoću posuda. Izračunavanjem razlike mase sa i bez tvari dobija se masa tvari. Više-struka mjerenja omogućavaju procjenu preciznosti i pouzdanosti rezultata.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Digitalna vaga (maksimalna nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
2. Posude za vaganje, tri komada
3. Plastična kašika
4. Kuhinjska so, natrijev hlorid (NaCl)

Postavka eksperimenta

Učenici se u osnovnoškolskom obrazovanju prvi put susreću s postupkom preciznog mjerenja mase pomoću tehničke vage u osmom razredu. Zbog toga je važno osigurati jasne upute i demonstraciju. Eksperiment se može izvoditi individualno ili u paru, kako bi se podstakla saradnja među učenicima i zajedničko učenje.

Nastavnik treba demonstrirati prvo mjerenje, objasniti važnost podešavanja nule (tare), kao i način izračunavanja mase tvari. Nakon toga, učenicima se omogućava samostalan rad uz nadzor. Rezultati se zajednički analiziraju i koriste za diskusiju o preciznosti, mogućim greškama u mjerenju i važnosti urednog vođenja bilješki.



Slika 8. Ilustrativni prikaz vaganja čvrste tvari

Eksperiment se izvodi u laboratoriji ili učionici sa stabilnim stolom i tehničkom vagom. Svaki učenik (par ili grupa) koristi tri posude za više mjerenja kako bi se mogla izračunati srednja vrijednost i greške mjerenja. Mjerenjem prazne posude, a zatim posude sa soli, izračunava se masa soli kao razlika. Rezultati se upisuju u tabelu i koriste za analizu. Učenici vježbaju rad s laboratorijskim priborom i razvijaju osjećaj za tačnost mjerenja. Moguće je i svakom paru ili grupi dodijeliti različitu tvar.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Uključiti vagu i provjeriti da pokazuje nulu (po potrebi kalibrirati ili tarirati).
2. Izmjeriti masu prazne posude i zabilježiti rezultat.
3. Dodati zadanu količinu kuhinjske soli u posudu.
4. Ponovo izmjeriti masu posude sa soli i zabilježiti vrijednost.
5. Izračunati masu soli: $m(\text{so}) = m(\text{posude} + \text{so}) - m(\text{posude})$.
6. Ponoviti korake 3–6 za još dva puta.
7. Unijeti podatke u tabelu.
8. Izračunati:
 - srednju vrijednost izmjerene mase kuhinjske soli,
 - apsolutnu grešku = $\frac{1}{2} \times (\text{najveća} - \text{najmanja vrijednost})$ i
 - relativnu grešku = $(\text{apsolutna greška} / \text{srednja vrijednost}) \times 100\%$.

Zapažanje

U svim ponavljanjima izmjerene su približne vrijednosti mase kuhinjske soli.

Tabela za unos podataka

Mjerenje	Masa prazne posude (g)	Masa posude sa soli (g) (ml)	Masa kuhinjske soli (g)
Prvo mjerenje			
Drugo mjerenje			
Treće mjerenje			

Zaključak

Učenici uspješno primjenjuju osnovne tehnike vaganja i stječu iskustvo u radu s tehničkom vagom. Ponavljanjem mjerenja i analizom grešaka povećava se preciznost. Eksperiment potvrđuje važnost pažljivog i preciznog rada u hemijskoj laboratoriji. Analizom više mjerenja učenici razvijaju osjećaj za ponovljivost i preciznost mjerenja. Procjena grešaka pomaže da učenici razumiju kako se i zašto rezultati mogu razlikovati, što je temelj za sve buduće laboratorijske radove.

2.2. MJERENJE MASE, ZAPREMINE I GUSTINE TVARI

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Osnove laboratorijskog rada, pribor i mjerenja

Cilj eksperimenta: Primijeniti eksperimentalne metode za određivanje gustine različitih tvari na osnovu izmjerenih vrijednosti mase i zapremine.

Teorijski uvod

Gustina (oznaka ρ) je osnovno fizičko svojstvo tvari koje izražava odnos između mase i zapremine, odnosno veličina koja pokazuje koliko mase ima u jedinici zapremine. SI jedinica za gustinu jeste kg/m^3 , a često se koristi jedinica g/cm^3 (g/ml).

Formula za izračun gustine je: $\rho = \frac{m}{V}$,

gdje je m masa izražena u gramima (g) ili kilogramima (kg), a V zapremina izražena u centimetrima kubnim (cm^3) ili metrima kubnim (m^3).

Različite tvari imaju različite gustine, što omogućava njihovo prepoznavanje, upoređivanje i razvrstavanje. Gustina utječe i na ponašanje tvari u tečnostima: tvari veće gustine tonu, dok one manje gustine plutaju. U svakodnevnom životu gustina ima brojne primjene – od određivanja kvaliteta materijala, preko kontrole sirovina u prehrambenoj i hemijskoj industriji do analize sastava tvari.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 100 ml
2. Digitalna vaga (maksimalna nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
3. Menzura od 10 ml, tri komada
4. Kašika, tri komada
5. Kuhinjska so, natrijev hlorid (NaCl)
6. Soda bikarbona, natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO_3)
7. Pšenično brašno

Postavka eksperimenta

Eksperiment je pogodan da se realizira u paru. Može se odabrati onoliko različitih tvari koliko je parova učenika. Voditi računa da svaki par ima na raspolaganju dovoljno laboratorijskog pribora. U ovom eksperimentu učenici praktično određuju gustinu različitih čvrstih tvari mjerenjem njihove mase i zapremine. Također, uče kako pravilno koristiti laboratorijski pribor poput tehničke vage, kako vršiti konverziju jedinica i kako izračunati prosječnu vrijednost gustine na osnovu više mjerenja. Na taj način razvijaju preciznost u radu, analitičko razmišljanje i razumijevanje odnosa između fizičkih veličina. Prije izvođenja eksperimenta učenicima treba demonstrirati korištenje vage, ukazati na važnost tačnih mjerenja i ispravnog očitavanja vrijednosti. Tokom izvođenja eksperimenta nastavnik nadzire i podržava učenike, podsjećajući ih da zabilježe sve vrijednosti u tabelu i ponove mjerenja kako bi izračunali srednju vrijednost gustine. Nakon izvođenja eksperimenta, preporučuje

se analiza rezultata kroz diskusiju: učenici iznose svoja zapažanja, upoređuju vrijednosti, razmatraju moguće greške i zaključuju kako gustina utječe na ponašanje tvari. Eksperiment može poslužiti i kao uvod u složenije koncepte poput Arhimedove sile, plovnosti i primjene gustine u industriji.



Slika 9. Ilustrativni prikaz vaganja čvrste i tečne tvari

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U menzuru dodati soli do oznake 10 ml.
2. Izmjeriti masu prazne laboratorijske čaše.
3. U čašu presuti so iz menzure.
4. Izmjeriti masu čaše i soli.
5. Izračunati masu soli.
6. Mjerenje ponoviti još dva puta.
7. Ponoviti korake od 1 do 5 za sodu bikarbonu i pšenično brašno.
8. Na osnovu dobijenih podataka izračunati gustinu tvari koje su korištene u eksperimentu.

Zapažanje

Uočava se da različite tvari imaju različitu masu pri istoj zapremini. Naprimjer, kuhinjska so ima veću masu od iste zapremine pšeničnog brašna, što ukazuje na veću gustinu. Neke se tvari lakše sipaju i ravnomjernije raspoređuju u menzuri, dok druge ostaju grudvaste ili se lijepe za stijenke čaše, što otežava precizno očitavanje zapremine. Prilikom ponovljenih mjerenja uočavaju se manja odstupanja u vrijednostima, ali su srednje vrijednosti gustina dosljedne i uporedive s poznatim literaturnim podacima.

Tabela za unos podataka

Tvar	Masa (g)	Zapremina (ml)	Gustina (g/ml)	Gustina (g/ml) srednja vrijednost
Kuhinjska so				
Soda bikarbona				
Pšenično brašno				

Zaključak

Eksperiment pokazuje da se gustina tvari može tačno odrediti mjerenjem mase i zapremine te primjenom odgovarajuće formule. Učenici praktično uočavaju razlike u gustini među čvrstim i tečnim tvarima, te razumijevaju kako gustina utječe na ponašanje tvari (npr. plutanje ili tonjenje). Kroz upoređivanje dobijenih rezultata i izračun srednjih vrijednosti razvijaju se vještine preciznog mjerenja, opažanja i logičkog zaključivanja. Eksperiment utvrđuje da je gustina karakteristično fizičko svojstvo koje zavisi od vrste tvari, a ne od njene količine.

2.3. ODREĐIVANJE I POREĐENJE GUSTINA RAZLIČITIH TEČNOSTI

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Osnove laboratorijskog rada, pribor i mjerenja

Cilj eksperimenta: Odrediti i uporediti gustine vode i ulja.

Teorijski uvod

Gustina je fizičko svojstvo tvari koje predstavlja odnos mase i zapremine i izražava se u kg/m^3 ili češće u g/cm^3 (g/ml). Voda i ulje imaju različite gustine zbog razlika u sastavu i strukturi molekula. U ovom eksperimentu učenici praktično određuju masu i zapreminu ovih tečnosti, upoređuju njihove gustine te vježbaju pretvaranje jedinica.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Digitalna vaga (maksimalna nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
2. Laboratorijska čaša od 250 ml, dva komada
3. Menzura od 100 ml, dva komada
4. Voda sa česme
5. Biljno ulje

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment pogodan je za izvođenje u 8. razredu, kada se učenici upoznaju s osnovnim fizičkim svojstvima tvari i pravilima pretvaranja jedinica. Moguće ga je izvoditi u paru kako bi se podstakla saradnja i timski rad. Učenici samostalno izvršavaju mjerenja, zapisuju podatke i izvede zaključke. Diskusijom o rezultatima razvijaju razumijevanje važnosti tačnih mjerenja i primjene SI sistema.

Eksperiment se izvodi u laboratorijskim uvjetima s vagom postavljenom na ravnu i stabilnu površinu. U ovom eksperimentu pogodno je vježbati pretvaranje jedinica, te bi bilo korisno da učenici pomiješaju vodu i ulje kako bi uočili slojeve.



Slika 10. Ilustrativni prikaz miješanja vode i ulja

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Izmjeriti mase praznih čaša.
2. Uliti približno 100 ml vode u jednu čašu i približno 100 ml ulja u drugu čašu.
3. Izmjeriti masu svake čaše s tečnošću.
4. Oduzeti masu prazne čaše da bi se dobila masa tečnosti.
5. Pretvoriti zapreminu iz ml u l i masu iz g u kg.
6. Izračunati gustinu.
7. Uporediti gustine vode i ulja.
8. Zaokružiti rezultate na jednu decimalu gdje je potrebno.
9. Pomiješati ulje i vodu.

Zapažanje

Ulje ima manju gustinu od vode, što je uočeno i pri mjerenju mase i zapremine, kao i proračunom gustine. Prilikom miješanja, ulje čini gornji sloj u odnosu na vodu.

Tabela za unos podataka

Tečnost	Zapremina (ml)	Zapremina (l)	Masa (g)	Masa (kg)	Gustina (g/ml)
Voda					
Ulje					

Zaključak

Ulje i voda ne miješaju se zbog njihove različite hemijske prirode – voda je polarna tvar, dok je ulje nepolarno. Zbog ove razlike u polaritetu, između molekula ulja i vode ne dolazi do formiranja hemijskih veza, pa se one fizički razdvajaju. Ulje, koje ima manju gustinu i ne stupa u hemijsku interakciju s vodom, ostaje na njenoj površini. Eksperiment pokazuje kako se mjerenjem mase i zapremine te pravilnom konverzijom jedinica mogu uporediti gustine različitih tečnosti. Učenici kroz praktičan rad razvijaju vještine preciznog mjerenja i primjene SI jedinica, što doprinosi boljem razumijevanju osnovnih pojmova iz hemije i fizike. Preporučuje se da se nakon eksperimenta organizira diskusija o razlici između eksperimentalno dobijenih i stvarnih vrijednosti gustine, uz osvrt na moguće izvore grešaka, kao što su neprecizno očitavanje, zaokruživanje ili neodgovarajući pribor.

2.4. ODNOS PROMJENE MASE I TEMPERATURE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Osnove laboratorijskog rada, pribor i mjerenja

Cilj eksperimenta: Ispitati utjecaj različite temperature na ponašanje vode.

Teorijski uvod

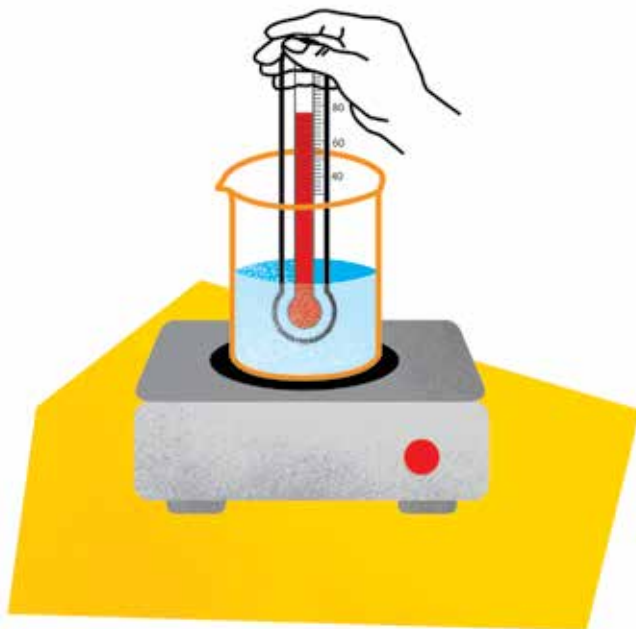
Zagrijavanjem tečnosti povećava se kinetička energija molekula, što dovodi do prelaska tečnosti u gasovito stanje – isparavanja. Ovaj proces praćen je smanjenjem mase uslijed gubljenja molekula iz sistema. Temperatura se mjeri pomoću termometra, a masa digitalnom vagom, čime se prate promjene u fizičkim svojstvima tvari.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Digitalna vaga (maksimalno opterećenje 200 g, preciznost 0,1 g)
2. Termometar (alkoholni)
3. Štoperica
4. Laboratorijska čaša od 100 ml
5. Rešo
6. Voda sa česme

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment pogodan je za izvođenje u 8. razredu kao uvod u razumijevanje procesa promjena agregatnih stanja. Preporučuje se izvođenje u parovima, pri čemu učenici uče pravilnu upotrebu termometra i vage. Prije početka izvođenja eksperimenta obratiti pažnju da je vaga postavljena na ravnu i stabilnu površinu, te da je podešena na nulu. S obzirom na to da se eksperiment izvodi uz zagrijavanje, pripremiti kuhinjsku rukavicu ili krpu za pomjeranje vruće čaše te keramičku pločicu na koju se čaša može spustiti. Rešo zagrijati prije nego se čaša s vodom postavi na njega. Na ploču rešoa obavezno postaviti keramičku mrežicu.



Slika 11. Ilustrativni prikaz mjerenja temperature termometrom

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Izvagati praznu čašu i zabilježiti masu.
2. Uliti 50 ml vode i ponovo izmjeriti masu čaše s vodom te izračunati masu vode.
3. Termometrom izmjeriti početnu temperaturu vode.
4. Čašu s vodom postaviti na zagrijan rešo.
5. Nakon definiranog vremena (npr. 3 minute), ponovo izmjeriti temperaturu i zabilježiti.
6. Čašu s vodom pažljivo spustiti na keramičku pločicu i ostaviti da se ohladi na sobnu temperaturu.
7. Izvagati čašu s vodom.
8. Čašu s vodom ponovo postaviti na rešo.
9. Ponoviti postupke opisane u koracima 4–6.
10. Isključiti rešo.
11. Uporediti izmjerene vrijednosti temperature i mase prije i poslije zagrijavanja.

Zapažanje

Zagrijavanjem vode temperatura raste, a masa se smanjuje. Izmjerene vrijednosti jasno pokazuju fizičku promjenu i gubitak mase.

Tabela za unos podataka

Mjerenje	Prije	Poslije	Razlika
Masa (g)			
Temperatura (°C)			

Zaključak

Zagrijavanje vode dovodi do povećanja temperature i djelimičnog isparavanja, što uzrokuje gubitak mase. Precizna mjerenja temperature i mase omogućavaju kvantitativno praćenje ove fizičke promjene.

2.5. PIPETIRANJE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Osnove laboratorijskog rada – pribor i mjerenja

Cilj eksperimenta: Vježbati precizno odmjeravanje zapremine tečnosti korištenjem pipete s propipetom i Pasterove pipete.

Teorijski uvod

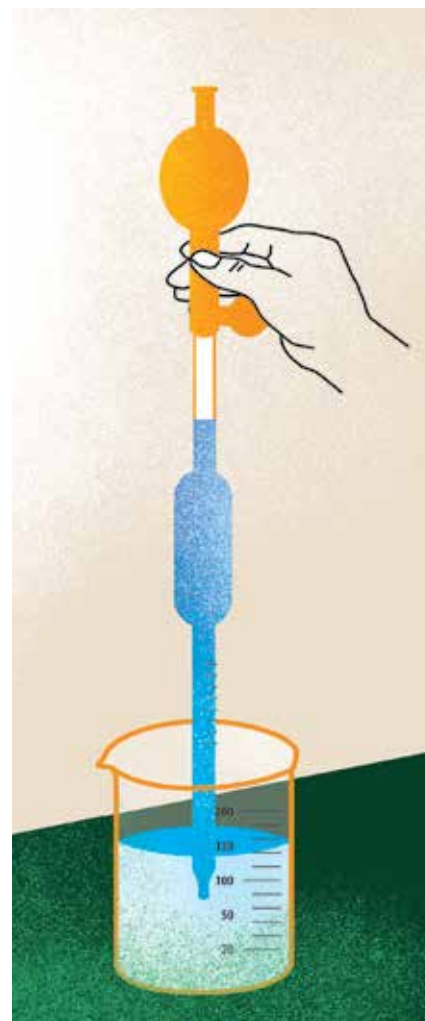
Za odmjeravanje zapremine tečnosti u laboratoriji koristi se različit laboratorijski pribor, u zavisnosti od potrebe za tačno odmjerenom zapreminom. Za precizno odmjeravanje koriste se pipete s tačno naznačenom zapreminom, dok se u slučaju potrebe za manjom tačnošću koriste menzure i Pasterove pipete. Pasterove pipete pogodne su i za dodavanje tečnosti u kapima. Važno je savladati pravilno korištenje pipete s propipetom, te Pasterove pipete, uz mogućnost kreiranja različitih aktivnosti kojima se može uočiti i razumjeti tačnost pri odmjeravanju zadane zapremine tečnosti.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Pipeta od 10 ml
2. Propipeta
3. Pasterova pipeta (3 ml)
4. Laboratorijska čaša od 200 ml
5. Laboratorijska čaša od 50 ml, dva komada
6. Digitalna vaga (maksimalno opterećenje 200 g, preciznost 0,1 g)
7. Obojena voda, voda sa česme + boja (koristiti boju za hranu)
8. Destilovana voda (H_2O)

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment prikladan je za uvod u rad s pipetama. Preporučuje se da vježbu izvodi svaki učenik samostalno. Voditi računa da se osigura dovoljan broj laboratorijskog pribora. S obzirom na to da se učenici prvi put susreću s korištenjem pipete, propipete i Pasterove pipete, nastavnik treba primarno demonstrirati tehniku pipetiranja prije samostalnog rada učenika. Korisno je pripremiti i printani materijal sa smjernicama za korištenje propipete i Pasterove pipete. Prije nego učenici započnu s mjerenjem, potrebno je osigurati im vrijeme za savladavanje rutine povlačenja tečnosti. Eksperiment se može realizirati korištenjem čiste vode, no preporučuje se dodatak boje za hranu kako bi učenici lakše pratili kretanje vode.



Slika 12. Ilustrativni prikaz odmjeravanja tečnosti pipetom

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čašu od 200 ml uliti oko 100 ml vode s česme. Dodati kap plave boje za hranu.
2. Dvije čaše od 50 ml označiti brojevima 1 i 2.
3. Čašu 1 postaviti na vagu i tarirati vagu kako bi se izbjeglo uključivanje mase čaše u mjerenje.
4. Koristeći pipetu od 10 ml i propipetu, odmjeriti 10 ml obojene vode.
5. Vodu ispustiti u čašu 1 na vagi i očitati masu.
6. Postupak ponoviti još dva puta.
7. Čašu 2 postaviti na vagu i tarirati vagu kako bi se izbjeglo uključivanje mase čaše u mjerenje.
8. Pasterovom pipetom od 3 ml dodavati do 10 ml obojene vode u čašu na vagi.
9. Očitati masu.
10. Postupak ponoviti još dva puta.

Zapažanje

Primjećuje se da se pipetom s propipetom prenosi tačno 10 ml vode, što odgovara masi od 10 g. U slučaju korištenja Pasterove pipete, uočava se da se prenosi nešto manje/više tečnosti od 10 ml, na šta ukazuje manja/veća masa od 10 g.

Tabela za unos podataka

Mjerenje	Prvo mjerenje		Drugo mjerenje		Treće mjerenje		Razlika
	Zapremina (ml)	Masa (g)	Zapremina (ml)	Masa (g)	Zapremina (ml)	Masa (g)	
Čaša 1							
Čaša 2							

Zaključak

Pipeta s propipetom laboratorijski je pribor pogodan za tačno i precizno odmjeravanje zapremine tečnosti, dok je Pasterova pipeta pogodna za odmjeravanje zapremine tečnosti manje preciznosti, u slučaju kada se ne radi o kvantitativnoj analizi. Također, ukoliko se tečnost treba dodavati u kupa, za to je pogodna Pasterova pipeta.

2.6. DEKANTIRANJE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Vrste tvari

Cilj eksperimenta: Upoznati dekantiranje kao metodu odvajanja tečnosti od taloga.

Teorijski uvod

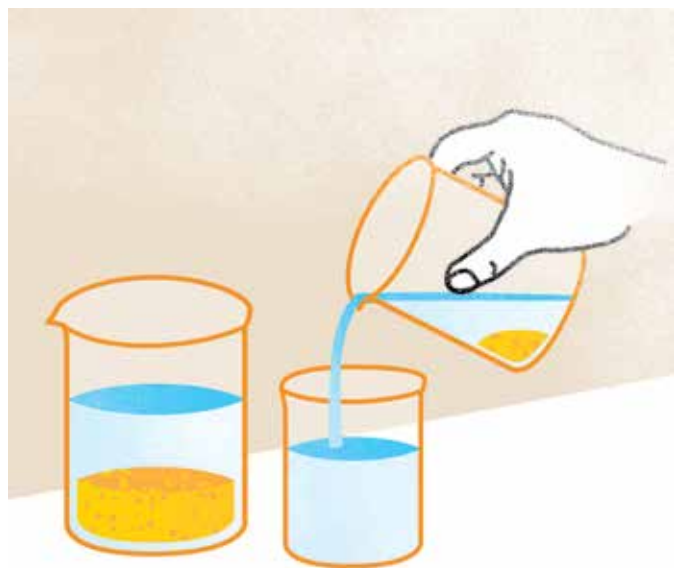
Dekantiranje je jednostavna fizička metoda odvajanja smjese netopive čvrste tvari i tečnosti. Ova metoda zasniva se na razlici u gustini i taloženju čestica: kada se čvrsta tvar istaloži na dnu posude, tečnost se pažljivo prelijeva u drugu posudu bez miješanja taloga. Dekantiranje je korisno kada nije potrebna potpuna čistoća filtrata, kao i u situacijama kada želimo zadržati talog ili tečnost. Ova je metoda jednostavna, ne zahtijeva dodatnu opremu i često se koristi kao pripremni korak prije filtriranja.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml, dva komada
2. Mala kašika
3. Stakleni štapić
4. Voda sa česme
5. Pijesak

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se kao prvi kontakt učenika s jednostavnim mehaničkim metodama odvajanja tvari. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik treba kratko objasniti princip dekantiranja i prikazati tehniku nagnjanja čaše bez uznemiravanja taloga. Eksperiment je poželjno izvoditi individualno, kako bi se učenicima omogućilo direktno iskustvo. Naglasak treba biti na pažljivom posmatranju, kontroli pokreta i preciznosti. Diskusija može obuhvatiti svakodnevne primjere dekantiranja (npr. odvajanje vode od mulja ili taloga kafe), čime se dodatno povezuje naučeno sa životnim iskustvima.



Slika 13. Ilustrativni prikaz postupka dekantiranja

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čašu s vodom dodati kašiku pijeska.
2. Staklenim štapićem promiješati smjesu.
3. Ostaviti čašu sa smjesom da se pijesak istaloži.
4. Pažljivo odlijevati tečni dio smjese u drugu čašu, pazeći da se talog ne uznemiri.
5. Izlijevanje prekinuti kada se dođe do nivoa taloga.

Zapažanje

Tokom vremena se primjećuje da se čestice pijeska spuštaju na dno čaše, a iznad ostaje bistra voda. Odlijevanjem talog ostaje na dnu čaše.

Zaključak

Dekantiranje je jednostavan i efikasan način za odvajanje bistre tečnosti od čvrstog taloga. Iako se ovom metodom ne dobije potpuno čista tečnost, metoda je veoma korisna za grubo odvajanje komponenti smjese i često se koristi u svakodnevnom životu.

2.7. FILTRIRANJE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Vrste tvari

Cilj eksperimenta: Upoznati postupak filtriranja kao metodu odvajanja netopive čvrste tvari od tečnosti.

Teorijski uvod

Filtriranje je fizička metoda odvajanja smjese netopive čvrste tvari i tečnosti. Ova se metoda zasniva na razlici u veličini čestica: čvrste čestice prevelike su da prođu kroz porozni materijal (filter-papir, tkanina, pijesak i sl.), dok tečnost i eventualno rastvorene tvari slobodno prolaze kroz filter. Tokom filtriranja čvrsta tvar ostaje na filteru (talog), a tečnost koja prolazi zove se filtrat. Ovaj postupak često se koristi u svakodnevnom životu (npr. kuhinjski filteri, filteri za kafu) i laboratorijskoj praksi za pročišćavanje ili razdvajanje komponenti smjese. Filtriranje ne mijenja hemijski sastav tvari – ono je primjer fizičkog odvajanja koje omogućava da se komponente smjese razdvoje bez hemijske reakcije.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Kvalitativni lijevak
2. Filter-papir
3. Laboratorijska čaša od 250 ml, dva komada
4. Stakleni štapić
5. Stalak
6. Prsten za lijevak
7. Voda sa česme
8. Pijesak

Postavka eksperimenta

Poželjno je da svaki učenik pripremi smjesu i realizira postupak filtriranja. Ukoliko se učenici nisu ranije susretali s izrezivanjem i oblikovanjem filter-papira, demonstrirati im na jednom primjeru uz jasne upute i objasniti pravilo fiksiranja filter-papira za lijevak. Obavezno naglasiti važnost slijevanja tečnosti niz stakleni štapić te pravilnog postavljanja grla lijevka pri sakupljanju filtrata.



Slika 14. Ilustrativni prikaz odvajanja čvrste i tečne tvari filtriranjem

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Fiksirati prsten na stativ i lijevak ubaciti u prsten.
2. Grlo lijevka postaviti uz zid čaše koja se postavlja ispod.
3. Izrezati odgovarajuću veličinu filter-papira, saviti ga i fiksirati za lijevak s malo vode.
4. U čaši pomiješati vodu i pijesak.
5. Pažljivo izljevati smjesu preko staklenog štapića u lijevak s filter-papirom.
6. Tečnost sakupljati u čaši.

Zapažanje

Filtrirana tečnost je bistra, dok su čvrste čestice pijeska ostale na filter-papiru. Zapremina sakupljene tečnosti približno je ista zapremini u početnoj smjesi.

Zaključak

Filtriranje je efikasan način odvajanja čvrstih netopivih čestica od tečnosti. Prolazak sastojaka smjese kroz filter-papir zavisi od veličine pora filter-papira. Čestice tečnosti izrazito su male i prolaze kroz filter-papir, dok su čestice pijeska znatno veće od pora na filter-papiru i zadržavaju se na njegovoj površini. Ovaj proces može se koristiti za pročišćavanje vode i drugih tečnosti u laboratorijskim i industrijskim uvjetima.

2.8. KRISTALIZACIJA

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Vrste tvari

Cilj eksperimenta: Upoznati proces kristalizacije izdvajanjem kristala šećera iz zasićenog rastvora.

Teorijski uvod

Kristalizacija je proces u kojem se rastvorena tvar izdvaja iz rastvora u obliku pravilno uređenih čvrstih čestica – kristala. Ova se metoda u hemiji koristi za pročišćavanje tvari i dobijanje kristala visoke čistoće. Najčešće se kristalizacija postiže hlađenjem zasićenog rastvora, pri čemu se smanjuje rastvorljivost tvari, pa se ona izdvaja u čvrstom obliku. Osim hlađenja, kristalizacija se može izazvati i isparavanjem rastvarača ili određenom hemijskom reakcijom.

Pribor/oprema/hemikalije

- | | |
|--|---|
| 1. Laboratorijska čaša od 250 ml, dva komada | 8. Podloga za sušenje kristala |
| 2. Stakleni štapić | 9. Kašika |
| 3. Rešo | 10. Olovka |
| 4. Keramička mrežica | 11. Konac |
| 5. Keramička pločica | 12. Spajalica |
| 6. Alkoholni termometar | 13. Šećer |
| 7. Menzura od 100 ml | 14. Destilovana voda (H ₂ O) |

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment pogodan je za rad u paru ili malim grupama. Učenicima treba objasniti pojam zasićenog rastvora i važnost kontroliranja temperature tokom procesa. Nastavnik treba demonstrirati pravilan način grijanja vode i dodavanja šećera dok se ne postigne zasićenje. Poseban naglasak treba staviti na sigurnost pri radu s rešoom i vrućim rastvorima. Obavezno pripremiti kuhinjsku rukavicu ili krpu za prihvatanje vruće čaše te keramičku pločicu na koju će biti spuštena tokom hlađenja.



Slika 15. Ilustrativni prikaz izdvajanja kristala

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čašu sipati 100 ml destilovane vode.
2. Postaviti čašu na keramičku mrežicu na zagrijanom rešou i zagrijavati vodu do temperature od oko 60 °C.
3. Postepeno dodavati šećer i miješati štapićem dok se više ne može rastvoriti (pojavljivanje taloga = zasićen rastvor).
4. Ukloniti čašu s rešoa, spustiti je na keramičku pločicu i ostaviti rastvor da se prirodno hladi na sobnoj temperaturi.
5. Spajalicu koncem vezati za olovku (dužinu konca prilagoditi visini čaše).
6. Olovku položiti preko otvora čaše i spajalicu spustiti u mlak rastvor.
7. Čašu s rastvorom ostaviti da stoji do narednog čaša.

Zapažanje

Tokom stajanja se iz ohlađenog rastvora na spajalici izdvajaju kristali.

Zaključak

Kristalizacija omogućava da se rastvoreni šećer izdvoji u čvrstom obliku. Isparavanjem se smanjuje količina rastvarača u rastvoru, čime se smanjuje mogućnost rastvorljivosti šećera i započinje proces formiranja kristala. Dobijeni kristali pokazatelj su da se tvari mogu pročistiti i izdvojiti iz rastvora fizičkim metodama.

2.9. UTJECAJ TEMPERATURE NA BRZINU RASTVARANJA

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Rastvori i rastvorljivost

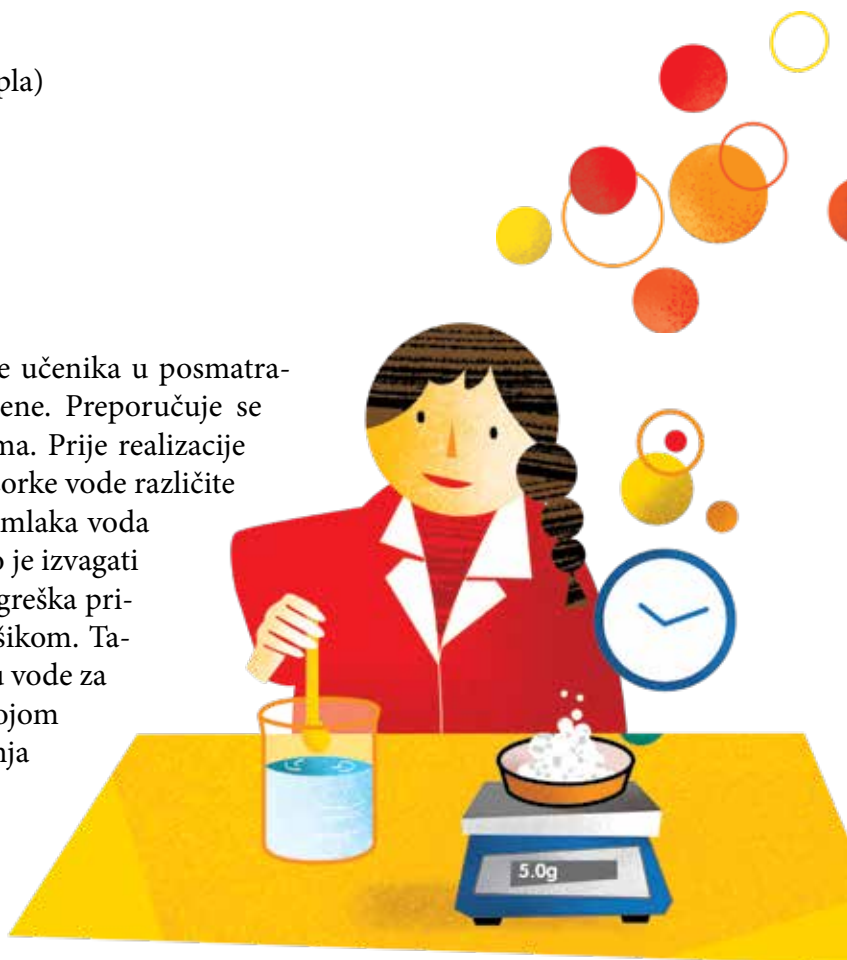
Cilj eksperimenta: Ispitati kako temperatura utječe na rastvorljivost šećera u vodi.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 200 ml, tri komada
2. Menzura od 100 ml
3. Štoperica
4. Mala kašika
5. Digitalna vaga (maksimalno opterećenje 200 g, preciznost 0,1 g)
6. Posuda za vaganje, tri komada
7. Stakleni štapić
8. Termometar
9. Voda sa česme (hladna, mlaka, topla)
10. Šećer

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment prikladan je za uvođenje učenika u posmatranje utjecaja temperature na fizičke promjene. Preporučuje se izvođenje u manjim grupama ili u parovima. Prije realizacije eksperimenta nastavnik treba pripremiti uzorke vode različite temperature, i to: hladna voda (10-15 °C), mlaka voda (23-25 °C) i topla voda (50-60 °C). Poželjno je izvagati tri jednake mase šećera kako bi se izbjegla greška prilikom neujednačenog dodavanja šećera kašikom. Također, potrebno je odmjeriti istu zapreminu vode za sva tri mjerenja. Nastavnik treba naglasiti kojom brzinom treba miješati prilikom rastvaranja šećera.



Slika 16. Ilustrativni prikaz vaganja tvari i rastvaranja

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Izvagati tri puta po 5 g šećera.
2. Tri laboratorijske čaše od 200 ml označiti brojevima od 1 do 3.
3. Menzutom odmjeriti 100 ml hladne vode i uliti u čašu 1.
4. U vodu dodati 5 g šećera i uključiti štopericu.
5. Miješati sadržaj u čaši kružnim pokretima (npr. 40 kružnih pokreta u minuti).
6. Kada se šećer rastvori, isključiti štopericu.
7. Ponoviti postupke opisane u koracima 3–6 u čašama 2 i 3 koristeći mlaku i toplu vodu.
8. Izmjeriti temperaturu mlake i tople vode.
9. Ponoviti eksperiment još dva puta.

Zapažanje

Šećer se najbrže rastvara u toploj vodi, zatim u mlakoj, a najsporije u hladnoj vodi. Primjećuje se da se u toploj vodi šećer gotovo odmah rastvara, dok u hladnoj ostaje na dnu duže vrijeme.

Tabela za unos rezultata

Broj čaše	Temperatura vode (°C)	Vrijeme rastvaranja (prvo mjerenje)	Vrijeme rastvaranja (drugo mjerenje)	Vrijeme rastvaranja (treće mjerenje)	Prosječno vrijeme rastvaranja (s)	Zapažanje (izgled, brzina)
1.						
2.						
3.						

Napomena:

U koloni "Zapažanje" učenici mogu opisati npr. da se šećer sporo rastvara, zadržava se na dnu, brzo nestaje i sl.

Zaključak

Temperatura vode direktno utječe na brzinu rastvaranja – što je voda toplija, šećer se brže rastvara. Povećanjem temperature ubrzava se kretanje molekula, pri čemu se one lakše odvajaju iz kristalne rešetke.

2.10. UTJECAJ POVRŠINE TVARI NA BRZINU RASTVARANJA

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Rastvori i rastvorljivost

Cilj eksperimenta: Ispitati kako veličina površine tvari utječe na brzinu rastvaranja tvari.

Teorijski uvod

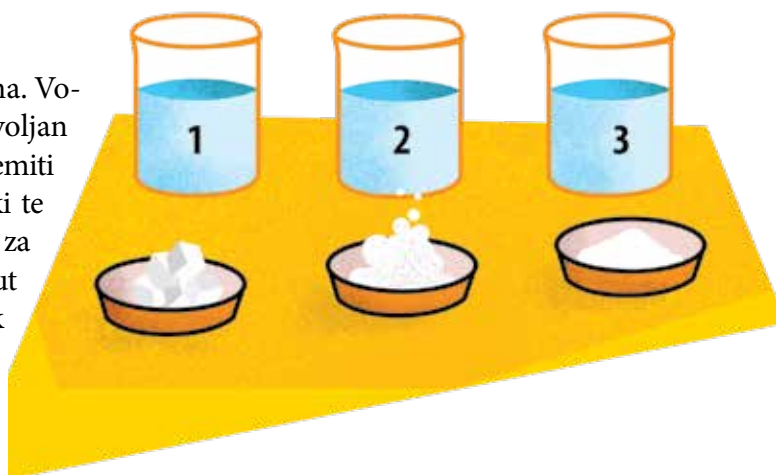
Rastvaranje je proces pri kojem se tvar (rastvorena tvar) ravnomjerno raspoređuje među česticama rastvarača, pri čemu nastaje homogeni rastvor. Što je dodirna površina veća, to je kontakt između tvari i rastvarača intenzivniji, što omogućava brži proces rastvaranja. Ova pojava objašnjava se činjenicom da se rastvaranje odvija na površini tvari — veća dodirna površina omogućava više istovremenih interakcija između molekula rastvarača i rastvorene tvari.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml, tri komada
2. Stakleni štapić
3. Mala kašika
4. Posuda za vaganje, tri komada
5. Digitalna vaga (maksimalno opterećenje 200 g, preciznost 0,1 g)
6. Štoperica
7. Menzura od 100 ml
8. Šećer
9. Voda sa česme

Postavka eksperimenta

Eksperiment je pogodan da se realizira u parovima. Voditi računa da je učenicima na raspolaganju dovoljan broj laboratorijskog pribora. Potrebno je pripremiti tri oblika šećera: sitni kristalni šećer, šećer u kocki te šećer u prahu. Učenicima je potrebno naglasiti da je za realizaciju eksperimenta potrebno koristiti svaki put istu zapreminu vode te istu masu šećera. Nastavnik može samostalno prilagoditi zapreminu vode i masu šećera. Diskusija nakon eksperimenta može obuhvatiti primjere iz svakodnevnog života, poput rastvaranja lijekova, miješanja napitaka i pripreme hrane, čime se teorija povezuje s realnim iskustvima.



Slika 17. Ilustrativni prikaz različitih oblika šećera (kocka, kristali, prah)

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Izvagati kocku šećera te u toj vrijednosti mase izvagati sitnog kristalnog šećera i šećera u prahu.
2. Tri laboratorijske čaše od 250 ml označiti brojevima od 1 do 3.
3. Menzurom odmjeriti 100 ml vode s česme i uliti u čašu 1.
4. U vodu dodati kocku šećera i uključiti štopericu.
5. Miješati sadržaj u čaši kružnim pokretima (npr. 40 kružnih pokreta u minuti).
6. Kada se šećer rastvori, isključiti štopericu.
7. Ponoviti postupke opisane u koracima 3–6 u čašama 2 i 3 koristeći sitni kristalni šećer i šećer u prahu.
8. Ponoviti eksperiment za sve vrste šećera još dva puta.

Zapažanje

Uočava se da se šećer u prahu rastvara najbrže, zatim kristalni šećer, dok je kocki šećera potrebno najviše vremena za rastvaranje.

Tabela za unos podataka

Oblik šećera	Vrijeme rastvaranja (prvo mjerenje)	Vrijeme rastvaranja (drugo mjerenje)	Vrijeme rastvaranja (treće mjerenje)	Prosječno vrijeme rastvaranja
Kocka šećera				
Kristalni šećer				
Šećer u prahu				

Zaključak

Eksperiment pokazuje da veća površina tvari omogućava brže rastvaranje. Kroz praktičan rad uočava se da se šećer u prahu, zbog svoje velike dodirne površine, najbrže rastvara, dok se kocka šećera rastvara najsporije. Zaključuje se da veličina dodirne površine ima direktan utjecaj na brzinu rastvaranja tvari u tečnostima.

Za potpunije razumijevanje ovog procesa preporučuje se kreiranje grafikona koji prikazuje vrijeme rastvaranja u odnosu na veličinu čestica, kao i izrada crteža s prikazom rasporeda i veličine čestica šećera u vodi. Ovi vizualni prikazi pomažu učenicima da jasnije shvate kako dodirna površina utječe na kontakt s tečnošću i brzinu rastvaranja.

2.11. PRIPREMANJE RASTVORA ZADANOG MASENOG UDJELA

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Rastvori i rastvorljivost

Cilj eksperimenta: Pripremiti rastvor poznatog masenog udjela tačnim vaganjem i mjerenjem zapremine, primjenjujući formulu za maseni udio.

Teorijski uvod

Rastvor je homogena smjesa dviju ili više tvari. Maseni udio predstavlja odnos mase rastvorene tvari prema ukupnoj masi rastvora, najčešće izražen u procentima. Priprema rastvora zadanog masenog udjela zahtijeva tačno mjerenje mase rastvorene tvari i mase rastvarača (najčešće vode). Formula za izračunavanje masenog udjela je:

$$\omega = \frac{m(\text{tvar})}{m(\text{rastvor})} \times 100\%,$$

gdje je:

ω – maseni udio (%)

$m(\text{tvar})$ – masa rastvorene tvari (g)

$m(\text{rastvor})$ – ukupna masa rastvora (g).

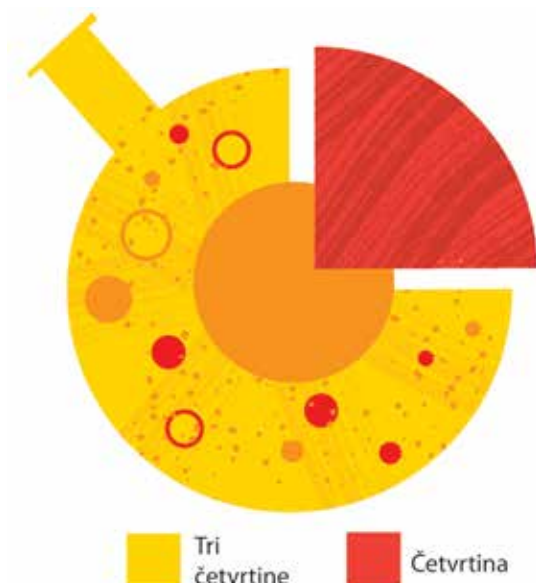
Pribor/oprema/hemikalije

1. Digitalna vaga (maksimalna nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
2. Laboratorijska čaša od 250 ml
3. Menzura od 100 ml
4. Stakleni štapić
5. Lijevak (po potrebi)
6. Natrijev hlorid (NaCl)
7. Destilovana voda (H₂O)

Postavka eksperimenta

Zadatak može glasiti: Pripremiti 100 ml 15%-tnog rastvora NaCl.

Eksperiment se izvodi kao dio učenja o rastvorima i primjeni hemijskih proračuna. Poželjno je da učenici izvedu vježbu individualno. Moguće je osmisliti više različitih zadataka pripreme procentnih rastvora uz upotrebu različitih tvari. Nastavnik objašnjava formulu za maseni udio i naglašava važnost preciznosti pri proračunu i mjerenjima. Učenici zatim samostalno izvedu eksperiment, bilježe podatke i analiziraju rezultate. Na kraju časa slijedi diskusija o tačnosti pripreme, mogućim greškama i važnosti pravilnog izračunavanja u hemiji. U slučaju kada je rastvarač voda, 100 ml rastvora često se posmatra kao 100 g, jer je gustina vode približno 1 g/ml. Ovo pravilo važi za rastvore niske koncentracije, gdje sadržaj rastvorene tvari ne mijenja značajno gustinu rastvora.



Slika 18. Ilustrativni prikaz udjela na općem primjeru

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Izračunati masu NaCl potrebnu za pripremanje 100 ml 15%-tnog rastvora.
2. Izračunati potrebnu zapreminu vode.
3. Izvagati dobijenu vrijednost NaCl.
4. Odvagu prebaciti u čašu.
5. Menzurom odmjeriti izračunatu zapreminu vode i uliti u čašu sa soli.
6. Miješati staklenim štapićem dok se so potpuno ne rastvori.

Zapažanje

Masa potrebne soli računa se iz formule:

$$\omega = \frac{m(\text{tvar})}{m(\text{rastvor})} \times 100\%, \text{ odakle je } m(\text{tvar}) = \frac{\omega \times m(\text{rastvor})}{100},$$

pa se dobije da je potrebna masa NaCl:

$$m(\text{NaCl}) = \frac{15 \times 100 \text{ g}}{100} = 15 \text{ g}.$$

Masa/zapremina vode računa se iz formule $m(\text{rastvarač}) = m(\text{rastvor}) - m(\text{tvar})$, odakle se dobije $m(\text{rastvarača}) = 100 \text{ g} - 15 \text{ g} = 85 \text{ g}$, odnosno da je potrebno 85 ml vode. So se brzo rastvara u vodi uz miješanje. Dobijeni rastvor bistar je i homogen.

Zaključak

Korištenjem formule za maseni udio učenici povezuju i shvataju odnos mase rastvorene tvari, ukupne mase rastvora i procentne koncentracije. Vježba doprinosi razvoju praktičnih vještina u radu s vagom i menzurom, kao i preciznosti u izvođenju mjerenja. Također je naglašena važnost pažljivog računanja i tehničke tačnosti prilikom pripreme rastvora u laboratorijskim uvjetima.

2.12. ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI RAZLIČITIH TVARI

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Vrste hemijskih spojeva

Cilj eksperimenta: Odrediti kisela i bazna svojstva tvari korištenjem indikatora.

Teorijski uvod

Indikatori su hemijske tvari koje mijenjaju boju u prisustvu kiselih ili baznih rastvora. Lakmus-papir, univerzalni indikator, fenolftalein i metil oranž često se koriste za određivanje pH vrijednosti. Svaki od ovih indikatora ima specifičnu promjenu boje, ovisno o pH vrijednosti rastvora. Na osnovu tih promjena može se zaključiti da li je neka tvar kisela, bazna ili neutralna.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 100 ml, 12 komada
2. Pasterova pipeta, četiri komada
3. Stakleni štapić
4. Prašak za pecivo
5. Limunska kiselina
6. Natrijev hlorid (NaCl)
7. Hloridna kiselina (HCl), 1 mol/l
8. Lakmus-papir (plavi i crveni)
9. Univerzalni indikator
10. Fenolftalein
11. Metil oranž

Postavka eksperimenta

Eksperiment se izvodi na laboratorijskom stolu uz strogo poštivanje sigurnosnih mjera. Pogodan je da se izvodi u parovima. Svaki par može dobiti jednu tvar i ispitati je lakmus-papirom i sa sva tri tečna indikatora. Čvrste tvari treba proizvoljno rastvoriti u vodi prije ispitivanja. Nakon što učenici završe eksperiment, predlaže se da se kreira zajednička tabela na tabli te da se za rezultate ispitivanja svakim indikatorom ispitivane tvari poredaju na pH skalu. Poželjno je da se učenici upoznaju i s upotrebom indikatora u svakodnevnom životu (npr. testiranje tla, bazena, hrane).



Slika 19. Ilustrativni prikaz korištenja indikatora fenolftaleina

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čaše dodati po jednu ispitivanu tvar (malu zapreminu).
2. Uroniti lakmus-papir (plavi i crveni) u svaki uzorak i zabilježiti promjenu boje.
3. Dodati nekoliko kapi univerzalnog indikatora u svaku čašu i zabilježiti promjene.
4. Ponoviti postupke opisane u koracima 1 i 3 dodavanjem fenolftaleina i metil oranža.

Zapažanje

Tokom izvođenja eksperimenta uočavaju se različite promjene boje u zavisnosti od vrste indikatora i ispitivane tvari. Kiseline, poput limunske i hloridne, izazivaju crvenu boju univerzalnog indikatora i narandžastu boju metil oranža, što jasno ukazuje na kiseli pH. Bazične tvari, poput praška za pecivo, uzrokuju pojavu ružičaste boje fenolftaleina i promjenu crvenog lakmus-papira u plavo, ukazujući na njihovu baznu prirodu. Natrijev hlorid ne izaziva nikakvu vidljivu promjenu boje ni kod jednog indikatora, što ukazuje na neutralnu sredinu.

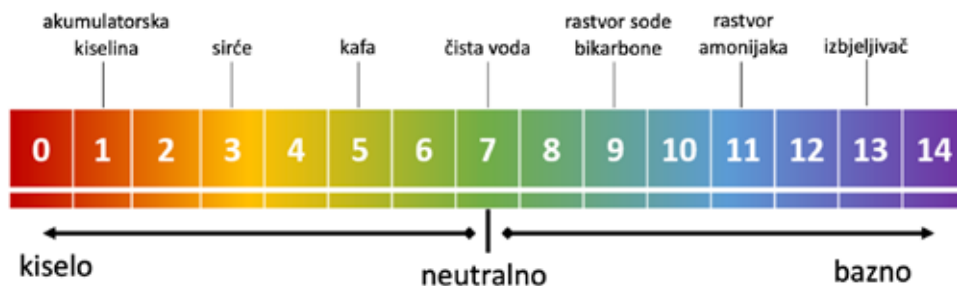
Tabela za unos podataka

Tvar	Lakmus-papir	Univerzalni indikator	Fenolftalein	Metil oranž	Zaključak (kiselo/bazno/neutralno)
Prašak za pecivo					
Limunska kiselina					
Natrijev hlorid					
Hloridna kiselina					

Zaključak

Eksperiment omogućava učenicima da prepoznaju kisela, bazna i neutralna svojstva različitih tvari iz svakodnevnog života korištenjem više indikatora. Uočava se da svaki indikator reagira u različitom pH rasponu i daje karakterističnu promjenu boje. Posebno je istaknuto da univerzalni indikator pruža najširu informaciju o tačnoj pH vrijednosti, dok pojedinačni indikatori, poput fenolftaleina i metil oranža, daju brzu orijentaciju o prisustvu kiseline ili baze. Vježba doprinosi boljem razumijevanju koncepta pH, kao i značaju izbora odgovarajućeg indikatora u hemijskim analizama.

Prilog: Primjer pH skale



2.13. VIRTUALNI pH-METAR

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Vrste hemijskih spojeva

Cilj eksperimenta: Upoznati se s radom digitalnog pH metra kroz virtualno okruženje.

Teorijski uvod

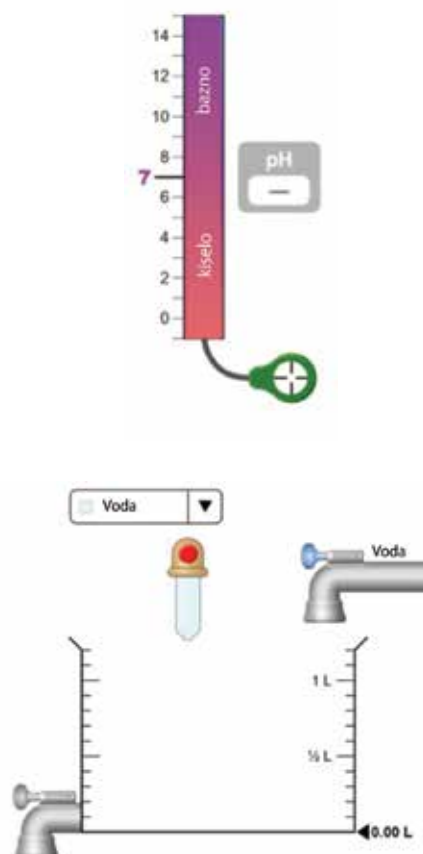
Mjeru kiselosti ili bazičnosti rastvora predstavlja vrijednost pH. Skala pH vrijednosti kreće se od 0 do 14 – vrijednosti manje od 7 ukazuju na kiselu rastvor, vrijednost 7 označava neutralan rastvor, dok vrijednosti veće od 7 upućuju na bazni (lužnat) rastvor. Određivanje pH vrijednosti važno je u hemiji, biologiji, prehrambenoj industriji i svakodnevnom životu. Virtualni pH metar omogućava mjerenje pH vrijednosti različitih rastvora pomoću digitalne sonde bez upotrebe stvarnih hemikalija, što ovu metodu čini sigurnom i pogodnom za obrazovne svrhe.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Računar s pristupom internetu
2. Virtualni pH metar (online simulacija)
3. Hemikalije (virtualno dostupne u simulaciji):
 - Voda sa česme
 - Limunov sok
 - Sirće
 - Prašak za pecivo
 - Sapun
 - Sredstvo za pranje suđa

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment izvodi se u digitalnom okruženju i idealan je za uvod u pojam pH vrijednosti, posebno u slučajevima kada nije moguće koristiti stvarne hemikalije zbog ograničenih resursa ili sigurnosnih razloga. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik treba učenicima objasniti šta pH vrijednost predstavlja, koje su granice skale pH (od 0 do 14), te kako se različiti rastvori klasificiraju kao kiseli, neutralni ili bazni. Potrebno je učenicima predstaviti interfejs i osnovne funkcije virtualnog pH metra, uključujući kako se bira tvar i kako se očitava vrijednost na digitalnom prikazu. Preporučuje se da nastavnik prvo demonstrira mjerenje pH vrijednosti jednog rastvora (npr. vode), objašnjavajući korake jasno i postepeno. Nakon toga, učenici mogu samostalno ili u paru obaviti mjerenja ostalih uzoraka dostupnih u simulaciji. Učenicima treba osigurati tabelu u koju će bilježiti rezultate, a nakon prikupljanja podataka usmjeriti ih na upoređivanje dobijenih pH vrijednosti s hemijskim sastavom tvari. Ova faza eksperimenta važna je za razvoj sposobnosti povezivanja teorijskih znanja s praktičnim ishodima. Poseban didaktički potencijal eksperimenta leži u tome što učenici mogu sigurno eksperimentirati s rastvorima koji su u stvarnosti korozivni ili potencijalno opasni. Također,



Slika 20. Ilustrativni prikaz određivanja pH vrijednosti tvari korištenjem virtualnog pH metra

preporučuje se da se kroz diskusiju obrade pojmovi poput indikatora, neutralizacije i uloge pH vrijednosti u svakodnevnom životu (npr. u prehrani, higijeni i zaštiti okoliša). Eksperiment se može provoditi i u situacijama nastave na daljinu, a kao domaći zadatak učenici mogu napraviti grafikon pH vrijednosti svih ispitivanih rastvora ili istražiti pH vrijednosti još nekih tvari iz svakodnevnog života i uporediti ih s rezultatima iz simulacije.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Uključiti računar i otvoriti online simulaciju pH metra.
2. U simulaciji izabrati prvi uzorak (npr. limunov sok) iz ponuđene liste digitalnih tvari.
3. Uroniti virtualnu sondu pH metra u odabrani rastvor u simulaciji.
4. Zabilježiti prikazanu pH vrijednost u tabelu.
5. Ponoviti postupke opisane u koracima 2–4 za svaki od preostalih digitalnih uzoraka (sirće, voda, prašak za pecivo, sapun, sredstvo za pranje suđa).
6. Istražiti stvarne pH vrijednosti datih uzoraka i uporediti ih s onima dobijenim u virtualnom okruženju.

Zapažanje

Vrijednosti na virtualnom pH metru mijenjale su se u skladu s promjenom uzorka za mjerenje. Prikazane pH vrijednosti za limunov sok i sirće su ispod 7, za vodu 7, dok su prašak za pecivo, sapun i sredstvo za pranje suđa iznad 7. Dobijeni rezultati slični su stvarnim pH vrijednostima utvrđenim pregledom literature na internetu.

Tabela za unos podataka

Redni broj	Naziv tvari	Virtualna pH vrijednost	Kiselost (kiselo/neutralno/bazno)	Stvarna pH vrijednost
1.	Limunov sok			
2.	Sirće			
3.	Voda			
4.	Prašak za pecivo			
5.	Sapun			
6.	Deterdžent			

Zaključak

Simulacija određivanja pH vrijednosti u virtualnom okruženju omogućava precizno i sigurno mjerenje pH bez korištenja stvarnih hemikalija. Učenici imaju priliku identificirati kisela, neutralna i bazna svojstva različitih rastvora, potvrđujući osnovne hemijske principe pH skale. Ova metoda efikasan je alat za učenje i razumijevanje koncepta kiselosti i bazičnosti, naročito u uvjetima kada laboratorijska oprema nije dostupna.

2.14. UČENJE O HEMIJSKIM VEZAMA KROZ ANIMACIJE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Hemijske veze

Cilj eksperimenta: Istražiti svojstva kovalentnih i jonskih veza kroz različite animacije radi bolje vizualizacije i razumijevanja.

Teorijski uvod

Razumijevanje kovalentnih i jonskih veza ključno je za razumijevanje hemije, ali ove veze često su apstraktne i teško ih je vizualizirati. Korištenjem animacija u virtualnom okruženju učenici mogu jasno vidjeti kako atomi dijele elektrone kod kovalentnih veza, odnosno kako dolazi do prijenosa elektrona i formiranja jonskih veza. Ove dinamične vizualizacije pomažu u boljem razumijevanju procesa vezivanja atoma, njihove strukture i razlike između tipova veza, što olakšava usvajanje složenih hemijskih koncepata.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Računar s pristupom internetu
2. Online izvori animacija i simulacija:
 - PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder): *Build a Molecule*, *Molecule Shapes*, *Covalent Bonds*, *Ionic Bonds* (<https://phet.colorado.edu>)
 - ChemCollective Virtual Labs (<http://chemcollective.org>)
 - YouTube edukativni kanali: *CrashCourse*, *FuseSchool*, *TED-Ed*
 - Molecular Workbench (<https://mw.concord.org>)
 - Avogadro, 3D molekulski modelar (<https://avogadro.cc>)

Postavka vježbe

Preporučuje se prethodno upoznavanje učenika s osnovnim pojmovima o hemijskim vezama kako bi animacije imale puni edukativni efekat. Animacije treba koristiti kao vizualnu dopunu teoriji, a ne kao zamjenu za eksperimentalni rad. Preporučuje se korištenje različitih izvora animacija radi različitih vizualnih pristupa i detalja. Nakon izvođenja aktivnosti, preporučuje se povratna diskusija i povezivanje sa stvarnim hemijskim reakcijama. Učenici pripremaju računar s pristupom internetu i pristupaju odabranim edukativnim platformama i softverima. Posmatraju relevantne animacije i simulacije koje prikazuju ostvarivanje kovalentne i jonske veze. Pripremiti elektronski (Word) ili printani radni list.



Slika 21. Ilustrativni prikaz korištenja virtualnih alata za izradu modela molekula

Postupak izvođenja vježbe

1. Pokrenuti animacije i pažljivo pratiti proces formiranja hemijskih veza.
2. Zabilježiti osnovne karakteristike svake vrste veze (npr. vrsta atoma, način formiranja, raspored elektrona i sl.).
3. Uporediti dobijene informacije iz različitih animacija i izvora.

Zapažanje

Tokom korištenja animacija u virtualnom okruženju jasno se uočavaju razlike između kovalentne i jonske veze. Kod kovalentnih veza uočava se dijeljenje elektronskih parova između atoma nemetala, dok se kod jonskih veza uočava prijenos elektrona s atoma metala na atome nemetala i formiranje pozitivnih i negativnih jona. Animacije vizualno prikazuju raspored elektrona, vrste atoma koji ulaze u vezu i rezultirajuće strukture, što doprinosi boljem razumijevanju apstraktnih pojmova.

Zaključak

Animacije u virtualnom okruženju vrlo su korisne u vizualizaciji i razumijevanju razlika između kovalentnih i jonskih veza. Učenici lakše prepoznaju tipove elemenata koji ulaze u hemijske veze, način raspodjele elektrona i posljedice tih procesa na nastanak molekula i jona. Ovakav pristup omogućava dublje shvatanje hemijskih veza i predstavlja efikasan alat za učenje apstraktnih sadržaja u nastavi hemije.

2.15. ELEKTROLIZA VODE

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Hemijske reakcije

Cilj eksperimenta: Istražiti ponašanje vode pod utjecajem električne struje.

Teorijski uvod

Elektroliza je proces u kojem se hemijska promjena ostvaruje djelovanjem električne struje kroz rastvor ili talinu. Kada se kroz vodu propušta jednosmjerna struja, dolazi do razlaganja njenih molekula, ali samo ako voda sadrži rastvoreni elektrolit jer čista voda veoma slabo provodi električnu struju. Elektrolit omogućava prisustvo slobodnih jona, koji prenose električnu struju kroz rastvor i omogućavaju odvijanje reakcije na elektrodama. Ova pojava ima veliku vrijednost u obrazovnom kontekstu jer predstavlja primjer hemijske analize putem elektrolize, gdje učenici mogu direktno opažati hemijske promjene izazvane električnom energijom. Eksperiment pomaže u razumijevanju uloge jona, provođenja struje kroz rastvore, kao i pretvaranja električne energije u hemijsku. Pored razvoja eksperimentalnih vještina, omogućava povezivanje osnovnih pojmova iz hemije i fizike, kao što su elektricitet, reaktivnost i osobine materijala.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Hofmannov aparat za elektrolizu
2. Izvor istosmjerne struje
3. Spojne žice s krokodil-štikaljkama
4. Stalak za epruvete
5. Dvije manje epruvete
6. Drvena treščica
7. Upaljač
8. Destilovana voda (H_2O)
9. Natrijev hidroksid (NaOH), 1 mol/l



Slika 22. Ilustrativni prikaz posmatranja izdvajanja mjehurića na elektrodi tokom procesa elektrolize

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment pogodan je za izvođenje u 8. razredu osnovne škole, u okviru nastavne teme o vrstama tvari i hemijskim promjenama. S obzirom na to da je Hofmannov aparat uz prateću opremu osjetljiv za rukovanje i da se vježba izvodi uz dotok struje, preporučuje se da demonstraciju izvodi nastavnik uz aktivno učešće učenika kroz diskusiju. Provjeriti da je Hofmannov aparat stabilno postavljen u uspravnom položaju. Kako se radi o vizualno jasnoj i efektnoj reakciji analize, eksperiment predstavlja odličnu priliku da učenici konkretno uoče šta znači razlaganje hemijskog spoja na elemente. Prije izvođenja korisno je ponoviti osnovne pojmove: čista tvar, spoj, element, hemijska promjena. Tokom izvođenja nastavnik može

koristiti ilustraciju ili shemu Hofmannovog aparata, kao i prikaz molekule vode (kalotni model) kako bi učenici lakše povezali i razumjeli pojave.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Napuniti centralni rezervoar Hofmannove cijevi destilovanom vodom i dodati malo rastvora NaOH.
2. Provjeriti da su pipci na cijevima zatvoreni.
3. Spojiti elektrode aparata pomoću krokodilki s izvorom istosmjerne struje.
4. Uključiti izvor istosmjerne struje (npr. 6–12 V).
5. Nakon određenog vremena posmatrati sistem.
6. Sačekati da se sakupi dovoljna količina gasova u objema epruvetama.
7. Isključiti izvor struje.
8. U epruvetu sakupiti gas kojeg se izdvojilo manje.
9. Prinijeti tinjajuću treščicu otvoru epruvete.
10. U epruvetu sakupiti gas kojeg se izdvojilo više.
11. Prinijeti zapaljenu treščicu otvoru epruvete.

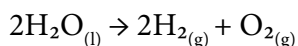
Zapažanje

Nakon uključivanja izvora jednosmjerne struje, u objema cijevima Hofmannovog aparata počinju se pojavljivati mjehurići. Mjehurići se nakupljaju na elektrodama i polako ispunjavaju obje cijevi gasovima. U jednoj cijevi količina gasa povećava se otprilike dvostruko više nego u drugoj. Tinjajuća treščica rasplamsala se prinošenjem sakupljenom gasu kojeg je nestalo manje. Na zapaljenoj treščici ugasio se plamen i začuo se zvuk pri prinošenju sakupljenom gasu kojeg je nastalo više.

Zaključak

Ovaj eksperiment pokazuje kako električna energija može izazvati hemijsku promjenu – razlaganje vode pomoću jednosmjerne struje. Elektroliti u rastvoru omogućavaju protok struje jer oslobađaju jone koji prenose električni naboj. Opaženo različito povećanje zapremine gasova ukazuje na različitu zastupljenost elemenata u sastavu vode. Eksperiment jasno pokazuje da se voda, kao hemijski spoj, razlaže na vodik i kisik u omjeru 2:1 kada se kroz nju propušta električna struja. Kisik je gas koji podržava gorenje, dok vodik u nedovoljnoj količini, u prisustvu plamena, izaziva blagi prasak. Ova vježba posebno je korisna jer pomaže učenicima da kroz učenje otkrivanjem povežu osnovne koncepte električne provodljivosti, elektrolize, odnosa masa i zapremina, te hemijskog sastava spojeva i da steknu praktično iskustvo u primjeni teorije.

Simbolni nivo



2.16. HEMIJSKA SVOJSTVA NATRIJA – REAKCIJA S VODOM

Oblast: A – Tvari

Tematska cjelina: Hemijske reakcije

Cilj eksperimenta: Istražiti hemijsku reakciju natrija s vodom i analizirati uočene promjene.

Teorijski uvod

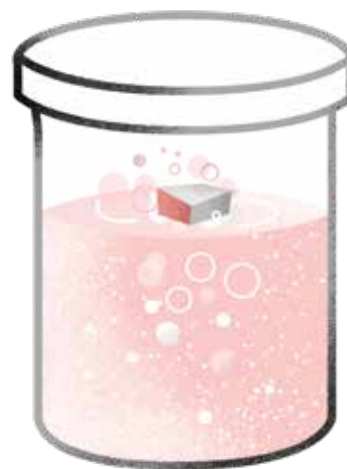
Natrij (Na) je alkalni metal iz prve grupe periodnog sistema elemenata poznat po svojoj izrazitoj reaktivnosti. Zbog toga se čuva u tamnim bocama, potopljen u mineralnom ulju. S vodom reagira veoma burno, pri čemu se oslobađa velika količina toplote. Ova reakcija primjer je redoks-procesa: natrij se oksidira, a voda se reducira. Upotreba indikatora kao što je fenolftalein doprinosi lakšem i jasnijem uočavanju promjena.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Staklena posuda za vodu
2. Veće i manje sahatno staklo
3. Pinceta
4. Stalak za epruvete
5. Filter-papir
6. Nož
7. Zaštitne naočale
8. Gumene rukavice
9. Natrij (Na)
10. Destilovana voda (H_2O)
11. Fenolftalein

Postavka eksperimenta

Poseban akcenat stavlja se na oprez pri rukovanju natrijem. Zbog opasnosti koje prate reakciju natrija s vodom, za ovaj eksperiment preporučuje se isključivo demonstrativna aktivnost nastavnika. Reakcija je burna, egzotermna i može biti praćena zapaljenjem oslobođenog vodika, zbog čega je neophodno strogo pridržavanje sigurnosnih mjera. Eksperiment treba izvoditi u dobro provjetrenoj prostoriji, po mogućnosti ispod hemijske nape, na stabilnoj i nezapaljivoj površini. Prije izvođenja nastavnik treba osigurati ličnu zaštitnu opremu i pripremiti sav pribor i hemikalije, uključujući i zaštitno pokrivanje posude u kojoj se odvija reakcija. U uvodnom dijelu časa učenike je potrebno upoznati sa svojstvima alkalnih metala, naročito natrija, i objasniti zašto njihova reakcija s vodom predstavlja opasnost. Preporučuje se



Slika 23. Ilustrativni prikaz odvijanja hemijske reakcije između natrija i vode

korištenje fenolftaleina radi lakše uočljivosti promjena. Učenike držati na odgovarajućoj udaljenosti, uz obavezno nošenje zaštitnih naočala. Po završetku eksperimenta, ne dira se sadržaj posude dok se potpuno ne ohladi, a svi ostaci pažljivo se uklanjaju u skladu sa školskim pravilima o odlaganju hemijskog otpada.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U staklenu posudu (veću čašu) uliti destilovanu vodu i dodati nekoliko kapi fenolftaleina.
2. Posudu postaviti na nezapaljivu površinu udaljenu od izvora toplote.
3. Pripremiti natrij – odrezati komad veličine zrna riže i osušiti ga filter-papirom.
4. Pincetom komadić natrija ubaciti u vodu u staklenoj posudi.
Posudu prekriti većim sahatnim staklom. Posmatrati.
5. Nakon završetka reakcije, posudu ostaviti da se ohladi prije uklanjanja sadržaja.

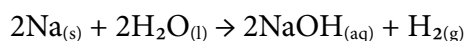
Zapažanje

Dolazi do burne reakcije praćene šuštanjem i mjehurićima. Natrij se ubrzano kreće po površini vode. Pojavljuje se ružičasta boja.

Zaključak

Reakcijom natrija s vodom dolazi do stvaranja natrijevog hidroksida, jake baze, i oslobađanja vodika. Prisustvo fenolftaleina u vodi omogućava vizualno uočavanje bazne sredine, što ukazuje na to da je pH rastvora porastao. Eksperiment jasno pokazuje visoku reaktivnost natrija i njegovo svojstvo tipično za alkalne metale.

Simbolni nivo



2.17. REAKCIJA NEUTRALIZACIJE

Oblast: A – Tvar

Tematska cjelina: Hemijske reakcije

Cilj eksperimenta: Istražiti hemijsku reakciju između acetatne kiseline i natrijevog hidrogenkarbonata.

Teorijski uvod

Soda bikarbona, poznata kao natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO_3), jeste bijeli kristalni prah, slabo bazna supstanca koja se često koristi u domaćinstvu i prehrambenoj industriji. Acetatna kiselina (CH_3COOH) slaba je organska kiselina prepoznatljiva po oštrom mirisu. Ova reakcija je jednostavna, sigurna i lako uočljiva, zbog čega se vrlo često koristi u obrazovanju. Reakcija između ovih dviju tvari vizualno je zanimljiva i pogodna je za objašnjavanje više važnih hemijskih koncepata kao što su: fizičke i hemijske promjene, pojam reaktanata i produkata, kiselinsko-bazne reakcije, zakon o održanju mase i sl. Reakcija između ovih tvari pruža uvod u gasovite produkte reakcije, neutralizaciju i hemijske promjene koje proizvode energiju.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml
2. Menzura od 100 ml
3. Kašika
4. Gumena rukavica
5. Acetatna (sirćetna) kiselina (CH_3COOH , alkoholni ocat), 9%
6. Natrijev hidrogenkarbonat (NaHCO_3)

Postavka eksperimenta

Obratiti pažnju na pravilno rukovanje acetatnom kiselinom zbog njenog oštrog mirisa da bi se izbjegao nadražaj disajnih organa. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik treba objasniti osnovne pojmove: kiselina, baza (ili bazna so), produkti reakcije i pojam neutralizacije. Eksperiment se izvodi u paru ili malim grupama kako bi svi učenici mogli posmatrati i učestvovati. Nakon eksperimenta, u diskusiji s učenicima povezati dobijene rezultate sa svakodnevnim iskustvima (npr. soda i sirće pri čišćenju). Predlaže se upotreba gumene rukavice radi izraženijeg vizualnog efekta, što se ostavlja na izbor nastavniku.



Slika 24. Ilustrativni prikaz odvijanja hemijske reakcije između alkoholnog octa i natrijevog hidrogenkarbonata

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Menzurom odmjeriti 100 ml alkoholnog octa i prelići u čašu.
2. U prostor za prste u rukavici dodati natrijev hidrogenkarbonat.
3. Rukavicu navući preko otvora čaše, podići dio za prste i istresti natrijev hidrogenkarbonat u ocat. Posmatrati.

Zapažanje

Reakcija je praćena šuštanjem i pjenušanjem. Rukavica se puše i podiže.

Zaključak

Reakcijom između acetatne kiseline (sirće) i natrijevog hidrogenkarbonata dolazi do vidljive hemijske promjene – oslobađanja ugljikovog(IV) oksida u obliku mjehurića. Nastaju i natrijev acetat i voda. Ova reakcija primjer je kiselinsko-bazne neutralizacije, a pjenušanje ukazuje na nastanak gasa. Eksperiment omogućava razumijevanje osnovnih hemijskih pojmova kao što su reaktanti, produkti i hemijske promjene koje uključuju oslobađanje gasa. Također pokazuje kako se jednostavnim, sigurnim tvarima može istraživati i tumačiti hemijska reakcija u svakodnevnom okruženju.

Simbolni nivo



2.18. TERMIČKA RAZGRADNJA KALCIJEVOG KARBONATA

Oblast: A – Tvar

Tematska cjelina: Hemijske reakcije

Cilj eksperimenta: Istražiti proces razlaganja kalcijevog karbonata zagrijavanjem i identifikovati produkte reakcije.

Teorijski uvod

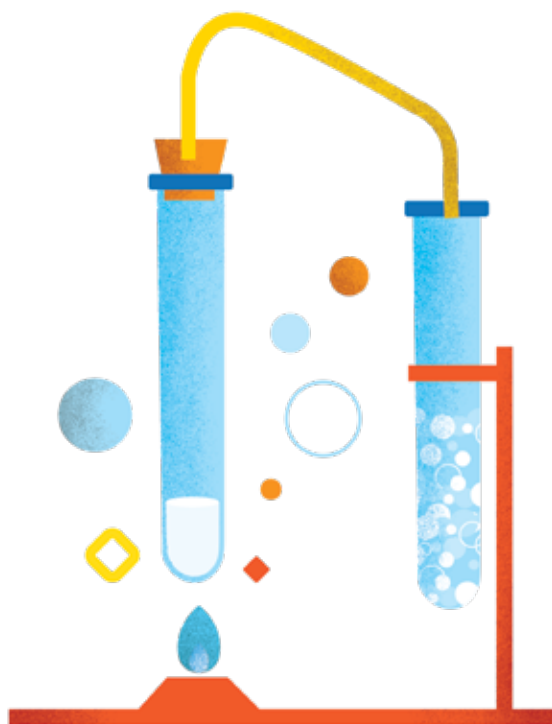
Zagrijavanjem nekih hemijskih spojeva može doći do njihove razgradnje na jednostavnije tvari. Ovakva vrsta reakcije naziva se reakcija razlaganja ili analize i predstavlja važan oblik hemijske promjene. Tokom procesa, pod utjecajem toplote, dolazi do promjene strukture tvari, što se može uočiti kroz vizualne promjene kao što su oslobađanje gasova, promjena boje ili mase. Eksperiment sa zagrijavanjem čvrste tvari pruža učenicima priliku da istraže jedan od osnovnih tipova hemijskih reakcija i uoče razliku između fizičkih i hemijskih promjena kroz jednostavno i jasno opažanje.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Epruveta od borosilikatnog stakla
2. Staklena epruveta
3. Stativ
4. Muf, dva komada
5. Klema, dva komada
6. Gumeni čep sa savijenom staklenom cjevčicom
7. Stalak za epruvete
8. Bunsenov plamenik
9. Stakleni štapić
10. Zaštitne naočale
11. Kalcijev karbonat (CaCO_3)
12. Kalcijev hidroksid (Ca(OH)_2), razrijeđen rastvor
13. Destilovana voda (H_2O)
14. Fenolftalein

Postavka eksperimenta

Eksperiment se izvodi u laboratorijskim uvjetima na sigurnoj radnoj površini. Epruveta s malom količinom CaCO_3 (do 1 cm visine) pričvršćuje se klemom na stativ. Za zagrijavanje se koristi Bunsenov plamenik jer je potrebna visoka temperatura. Potrebno je da svi učenici nose zaštitne naočale, a eksperiment se izvodi pod nadzorom nastavnika uz poštivanje sigurnosnih smjernica. Eksperiment se može izvoditi kao demonstracija ili u manjim grupama pod strogim nadzorom nastavnika. Učenici se kroz ovaj eksperiment upoznaju s pojmom hemijske promjene, nepovratnosti i razlaganja spojeva. Nastavnik prethodno objašnjava postupak i mjere sigurnosti, naglašavajući važnost pravilnog rukovanja plamenikom i vrućim hemikalijama.



Slika 25. Ilustrativni prikaz pojave mjehurića u rastvoru kalcijevog hidroksida uzrokovanih hemijskim razlaganjem kalcijevog karbonata

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U epruvetu staviti malu količinu kalcijevog karbonata (oko 1 cm visine).
2. Pričvrstiti epruvetu klemom i zatvoriti je gumenim čepom kroz koji je provučena savijena staklena cjevčica.
3. U drugu epruvetu uliti razblažen rastvor kalcijevog hidroksida i pričvrstiti je klemom.
4. U rastvor kalcijevog hidroksida uroniti cjevčicu.
5. Plamenom Bunsenovog plamenika ravnomjerno zagrijavati epruvetu s kalcijevim karbonatom.
6. Nakon prestanka zagrijavanja ostaviti epruvete s nastalim produktom da se ohladi.
7. Uliti malo destilovane vode i dodati kap fenolftaleina.

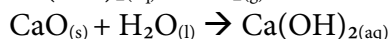
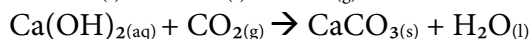
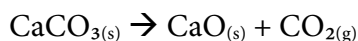
Zapažanje

Tokom zagrijavanja uočava se pojava mjehurića i замуćenje kalcijevog hidroksida. Prilikom dodatka fenolftaleina u epruvetu s čvrstim produktom javlja se ružičasta boja.

Zaključak

Termičkom razgradnjom kalcijevog karbonata nastaju nove tvari različitih svojstava: gasoviti produkt – ugljikov(IV) oksid i čvrsti produkt – kalcijev oksid. Ugljikov(IV) oksid reagira s kalcijevim hidroksidom, pri čemu nastaje bijeli talog kalcijevog karbonata, dok kalcijev oksid u reakciji s vodom daje kalcijev hidroksid, koji boji fenolftalein u ružičasto, što ukazuje na baznost rastvora. Ovaj eksperiment ima značajan edukativni potencijal jer povezuje više važnih hemijskih koncepata: analizu spojeva, dokazivanje produkata, promjene pH vrijednosti i ulogu indikatora. Pogodan je za razvoj eksperimentalnih vještina, ali i za produbljivanje konceptualnog razumijevanja hemijskih promjena.

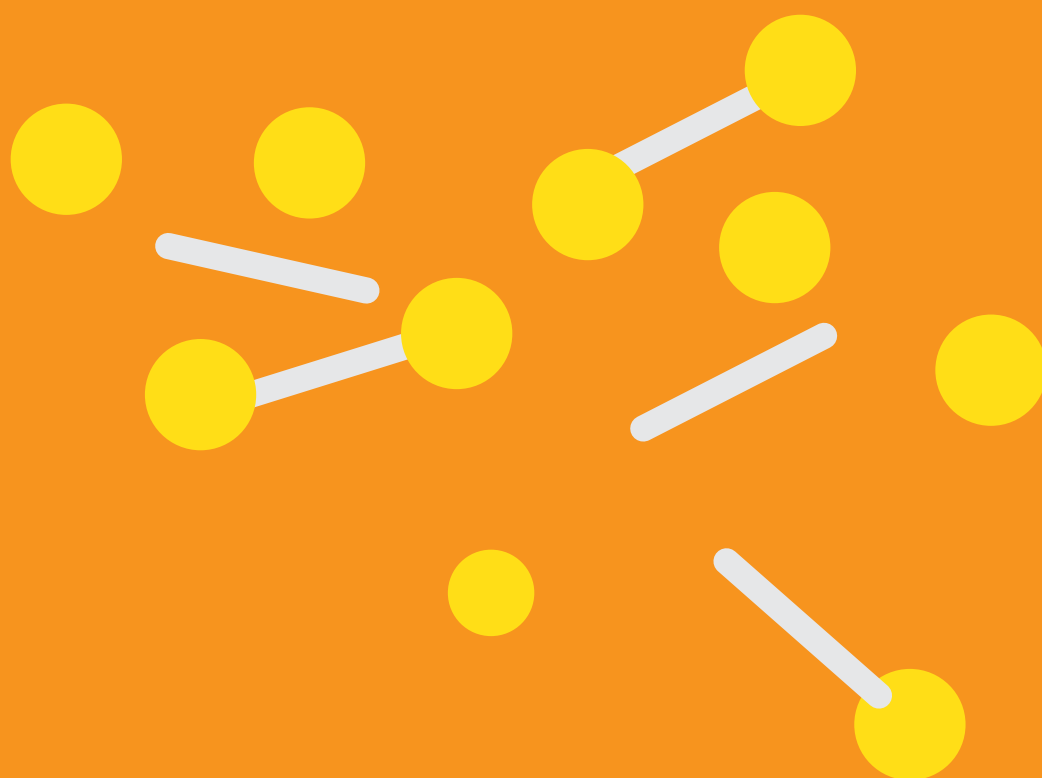
Simbolni nivo



3.

EKSPERIMENTI ZA 9. RAZRED





3.1. MODELIRANJE KRISTALNIH REŠETKI DIJAMANTA, GRAFITA I FULERENA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Ugljik i organski spojevi

Cilj eksperimenta: Upoznati učenike s različitim kristalnim strukturama ugljika kroz izradu modela dijamanta, grafita i fulerena, te utvrditi povezanost građe sa svojstvima i upotrebom.

Teorijski uvod

Ugljik je element koji se u prirodi javlja u više alotropskih modifikacija, među kojima su najpoznatiji dijamant, grafit i fuleren. Sve ove strukture sastoje se isključivo od atoma ugljika, ali se razlikuju po načinu međusobnog povezivanja atoma, što rezultira različitim fizičkim i hemijskim svojstvima. Dijamant ima trodimenzionalnu kristalnu rešetku u kojoj je svaki atom ugljika kovalentno vezan s četirima drugim atomima, tvoreći veoma čvrstu strukturu. Ova čvrsta veza objašnjava izuzetnu tvrdoću dijamanta, njegovu prozirnost i dobru termalnu provodljivost, ali i lošu električnu provodljivost. Grafit se sastoji od slojeva atoma ugljika povezanih u šestougaone prstenove. Unutar svakog sloja atomi su čvrsto povezani, dok su veze između slojeva slabe (Van der Waalsove sile), zbog čega se slojevi lako pomjeraju. To grafitu daje mazivost i sposobnost provođenja električne struje zahvaljujući slobodnim elektronima. Fuleren (C_{60}) je molekula u obliku šuplje lopte, sastavljena od 60 atoma ugljika raspoređenih u strukturu sličnu fudbalskoj lopti (kombinacija petougao i šestougao prstenova). Fulereni su zanimljivi zbog svojih potencijalnih primjena u nanotehnologiji, elektronici i medicini. Kroz izradu modela ovih struktura učenici mogu vizualizirati razlike u prostornom rasporedu atoma i razumjeti kako struktura određuje svojstva materijala, što je jedno od temeljnih načela u hemiji čvrstog stanja.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Setovi za izradu modela (ili crni plastelin i čačkalice)
2. Papir za skice
3. Olovka

Postavka eksperimenta

Ova aktivnost preporučuje se za izvođenje u 9. razredu kao završna aktivnost u okviru nastavne cjeline o ugljiku i organskim spojevima. Prije izvođenja aktivnosti učenici mogu biti uključeni u istraživački projekt *Ugljik*, gdje definiraju istraživačko pitanje i hipotezu te prikupljaju informacije o alotropskim oblicima ugljika – dijamantu, grafitu, grafenu i fulerenima. Na osnovu istraženih svojstava izrađuju edukativne kartice za svaki alotropski oblik, koje im služe kao osnova za diskusiju i rad. Sama aktivnost ima izražen konstruktivistički pristup jer učenici modeliraju rešetke koristeći plastelin i čačkalice, razvijajući prostornu orijentaciju i razumijevanje hemijske strukture. Aktivnost se može organizirati timski, gdje svaka grupa izrađuje jedan model, a zatim prezentira njegovu građu, svojstva i praktičnu primjenu. Uloga nastavnika jeste da prati tačnost veza i oblika rešetki, podstiče refleksiju o vezi između građe i funkcije te upoređuje svojstva modela. Aktivnost doprinosi razvoju vizualno-kinestetičke vještine i podstiče dublje razumijevanje strukturnih svojstava tvari. Na kraju učenici mogu zajednički sastaviti poredbenu tabelu svojstava triju oblika i diskutirati o značaju modeliranja u nauci. Okvirni broj kuglica za svaki model jeste:



Slika 26. Ilustrativni prikaz posmatranja modela povezanih kuglica koje predstavljaju atome ugljika



Slika 27. Ilustrativni prikaz izrade modela alotropskih modifikacija ugljika povezivanjem kuglica koje predstavljaju atome ugljika

A. Model DIJAMANTA

(manji segment kristalne rešetke):

Ugljik (crne kuglice): 10–20 (ovisno koliko se slojeva želi)

Čačkalice: 30–60 (svaki atom povezan sa 4 druga)

B. Model GRAFITA

(jedan sloj + još jedan iznad):

Ugljik (crne kuglice): 36 (6×6 mreža šestougla)

Čačkalice: oko 60 (za povezivanje u šestouglove)

Dodatno: još 36 kuglica za drugi sloj (ako se prave dva sloja)

C. Model FULERENA (C_{60}):

Ugljik (crne kuglice): 60

Čačkalice: 90 (svaki atom povezan sa 3 druga).

Postupak izvođenja eksperimenta

A. Model dijamanta:

1. Napraviti crne kuglice promjera 2,5 cm.
2. Svaku kuglicu povezati s četirima drugim kuglicama u tetraedarskom rasporedu.
3. Složiti trodimenzionalnu mrežu.

B. Model grafita:

1. Napraviti crne kuglice i složiti ih u šestougaone ravne slojeve.
2. Povezati atome unutar sloja, ali ne između slojeva.
3. Prikazati barem dva sloja jedan iznad drugog.

C. Model fullerena:

1. Napraviti 60 crnih kuglica.
2. Složiti ih u oblik fudbalske lopte (12 petouglova i 20 šestouglova).
3. Svaki atom povezati s trima drugim atomima.

Zapažanje

Dijamant ima čvrstu, trodimenzionalnu kristalnu rešetku u kojoj je svaki atom ugljika povezan s četirima drugim. Zbog ovakve strukture, izuzetno je tvrd i teško se deformira. Grafit ima slojevitú strukturu sastavljenu od ravnih slojeva šestougaonih prstenova, gdje su atomi unutar sloja snažno povezani, ali su veze između slojeva slabe. Zato se slojevi lako odvajaju, što grafit čini mekim i pogodnim za pisanje (kao u olovci). Fulleren (C_{60}) ima kuglastu strukturu sastavljenu od kombinacije petouglova i šestougaonih prstenova. Ova je struktura stabilna, ali i relativno fleksibilna zbog zakrivljenosti molekula i mogućnosti lagane deformacije bez narušavanja veza.

Zaključak

Izradom modela kristalnih struktura dijamanta, grafita i fullerena učenici su uočili kako različit način vezivanja atoma ugljika utječe na fizička svojstva ovih materijala. Dijamant, s trodimenzionalnom tetraedarskom rešetkom, pokazuje izuzetnu tvrdoću i stabilnost. Grafit ima slojevitú strukturu sa slabim međuslojnim silama, što mu omogućava da se lako ljušti i koristi kao sredstvo za pisanje. Fulleren ima zatvorenu, kuglastu strukturu koja mu daje stabilnost, ali i određenu fleksibilnost. Ova vježba pokazuje koliko je hemijska struktura povezana s makroskopskim svojstvima tvari i kako je jedan isti element – ugljik – sposoban formirati raznovrsne strukture koje se značajno razlikuju po svojstvima.

3.2. ISPITIVANJE SVOJSTAVA ALOTPROPSKIH MODIFIKACIJA UGLJIKA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Ugljik i organski spojevi

Cilj eksperimenta: Ispitati električnu provodljivost, pH vrijednost i fizička svojstva različitih alotropskih modifikacija ugljika.

Teorijski uvod

Ugljik je hemijski element koji zauzima posebno mjesto u prirodi i svakodnevnom životu zbog svoje sposobnosti da se javlja u više različitih oblika. Ovi oblici nazivaju se alotropske modifikacije, a među najpoznatijima jesu dijamant, grafit i aktivni ugalj. Zanimljivo je da su svi ovi materijali sastavljeni isključivo od atoma ugljika, ali se i dalje međusobno razlikuju po izgledu, načinu ponašanja i upotrebi. Razlike koje se uočavaju jesu rezultat načina na koji su atomi ugljika povezani u prostoru. Upravo ta unutrašnja struktura ima veliki utjecaj na svojstva materijala koja postaju vidljiva kroz njihovu primjenu – u industriji, tehnologiji, medicini i domaćinstvu. Naprimjer, neki se oblici koriste u nakitu, drugi u olovkama, a neki služe za prečišćavanje vode ili zraka. Kroz praktičan rad učenici upoznaju ove tri modifikacije ugljika, opažaju njihova svojstva i zaključuju razlike među njima. Na taj način razvija se razumijevanje kako unutrašnja građa tvari utječe na njihova svojstva i primjenu u svakodnevnom životu.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Baterija (9 V) i LED dioda ili jednostavan strujni krug
2. pH indikatorski papir
3. Laboratorijske čaše od 100 ml, tri komada
4. Stakleni štapić
5. Digitalna vaga (nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
6. Posuda za vaganje, tri komada
7. Alkoholni termometar
8. Mikroskop (opcionalno)
9. Uzorci: dijamant (ili imitacija), grafit (olovka), aktivni ugalj
10. Destilovana voda (H_2O)

Postavka eksperimenta

Eksperiment se preporučuje za izvođenje u 9. razredu nakon usvajanja teorijskog znanja o alotropskim oblicima ugljika. Aktivnost se može prethodno povezati s istraživačkim projektom *Ugljik*, gdje učenici istražuju osnovna svojstva dijamanta, grafita i aktivnog uglja. Kao pripremu, izrađuju informativne kartice s ključnim svojstvima, primjenama i razlikama u strukturi, koje koriste kao referencu tokom izvođenja eksperimenta. Eksperiment se izvodi kroz više aktivnosti, pri čemu učenici rotiraju i obavljaju zadatke: ispitivanje električne provodljivosti pomoću jednostavnog strujnog kruga, određivanje pH vrijednosti i opažanje promjena nakon blagog zagrijavanja. Rad u manjim grupama podstiče saradnju, razvija vještine posmatranja i mjerenja te podstiče komparativno razmišljanje. U završnom dijelu nastavnik vodi diskusiju o opaženim razlikama i povezuje eksperimentalne rezultate sa strukturom materijala. Naglašava se koncept da struktura određuje svojstva i



Slika 28. Ilustrativni prikaz ispitivanja provodljivosti

upotrebu spojeva u svakodnevnom životu (npr. provodljivost grafita u olovkama i baterijama, dijamant kao izolator, aktivni ugalj u filterima i medicini). Ovaj eksperiment pruža odličnu osnovu za povezivanje hemije s fizikom i biologijom, posebno u segmentima adsorpcije, materijala i zaštite zdravlja. S obzirom na nedostupnost dijamanta, za potrebe eksperimenta koristi se plastična imitacija.

Postupak izvođenja eksperimenta

Provodljivost:

1. Spojiti uzorak (npr. komadić grafita iz olovke) u jednostavan strujni krug s LED diodom.
2. Posmatrati diodu.
3. Ponoviti postupak s uzorkom "dijamanta" i aktivnog uglja.

pH test:

1. U čašama od 100 ml pomiješati male količine uzoraka s destilovanom vodom.
2. Umočiti univerzalni pH indikatorski papir i zabilježiti boju.

Mjerenje mase i temperature

1. Izmjeriti masu i temperaturu svakog uzorka.
2. Postaviti ih na toplo mjesto (ili blizu izvora toplote) i zabilježiti promjene u temperaturi i izgledu i masi.

Zapažanje

U kontaktu s grafitom dioda svijetli, s aktivnim ugljem nešto slabije, dok u kontaktu s dijamantom ne svijetli. pH vrijednosti za grafit i dijamant su oko 7, dok aktivni ugalj pokazuje nešto nižu vrijednost. Nakon izlaganja toploti, masa aktivnog uglja vrlo se malo smanjuje i mijenja se površinski izgled.

Zaključak

Na osnovu provedenih ispitivanja, zaključuje se da tri analizirana uzorka predstavljaju različite alotropske modifikacije ugljika – dijamant, grafit i aktivni ugljen. Iako su svi sastavljeni isključivo od atoma ugljika, razlikuju se po unutrašnjoj strukturi, što utječe na njihova fizička i hemijska svojstva. Uzorci se razlikuju po električnoj provodljivosti: dijamant je dobar izolator, grafit je dobar provodnik, a aktivni ugalj pokazuje slabiju provodljivost. Ove razlike ukazuju na prisustvo slobodnih elektrona u nekim strukturama, dok su u drugima svi elektroni vezani u kovalentne veze. pH vrijednosti pokazuju da su dijamant i grafit hemijski neutralni, dok je aktivni ugalj blago kiseo, što može biti posljedica prisustva površinskih funkcionalnih grupa kod poroznih materijala. Grijanjem ne dolazi do značajnih promjena kod dijamanta i grafita, dok se kod aktivnog uglja primjećuje blagi gubitak mase i promjena izgleda, što ukazuje na svojstvo da adsorbira vodu ili hlapljive tvari koje pri izlaganju toplini napuštaju površinu. Ova zapažanja potvrđuju da struktura tvari određuje njena svojstva. Razlike među alotropskim oblicima ugljika objašnjavaju njihovu široku primjenu – od tehničkih i industrijskih materijala do sredstava za filtraciju i detoksikaciju.

3.3. IZUČAVANJE STIJENA

Oblast: B – Struktura i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Stijene i minerali

Cilj eksperimenta: Ispitati razlike između vanjske i unutrašnje površine stijene putem fizičkog posmatranja i hemijske analize.

Teorijski uvod

Stijene su sastavljene od minerala koji imaju specifična fizička i hemijska svojstva. Tokom vremena vanjska površina stijena može se promijeniti pod utjecajem atmosferskih uvjeta – vode, zraka, svjetlosti i mikroorganizama, što dovodi do fizičkog i hemijskog trošenja. Nasuprot tome, unutrašnjost stijene, poznata kao svježi prijelom, ostaje očuvana i zadržava izvorna svojstva. Ispitivanje reakcije stijena s kiselinama, kao što je hloridna kiselina, pomaže u identifikaciji karbonatnih minerala poput kalcita jer oni reagiraju stvaranjem mjehurića gasa (ugljkovog(IV) oksida). Ova jednostavna hemijska analiza omogućava učenicima da povežu makroskopska zapažanja s hemijskim sastavom stijene i razumiju utjecaj okoline na prirodne materijale.

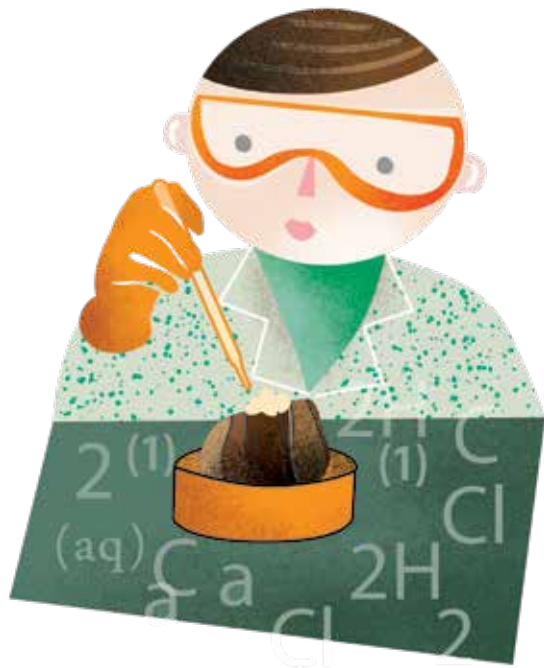
Pribor/oprema/hemikalije

- | | |
|---|--|
| 1. Čekić za razbijanje stijene | 7. Posude s vodom |
| 2. Krpa ili tkanina za omotavanje stijene | 8. Povećalo ili lupa |
| 3. Petrijeve zdjele ili staklene pločice | 9. Papirnati ubrusi ili salvete |
| 4. Staklene čaše ili epruvete | 10. Uzorci stijena (po mogućnosti karbonatne stijene, npr. krečnjak) |
| 5. Plastične ili staklene kapaljke | 11. Hloridna kiselina (HCl), cca 5–10% |
| 6. Pinceta ili drvena špahtla | 12. Destilovana voda (H ₂ O) |

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se za izvođenje u 9. razredu osnovne škole, u okviru obrade teme o mineralima i stijenama. Nastavnik treba unaprijed naglasiti učenicima da donesu uzorak stijene s terena, što omogućava povezivanje školskog gradiva sa stvarnim životom i razvija istraživački pristup. Prije izvođenja eksperimenta učenike treba podsjetiti na osnovne sigurnosne mjere – korištenje zaštitnih naočala, pažljivo rukovanje čekićem i kiselinom. Eksperiment se izvodi u paru ili malim grupama kako bi se osiguralo međusobno učenje i precizno opažanje. Nakon eksperimenta učenici upoređuju promjene u boji, teksturi i hemijskoj reaktivnosti između vanjske i svježe površine stijene, te zajednički diskutiraju o mogućim uzrocima razlika. Dodatna vrijednost eksperimenta jeste u razvijanju vještina posmatranja, bilježenja i interpretacije podataka, kao i u uvježbavanju rada s jednostavnim hemijskim testovima u kontekstu geologije.

Postupak izvođenja eksperimenta



1. Posmatrati vanjsku površinu stijene (boja, tekstura).
2. Pažljivo razbiti stijenu čekićem (obavijenu tkaninom) da se dobije svježi prijelom.
3. Posmatrati i bilježiti izgled unutrašnje (svježe) površine.
4. Pomoću kapaljke dodati 2–3 kapi hloridne kiseline na:
 - a) vanjsku površinu stijene
 - b) svježi prijelom stijene.
5. Pratiti promjene.
6. Stijenu isprati vodom i posmatrati eventualne dodatne promjene.
7. Zapaženo bilježiti u tabelu i diskutirati u grupi.

Slika 29. Ilustrativni prikaz tretiranja stijene kiselinom

Zapažanje

Posmatranjem stijene učenici uočavaju svjetlosivu boju i hrapavu površinu. U reakciji s kiselinom dolazi do pojave mjehurića i tamnije boje.

Posmatranjem stijene nakon prijeloma učenici uočavaju bijelu boju površine i kristalnu ili glatku teksturu. U reakciji s kiselinom dolazi do izraženije pojave mjehurića i promjene boje.

Zaključak

Na osnovu fizičkog posmatranja i hemijske analize utvrđeno je da vanjska površina stijene pokazuje veći stepen trošenja, dok unutrašnja površina zadržava kompaktniju strukturu i prirodnu boju minerala. Prilikom dodavanja razrijeđene hloridne kiseline uočena je pojava mjehurića na objema površinama, što ukazuje na prisustvo karbonata. Ova reakcija ukazuje da stijena sadrži kalcijev karbonat (CaCO_3), karakterističan za sedimentne stijene poput krečnjaka. Reakcija je izraženija na unutrašnjoj površini, koja je ostala neoštećena uslijed manje izloženosti atmosferskim utjecajima i zagađenju. U reakciji kalcijevog karbonata i hloridne kiseline nastaju kalcijev hlorid, voda i ugljikov(IV) oksid, koji se oslobađa u obliku mjehurića.

Simbolni nivo



3.4. ISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI: UPOZNATI STIJENE, MINERALE I ZEMLJIŠTE

Oblast: B – Struktura i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Stijene i minerali

Cilj eksperimenta: Istražiti svojstva stijena, minerala i tla kroz posmatranje, terenski rad i jednostavne eksperimente.

Teorijski uvod

Stijene, minerali i tlo predstavljaju osnovu Zemljine kore i igraju ključnu ulogu u oblikovanju krajo- lika, izgradnji naselja i razvoju poljoprivrede. Njihova svojstva, poput tvrdoće, boje, poroznosti i hemijskog sastava, omogućavaju njihovu identifikaciju i primjenu u svakodnevnom životu. Ova tema pogodna je za kreiranje različitih istraživačkih aktivnosti kroz koje se omogućava poveziva- nje stečenog znanja s praktičnim primjerima iz okoline. Ovakve istraživačke aktivnosti doprinose razvoju svijesti o važnosti odgovornog odnosa prema prirodnim resursima.

Prijedlog istraživačkih aktivnosti

Istraživačke aktivnosti koje uključuju stijene, minerale i zemljište pogodne su za projektno ori- jentirano učenje u 9. razredu osnovne škole. Preporučuje se kombinacija terenskog i učioničkog rada kako bi učenici imali direktan kontakt s prirodnim materijalima. Učenici bi trebali aktivno učestvovati u planiranju – od formuliranja istraživačkog pitanja do prikupljanja uzoraka i pre- zentiranja rezultata. Nastavnik ima ulogu mentora koji usmjerava diskusiju, podstiče istraživački duh i osigurava sigurnosne uvjete rada. Terenska nastava (npr. posjeta kamenolomu) omogućava neposredno opažanje geoloških slojeva, dok rad u učionici (ispitivanje zemljišta) razvija analitičke vještine. Aktivnost se može završiti zajedničkom diskusijom i izradom postera ili zbirke uzoraka, čime se jača međupredmetna povezanost između hemije, geografije, biologije i tehničke kulture. Prijedlozi istraživačkih pitanja:

- Kako se slojevi stijena razlikuju u kamenolomu?
- Koje se vrste stijena i minerala koriste u građevinarstvu?
- Kako različite vrste tla reagiraju na vodu i taloženje?
- Kako se analizira sastav zemljišta kroz jednostavne eksperimentalne aktivnosti?

Terenska aktivnost: Posjeta kamenolomu

Priprema i realizacija:

Organizirati posjetu lokalnom kamenolomu u vrijeme kada nema radova, radi sigurnosti.

Posmatrati slojeve stijena u stijenskom profilu – razlikuju li se po boji, tvrdoći, debljini?

Ponijeti zaštitnu opremu (rukavice, naočale) i uzorke stijena za školsku zbirku.

Fotografirati slojeve, napraviti skicu ili mapu viđenog terena.

Istraživačka zbirka: Hemičari u građevinarstvu

Zadatak za učenike

Prikupiti uzorke stijena i minerala koji se koriste kao građevinski materijali:

- mermer (CaCO_3),
- granit (mješavina kvarca, feldspata i liskuna),
- krečnjak (CaCO_3),
- gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),
- pijesak, cigla, beton (ako je moguće pronaći u okruženju).

Obrađivanje i prikaz

1. Uzorke staviti u kutiju s pregradama.
2. Svakom uzorku dodijeliti naziv, porijeklo i, ako je mineral, hemijsku formulu.
3. Napraviti prezentaciju ili poster: Kako se koji uzorak koristi u svakodnevnom životu?

Istraživačka aktivnost: Eksperiment u učionici – Upoznati vrste zemljišta

Pribor/oprema/hemikalije

1. Uzorci: pjeskovita zemlja, glina, ilovača, crnica
2. Staklene posude (npr. tegle)
3. Lupa
4. Voda sa česme



Slika 30. Ilustrativni prikaz analize različitih uzoraka zemljišta

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U svaku staklenu posudu staviti manju količinu jednog uzorka zemlje (napuniti do 1/3).
2. Naliti vodu dok zemlja ne bude natopljena i promiješati.
3. Ostaviti nekoliko sati ili preko noći da se slegne.
4. Posmatrati slojeve koji se talože.
5. Koristeći lupu, analizirati teksturu.

Tabela za unos rezultata

Vrsta zemljišta	Boja	Brzina taloženja	Tekstura	Sloj na dnu	Sloj na vrhu
Pjeskovita					
Glina					
Ilovača					
Crnica					

Zapažanje

Učenici uočavaju različita svojstva kod različitih uzoraka zemlje. Pjeskovita zemlja brzo se taloži, formirajući na dnu sloj pijeska i iznad malo finog mulja, a voda iznad je bistra. Osjeća se hrapavo na dodir, ne zadržava oblik kad se pritisne. Ilovača ima jasan raspored slojeva – pijesak na dnu, zatim tanji sloj mulja, a najfinije čestice (glina) polako tonu i čine tanak gornji sloj. Voda je iznad taloga blago mutna, ali se razbistri nakon nekog vremena. Ima ujednačenu smjesu finih i srednje krupnih čestica. Na dodir je glatka, ali i malo zrnasta, lako se oblikuje u kuglu bez raspadanja. U tegli s glinom vidljivo je sporije taloženje. Većina čestica ostaje pomiješana s vodom duže vrijeme. To je razlog što voda dugo ostaje mutna jer glinene čestice veoma sporo tonu. Nakon dužeg vremena, formira se tanak sloj na dnu. Glina ima vrlo fine čestice, gotovo praškaste. Na dodir je glatka i ljepljiva. Lahko se oblikuje i zadržava oblik. Tegla s crnicom ima dva sloja: gornji sloj tamne organske tvari koja pluta ili je pomiješana s vodom. Na dnu mogu biti sitni mineralni slojevi. Voda u tegli s crnicom ostaje tamnosmeđa, duže mutna zbog organske tvari. Talog je mješavina fine zemlje i vidljivih organskih ostataka (komadići biljaka, korijenja). Mekana je i rahla. Dosta je mrvičasta, ne zadržava čvrst oblik.

Zaključak

Na osnovu posmatranja različitih uzoraka zemlje u vodi, može se zaključiti da se vrste zemljišta razlikuju po sastavu, veličini čestica, sposobnosti taloženja i fizičkim svojstvima na dodir. Pjeskovita zemlja ima krupne čestice koje se brzo talože, voda iznad brzo postaje bistra, a zemlja je hrapava i ne zadržava oblik. Ilovača pokazuje slojevitost strukturu (pijesak, mulj, glina), voda se umjereno razbistri, a zemlja je glatka i lako se oblikuje. Glina sadrži veoma fine čestice koje se sporo talože, dugo zadržava mutnu vodu, a na dodir je ljepljiva i mekana te zadržava oblik. Crnica sadrži mnogo organskih tvari koje plutaju ili ostaju pomiješane s vodom, čineći je dugo mutnom; zemlja je rahla, mrvičasta i ne zadržava oblik. Ovi rezultati pokazuju da se svojstva tla mogu lako razlikovati putem jednostavnog eksperimenta s vodom, a to pomaže u određivanju vrste zemljišta i njegovih svojstava važnih za poljoprivredu, drenažu i građevinu.

Pitanja za evaluaciju i diskusiju nakon realiziranih istraživačkih aktivnosti

- Koja vrsta tla najbolje zadržava vodu?
- Koje su stijene najotpornije na vanjske utjecaje?
- Kako izgledaju slojevi tla u posudi i zašto se talože različito?
- Kako se ovi podaci mogu iskoristiti u poljoprivredi, građevini i zaštiti okoliša?

3.5. ISTRAŽIVAČKI PROJEKT: UTJECAJ RAZLIČITIH UVJETA NA PROCES HRĐANJA ŽELJEZA

Oblast: B – Struktura tvari i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Metali

Cilj eksperimenta: Ispitati kako različiti uvjeti okoline (prisustvo vode, zraka, kiselih i baznih sredina te temperatura) utječu na brzinu i intenzitet hrđanja željeza kroz višednevno opažanje i upoređivanje.

Teorijski uvod

Hrđanje je hemijski proces u kojem željezo reagira s kisikom iz zraka i vodom, pri čemu nastaje željezov(III) hidroksid, koji dalje prelazi u hidratizirani željezov(III) oksid – poznat kao hrđa. Brzina ovog procesa zavisi od više faktora. Vlažnost omogućava elektrolitske reakcije između kisika i željeza; bez prisustva vode, hrđanje je značajno usporeno ili potpuno izostaje. Kisela sredina, zbog povećane koncentracije vodikovih jona (H^+), ubrzava koroziju, dok bazna sredina, poput rastvora sode bikarbone, može usporiti proces jer neutralizira kiseline i smanjuje koncentraciju H^+ jona. Također, povišena temperatura ubrzava hemijske reakcije jer povećava kinetičku energiju molekula i učestalost međusobnih sudara. Ukratko, željezo će brže hrđati u vlažnoj, kiseloj i toplijoj sredini, dok suhi zrak i bazni uvjeti usporavaju ili sprečavaju pojavu korozije.

Prijedlog istraživačkih aktivnosti

Kod ovog tipa vježbe preporučuje se potpuna uključenost učenika u osmišljavanje eksperimentalnih aktivnosti. To podrazumijeva da učenici samostalno predlažu istraživačka pitanja i hipoteze, o njima diskutiraju i zajednički donose konačne odluke prema kojima će se realizirati eksperiment. Uloga nastavnika jeste da učenicima objasni značaj istraživačkog pitanja i hipoteze te da ih uputi kako se oni pravilno formuliraju. Najefikasnije je koristiti primjere iz svakodnevnog života. Naprimjer, nastavnik može zamoliti učenike da zamisle situaciju u kojoj biljka u sobi ne raste. Potrebno je utvrditi mogući uzrok: da li biljka nema dovoljno vode, svjetlosti ili joj ne odgovara zemlja. U tom slučaju, istraživačko pitanje može glasiti: *Zašto biljka ne raste?* Nastavnik može dodatno ponuditi nekoliko istraživačkih pitanja i zajedno s učenicima analizirati koja su od njih prikladna, a koja nisu. Adekvatna istraživačka pitanja jesu ona na koja se odgovor može dobiti putem eksperimenta. Nastavnik kreira atmosferu u kojoj se učenici osjećaju kao naučnici i gdje se podstiče razvoj različitih istraživačkih i kritičkih sposobnosti. Nakon formuliranja istraživačkog pitanja, pristupa se kreiranju hipoteza. Nastavnik na jednostavan način objašnjava šta je hipoteza (pretpostavka koja se provjerava eksperimentom) i kako se pravilno oblikuje.

Primjer istraživačkog pitanja

Kako različiti uvjeti okoline (prisustvo vode, zraka, kiselih i baznih rastvora te temperatura) utječu na brzinu i intenzitet hrđanja željeza?

Primjer hipoteze

Ako se željezo nalazi u vlažnom okruženju, posebno u prisustvu kiseline i povišene temperature, tada će proces hrđanja biti brži i intenzivniji nego u suhom zraku ili baznoj sredini.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml, osam komada
2. Termometar
3. Plastična folija
4. Željezni ekseri ili komadići željeza ili željezna vuna
5. Destilovana voda (H_2O)
6. Acetatna (sirćetna) kiselina (CH_3COOH , alkoholni ocat), 1 mol/l
7. Natrijev hidroksid ($NaOH$), 1 mol/l

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se u 9. razredu osnovne škole u okviru obrade teme metala i korozije, uz poveznicu sa zaštitom materijala i ekologijom. Aktivnost se izvodi kao istraživački eksperiment u trajanju od više dana, pri čemu učenici rade u manjim grupama, svaka sa zadatkom da prati jedan ili dva uzorka pod kontroliranim uvjetima. Nastavnik podstiče učenike da samostalno formuliraju istraživačko pitanje i hipotezu, kao i da kreiraju tabelu za praćenje podataka. Tokom trajanja eksperimenta učenici dnevno upisuju promjene, diskutiraju o uočenim razlikama i izrađuju grafičke prikaze rezultata. Završna diskusija vodi se uz osvrt na značaj sprečavanja korozije u svakodnevnom životu, industriji i zaštiti materijala. Ovaj eksperiment razvija istraživačke kompetencije, kritičko mišljenje i sposobnost povezivanja hemije s realnim životnim problemima.



Slika 31. Ilustrativni prikaz posmatranja promjena na željeznoj vuni

Postupak izvođenja eksperimenta

- Pripremiti osam čaša sa sljedećim uvjetima:
 1. Uzorak A (uvjet zrak): Suha željezna vuna izložena zraku – 2 x,
 2. Uzorak B (uvjet voda): Željezna vuna potopljena u destilovanu vodu – 2 x,
 3. Uzorak C (uvjet kiselina): Željezna vuna potopljena u sirće – 2 x,
 4. Uzorak D (uvjet baza): Željezna vuna potopljena u rastvor sode bikarbone – 2 x.

Temperaturni uvjeti

Postaviti sve uzorke u dvama različitim temperaturnim režimima:

- sobna temperatura (oko $20-25^{\circ}C$) i
 - povišena temperatura (npr. blizu radijatora ili u toploj vodi, oko $35-40^{\circ}C$).
- Označiti sve uzorke (npr. B1 = voda na sobnoj temperaturi, B2 = voda na povišenoj temperaturi).
 - Posmatranje: Svakog dana bilježiti promjene – boja, količina hrđe, miris, promjena mase.
 - Fotografije mogu pomoći u dokumentaciji.
 - Trajanje: 5–7 dana.

Zapažanje

Hrđa se najbrže pojavljuje u kiselom rastvoru. U vodi se pojavljuje sporije, ali je prisutna. U baznoj sredini može doći do stvaranja taloga, ali manje hrđe. U suhom zraku nema vidljive hrđe. Toplota ubrzava proces hrđanja u vodi.

Tabela za prikupljanje podataka

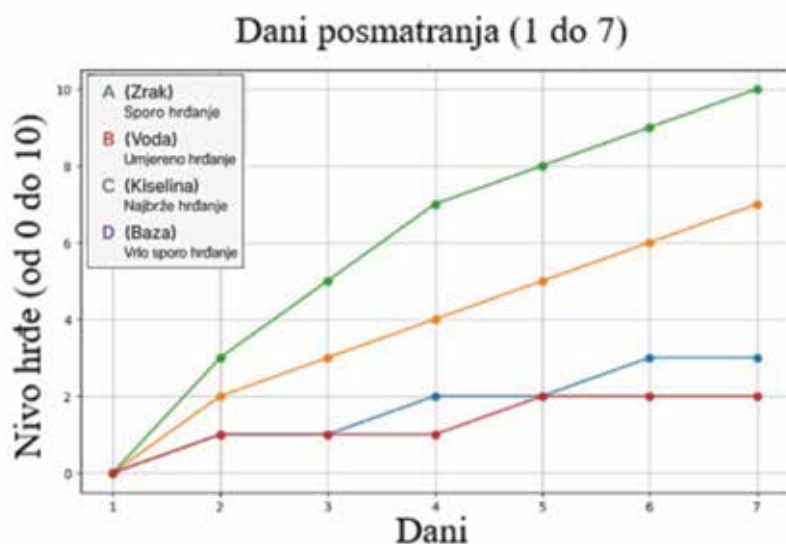
Daje se kao zadatak učenicima da je samostalno osmisle.

Primjer:

Uzorak	Okruženje	Temperatura	Dan 1	Dan 2	Dan 3	...	Dan 7
A1	Zrak	Sobna					
A2	Zrak	Topla					
B1	Voda	Sobna					
B2	Voda	Topla					
C1	Kiselina	Sobna					
C2	Kiselina	Topla					
D1	Baza	Sobna					
D2	Baza	Topla					

Preporučuje se da učenici uz pomoć IKT-a izrade grafikon.

Primjer:



Linije:

- **A (Zrak):** Sporo hrđanje
- **B (Voda):** Umjereno hrđanje
- **C (Kiselina):** Najbrže hrđanje
- **D (Baza):** Vrlo sporo hrđanje

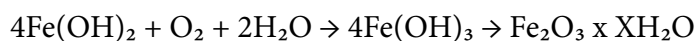
X-os (vodoravno): Dani posmatranja (1 do 7)

Y-os (uspravno): Nivo hrđe (od 0 do 10)

Zaključak

Hrđanje željeza jeste hemijska reakcija oksidacije koja se odvija u prisustvu vode i kisika, pri čemu nastaje hidratizirani željezov(III) oksid – poznat kao hrđa. Eksperiment je pokazao da kisela sredina značajno ubrzava proces korozije zbog povećane koncentracije vodikovih jona (H^+), dok bazna sredina može usporiti hrđanje, ali ga ne može potpuno spriječiti. Suhi zrak ne izaziva hrđanje zbog odsustva vlage, koja je neophodna za pokretanje reakcije. Povećanje temperature dodatno ubrzava proces hrđanja jer pospješuje hemijske reakcije između željeza, vode i kisika.

Simbolni nivo



Prilog

Primjer dnevnika za učenike

1. Naslov eksperimenta
 - Kratak i jasan naziv (npr. *Hrđanje željeza u različitim uvjetima*).
2. Datum i vrijeme
 - Kada je eksperiment započet i kada su vršena posmatranja.
3. Cilj eksperimenta
 - Šta se želi saznati ili ispitati.
4. Hipoteza
 - Pretpostavka šta će se desiti i zašto (npr. *Ako željezo stavimo u kiselinu, onda će brže zahrđati jer kiselina ubrzava reakciju*).
5. Hemikalije i pribor
 - Spisak svega što je korišteno u eksperimentu.
6. Postupak
 - Koraci koji su praćeni tokom izvođenja eksperimenta, napisani jednostavno i redoslijedom.
7. Dnevna opažanja
 - Svakodnevni zapisi o tome šta se dešava s uzorcima (promjene u boji, mirisu, obliku, količina hrđe, temperatura, crteži ili fotografije i sl.).
8. Tabela za bilježenje podataka
 - Organizirani podaci u tabeli (dan, uzorak, promjene, napomene).
9. Analiza
 - Kratko objašnjenje šta se primjećuje iz podataka – da li se nešto dešava brže/sporije i sl.
10. Zaključak
 - Šta je naučeno iz eksperimenta?
 - Da li je hipoteza potvrđena ili ne?
11. Pitanja ili ideje za dalje istraživanje
 - Šta bismo mogli promijeniti ili ispitati sljedeći put?

3.6. AMFOTERNA SVOJSTVA ALUMINIJA

Oblast: B – Struktura tvari i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Metali

Cilj eksperimenta: Ispitati reaktivnost aluminija u kontaktu s kiselinom i bazom.

Teorijski uvod

Aluminij je metal koji se često koristi u industriji i svakodnevnom životu zbog svoje male gustoće, otpornosti na koroziju i dobre provodljivosti. U hemiji je interesantno ispitivati kako se aluminij ponaša u reakcijama s različitim tvarima, posebno s kiselinama i bazama. Ovakve reakcije omogućavaju bolje razumijevanje svojstava metala i njihove reaktivnosti u različitim hemijskim sredinama. Eksperimentalno ispitivanje ponašanja aluminija može otkriti dodatne informacije o njegovim svojstvima i hemijskom karakteru.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml, dva komada
2. Menzura od 50 ml, dva komada
3. Stakleni štapić
4. Pinceta
5. Komadići aluminijske folije ili aluminij u prahu
6. Hloridna kiselina (HCl), 2 mol/l
7. Natrijev hidroksid (NaOH), 2 mol/l

Postavka eksperimenta

Eksperiment kojim se ispituje reaktivnost aluminija prikladan je za izvođenje u 9. razredu osnovne škole, u okviru nastavne cjeline o metalima i njihovim svojstvima. Prije izvođenja učenike je potrebno upoznati s osnovnim mjerama sigurnosti pri radu s kiselinama i bazama. Eksperiment se može realizirati kao demonstracija koju izvodi nastavnik ili, uz odgovarajući nadzor i korištenje zaštitne opreme (naočale, rukavice), u manjim grupama. Moguće su i različite varijacije eksperimenta, uključujući upotrebu indikatora radi boljeg vizualnog opažanja promjena, što se ostavlja na izbor nastavniku. Ova aktivnost omogućava razvoj diskusije, usvajanje novih pojmova poput amfoternosti, kao i povezivanje znanja iz hemije s primjerima iz svakodnevnog života. Na taj način eksperiment doprinosi funkcionalnom razumijevanju hemije i jačanju istraživačkog pristupa u učenju.



Slika 32. Ilustrativni prikaz ispitivanja ponašanja aluminija u dodiru s kiselinama i bazama

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U jednu čašu sipati oko 50 ml rastvora hloridne kiseline.
2. U drugu čašu sipati oko 50 ml rastvora natrijevog hidroksida.
3. Pripremiti dva komada aluminijske folije (približno iste veličine).
4. Ubaciti ih u čaše s kiselinom i bazom.
5. Posmatrati promjene.

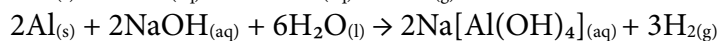
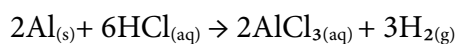
Zapažanje

U rastvorima dolazi do reakcije i oslobađanja mjehurića gasa. Reakcija s hloridnom kiselinom brža je i burnija u početku, dok je reakcija s natrijevim hidroksidom sporija. Rastvori se blago zagrijavaju.

Zaključak

U reakciji aluminija i hloridne kiseline nastaje aluminijev(III) hlorid i oslobađa se vodik. U reakciji s natrijevim hidroksidom, također, oslobađa se vodik i nastaje natrijev aluminat. Ovakvo svojstvo metala da reagira i s kiselinom i s bazama naziva se amfoternost. Ove reakcije praćene se oslobađanjem energije, tj. egzotermne su.

Simbolni nivo



3.7. GORENJE ALKOHOLA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Organski spojevi s kisikom

Cilj eksperimenta: Ispitati ponašanje etanola u kontaktu s otvorenim plamenom.

Teorijski uvod

Etanol (C_2H_5OH) je organski spoj s kisikom koji pripada grupi alkohola. U prisustvu plamena etanol sagorijeva, pri čemu nastaju ugljikov(IV) oksid (CO_2) i voda (H_2O), a oslobađaju se toplota i svjetlost. Boja plamena često je plavkasta i skoro neprimjetna, što ga čini opasnim bez odgovarajuće pažnje. Ovaj eksperiment omogućava učenicima da praktično uoče osnovne uvjete sagorijevanja (gorivo, kisik, izvor toplote) i razumiju značaj kisika u procesu. Također, kroz opažanje oslobađanja energije i proizvoda sagorijevanja povezuju se hemijski procesi sa svakodnevnim iskustvima i primjenama goriva.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Porculanska zdjelica
2. Upaljač
3. Treščica
4. Sahatno staklo
5. Laboratorijska kliješta
6. Vatrostalna podloga
7. Etanol (C_2H_5OH)

Postavka eksperimenta

Eksperiment je prikladan za izvođenje u 9. razredu osnovne škole, kada se učenici upoznaju s organskim spojevima i hemijskim promjenama uz oslobađanje energije. S obzirom na zapaljivu prirodu etanola, eksperiment se preporučuje izvoditi kao nastavnikova demonstracija, u kontroliranim uvjetima (digestor ili dobro provjetrena prostorija), uz strogo pridržavanje mjera sigurnosti. Nakon eksperimenta, kroz diskusiju se pojašnjava mehanizam reakcije sagorijevanja, uloga energije i produkti, te se rezultati povezuju sa svakodnevnim situacijama (npr. paljenje goriva u šporetu, motoru, lampi).



Slika 33. Ilustrativni prikaz gorenja etanola

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Na vatrostalnu podlogu postaviti porculansku zdjelu.
2. Sipati malu količinu etanola (5–10 ml).
3. Zapaliti treščicu i prinijeti etanolu.
4. Posmatrati boju i oblik plamena.
5. Nakon nekoliko sekundi, držeći sahatno stakalce kliještima, prekriti plamen.
6. Ostaviti da se posuda ohladi prije odlaganja.

Zapažanje

Prinošenjem plamena etanol se zapali i gori svijetlim plavkastim plamenom, gotovo bez dima. Kada se zdjela prekrije sahatnim staklom, plamen se gasi. Zdjela se tokom gorenja etanola zagrijava.

Zaključak

Gorenje etanola (alkohola) jeste egzotermna hemijska reakcija u kojoj alkohol reagira s kisikom iz zraka, pri čemu nastaju ugljikov(IV) oksid (CO_2) i voda (H_2O), uz oslobađanje toplote i svjetlosti. Opažanja ukazuju na to da se radi o nepovratnoj hemijskoj promjeni i omogućuju učenicima da razumiju osnovne uvjete za sagorijevanje (prisustvo i važnost kisika) i svojstva zapaljivih tečnosti.

Simbolni nivo



3.8. RASTVORLJIVOST ALKOHOLA U VODI

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Organski spojevi s kisikom

Cilj eksperimenta: Ispitati ponašanje etanola pri miješanju s vodom.

Teorijski uvod

Etanol (C_2H_5OH) i voda su polarne molekule, što znači da imaju neravnomjerno raspoređene elektrone i mogu ostvariti međumolekulske sile – vodikove veze. Kada se ove dvije tečnosti pomiješaju, molekuli vode i etanola međusobno privlače jedni druge, stvarajući homogenu smjesu bez razdvajanja slojeva. Ovaj proces pokazuje kako polaritet utječe na rastvorljivost: “slično se rastvara u sličnom”. Zanimljivo je i to da ukupna zapremina nakon miješanja može biti manja od zbroja pojedinačnih zapremina, zbog toga što se molekuli bolje “pakiraju” u zajedničkom prostoru – pojava poznata kao kontrakcija zapremine.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml
2. Menzura od 50 ml, dva komada
3. Stakleni štapić
4. Destilovana voda (H_2O)
5. Etanol (C_2H_5OH)

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment prikladan je za učenike 9. razreda osnovne škole u okviru obrade gradiva o smjesama, rastvorima i međumolekulskim interakcijama. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik uvodi osnovne pojmove: polaritet molekula, homogena smjesa i vodikove veze, uz demonstraciju pravilnog rukovanja laboratorijskim priborom. Eksperiment se izvodi u paru ili malim grupama radi razvijanja saradnje i eksperimentalnih vještina. Nakon izvođenja, vodi se diskusija o uočenim pojavama i objašnjava koncept kontrakcije zapremine.



Slika 34. Ilustrativni prikaz miješanja vode i alkohola

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čašu sipati 50 ml destilovane vode.
2. Zatim dodati 50 ml etanola.
3. Promiješati smjesu staklenim štapićem.
4. Posmatrati izgled smjese nakon miješanja.
5. Po želji označiti nivo tečnosti prije i poslije miješanja (radi uočavanja kontrakcije zapremine).

Zapažanje

Nakon miješanja, voda i alkohol formiraju homogenu smjesu – nema vidljive razdvojenosti slojeva. Ukupna zapremina smjese može biti nešto manja od zbira pojedinačnih zapremina, što ukazuje na kontrakciju uslijed međumolekulskih sila.

Zaključak

Etanol se dobro rastvara u vodi jer su i jedne i druge molekule polarne prirode. Molekule vode i etanola formiraju vodikove veze, što omogućava miješanje i stvaranje homogene smjese, te gušće pakovanje molekula. Pri tome se smanjuje prostor između molekula, pa se ukupna zapremina smanjuje, iako je masa očuvana. Ovaj eksperiment pokazuje kako polaritet utječe na rastvorljivost i kako se živi i neživi sistemi međusobno povezuju kroz hemijske procese.

3.9. ALKOHOLNO VRENJE

Oblast: D – procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Organski spojevi s kisikom

Cilj eksperimenta: Prikazati proces alkoholnog vrenja uz pomoć kvasca.

Teorijski uvod

Alkoholno vrenje jeste biohemijski proces u kojem mikroorganizam – kvasac (*Saccharomyces cerevisiae*) razgrađuje šećer u odsustvu kisika (anaerobno) i pri tome proizvodi etanol (alkohol) i ugljikov(IV) oksid (CO_2). Ova reakcija ključna je za brojne prirodne i industrijske procese, uključujući fermentaciju u proizvodnji hljeba i alkoholnih pića. Ovaj eksperiment omogućava učenicima da razumiju kako živi organizmi mogu mijenjati hemijski sastav tvari, demonstrirajući na jednostavan način međudjelovanje živih i neživih sistema.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Staklena ili plastična boca
2. Balon (gumeni)
3. Mala kašika
4. Lijevak
5. Termometar (opcionalno)
6. Mlaka voda ($35\text{--}40\text{ }^\circ\text{C}$)
7. Šećer (saharoza ili glukoza)
8. Suhi pekarski kvasac

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment pogodan je za izvođenje u 9. razredu osnovne škole prilikom obrade gradiva o hemijskim procesima u živim sistemima. Eksperiment se može izvoditi u grupama od 2 do 3 učenika kako bi se podstakla timska saradnja. Tokom izvođenja naglasiti važnost upotrebe tople a ne vrele vode, zbog očuvanja aktivnosti kvasca. Nastavnik uz rezultate eksperimenta s učenicima zaključuje ulogu mikroorganizama (kvasca) i osnovni princip fermentacije, povezujući ga sa svakodnevnim primjerima iz prehrambene industrije (pekarski i alkoholni proizvodi).



Slika 35. Ilustrativni prikaz posmatranja promjena koje se dešavaju tokom alkoholnog vrenja

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U bocu sipati oko 100 ml tople vode (oko 35–40 °C).
2. Dodati jednu malu kašiku šećera i promiješati dok se ne rastvori.
3. Dodati pola male kašike suhog kvasca i lagano promiješati.
4. Staviti balon na otvor boce.
5. Ostaviti bocu na toplom mjestu (u čašu s mlakom vodom) i posmatrati tokom 15–30 minuta.

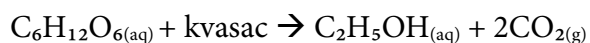
Zapažanje

Nakon nekoliko minuta, uočava se da se balon počinje širiti. U boci se pojavljuju mjehurići. Tečnost postaje mutna i poprima specifičan miris.

Zaključak

Tokom eksperimenta opaženo je da kvasac u prisustvu šećera i na optimalnoj temperaturi (oko 35 °C) započinje proces alkoholnog vrenja, pri čemu se stvara ugljikov(IV) oksid. Ova hemijska promjena rezultat je djelovanja enzima iz kvasca koji razgrađuju šećer u etanol i gas. Proces fermentacije omogućava učenicima da shvate ulogu živih organizama u biohemijskim reakcijama, kao i značaj uvjeta (temperatura, prisustvo šećera, anaerobni uvjeti) za odvijanje fermentacije.

Simbolni nivo



3.10. KARAMELIZACIJA ŠEĆERA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Ugljikohidrati

Cilj eksperimenta: Ispitati promjene koje se dešavaju pri zagrijavanju šećera.

Teorijski uvod

Zagrijavanjem šećera dolazi do promjena koje uključuju fizičke i hemijske procese. Ove promjene mogu se pratiti kroz opažanja poput promjene boje, mirisa i konzistencije. Proces se odvija bez prisustva dodatnih supstanci, a rezultat zavisi od temperature i trajanja zagrijavanja. Ova vježba pruža mogućnost da se kroz neposredno posmatranje uoče osobine koje prate hemijsku promjenu. Uz dovoljno visoku temperaturu dolazi do procesa karamelizacije. Karamelizacija je važan proces u prehrambenoj industriji i svakodnevnom kuhanju, ali i dobar primjer za razumijevanje hemijskih promjena izazvanih povišenom temperaturom.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Metalna kašika ili posudica otporna na toplotu
2. Bunsenov plamenik ili električni rešo
3. Držać za kašiku (ako se koristi plamenik)
4. Mala kašika
5. Keramička pločica
6. Saharoza $C_{12}H_{22}O_{11}$

Postavka eksperimenta

Eksperiment se preporučuje za izvođenje u 9. razredu osnovne škole, u sklopu obrade sadržaja o ugljikohidratima i hemijskim promjenama. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik treba ponoviti s učenicima gradivo o fizičkim i hemijskim promjenama, povratnim i nepovratnim procesima, te upozoriti na mjere opreza prilikom rada s izvorom toplote. Eksperiment se može izvoditi kao demonstracija nastavnika ili u parovima, uz obaveznu upotrebu zaštitne opreme (naočale, rukavice). Tokom izvođenja učenici posmatraju i bilježe promjene – boje, mirisa, konzistencije i stanja šećera. Nakon eksperimenta slijedi diskusija o tome da li su promjene fizičke ili hemijske, uz osvrt na nepovratnost procesa i svakodnevnu primjenu (npr. u kuharstvu). Eksperiment razvija vještine pažljivog posmatranja, interpretacije promjena i povezivanja sa stvarnim životom.



Slika 36. Ilustrativni prikaz karamelizacije šećera

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U metalnu kašiku staviti jednu malu kašiku šećera.
2. Kašiku postaviti iznad plamena Bunsenovog plamenika.
3. Posmatrati promjene tokom zagrijavanja.
4. Kada šećer postane tečan i tamnosmeđ, ukloniti kašiku iznad plamena.
5. Spustiti je na keramičku pločicu da se ohladi.

Zapažanje

Prilikom zagrijavanja uočava se topljenje šećera, pri čemu se boja mijenja u svjetlosmeđu, a potom u tamnosmeđu. Osjeti se specifičan miris karamele. Nakon hlađenja, masa postaje čvrsta i staklasta.

Zaključak

Zagrijavanjem saharoze (šećera) dolazi do hemijske promjene – molekule se razgrađuju, a nastaju novi spojevi drukčijih svojstava. Proces uključuje dehidraciju (gubitak vode) i termolizu (razlaganje pod utjecajem toplote), pri čemu se mijenjaju fizička svojstva kao što su boja, miris i konzistencija. Ove promjene ukazuju na to da je riječ o nepovratnoj hemijskoj reakciji tokom koje saharoza prelazi u složenije smjese organskih spojeva.

3.11. REDUKCIJSKA SVOJSTVA GLUKOZE

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Ugljikohidrati

Cilj eksperimenta: Ispitati svojstva glukoze u reakciji s Fehlingovim reagensom.

Teorijski uvod

Glukoza je monosaharid koji pripada grupi redukujućih šećera jer sadrži slobodnu aldehidnu grupu. Glukoza je jednostavan šećer (monosaharid) koji pripada grupi ugljikohidrata. Ima široku primjenu u biologiji i hemiji, posebno zbog svoje građe i reaktivnosti. Jedan od načina ispitivanja prisustva glukoze u rastvoru jeste upotreba specifičnih reagensa koji omogućavaju hemijsku identifikaciju kroz promjene koje se mogu opažati, poput promjene boje. Fehlingov reagens mješavina je dvaju rastvora koji zajedno služe za kvalitativno ispitivanje određenih vrsta šećera. Ova vježba omogućava učenicima da kroz opažanje reaktivnosti glukoze istraže jedno od njenih važnih hemijskih svojstava.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Epruveta
2. Drvena štipaljka
3. Pasterova pipeta, tri komada
4. Stalak za epruvete
5. Mala kašika ili kapaljka
6. Vodeno kupatilo
7. Glukoza ($C_6H_{12}O_6$), 5%-tni rastvor
8. Fehlingov rastvor I i II

Postavka eksperimenta

Eksperiment se preporučuje za izvođenje u 9. razredu osnovne škole u okviru nastavne cjeline o ugljikohidratima i hemijskim reakcijama. Prije izvođenja nastavnik uvodi učenike u osnovne pojmove oksidacije i redukcije u organskoj hemiji, naglašavajući strukturu glukoze i značaj funkcionalnih grupa. Eksperiment se može izvoditi kao demonstracija ili u paru, uz obaveznu zaštitnu opremu i pažljivo rukovanje vodenim kupatilom. Nastavnik pokazuje tačan način pripreme Fehlingovog reagensa. Nakon eksperimenta, učenici komentiraju promjene boje i talog, povezujući ih s hemijskim procesima redukcije i oksidacije.



Slika 37. Ilustrativni prikaz pojave karakteristične narandžaste boje u reakciji glukoze s Fehlingovim reagensom

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U epruvetu dodati po otprilike 1 ml Fehlingovog rastvora I i II i promiješati.
2. U pripremljen Fehlingov reagens dodati 1–2 ml rastvora glukoze.
3. Lagano protresti da se sastojci sjedine.
4. Epruvetu drvenom štipaljkom držati u vodenom kupatilu.
5. Posmatrati promjene tokom nekoliko minuta.

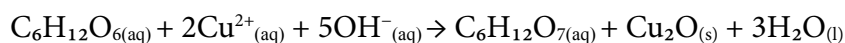
Zapažanje

Miješanjem Fehlingovih rastvora I (svjetloplav) i II (bezbojan) nastaje tamnoplava smjesa. Zagrijavanjem u prisustvu glukoze smjesa mijenja boju iz plave u crvenu. Na dnu epruvete taloži se crveni talog.

Zaključak

U toku reakcije glukoze – $C_6H_{12}O_6$ (s Fehlingovim reagensom glukoza djeluje kao redukujući šećer i reducira bakrov(II) jon (Cu^{2+}) iz Fehlingovog rastvora do bakrovog(I) oksida (Cu_2O), koji se taloži kao crvenkasti talog. Glukoza se oksiduje u glukonsku kiselinu ($C_6H_{12}O_7$). Ova reakcija omogućava kvalitativno dokazivanje prisustva glukoze, što je značajno za hemijske analize. Eksperiment također pomaže učenicima da razumiju koncept redukcije i oksidacije, kao i upotrebu specifičnih reagensa za identifikaciju organskih spojeva.

Simbolni nivo



3.12. PRIPREMANJE RASTVORA ŠKROBA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Ugljikohidrati

Cilj eksperimenta: Pripremiti rastvor škroba pravilnim postupkom zagrijavanja.

Teorijski uvod

Škrob je složeni ugljikohidrat (polisaharid) koji se ne rastvara direktno u hladnoj vodi, već formira suspenziju – heterogenu smjesu u kojoj su čestice škroba ravnomjerno raspoređene, ali ne rastvorene. Da bi se dobio rastvor škroba, potrebno je koristiti toplu ili ključalu vodu, pri čemu dolazi do želatinizacije – procesa u kojem se molekule škroba razgrađuju i raspoređuju u vodi, formirajući proziran, viskozan koloidni rastvor. Ovaj rastvor često se koristi u hemiji kao indikator za jod, jer u prisustvu jodnih jona mijenja boju u plavo-ljubičastu, što omogućava dokazivanje prisustva škroba u različitim uzorcima. Eksperiment ilustrira osnovne fizičke promjene, važnost temperature u procesu rastvaranja i razliku između suspenzije i rastvora.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml
2. Laboratorijska čaša od 100 ml
3. Menzura od 100 ml
4. Stakleni štapić
5. Rešo
6. Keramička mrežica
7. Keramička pločica
8. Kuhinjska rukavica ili krpa
9. Posudica za vaganje
10. Kašika
11. Digitalna vaga
(nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
12. Škrob (kukuruzni ili krompirov)
13. Destilovana voda (H_2O)



Slika 38. Ilustrativni prikaz pripremanja rastvora škroba

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se za izvođenje u 9. razredu osnovne škole u okviru tematske cjeline o ugljikohidratima. Učenici kroz praktičan rad stječu razumijevanje razlike između suspenzije i rastvora, kao i važnosti temperature u procesu rastvaranja. Nastavnik prethodno demonstrira pripremu suspenzije i način sigurnog dodavanja u ključalu vodu, uz poštivanje svih sigurnosnih mjera. Aktivnost se može organizirati kao rad u paru ili manjoj grupi, pri čemu učenici imaju zadatak da prate promjene i bilježe zapažanja. Nakon izvođenja eksperimenta, preporučuje se diskusija o ulozi škrobnog rastvora kao indikatora za jod i o važnosti pravilnog laboratorijskog rada. Eksperiment razvija tehničke vještine, preciznost i razumijevanje osnovnih fizičkih procesa u hemiji.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Menzurom odmjeriti 100 ml destilovane vode i uliti u čašu od 250 ml.
2. Na rešou preko keramičke mrežice zagrijavati čašu s vodom dok proključa.
3. Izvagati 1 g škroba i pomiješati s 10 ml hladne vode da se dobije suspenzija.
4. Kada voda u čaši proključa, polako dodavati suspenziju škroba uz stalno miješanje.
5. Nastaviti zagrijavanje i miješanje još 2–3 minute, dok se ne dobije proziran, blago viskozan rastvor.
6. Kuhinjskom rukavicom ili krpom prenijeti čašu s rastvorom na keramičku pločicu da se rastvor ohladi.

Zapažanje

Škrob se ne rastvara u hladnoj vodi, već formira suspenziju. Nakon dodavanja u ključalu vodu, nastaje proziran rastvor.

Zaključak

Pravilnom pripremom škrobne suspenzije i njenim dodavanjem u ključalu vodu uz stalno miješanje dobija se proziran i blago viskozan rastvor škroba. Ovaj eksperiment pokazuje važnost temperature i načina miješanja u pripremi rastvora i demonstrira osnovne principe fizičkih promjena u hemiji. Kroz ovaj primjer omogućava se učenicima da razumiju postupak pripreme rastvora tvari koje nisu lako rastvorljive u vodi i predstavlja osnovu za dalju upotrebu škroba, npr. kao indikatora u hemijskim reakcijama. Učenici imaju priliku uočiti i naučiti razlike između suspenzije i rastvora, kao i važnost pravilne pripreme u laboratorijskim uvjetima.

3.13. RASTVORLJIVOST MASTI I ULJA

Oblast: B – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Masti i ulja

Cilj eksperimenta: Ispitati rastvorljivost masti i ulja u različitim rastvaračima.

Teorijski uvod

Masti i ulja nepolarne su organske tvari koje se ponašaju različito u kontaktu s različitim rastvaračima. Rastvorljivost tvari zavisi od njihove molekularne strukture, odnosno od polariteta. Voda je polaran rastvarač, dok su benzin i slični ugljikovodici nepolarni rastvarači. Etanol ima djelimično polarna svojstva jer sadrži i hidroksilnu ($-OH$) grupu i nepolarni ugljikovodični lanac. Ova razlika u strukturi utječe na međumolekulske sile koje omogućavaju ili onemogućavaju rastvaranje. Eksperiment demonstrira osnovni hemijski princip “slično se u sličnom rastvara”, koji se često koristi u svakodnevici (npr. pranje masnih površina alkoholom ili sredstvima koja sadrže deterdžente).

Pribor/oprema/hemikalije

1. Epruveta, tri komada
2. Stalak za epruvete
3. Menzura od 10 ml, četiri komada
4. Stakleni štapić
5. Biljno ulje ili mast
6. Voda sa česme
7. Etanol (C_2H_5OH)
8. Benzin ili heksan (nepolarni rastvarač – koristi se uz nadzor nastavnika)

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučljivo je izvoditi u 9. razredu osnovne škole u okviru nastavne jedinice o mastima i uljima, kao i dijelu gradiva o hemijskim svojstvima tvari i rastvaranju. Eksperiment se izvodi u manjim grupama (2–3 učenika). Poseban naglasak staviti na sigurnost pri rukovanju nepolarnim rastvaračima poput benzina ili heksana – koristiti minimalne količine i izvoditi eksperiment u dobro prozračenoj prostoriji ili digestoru. Nakon izvođenja eksperimenta, nastavnik vodi diskusiju o principu “slično se u sličnom rastvara”, povezujući sadržaj sa svakodnevnim primjerima (npr. upotreba sredstava koja sadrže deterdžente pri uklanjanju masnoće). Učenici analiziraju uzročno-posljedične veze između strukture tvari i njihovih fizičko-hemijskih svojstava, te uviđaju razlike između polarnih i nepolarnih molekula.



Slika 39. Ilustrativni prikaz posmatranja promjena tokom ispitivanja rastvorljivosti ulja

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U svaku od triju epruveta sipati po 5 ml biljnog ulja.
2. U prvu epruvetu dodati 10 ml vode i promiješati staklenim štapićem.
3. U drugu epruvetu dodati 10 ml etanola i promiješati staklenim štapićem.
4. U treću epruvetu dodati 10 ml benzina i promiješati staklenim štapićem.
5. Zabilježiti zapažanja.

Zapažanje

Ulje se ne rastvara u vodi i pluta na površini. U etanolu se rastvara djelimično uz blago zamućenje. U benzinu se rastvara u potpunosti.

Zaključak

Masti i ulja nepolarne su tvari i ne rastvaraju se u vodi, koja je polaran rastvarač. Dobro se rastvaraju u nepolarnim rastvaračima poput benzina. Etanol je polarna tvar s djelimičnim nepolarnim karakterom, što omogućava minimalno miješanje nepolarnim tvarima. Ovime se potvrđuje pravilo “slično se u sličnom rastvara”. Ova vježba pomaže učenicima da razumiju pojmove polarnosti, rastvorljivosti i međumolekulskih sila, te da povežu hemijska svojstva s praktičnim primjerima iz svakodnevnog života.

3.14. DENATURACIJA PROTEINA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Bjelančevine (proteini)

Cilj eksperimenta: Ispitati kako različiti faktori (toplota, alkoholi, kiseline i soli) utječu na strukturu i svojstva proteina.

Teorijski uvod

Proteini su složene biomolekule sa specifičnom trodimenzionalnom strukturom koja je ključna za njihovu biološku funkciju. Denaturacija je proces narušavanja sekundarne, tercijarne ili kvarterne strukture proteina, pri čemu osnovni hemijski sastav molekula ostaje nepromijenjen. Ovaj proces može biti izazvan djelovanjem toplote, alkohola, kiselina, soli ili mehaničkih sila, što dovodi do prekida vodikovih veza i drugih intermolekulskih sila koje održavaju prostorni oblik molekula. Posljedice denaturacije uključuju gubitak biološke funkcije, zamućenje, taloženje ili koagulaciju proteina. Primjeri denaturacije iz svakodnevnog života jesu kuhanje jaja, dezinfekcija alkoholom i zgrušavanje mlijeka pri zakiseljavanju. Ovim eksperimentom učenici imaju priliku opažati kako različiti faktori utječu na proteine te razumjeti značaj strukture proteina u kontekstu biologije i hemije.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Epruveta, četiri komada
2. Laboratorijska čaša od 500 ml
3. Stalak za epruvete
4. Stakleni štapić
5. Menzura od 10 ml
6. Pasterova pipeta, tri komada
7. Mala kašika
8. Drvena štipaljka
9. Bunsenov plamenik
10. Bjelance (jaje)
11. Destilovana voda (H_2O)
12. Etanol (C_2H_5OH)
13. Acetatna (sirćetna) kiselina (CH_3COOH , alkoholni ocat), 9%
14. Natrijev hlorid ($NaCl$)



Slika 40. Ilustrativni prikaz posmatranja promjena tokom zagrijavanja bjelanceta

Postavka eksperimenta

Eksperiment je prikladan za 9. razred osnovne škole kada se obrađuje tema o proteinima i hemijskim procesima u živim sistemima. Učenici kroz praktičan rad vizualno uočavaju efekte denaturacije, čime povezuju hemijske procese s pojavama iz svakodnevnog života. Nastavnik prethodno demonstrira pravilnu pripremu rastvora bjelanca. Eksperiment se može izvoditi u parovima, gdje svaki par ispituje utjecaj jednog faktora, a zatim se rezultati upoređuju i analiziraju zajednički. Kroz diskusiju se podstiče razumijevanje razlike između fizičke i hemijske promjene strukture proteina.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U čašu od 500 ml uliti bjelance i oko 300 ml destilovane vode.
2. Miješati lagano staklenim štapićem nekoliko minuta, da se izbjegne stvaranje pjene.
3. U četiri epruvete dodati po 5 ml rastvora bjelanca.
4. Prvu epruvetu pridržavati drvenom štikaljkom i lagano zagrijavati u plamenu.
5. U drugu epruvetu Pasterovom pipetom dodati oko 5 ml etanola. Promiješati.
6. U treću epruvetu Pasterovom pipetom dodati oko 5 ml alkoholnog octa. Promiješati.
7. U četvrtu epruvetu kašikom dodati malo kuhinjske soli i promiješati.
8. Posmatrati promjene u svakoj epruveti.

Zapažanje

Tokom zagrijavanja se bjelance zgrušava i postaje bijelo. U epruveti s etanolom dolazi do zamućenja i taloženja proteina. U epruveti sa sirćetom bjelance se zgrušava. U epruveti sa soli javlja se blago zamućenje.

Zaključak

Eksperimentom se pokazuje da različiti faktori – kiselina, alkohol, toplota i so – mogu uzrokovati denaturaciju proteina. Bez obzira na korišteni agens, primarna struktura (redoslijed aminokiselina) ostaje nepromijenjena, dok se sekundarna, tercijarna ili kvaternarna struktura narušava, što dovodi do gubitka biološke funkcije. Ove promjene rezultat su prekida vodikovih veza i drugih slabih sila koje održavaju oblik proteina. Eksperiment ukazuje na to da denaturacija nije hemijska razgradnja, već fizička promjena u strukturi molekula, te pomaže učenicima da povežu teoriju sa svakodnevnim pojavama, poput kuhanja jaja ili kiseljenja mlijeka.

3.15. BIURET-REAKCIJA

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Bjelančevine (proteini)

Cilj eksperimenta: Ispitati prisustvo proteina u bjelancetu pomoću biuret-reakcije.

Teorijski uvod

Proteini su složene organske molekule građene od aminokiselina povezanih peptidnim vezama. Hemijske reakcije koje mogu identifikovati te veze koriste se u kvalitativnoj analizi za ispitivanje prisustva proteina. Biuret-reakcija jedna je od najčešće korištenih metoda za dokazivanje peptidnih veza – osnovne strukture proteina. Tokom ove reakcije, u prisustvu natrijevog hidroksida i bakrovog(II) jona, proteini formiraju kompleks koji daje ljubičastu boju. Što je više peptidnih veza prisutno, intenzitet je boje jači. Ova reakcija specifična je za spojeve koji sadrže dvije ili više peptidnih veza, čime se jasno razlikuju proteini od ostalih organskih molekula. Eksperiment omogućava učenicima da primijene naučeni sadržaj o hemijskoj strukturi proteina i povežu ga s eksperimentalnim opažanjima.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Epruveta
2. Stalak za epruvete
3. Pasterova pipeta, dva komada
4. Bjelance (razrijeđeno u destilovanoj vodi)
5. Biuret-reagens
6. Destilovana voda (H_2O)

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se za izvođenje u 9. razredu osnovne škole u okviru obrade teme o proteinima i metodama njihovog dokazivanja. Učenici se upoznaju s osnovama kvalitativne hemijske analize i vizualnim indikatorima hemijske reakcije (promjena boje). Nastavnik prethodno demonstrira dodavanje reagensa i objašnjava značaj biuret-reakcije, posebno u kontekstu prepoznavanja prisustva peptidnih veza. Eksperiment se izvodi u paru, pri čemu učenici razvijaju preciznost u doziranju rastvora, posmatranju rezultata i logičkom zaključivanju. Po završetku eksperimenta, kroz zajedničku analizu rezultata i diskusiju, učenici razumiju važnost laboratorijskih metoda u prepoznavanju biološki važnih molekula.



Slika 41. Ilustrativni prikaz pojave karakteristične ljubičaste boje u biuret-reakciji

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Pripremiti rastvor bjelanceta tako što se malo bjelanceta razmuti u destilovanoj vodi.
2. U epruvetu dodati oko 5 ml rastvora bjelanceta.
3. U bjelance dodati nekoliko kapi biuret-reagensa.
4. Lagano promiješati smjesu u epruveti.
5. Posmatrati promjene.

Zapažanje

Uočava se promjena plave boje u ljubičastu.

Zaključak

Specifična promjena boje rezultat je stvaranja kompleksa između bakrovih(II) jona iz biuret-reagensa i peptidnih veza prisutnih u proteinskim molekulama. Eksperiment pokazuje da se biuret-reakcija može koristiti kao jednostavna kvalitativna metoda za dokazivanje proteina u biološkim uzorcima.

3.16. PREČIŠĆAVANJE VODE FILTRACIJOM

Oblast: B – Struktura tvari i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Zagađivanje i zaštita životne sredine

Cilj eksperimenta: Ispitati i uporediti zamućenost različitih uzoraka vode te demonstrirati filtraciju kao metodu prečišćavanja.

Teorijski uvod

Voda iz različitih izvora sadrži različite količine i vrste nečistoća – od vidljivih čestica (pijeska, mulja, organskih ostataka) do rastvorenih tvari koje se ne mogu uočiti golim okom. Jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta vode jeste zamućenost, koju uzrokuju suspendovane čestice. Filtracija je jednostavna fizička metoda koja omogućava odvajanje ovih čestica pomoću poroznih materijala (npr. filter-papira). Tokom filtracije čvrste čestice zadržavaju se na filteru, dok filtrat (procijeđena voda) protiče i može se dalje analizirati. Ovaj eksperiment omogućava učenicima da praktično uoče razlike među uzorcima, primijene filtraciju kao metodu separacije i prečišćavanja.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 100 ml, osam komada
2. Menzura od 50 ml
3. Lijevak
4. Filter-papir
5. Stativ
6. Prsten za lijevak
7. Svjetlosni izvor (npr. lampa ili prozor)
8. Bijela podloga (papir)
9. Destilovana voda (H_2O)
10. Uzorci vode (npr. voda sa česme, iz rijeke, iz bare, kišnica)



Slika 42. Ilustrativni prikaz filtriranja zaprljane vode

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se za izvođenje u 9. razredu osnovne škole kao praktična aktivnost tokom obrade tema u vezi sa zaštitom životne sredine i svojstvima tvari. Učenici rade u malim grupama kako bi mogli porediti više uzoraka istovremeno. Nastavnik s učenicima ponavlja postupak izvođenja filtracije i razliku između suspendovanih i rastvorenih nečistoća. Prije početka preporučuje se da učenici zabilježe svoja očekivanja, a zatim uporede sa stvarnim zapažanjima nakon filtracije. Eksperiment razvija sposobnosti zapažanja, upoređivanja i logičkog zaključivanja, te ističe značaj dostupnih metoda prečišćavanja vode u svakodnevnom životu. Na kraju eksperimenta podstiče se diskusija o značaju čiste vode za zdravlje i okoliš.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Pripremiti 3–4 uzorka vode iz različitih izvora.
2. Sipati po 50 ml svakog uzorka u odvojene čaše.
3. Postaviti bijelu podlogu iza uzoraka i posmatrati zamućenost.
4. Postaviti filter-papir u lijevak i filtrirati svaki uzorak posebno.
5. Sakupiti filtriranu vodu (filtrat) u čiste čaše.
6. Ponovo posmatrati filtrate i usporediti ih s izvornim uzorcima.

Zapažanje

Uzorci vode iz prirodnih izvora (bara, rijeka) vidno su zamućeni. Voda sa česme i kišnica su bistrije, s mogućom blagom zamućenošću. Nakon filtriranja, većina uzoraka vode je bistrija, s mogućnošću zadržavanja pojedinih nečistoća.

Zaključak

Zamućenost vode zavisi od njenog porijekla i prisustva suspendovanih čestica. Filtracija je efikasan način uklanjanja većine čvrstih nečistoća, ali ne uklanja rastvorene tvari. Ovaj eksperiment naglašava značaj mehaničkog prečišćavanja vode i razvija sposobnost opažanja njenih fizičkih svojstava.

3.17. ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI VODE

Oblast: B – Struktura tvari i funkcionalna povezanost procesa u prirodi

Tematska cjelina: Zagađivanje i zaštita životne sredine

Cilj eksperimenta: Ispitati pH vrijednost različitih uzoraka vode koristeći indikatore i pH metar te interpretirati rezultate u kontekstu zaštite životne sredine.

Teorijski uvod

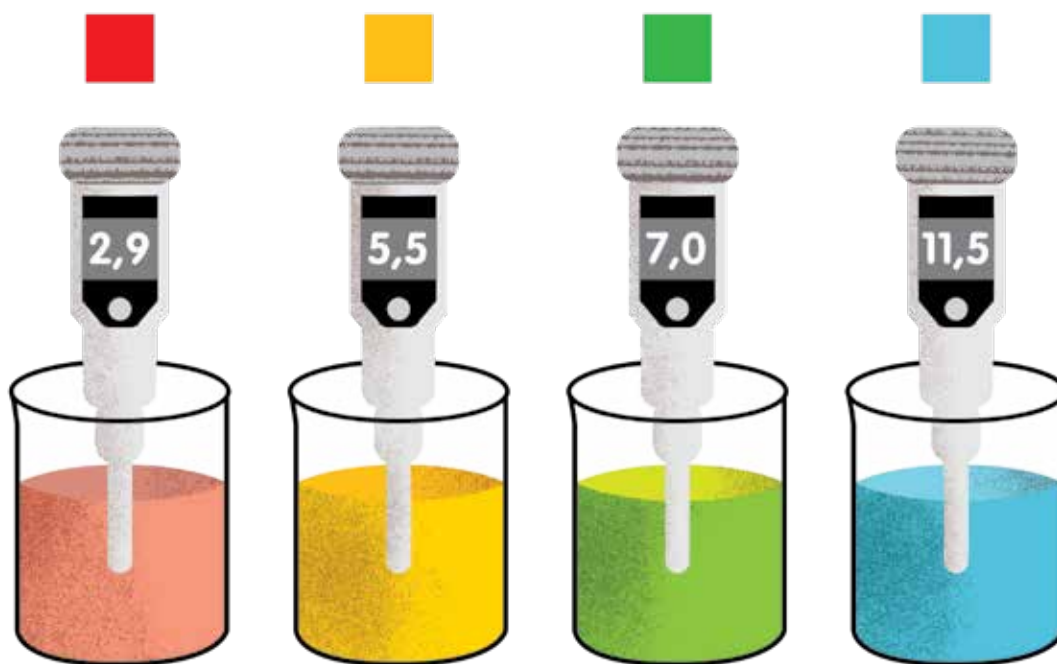
Mjeru kiselosti ili bazičnosti rastvora predstavlja pH vrijednost i ima ključnu ulogu u očuvanju kvaliteta vode u prirodi i svakodnevici. Prirodna voda može biti kisela, neutralna ili bazna, zavisno od prisustva gasova iz atmosfere (npr. CO_2), rastvorenih soli, organskih i anorganskih tvari. pH vrijednost vode utječe na zdravlje ljudi i organizama u vodi, pa je zato važno pratiti njene promjene. U ovom eksperimentu koriste se indikatori (pH papir, univerzalni indikator) i pH metar kao instrument za precizno mjerenje. Promjena boje indikatora omogućava brzo i vizualno određivanje pH vrijednosti, dok pH metar pruža tačan numerički rezultat. Ovaj eksperiment pomaže učenicima da razumiju hemijska svojstva vode iz različitih izvora i razviju svijest o važnosti očuvanja okoliša.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 100 ml, četiri komada
2. pH indikatorski papir
3. Menzura od 50 ml
4. Tečni univerzalni indikator
5. pH-metar
6. Bijela podloga
7. Skala boja univerzalnog indikatora
8. Destilovana voda (H_2O)
9. Uzorci vode (npr. voda sa česme, kišnica, voda iz rijeke, flaširana voda)

Postavka eksperimenta

Ovaj eksperiment preporučuje se za izvođenje u 9. razredu osnovne škole, u okviru tema u vezi s ekologijom, hemijom okoliša i svojstvom rastvora. Učenici rade u parovima ili grupama kako bi mogli obraditi više uzoraka i uporediti podatke. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik objašnjava pojam pH vrijednosti, rad s indikatorima i princip rada pH metra. Tokom eksperimenta učenici vode evidenciju o vizualnim promjenama boje indikatora i numeričkim očitanjima pH metra. Diskusijom nakon eksperimenta podstiče se kritičko razmišljanje o utjecaju pH vrijednosti na životnu sredinu i zdravlje. Učenici zaključuju koje su vode potencijalno zagađene i kako bi se mogle tretirati. Eksperiment povezuje hemiju sa svakodnevnim životom i podiže ekološku svijest kod učenika. Tečni univerzalni indikator jeste mješavina više indikatorskih tvari koje mijenjaju boju u zavisnosti od pH vrijednosti. Najčešće se koristi u kapima (2–3 kapi po uzorku). Može se napraviti miješanjem indikatora kao što su metil crveno, bromtimol plavo, timol plavo i fenolftalein u etanolu ili



Slika 43. Ilustrativni prikaz promjene boje univerzalnog indikatora u zavisnosti od pH vrijednosti

vodi. Miješaju se u odgovarajućim omjerima (npr. po 1 ml svakog rastvora).

pH-metar jeste elektronski uređaj koji mjeri pH vrijednost rastvora pomoću osjetljive elektrode. Prije upotrebe se uređaj treba kalibrirati pomoću standardnih pufer-rastvora (npr. pH 4, 7 i 10). Kalibracija je proces podešavanja uređaja kako bi davao tačne rezultate u skladu s poznatim vrijednostima.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Pripremiti 3–4 uzorka vode iz različitih izvora.
2. Sipati oko 50 ml svakog uzorka u odvojene čaše.
3. U svaki uzorak uroniti pH papir, a potom dodati 2–3 kapi univerzalnog indikatora.
4. Posmatrati promjenu boje i uporediti je s pH skalom.
5. Zabilježiti pH vrijednost svakog uzorka.
6. Uroniti elektrodu pH metra u svaki uzorak, sačekati da se očitavanje stabilizira i zabilježiti vrijednost.
7. Uporediti rezultate dobijene pomoću indikatora i pH metra.

Zapažanje

Kišnica obično ima pH ispod 7 jer je blago kisela uslijed rastvorenog ugljičnog dioksida iz atmosfere. Voda s česme najčešće je neutralna ili blago bazna, s pH vrijednostima oko 7 do 8. pH riječne vode može varirati zavisno od stepena zagađenja i prirodnih uvjeta. Flaširana voda može imati pH vrijednost od oko 6 do 8, što znači da može biti blago kisela ili blago bazna, u zavisnosti od izvora ili proizvođača.

Zaključak

Različiti uzorci vode imaju različite pH vrijednosti, koje zavise od prirodnih faktora (kao što su kiša i sastav tla) te ljudskog utjecaja (zagađenje i hemikalije). Ovaj eksperiment pokazuje da se pH vode može jednostavno ispitati dostupnim metodama, što je važno za očuvanje zdravlja ljudi, biljaka i životinja, kao i za zaštitu životne sredine.

Prilog: Skala pH vrijednosti za univerzalni indikator

pH vrijednost	Boja indikatora	Karakter rastvora
0–2	Crvena	Jaka kiselina
3–4	Narandžasta	Srednje jaka kiselina
5–6	Žuta	Slaba kiselina
7	Zelena	Neutralno
8–9	Plavozelena	Slaba baza
10–11	Plava	Srednje jaka baza
12–14	Ljubičasta/tamnoplava	Jaka baza

Objašnjenje indikatora

Naziv indikatora	pH raspon	Boja u kiselom	Boja u baznom
Metil crveno	4.4–6.2	Crvena	Žuta
Bromtimol plavo	6.0–7.6	Žuta	Plava
Timol plavo	8.0–9.6	Žuta	Plavo-ljubičasta
Fenolftalein	8.2–10.0	Bezbojna	Roza do ljubičasta

3.18. ISTRAŽIVAČKI PROJEKT: SAPUN

Oblast: D – Procesi i međudjelovanje živih i neživih sistema

Tematska cjelina: Biološki važne organske tvari

Cilj eksperimenta: Istražiti historiju nastanka sapuna, njegovu primjenu kroz vrijeme, te provesti eksperiment proizvodnje sapuna i ispitivanja njegovih svojstava.

Teorijski uvod

Sapun je jedan od najstarijih hemijskih proizvoda koji su ljudi koristili u svakodnevnom životu, prvenstveno za higijenske i potrebe čišćenja. Njegova osnovna funkcija jeste uklanjanje nečistoća s površine kože i predmeta zahvaljujući hemijskoj strukturi koja omogućava otapanje masnoća u vodi. Sapun se dobija reakcijom između masnih kiselina (iz ulja ili masti) i baze – najčešće natrijevog hidroksida – u procesu poznatom kao saponifikacija. Kroz historiju je sapun evoluirao od jednostavne smjese pepela i masti do sofisticiranog proizvoda s dodacima kao što su mirisi, boje, hidratantna sredstva i antibakterijske komponente. Danas se sapuni proizvode u industrijskim razmjerama, ali je moguće i njihovo kućno pravljenje, što omogućava bolju kontrolu sastojaka i razvoj ekološke svijesti kod učenika. Kombiniranjem teorijskog istraživanja i praktičnog rada učenici stječu uvid u hemijsku reakciju koja stoji iza proizvodnje sapuna, razumiju razliku između prirodnih i komercijalnih sapuna, te razvijaju vještine opažanja, mjerenja i kritičkog poređenja svojstava proizvoda koji imaju široku primjenu u svakodnevici.

Prijedlog istraživačkih aktivnosti

Ovakav istraživački projekt pogodan je za realizaciju u manjim grupama, čime se podstiče saradničko učenje, komunikacija i međusobna razmjena ideja. Aktivnosti su pažljivo osmišljene tako da se kombinira rad u školi i kod kuće, s ciljem razvoja različitih vještina učenika, uključujući praktičan rad, samostalno istraživanje, kritičko promišljanje i prezentacijske vještine. U školi učenici provode eksperimentalni dio projekta koji uključuje sintezu sapuna. Tokom praktične nastave upoznaju se s osnovnim sastojcima i hemijskim procesom saponifikacije, te izrađuju vlastiti uzorak sapuna u kontroliranim uvjetima. Nakon sinteze, učenici bilježe osnovna opažanja o fizičkom izgledu sapuna (boja, tekstura, miris), a uzorci su označeni i pripremljeni za dalju analizu kod kuće. Kod kuće učenici obavljaju komparativnu analizu vlastitog sapuna i kupovnih sapuna dostupnih na tržištu. Fokus je na poređenju fizičkih svojstava (pjenidba, rastvorljivost, miris, izgled), kao i na osnovnim informacijama s deklaracije (sastojci, namjena, proizvođač). Ove aktivnosti imaju za cilj razviti sposobnost upoređivanja i interpretacije podataka, kao i svijest o sastavu i kvaliteti proizvoda koje svakodnevno koristimo. Učenici u okviru projekta:

- istražuju historijski razvoj sapuna i njegovu ulogu u svakodnevnom životu kroz različite epohe,
- analiziraju savremene vrste i namjene sapuna,
- upoznaju se s osnovnim sastojcima i hemijskim procesom izrade sapuna,
- formuliraju istraživačko pitanje i postavljaju hipotezu u vezi sa svojstvima sapuna ili učinkovitosti,
- predstavljaju rezultate i zaključke u obliku prezentacije, postera ili izvještaja.

Ovakav pristup omogućava učenicima da aktivno povežu teorijska znanja sa stvarnim životom i uoče važnost hemije u kontekstu higijene, zdravlja i svakodnevne upotrebe hemijskih proizvoda.

Primjer istraživačkog pitanja

Da li sapun proizveden u školskim uvjetima ima slična fizička svojstva kao komercijalni sapuni dostupni na tržištu?

Primjer hipoteze

Sapun izrađen u školskim uvjetima ima osnovna fizička svojstva (poput pjenidbe i rastvorljivosti u vodi), ali se razlikuje od kupovnih sapuna po izgledu, mirisu i dodatnim sastojcima.

Eksperiment 1: Proizvodnja sapuna

Cilj eksperimenta: Upoznati proces saponifikacije, odnosno hemijsku reakciju između masti (ili ulja) i hidroksida kojom nastaje sapun.

Teorijski uvod

Sapun je hemijsko sredstvo za čišćenje koje se koristi za uklanjanje prljavštine i masnoća s kože, tkanina i drugih površina. Nastaje procesom saponifikacije, hemijske reakcije između masnoće (bilnog ili životinjskog porijekla) i hidroksida (najčešće natrijev hidroksid – NaOH). Proizvodi ove reakcije jesu glicerol i soli masnih kiselina – koje se nazivaju sapunima. Sapun ima: hidrofilni dio – takozvana “glava” (“voli vodu”) i hidrofobni dio – takozvani “rep” (odvaja se od vode, privlači masnoće). Zahvaljujući toj strukturi, sapun funkcionira kao tenzid (surfaktant), tj. omogućava miješanje vode i masti. Hidrofobni rep veže masnoću, dok hidrofilna glava ostaje u vodi, tako se masnoće ispiru s površine tokom pranja. Neka od ključnih fizičkih svojstava sapuna koja se mogu mjeriti i upoređivati jesu: pjenidba – koliko pjene sapun stvara pri trljanju u vodi, rastvorljivost u vodi – brzina kojom se sapun rastvara, tvrdoća – čvrstoća sapuna, povezana s vrstom masnoće i količinom hidroksida, pH vrijednost – sapuni su obično blago bazni (pH 8–10), miris i izgled – koji zavise od dodatka (mirisi, boje, ulja i sl.). Za proizvodnju sapuna u školskim uvjetima koriste se osnovni sastojci, bez dodatnih industrijskih sastojaka (konzervansa, sintetičkih mirisa, boja i emulgatora). Zbog toga može imati drugačiji izgled (grublji, nejednak oblik), miris (prirodan ili bez mirisa), teksturu i tvrdoću (zavisno od vrste korištene masti i dužine sušenja). Komercijalni sapuni, s druge strane, često sadrže dodane parfeme i boje, glicerol koji se nekad uklanja pa dodaje kontrolirano, konzervanse i sintetičke tenzide koji poboljšavaju učinak. Ispitivanjem fizičkih svojstava školskog i komercijalnog sapuna može se razumjeti koliko osnovna hemijska reakcija saponifikacije proizvodi funkcionalan proizvod i koji su efekti industrijskih dodataka na krajnji kvalitet sapuna. Takva analiza može doprinijeti boljem razumijevanju hemije sapuna, održive kozmetike i utjecaja sastava na efikasnost.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Staklena laboratorijska čaša od 500 ml
2. Plastična laboratorijska čaša od 250 ml
3. Digitalna vaga (nosivost 200 g, preciznost 0,1 g)
4. Plastična posuda za vaganje

5. Plastična kašika
6. Stakleni štapić
7. Pasterova pipeta
8. Rešo
9. Keramička mrežica
10. Keramička pločica
11. Kalup (npr. silikonski kalup)
12. Univerzalna pH indikatorska traka
13. Alkoholni termometar, dva komada
14. Menzura od 100 ml, dva komada
15. Menzura od 50 ml
16. Maslinovo ulje
17. Kokosovo ulje
18. Natrijev hidroksid (NaOH)
19. Eterično ulje
20. Destilovana voda (H₂O)

Postavka eksperimenta

Eksperiment izrade sapuna izvodi se u 9. razredu nakon obrade nastavnih sadržaja koji se odnose na sapune i deterdžente. Aktivnost se planira kao rad u paru ili manjim grupama, kako bi se podstakla saradnja, razmjena ideja i razvoj eksperimentalnih vještina. Prije izvođenja eksperimenta nastavnik demonstrira osnovne korake postupka izrade sapuna i naglašava važnost poštivanja mjera opreza, posebno pri radu s natrijevim hidroksidom (NaOH), koji je korozivan i zahtijeva pažljivo rukovanje. Tokom izvođenja eksperimenta nastavnik aktivno prati rad učenika, postavlja problemska pitanja, podstiče analitičko razmišljanje i usmjerava diskusiju. Učenici imaju zadatak opisati i objasniti hemijski proces koji se odvija te prepoznati reakciju između masti (ili ulja) i natrijevog hidroksida kao primjer bazne hidrolize estera. Poseban naglasak stavlja se na razumijevanje uloge hidroksidnih jona u cijepanju esterske veze i nastanku glicerola i soli masnih kiselina (sapun). Poželjno je da nastavnik potakne učenike na razmišljanje o tome šta se dešava s uljem kada mu se doda natrijev hidroksid, te da zajedno analiziraju nastale promjene u izgledu, teksturi i mirisu smjese. Eksperiment ima i ekološku vrijednost jer se naglašava važnost izrade prirodnog sapuna bez upotrebe sintetičkih deterdženata, čime se razvija svijest o održivim praksama i zaštiti okoliša.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. U plastičnu laboratorijsku čašu uliti oko 60 ml destilovane vode.
2. Izvagati 21 g NaOH i pažljivo prenijeti u čašu s vodom. Miješati pažljivo dok se sav NaOH ne rastvori.
3. Izmjeriti temperaturu rastvora i ostaviti ga da se ohladi. Provjeravati temperaturu dok se ne spusti na oko 35° C.



Slika 44. Ilustrativni prikaz pripremanja sapuna

4. Menzurama odmjeriti oko 150 ml maslinovog ulja i 30 ml kokosovog ulja i uliti u čašu od 500 ml.
5. Čašu sa smjesom staviti na rešo s keramičkom mrežicom i smjesu zagrijati do 35–40° C.
6. Uz pomoć kuhinjske rukavice ili krpe čašu sa zagrijanom smjesom spustiti na keramičku pločicu.
7. Kada su i ulja i hidroksid na približno istoj temperaturi (npr. 35° C), polako sipati rastvor hidroksida u smjesu ulja i miješati dok smjesa ne postane gusta.
8. Pasterovom pipetom dodati nekoliko (5-10) kapi eteričnog ulja u smjesu. (Po želji dodati sušenog cvijeća, zobenih pahuljica i sl.) Promiješati.
9. Smjesu sipati u pripremljene kalupe.
10. Prekriti krpom i ostaviti da stoji od 24 do 48 sati na sobnoj temperaturi, da sapun očvrstne.
11. Kada je sapun čvrst, izvaditi ga iz kalupa i ostaviti na prozračnom mjestu od 4 do 6 sedmica.

Napomene:

*Nikad ne koristiti aluminijske posude – NaOH reagira s aluminijem!
Nastavnik usmjerava rukovanje i rad s NaOH.*

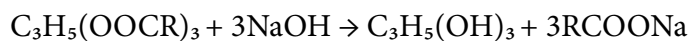
Zapažanje

Nakon dodavanja natrijevog hidroksida (NaOH) u vodu, primjećuje se naglo zagrijavanje smjese. Temperatura raste i dostiže vrijednosti od 70 do 80 °C, što ukazuje na egzotermnu reakciju. Dobijeni je rastvor bistar, ali vrlo vruć. Neophodno je sačekati da se baza (NaOH) i ulja ohlade na približno istu temperaturu (~35 °C), kako bi se osigurala stabilna reakcija. Pri zagrijavanju ulja postaju rjeđa i lakša za miješanje. Nakon njihovog spajanja s bazom, smjesa postepeno dobija na viskoznosti. U jednom trenutku dolazi do tzv. trag-faze – smjesa poprima konzistenciju pudinga, a povlačenjem kašike ostaje trag na površini. To je znak da je reakcija dobro napredovala. U ovoj fazi dodaje se eterično ulje, koje se ravnomjerno raspoređuje u smjesi. Smjesa postaje aromatična i počinje nalikovati na gotov sapun. Tokom narednih 24 do 48 sati sapun se postepeno stvrdnjava. Površina postaje čvrsta, iako je još osjetljiva na dodir. Unutrašnjost je sapuna i dalje blago topla, što upućuje na gel-fazu – znak da se proces saponifikacije nastavlja. U narednim danima sapun postaje sve čvršći, suši se i pri dodiru ostaje suh. Na kraju se pH vrijednost smanjuje i stabilizira, a sapun više nije iritantan za kožu. Gotov proizvod ima prijatan miris, glatku teksturu i stvara umjerenu pjenu.

Zaključak

Hemijska reakcija (saponifikacija) jasno je uočljiva kroz više faza: Početna smjesa ulja i hidroksida jeste homogena tečnost koja se tokom miješanja postepeno zgušnjava. Ova promjena pokazuje da se odvija hemijska reakcija između triglicerida (ulja/masti) i natrijevog hidroksida (NaOH), pri čemu nastaju soli masnih kiselina (sapun) i glicerol. Tokom procesa zrenja dolazi do isparavanja viška vode, stabilizacije pH vrijednosti i postepenog očvršćavanja sapuna. Svježe napravljen sapun ima visok pH (alkalnost) – često između 11 i 13, što može biti iritantno za kožu. Tokom 4-6 sedmica sazrijevanja, pH vrijednost postepeno se snižava do prihvatljivih 9-10, čime sapun postaje siguran za upotrebu i manje agresivan prema koži. Ova promjena pokazuje da saponifikacija nije trenutna – reakcija traje danima dok se svi reaktanti ne pretvore u produkte. Dodaci se ne uključuju u hemijsku reakciju, ali daju sapunu miris, boju, teksturu i dodatne funkcionalnosti (npr. blagi piling). Vizualni i taktilni kvalitet sapuna se poboljšava, ali je važno da se dodaci unose tek nakon trag-faze kako ne bi narušili hemijski balans. Eksperiment pokazuje da se prirodni sapun može napraviti bez upotrebe industrijskih deterdženata i dodataka. Kroz ovaj eksperiment naglašava se važnost održive i ekološke hemije – proizvod koji se pravi bez otpada i štetnih nusprodukata.

Simbolni nivo



- $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOCR})_3$ – triglicerid
- NaOH – natrijev hidroksid
- $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ – glicerol (glicerol)
- RCOONa – natrijeva so masne kiseline (sapun)

Eksperiment 2: Ispitivanje svojstava sapuna (samostalni rad kod kuće)

Cilj eksperimenta: Uporediti fizička i hemijska svojstva domaćeg i komercijalnog sapuna kroz niz jednostavnih testova u kućnim uvjetima.

Pribor/oprema/hemikalije

1. Laboratorijska čaša od 250 ml, četiri komada
2. Stakleni štapić, četiri komada
3. Pasterova pipeta
4. Menzura od 100 ml
5. Posude za vaganje
6. Vaga
7. Univerzalni pH indikatorski papir
8. Sahatno staklo, dva komada
9. Biljno ulje
10. Komadići sapuna
11. Voda sa česme

Napomena:

S obzirom na to da učenici analizu rade kod kuće, navesti alternativni pribor i opremu, npr. prozirne plastične čaše, kašike, kuhinjska vaga, tanjirići prečnika 10 cm, kapaljku od iskorištenog kozmetičkog preparata ili lijeka i sl.

Postupak izvođenja eksperimenta

1. Vizualna i taktilna analiza

- Posmatrati izgled, boju, oblik i miris obaju sapuna.
- Dodirnuti sapune i zabilježiti teksturu (mekan, tvrd, gladak, hrapav).

2. Test pjenjenja

- U dvije čaše s jednakom zapreminom vode (100 ml) dodati istu masu svakog sapuna (10 g).
- Miješati 30 sekundi i posmatrati količinu i trajnost pjene.
- Zabilježiti opažanja.

3. Test pH vrijednosti

- Navlažiti pH papir i prisloniti ga na površinu sapuna.
- Uporediti boju s pH skalom.

4. Test čišćenja masnoće

- Na sahatno staklo nanijeti malo ulja.
- Oprati sahatno staklo s jednakom količinom svakog sapuna (250 ml vode i 10 g sapuna).
- Posmatrati koliko se brzo i efikasno uklanja masnoća.

5. Test na koži (opcionalno i pažljivo!)

- Oprati ruke sa sapunima (odvojeno).
- Zabilježiti osjećaj na koži: da li isušuje, da li je blag, da li ostavlja miris?

6. Test rastvorljivosti

- Izvagati komadiće sapuna (npr. po 10 g).
- Staviti ih u dvije čaše u 100 ml vode i ostaviti na sobnoj temperaturi jedan dan.
- Izvaditi, osušiti i ponovo izvagati.
- Izračunati promjene u masi.

Zapažanje

Provođenjem različitih testova na različitim uzorcima sapuna primjećuju se značajne razlike u njihovom kvalitetu i primjeni.

Vizualna i taktilna analiza otkrivaju razlike u boji, mirisu i teksturi. Kupovni je sapun glađi i tvrdi i ima intenzivniji miris, dok je domaći sapun mekši i blažeg mirisa.

U testu pjenjenja, kupovni sapun proizvodi više pjene koja se duže zadržava, dok domaći sapun proizvodi manje pjene koja se kraće zadržava.

Test pH vrijednosti otkriva da je domaći sapun blaži za kožu – sapun s pH bližim neutralnoj vrijednosti (oko 7) pogodniji je za svakodnevnu upotrebu, dok bazniji kupovni sapun može isušivati kožu.

Test čišćenja masnoće pokazuje da je kupovni sapun efikasniji u uklanjanju ulja. Domaći sapun je manje efikasan, bolji za ličnu higijenu, ali ne i za uklanjanje zahtjevnih masnoća.

Kod testa na koži razlike u osjećaju nakon pranja (isušivanje, mekoća, miris) pružaju uvid u to koji je sapun ugodniji za ličnu higijenu. Domaći ne isušuje, ostavlja mekši osjećaj i blag miris, dok kupovni može izazvati isušivanje.

Test rastvorljivosti otkriva da se masa kupovnog sapuna manje smanjila od mase domaćeg sapuna.

Tabela za bilježenje rezultata

Svojstva	Domaći sapun	Komercijalni sapun
Izgled i miris		
Količina pjene		
pH vrijednost		
Efikasnost čišćenja		
Osjećaj na koži		
Količina rastvorenog sapuna		

Zaključak

Na osnovu provedenih testova i posmatranja, jasno se uočavaju značajne razlike između domaćeg i kupovnog sapuna u gotovo svim analiziranim svojstvima – od pH vrijednosti i sastava do sposobnosti čišćenja i ponašanja u vodi. Domaći sapun, izrađen od prirodnih sirovina poput biljnih ulja i bez prisustva sintetičkih aditiva, pokazuje neutralniji pH, što ga čini nježnijim za kožu i pogodnim za osobe s osjetljivom kožom ili sklonošću ka iritacijama. Njegova blaža pjenastost i mekša tekstura doprinose prijatnijem osjećaju pri upotrebi, te ga čine odličnim izborom za svakodnevnu ličnu higijenu. S druge strane, kupovni sapun, proizveden industrijski i obogaćen dodatnim sastojcima (kao što su mirisi, boje, punila i sredstva za stvrdnjavanje), pokazuje izraženiju pjenastost, veću sposobnost uklanjanja masnoća i sporije rastvaranje u vodi. Ove karakteristike čine ga pogodnim za zahtjevnije uvjete čišćenja, poput kuhinja, radionica i industrijskih prostora, gdje je potrebna snažnija deterdžentska snaga. Osim toga, njegova veća tvrdoća i kompaktnost doprinose dužem vijeku trajanja, što je praktično u komercijalnoj i svakodnevnoj upotrebi. U konačnici, izbor između domaćeg i kupovnog sapuna zavisi od namjene i potreba korisnika. Dok domaći sapun nudi prirodniji i koži prihvatljiviji proizvod, kupovni pruža veću funkcionalnost u izazovnijim uvjetima čišćenja. Ova razlika naglašava važnost svjesnog izbora higijenskih proizvoda prema individualnim potrebama i uvjetima upotrebe.



PRILOZI

Prilog 1

Međunarodni sistem veličina i jedinica (SI sistem)

SI sistem je međunarodni sistem jedinica i predstavlja službeni standard za mjerenje u nauci, industriji i svakodnevnom životu. Osnovne jedinice SI sistema date su u tabeli ispod.

Fizička veličina		Jedinica	
Naziv	Oznaka	Naziv	Oznaka
Dužina	l	metar	m
Masa	m	kilogram	kg
Vrijeme	t	sekunda	s
Jačina električne struje	I	amper	A
Termodinamička temperatura	T	kelvin	K
Intenzitet svjetlosti	J	kandela	cd
Količina tvari	n	mol	mol

Sve ostale jedinice dobijaju se kombinacijom osnovnih i nazivaju se izvedene jedinice.

Primjer

SI jedinica za zapreminu je kubni metar (m^3). Ova jedinica izvedena je iz osnovne jedinice za dužinu – metra.

Zapremina V je prostor koji zauzima tijelo, što je proizvod triju dužina:

$$V = \text{dužina} \times \text{širina} \times \text{visina}.$$

Odatle je jedinica zapremine u SI sistemu:

$$\text{m} \times \text{m} \times \text{m} = \text{m}^3.$$

Metar kubni se koristi kao jedinica za veće zapremine u SI sistemu, dok se manji volumen dogovorno izražava u litrima ($1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$), što je prihvaćena jedinica izvan SI sistema.

Periodni sistem elemenata

1

1

H

1,01

2

2

He

4,00

3

3

Li

7,02

4

4

Be

9,01

5

5

B

10,81

6

6

C

12,01

7

7

N

14,01

8

8

O

16,00

9

9

F

18,99

10

10

Ne

20,18

11

11

Na

22,99

12

12

Mg

24,31

13

13

Al

26,98

14

14

Si

28,09

15

15

P

30,97

16

16

S

32,07

17

17

Cl

35,45

18

18

Ar

39,96

19

19

K

39,10

20

20

Ca

40,08

21

21

Sc

44,96

22

22

Ti

47,87

23

23

V

50,94

24

24

Cr

51,99

25

25

Mn

54,94

26

26

Fe

55,84

27

27

Co

58,93

28

28

Ni

58,69

29

29

Cu

63,55

30

30

Zn

65,40

31

31

Ga

69,72

32

32

Ge

72,63

33

33

As

74,92

34

34

Se

78,97

35

35

Br

79,90

36

36

Kr

83,80

37

37

Rb

85,47

38

38

Sr

87,62

39

39

Y

88,91

40

40

Zr

91,22

41

41

Nb

92,91

42

42

Mo

95,95

43

43

Tc

98,91

44

44

Ru

101,07

45

45

Rh

102,91

46

46

Pd

106,42

47

47

Ag

107,87

48

48

Cd

112,41

49

49

In

114,82

50

50

Sn

118,71

51

51

Sb

121,76

52

52

Te

127,60

53

53

I

126,90

54

54

Xe

131,29

55

55

Cs

132,91

56

56

Ba

137,33

57

57

La

138,91

58

58

Ce

140,12

59

59

Pr

140,91

60

60

Nd

144,24

61

61

Pm

144,91

62

62

Sm

150,40

63

63

Eu

151,96

64

64

Gd

157,25

65

65

Tb

158,93

66

66

Dy

162,50

67

67

Ho

164,93

68

68

Er

167,26

69

69

Tm

168,93

70

70

Yb

173,05

71

71

Lu

174,97

72

72

Hf

178,49

73

73

Ta

180,95

74

74

W

183,84

75

75

Re

186,21

76

76

Os

190,23

77

77

Ir

192,22

78

78

Pt

195,08

79

79

Au

196,97

80

80

Hg

200,59

81

81

Tl

204,38

82

82

Pb

207,20

83

83

Bi

208,98

84

84

Po

209

85

85

At

210

86

86

Rn

222

87

87

Fr

223

88

88

Ra

226

89

89

Ac

227

90

90

Th

232

91

91

Pa

231

92

92

U

238

93

93

Np

237

94

94

Pu

244

95

95

Am

243

96

96

Cm

247

97

97

Bk

247

98

98

Cf

251

99

99

Es

252

100

100

Fm

257

101

101

Md

288

102

102

No

289

103

103

Lr

260

17

← Atomski broj

← Simbol

← Relativna atomska masa

35,45

Cl

Alkalni metali

Prelazni metali

Post-prelazni metali

Zemnoalkalni metali

Metaloidi

Halogeni

Plemeniti gasovi

Lantanoidi

Aktinoidi

Nemetali

LITERATURA

Avogadro (2022), <https://avogadro.cc>, posjećeno 17. 5. 2025.

Ban, I., Kristl, M. (2009), *Vaje iz splošne in anorganske kemije – navodila za vaje*, Fakulteta za kemijo i kemijsko tehnologijo, Maribor.

Begić, S., Pazalja, M., Ademović, Z. (2024), *Sigurnost i rad u hemijskoj laboratoriji*, Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo.

ChemCollective: Virtual Labs, <http://chemcollective.org>, posjećeno 17. 5. 2025.

Crystallization_Experiment with Sugar, <https://www.youtube.com/watch?v=du-9DQ6BNrk>, posjećeno 8. 5. 2025.

Dragobratović, A., Holenda, K. (2018), *Priručnik za učitelje kemije*, Profil Klett d. o. o., Zagreb.

Electrolysis of water in a Hoffman apparatus, <https://www.youtube.com/watch?v=CaJzRfNIiBg>, posjećeno 8. 5. 2025.

Filipović, I., Lipanović, S. (1991), *Opća i anorganska kemija (I dio)*, Školska knjiga, Zagreb.

GHS Classification (2023), GHS Classification Summary - PubChem (nih.gov), posjećeno 2. 5. 2025.

GHS Hazard Statement List, GHS Hazard Statement List (chemsafetypro.com), posjećeno 5. 5. 2025.

Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (2021), GHS_Rev9E_0.pdf (unece.org), posjećeno 2. 5. 2025.

Griswold, N. E., Neidig, H. A., Spencer, J. N., Stanitski, C. L. (2002), *Laboratory Handbook for General Chemistry*, Brooks/Cole, USA.

Holenda, K., Sikirica, M. (2006), *Kemija istraživanjem – Priručnik za učitelje kemije za 7. i 8. razred osnovne škole*, Školska knjiga, Zagreb.

Kahrović, E. (2005), *Anorganska hemija*, Bemust, Sarajevo.

Kozlevčar, B., Kitanovski, N., Šegedin, P. (2005), *Navodila za laboratorijske vaje iz splošne kemije – Študijsko gradivo*, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana.

Ljubijankić, N. (2023), *Osnove stehiometrije*, Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo.

Maicas, S. (2020), "The Role of Yeasts in Fermentation Processes", *Microorganisms*, Basel, 8, br. 8.

Malenica, M., Dević Pavlić, S., Wittine, K. (2020), *Priručnik za praktikum opće kemije*, Sveučilište u Rijeci – Odjel za biotehnologiju, Rijeka.

Medar, A., Husić, A., Boškailo, A. (2024), *STEAM u predmetnoj nastavi – Voda za mir*, Dobra knjiga, Sarajevo.

Miličević, V., Bešlija, H., Hadžović, A. (2001), *Hemija za 7. razred osnovne škole*, Svjetlost, Sarajevo.

Molecular Workbench, <https://mw.concord.org>, posjećeno 17. 5. 2025.

Muštović, F. (2010), *Hemija na jednostavan način*, Grafika Šaran, Sarajevo.

PhET Interactive Simulations, <https://phet.colorado.edu>, posjećeno 17. 5. 2025.

Precautionary statement, Precautionary statements. In force from 17 October 2020. (msds-europe.com), posjećeno 28. 4. 2025.

Predmetni kurikulumi – Hemija, Predmetni kurikulumi | Online platforma za kurikulum, posjećeno 3. 5. 2025.

Rupčić Petelinc, S., Weihnacht, Z., Žužek, S. (2009), *Praktikum analitičke kemije – udžbenik analitičke kemije za srednje strukovne škole*, Školska knjiga, Zagreb.

Science experiment_Baking soda in glove, <https://www.youtube.com/watch?v=3wksU52NBA0>, posjećeno 10. 5. 2025.

Sikirica, M. (2003), *Metodika nastave kemije – Priručnik za nastavnike kemije*, Školska knjiga, Zagreb.

Sikirica, M. (2011), *Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu – priručnik za nastavnike i učenike*, Školska knjiga, Zagreb.

Sikirica, M., Korpar-Čolig, B. (2021), *Praktikum iz opće kemije*, Školska knjiga, Zagreb.

Sugar and Yeast Fermentation Experiment Anaerobic Fermentation with Balloons, <https://www.youtube.com/watch?v=Cv-b0NdHZfs>, posjećeno 10. 5. 2025.

Tahirović, I., Topčagić, A. (2021), *Praktikum iz biohemije I*, Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo.

Zejnlagić-Hajrić, M., Ljubijankić, N., Čopra-Janićijević, Vidic, D., A., Nuić I. (2016), *Praktikum iz metodike nastave hemije*, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.

Zejnlagić-Hajrić, M., Nuić, I., Mrdić, M., Žero, S., Ostojić, J. (2023), *Školski ogledi iz hemije*, Univerzitet u Sarajevu – Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo.

BILJEŠKE O AUTORICAMA



Nermina Sabljica, nastavnica kulture življenja i hemije u OŠ “Čengić Vila I” u Sarajevu, više od triju decenija svoj rad posvećuje obrazovanju i odgoju mladih generacija. Kao članica tima za reformu općeg obrazovanja u Bosni i Hercegovini i učesnica brojnih domaćih i međunarodnih projekata, istaknula se predanošću u razvoju građanskog odgoja, demokratije i ljudskih prava.

Pod njenim mentorstvom učenici i škole osvajali su prestižna priznanja na kantonalnom i državnom nivou, a škola u kojoj djeluje prepoznata je kao primjer demokratskog i uspješnog obrazovnog okruženja. Obavljajući odgovorne rukovodeće funkcije, dala je nemjerljiv doprinos unapređenju kvaliteta rada, jačanju saradnje škole i zajednice te afirmaciji vrijednosti tolerancije i inkluzije u obrazovnom sistemu.



Elvira Huskić-Hadžić, diplomirani inženjer tehnolog, zaposlena je u JU Mješovita srednja saobraćajna škola u Tuzli od 1996. godine kao nastavnik hemijsko-tehnološke grupe predmeta. Od 2015. godine intenzivno provodi “The Starter Experiment Approach – SEA” program u svojoj školi. Član je Organizacionog odbora međunarodne stemKA konferencije. Dugogodišnja je članica Međunarodnog udruženja Interaktivne otvorene škole Tuzla. Učestvovala je u brojnim ekološkim i eTwinning projektima.



Jasmina Pezo, magistrica hemijskih nauka i doktorand na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu, trenutno radi kao pomoćnica direktora u JU Srednjoškolski centar “Hadžići”, gdje je dugi niz godina radila kao nastavnica hemije.

Aktivno učestvuje u ključnim reformskim procesima obrazovanja – od izrade Zajedničke jezgre nastavnih planova i programa za hemiju definisane na ishodima učenja (APOSO) do uloge voditeljice stručnog tima za izradu kurikuluma hemije za osnovne i srednje škole (MOOKS).

Autorica je priručnika “Čarolije u hemiji 1” i koautorica više stručnih radova i nastavnih materijala..



Izvodi iz recenzija

Priručnik za školske eksperimente iz hemije autora Jasmina Pezo, Nermina Sabljica, Elvira Huskić-Hadžić predstavlja vrijedan pisani materijal koji se u potpunosti uklapa u odrednice važećeg kurikulumu za hemiju u osnovnoj školi. Sadržaj priručnika, metodološki pristup i opisani eksperimenti jasno su povezani s ciljevima učenja i podučavanja predmeta, kao i s oblasnom strukturom kurikulumu.

(...)

Priručnik omogućava razumijevanje osnovnih hemijskih pojmova, zakonitosti i procesa, ali i značaja hemije u svakodnevnom životu i očuvanju okoliša. Svojom pedagoškom i metodičkom vrijednošću, priručnik predstavlja podršku nastavnicima u unapređivanju kvaliteta nastave hemije i poticanju učenika na aktivno i istraživačko učenje.

Prof. dr. Alisa Selović

Rukopis je vrlo kvalitetno koncipiran, metodički svrsishodan i praktično primjenjiv. Posebno treba istaći jasnoću uputa, sistemsku brigu o sigurnosti, vertikalnu povezanost laboratorijskih vještina i širok izbor ogleda koji razvijaju naučnu pismenost i eksperimentalne kompetencije učenika.

Na osnovu stručne analize sadržaja, usklađenosti s kurikulumom, sigurnosnih aspekata i didaktičke izvedbe, rukopis ocjenjujem kao vrlo kvalitetan i spreman za upotrebu u nastavi.

Prof. dr. Nevzeta Ljubijankić

