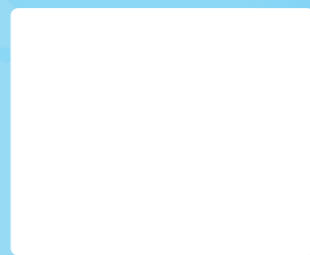


Milica Matić • Lidija Kujačić • Vinka Milošević • Veselinka Grudić

# UVOD U LABORATORIJSKI RAD

udžbenik za prvi razred  
srednje stručne škole

UVOD U LABORATORIJSKI RAD



Zavod za udžbenike i nastavna sredstva  
PODGORICA

Milica Matić • Lidija Kujačić • Vinka Milošević • Veselinka Grudić

# UVOD U LABORATORIJSKI RAD

udžbenik za prvi razred  
srednje stručne škole



Zavod za udžbenike i nastavna sredstva  
PODGORICA, 2020.

Milica Matić  
Lidija Kujačić  
Vinka Milošević  
dr Veselinka Grudić

## **UVOD U LABORATORIJSKI RAD**

udžbenik za prvi razred srednje stručne škole

Izdavač	Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Podgorica
Za izdavača	Pavle Goranović, direktor
Glavni urednik	Radule Novović
Odgovorni urednik	Lazo Leković
Urednik izdanja	Radiša Šćekić
Recenzenti	dr Željko Jaćimović dr Vlatko Kastratović Tanja Kragulj Miodrag Duković Vesna Četković
Lektura	Dragan Batrićević
Korektura	Jasmina Radunović
Dizajn i tehnička priprema	Branka Gardašević
Tehnička urednica	Dajana Vukčević

CIP – Каталогизација у публикацији  
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-303-2313-3  
COBISS.CG-ID 13850372

Nacionalni savjet za obrazovanje, Rješenjem br. 10903-119/20-2472/23 od 16. 06. 2020. godine, odobrio je ovaj udžbenik za upotrebu u srednjim stručnim školama.

Copyright © Zavod za udžbenike i nastavna sredstva – Podgorica, 2020.

# RIJEČ AUTORA

## **Dragi učenice, draga učenice,**

Udžbenik Uvod u laboratorijski rad napisan je prema Nastavnom planu i programu za modul Uvod u laboratorijski rad za prvi razred srednje stručne škole, za nove obrazovne programe Tehničar hemijsko-farmaceutskih procesa i ispitivanja (IV stepen) i Operater hemijskih procesa i ispitivanja (III stepen).

Koncept udžbenika postavljen je tako da u prvoj godini omogućava sticanje osnovnih znanja o radu u hemijskoj laboratoriji. Cilj autora bio je da ti približi gradivo u vezi s radom u laboratoriji, da ga hronološki poveže i objasni, a sve radi tvog osposobljavanja za rad u budućoj struci. Rad u laboratorijama treba da bude zanimljiv, ali prije svega siguran i bezbjedan. U laboratorijama postoji mnogo opasnosti, i veoma je bitno da ih prepoznaš. Pažljivo slušanje nastavnika/nastavnice i njegovih/njenih uputstava sastavni je dio tvog rada u školskoj laboratoriji.

Sadržaj udžbenika podijeljen je u četiri poglavlja:

**Prvo poglavlje:** Upotreba odgovarajućih zaštitnih sredstava i opreme za realizaciju poslova pri izvođenju hemijskih ispitivanja

**Drugo poglavlje:** Sprovođenje odgovarajućih postupaka i mjera prilikom rada u hemijskoj laboratoriji u cilju zaštite životne sredine

**Treće poglavlje:** Priprema laboratorijskog posuđa, pribora i opreme za određenu hemijsku analizu

**Četvrto poglavlje:** Izvođenje odgovarajućih mjerenja za potrebe hemijskih ispitivanja.

# SADRŽAJ

<b>1. Upotreba zaštitnih sredstava i opreme za izvođenje hemijskih ispitivanja</b> . . . . .	<b>9</b>
1.1. Hemijska laboratorija. . . . .	10
1.2. Pravila ponašanja u laboratoriji . . . . .	13
1.3. Izvori i uzroci opasnosti od povreda . . . . .	15
1.3.1. Subjektivni faktori . . . . .	16
1.3.2. Objektivni faktori . . . . .	17
1.4. Vrste povreda i pružanje prve pomoći u laboratoriji . . . . .	23
1.4.1. Mehaničke povrede . . . . .	23
1.4.2. Termičke povrede (opekotine) . . . . .	24
1.4.3. Povrede izazvane hemikalijama . . . . .	25
1.4.4. Povrede od električnog udara . . . . .	26
1.4.5. Trovanje . . . . .	26
1.4.6. Prva pomoći u laboratoriji . . . . .	27
1.5. Zaštitna sredstva i oprema (HTZ oprema). . . . .	28
1.5.1. Zaštitna sredstva i oprema u pogonima hemijske industrije (higijensko-tehnička zaštita) . . . . .	28
1.5.2. Zaštitna sredstva i oprema u hemijskoj laboratoriji . . . . .	30
1.6. Demonstracija upotrebe zaštitnih sredstava i opreme koja se koristi u hemijskoj laboratoriji. . . . .	31
<b>2. Sprovođenje odgovarajućih postupaka i mjera prilikom rada u hemijskoj laboratoriji u cilju zaštite životne sredine</b> . . . . .	<b>39</b>
2.1. Toplotni izvori i laboratorijska oprema za zagrijavanje . . . . .	40
2.1.1. Plamenici (grijalice). . . . .	40
2.1.2. Kupatila . . . . .	43
2.1.3. Električni uređaji . . . . .	44
2.2. Demonstracija pravilnog rukovanja laboratorijskom opremom za zagrijavanje . . . . .	45
2.3. Hemikalije i reagensi. . . . .	49
2.3.1. Oznake na pakovanjima hemikalija. . . . .	49
2.3.2. Skladištenje hemikalija po grupama . . . . .	50
2.3.3. Skladištenje reagenasa . . . . .	53
2.4. Klasifikacija opasnih hemikalija . . . . .	54

2.5. Označavanje opasnih hemikalija . . . . .	56
2.5.1. Piktogrami, oznake rizika i oznake bezbjednosti . . . . .	56
2.5.2. Bezbjednosni list . . . . .	60
2.6. Pravilno rukovanje i odlaganje otpada nastalog prilikom izvođenja hemijskih ispitivanja . .	60
2.7. Demonstracija postupka skladištenja zadate hemikalije, u skladu s odgovarajućom zakonskom regulativom . . . . .	61
<b>3. Priprema laboratorijskog posuđa, pribora i opreme za određenu hemijsku analizu . . . . .</b>	<b>69</b>
3.1. Laboratorijsko posuđe . . . . .	70
3.1.1. Laboratorijsko posuđe od stakla . . . . .	70
3.1.2. Laboratorijsko posuđe od plastike . . . . .	78
3.1.3. Laboratorijsko posuđe od porcelana . . . . .	79
3.2. Laboratorijski pribor . . . . .	81
3.2.1. Čepovi . . . . .	84
3.3. Demonstracija pripreme laboratorijskog pribora za hemijsku analizu . . . . .	86
3.3.1. Obrada laboratorijskog stakla . . . . .	86
3.3.2. Obrada čepova . . . . .	88
3.4. Demonstracija pranja i čišćenja laboratorijskog posuđa . . . . .	91
3.5. Sušenje laboratorijskog posuđa i pribora . . . . .	95
3.6. Funkcionalnost i podešavanje laboratorijske opreme za izvođenje hemijskih analiza . . . . .	97
3.7. Demonstracija provjere funkcionalnosti i podešavanje laboratorijske opreme za izvođenje hemijskih analiza . . . . .	99
<b>4. Izvođenje odgovarajućih mjerenja za potrebe hemijskih ispitivanja . . . . .</b>	<b>107</b>
4.1. Mjerenja pri laboratorijskim ispitivanjima . . . . .	108
4.2. Mjerenje mase . . . . .	109
4.2.1. Mjerenje mase na tehničkoj vagi . . . . .	111
4.2.2. Mjerenje mase na analitičkoj vagi . . . . .	111
4.2.3. Mjerenje sadržaja vlage . . . . .	112
4.2.4. Direktno određivanje sadržaja vlage . . . . .	113
4.3. Demonstracija mjerenja mase na tehničkoj i analitičkoj vagi i određivanje sadržaja vlage .	114
4.4. Mjerenje zapremine . . . . .	118

4.4.1. Mjerenje zapremine tečnosti . . . . .	119
4.4.2. Mjerenje zapremine čvrstog predmeta nepravilnog oblika . . . . .	125
4.5. Demonstracija mjerenja zapremine različitim sudovima . . . . .	126
4.6. Mjerenje gustine . . . . .	128
4.6.1. Mjerenje gustine piknometrom . . . . .	129
4.6.2. Mjerenje gustine areometrom . . . . .	130
4.7. Demonstracija mjerenja gustine . . . . .	131
4.8. Kalibrisanje mjernih instrumenata . . . . .	134
4.8.1. Kalibrisanje volumetrijskog posuđa . . . . .	134
4.9. Demonstracija postupka kalibrisanja laboratorijskih sudova na zadanom primjeru . . . . .	137
PRILOG . . . . .	146
POJMOVNIK . . . . .	148
LITERATURA . . . . .	151
KORISNI LINKOVI . . . . .	152







# 1. Upotreba zaštitnih sredstava i opreme za izvođenje hemijskih ispitivanja



## U OVOM POGLAVLJU NAUČIĆEŠ DA:

- opišeš uticaj izvora opasnosti na zdravlje i sigurnost ljudi pri izvođenju hemijskih ispitivanja
- objasniš vrste povreda na radnom mjestu i preventivne mjere za njihovo suzbijanje
- objasniš namjenu i način upotrebe zaštitnih sredstava i opreme (HTZ oprema) pri izvođenju hemijskih ispitivanja
- na zadatom primjeru demonstriraš upotrebu zaštitnih sredstava i opreme koja se koristi u hemijskoj laboratoriji.



## RAZMISLI I ODGOVORI

1. Primjenom tehnike oluja ideja, napiši pojmove koje možeš da povežeš s dosadašnjim znanjem o laboratoriji.
2. Razmisli i opiši kako bi izgledao jedan dan u tvom životu bez blagodeti koje su zasnovane na znanjima nastalim u laboratorijama. Započni s jutarnjom higijenom.
3. Kao što znaš, spoljašnji svijet opažamo svojim čulima. Poznato je da je zlato žuto, šećer sladak, so rastvorljiva u vodi. Kako smo došli do ovih zaključaka?

Laboratorije su hramovi budućnosti, blagostanja i sreće; u njima čovječanstvo postaje veće, jače i bolje.

Luj Paster

## 1.1. HEMIJSKA LABORATORIJA

Hemijska laboratorija je specijalno opremljena prostorija za izvođenje hemijskih postupaka. Hemijski postupci izvode se kroz raznovrsne **eksperimente – oglede** (slika 1.1).



Slika 1.1. Laboratorijski eksperiment

**Eksperiment (ogled)** jeste namjerno izazvana pojava radi istraživanja. Supstance se u hemiji najčešće proučavaju eksperimentalnim putem, pa se hemija smatra eksperimentalnom naukom.

**Alhemija** je učenje, ujedno i vještina koja se javlja kao faza u razvoju hemije radi pronalaska kamena mudrosti i eliksira života. Riječ potiče od arapskog „alhimia“, koje ima korijen u grčkoj riječi „hymeia“, što znači „mješavina“ (u smislu „vještina pretvaranja metala“).



Prema sadašnjim dokazima, najranija laboratorija jeste kućna laboratorija Pitagore Samoskog, poznatog grčkog filozofa i naučnika. Nastala je kada je Pitagora izvodio eksperiment s tonovima zvuka i vibracijom struna. Alhemija je grana filozofije iz koje se u 17. i 18. vijeku razvila moderna hemija i nauka o lijekovima. U davna vremena alhemija se smatrala kraljevskom vještinom. U naše vrijeme pobornike pseudonauka često nazivaju alhemičarima. Za alhemičare se danas misli da su čarobnjaci, zanesenjaci iz srednjeg vijeka kojima je cilj bio da naprave 'veliko djelo' (Magnum opus). Veliko djelo podrazumijeva da alhemičar stvori kamen mudrosti, čudesan eliksir koji liječi sve bolesti i čini nas besmrtnim, i kojim se bazični metali mogu pretvoriti u plemenite (najčešće olovo u zlato). Podzemna alhemijska laboratorija iz 16. vijeka slučajno je otkrivena 2002. godine. Vjeruje se da je njen vlasnik Rudolf II, car Svetog rimskog carstva. Ta laboratorija naziva se *Speculum Alchemiae*, i čuva se kao muzej u Pragu.

U hemijskim laboratorijama ugrađeni su pogodni radni stolovi s policama, vitrinama i kasetama za smještaj odgovarajućih **hemikalija**, **reagenasa**, aparata, hemijskog posuđa i pribora potrebnog za rad (slika 1.2).



Slika 1.2. Savremena laboratorija iz 21. vijeka



Slika 1.3. Radni sto u laboratoriji

**Hemikalija** je supstanca koja se proizvodi u hemijskoj industriji u obliku elemenata i jedinjenja, a služi za rad u hemijskoj laboratoriji i za mnoge druge namjene. Hemikalija koja se koristi za izvođenje oglada i analiza zove se **reagens**.

**Radni stolovi** obloženi su materijalom koji je otporan na dejstvo hemikalija, imaju glatku radnu površinu i na njima se izvode eksperimenti.

**Digestor** je poseban prostor koji mora imati svaka laboratorija; u njemu se radi s opasnim gasovima. To je laboratorijski ormar sa ventilacijom za izvođenje hemijskih oglada opasnih po zdravlje čovjeka.

U **radnim stolovima** (slika 1.3) na svakom radnom mjestu ugrađeni su dovodi električne struje, vode i gasa. Ventilacija (prirodna i vještačka) treba da obezbijedi potpuno uklanjanje štetnih gasova i para koje se stvaraju tokom hemijskih reakcija.

U laboratorijama u kojima se izvode eksperimenti prilikom kojih se oslobađaju zapaljivi, zagušljivi i otrovni gasovi i pare koristi se **digestor** („kapela“). Digestor sadrži jak ventilator koji usisava opasne gasove, te ih pomoću filtracionog i apsorpcionog sistema prečišćava. Osim ventilacionog sistema, digestori sadrže i električne, gasne i vodovodne instalacije. Prednja strana digestora je staklena kako bi se mogle pratiti hemijske reakcije (slika 1.4).



Slika 1.4. Digestor

Ostali potrebni uređaji i instrumenti koji se koriste (električni rešoi, sušnice, peći za žarenje, kupatila, centrifuge, električne mješalice, pH-metri, vage, konduktometri i dr.) treba da se rasporede na pristupačna mjesta, ali tako da ne ometaju normalno kretanje kroz laboratoriju (slika 1.5).

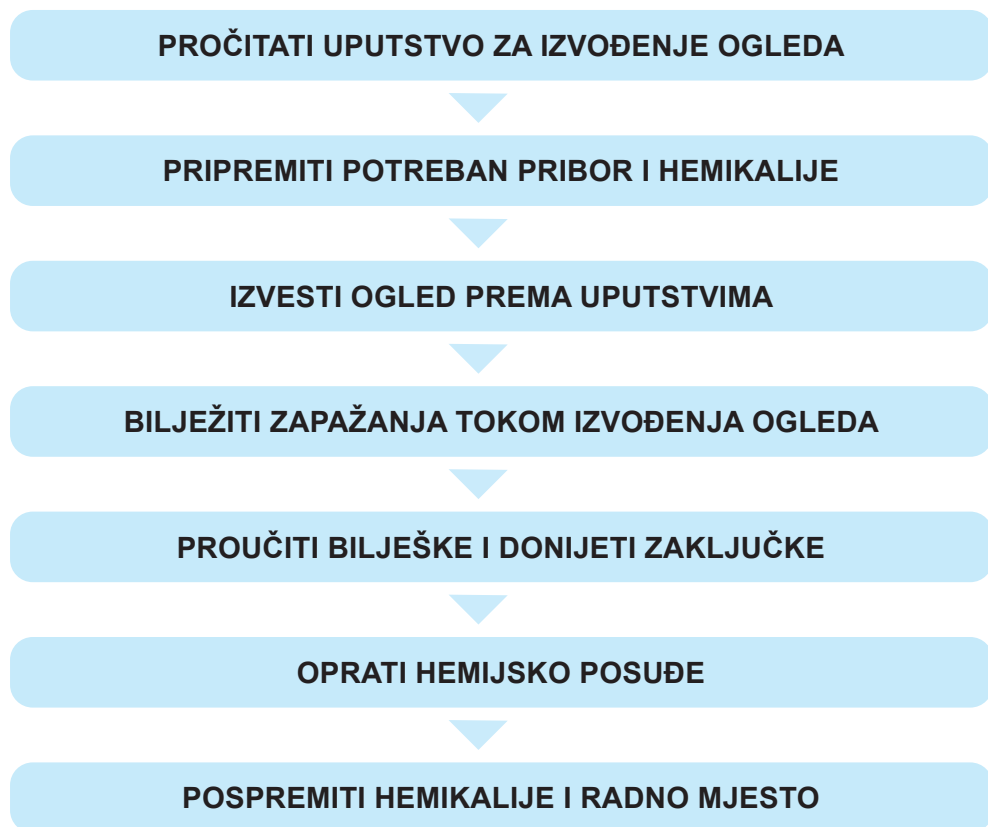


Slika 1.5. Električni uređaj u laboratoriji

Prema svojoj namjeni, načinu i vrsti rada, laboratorija može biti opremljena i specijalizovana za izvođenje određenih hemijskih operacija pojedinih grana savremene hemije, npr. za analitičku hemiju, neorgansku i organsku sintezu, instrumentalnu analizu, biohemiju, mikrobiološku analizu i dr.

Rad u laboratoriji treba organizovati tako da se postavljeni zadaci uspješno realizuju uz što manji utrošak materijala, vremena i truda. Pri izvođenju ogleada prema tačno propisanim uputstvima, treba se pridržavati sljedećeg redoslijeda izvođenja radnji (šema 1.1):

Šema 1.1. Redosljed radnji pri izvođenju ogleada



Zapažanja se tokom rada unose u **laboratorijski dnevnik**.

U dnevnik obavezno treba unijeti:

- naziv zadatka
- datum rada
- skicu pribora i aparature
- količine i naziv upotrijebljenih reagenasa
- kratak opis rada i jednačine hemijske reakcije
- zapažanja tokom rada, proračune i zaključke.

### Laboratorijski dnevnik

je posebna sveska u koju se poslije urađene vježbe (ogleda, analize) upisuju zapažanja, objašnjenja, zaključci i rezultati rada.

## 1.2. PRAVILA PONAŠANJA U LABORATORIJI

Pošto se u laboratoriji vrlo često radi s otrovnim, zapaljivim i eksplozivnim supstancama, staklenim posuđem i oštrim predmetima, postoji stalna opasnost od trovanja, požara i eksplozija, te raznih povreda. Priroda posla u hemijskim laboratorijama zahtijeva neposredan dodir s raznovrsnim supstancama u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju, te je uvijek potencijalna mogućnost direktnog izlaganja opasnosti – neposrednim kontaktom, oralno ili preko organa za disanje. Svaki postupak pri radu zahtijeva od svakog pojedinca potpunu angažovanost, ozbiljnost, sigurnost i spretnost pri izvođenju pojedinih operacija.

Hemijska laboratorija može da bude opasno mjesto naročito ako se u njoj radi nemarno i nepažljivo.

Pri radu u hemijskoj laboratoriji potrebno je pridržavati se sljedećih pravila:

- U laboratoriji treba da vlada disciplina.
- Nikada ne raditi ogleda za čija izvođenja nijesu data detaljna uputstva (slika 1.6).
- Nikad ne treba raditi sâm u laboratoriji.
- Nositi zaštitnu opremu: mantil – obavezno, rukavice i naočare – po potrebi (slika 1.7).



Slika 1.6.  
Obavezno pročitati uputstvo za rad u laboratoriji



Slika 1.7.  
Zaštitna oprema u laboratoriji

*Kod svakog posla gledaj što mu prethodi i što ga prati, i tek tada pristupaj poslu. Ako tako ne postupaš, isprva ćeš, istina rado, poslu prilaziti jer nijesi razmišljao što će doći, a kasnije, kad se pojave neprijatnosti, sramno ćeš se povući.*

Epiktet



Slika 1.8. Prva pomoć

- Duga kosa mora da bude povezana pozadi zbog opasnosti od mehaničkih povreda i plamena.
- U laboratoriji se ne jede, ne puši, niti je dozvoljeno da se voda pije iz laboratorijskih sudova.
- Prije početka izvođenja oglada upoznati sve mjere koje treba preduzeti u slučaju opasnosti koje mogu nastati u toku rada. Treba znati gdje se nalazi priručna apoteka (slika 1.8), aparat za gašenje požara i pijesak.
- Ako u uputstvu za rad nije naznačena potrebna količina supstance za izvođenje oglada, onda treba upotrijebiti vrlo male količine. Čvrste supstance uzimaju se suvom čistom špatulom ili plastičnom kašičicom specijalno namijenjenom za tu svrhu.



Slika 1.9. Rad u digestoru

- Treba poznavati toksičnost i zapaljivost materija s kojima se radi.
- S otrovnim i zapaljivim materijama obavezno raditi u digestoru (slika 1.9).
- Oglede s lako zapaljivim i eksplozivnim supstancama uvijek izvoditi dalje od plamena.
- Nikada ne pipetirati ustima lako isparljive i otrovne supstance, već koristiti propipete ili automatske pipete (slika 1.10).
- U epruvetu i druge sudove, reagense sipati pažljivo i polako kako ne bi došlo do njihovog prosipanja i prskanja (slika 1.11).
- Pri zagrijavanju sadržaja epruvete, njen otvor okrenuti na suprotnu stranu od bilo kog lica.
- Epruvetu na otvorenom plamenu zagrijavati ravnomjerno.
- Prilikom zagrijavanja, epruvetu držati drvenim ili metalnim štipaljka (slika 1.12).



Slika 1.10. Automatska pipeta



Slika 1.11. Rad sa hemikalijama



Slika 1.12. Pravilno držanje epruvete pri zagrijavanju

- Prilikom ispitivanja mirisa supstanci, ne nagnjati se nad posudu iz koje se oslobađaju pare ili gasovi, već ih pokretom ruke blago usmjeriti prema sebi (slika 1.13).
- Nikada ne miješati vrene rastvore kiselina i baza jer će pri tome doći do naglog ključanja i prskanja tečnosti usljed jakog zagrijavanja. Nikada ne sipati vodu u koncentrovanu kiselinu, već uz stalno miješanje kiselinu u vodu, polako, tankim mlazom, staklenim štapićem. Zapamtiti: **Voda u kiselinu (VUK) = opasnost!**
- Upaljene grijalice, električne uređaje, kao i eksperimente koji su u toku, nikad ne ostavljati bez kontrole.
- Pri sipanju kiselina, baza i ostalih reagenasa u slivnike česme, mora se najprije pustiti voda.
- Radni stolovi uvijek treba da budu čisti, bez hemikalija i aparata koji nije su u upotrebi.
- Nakon završenog rada, treba očistiti radni sto i laboratorijsku opremu kojom se radilo.
- Poslije svakog obavljenog posla dobro oprati ruke.
- Po završenom radu, prije napuštanja laboratorije, treba provjeriti da li su isključeni električni uređaji i dobro zatvorene česme, slavine gasnih grijalica i ventili vakuum-boca.

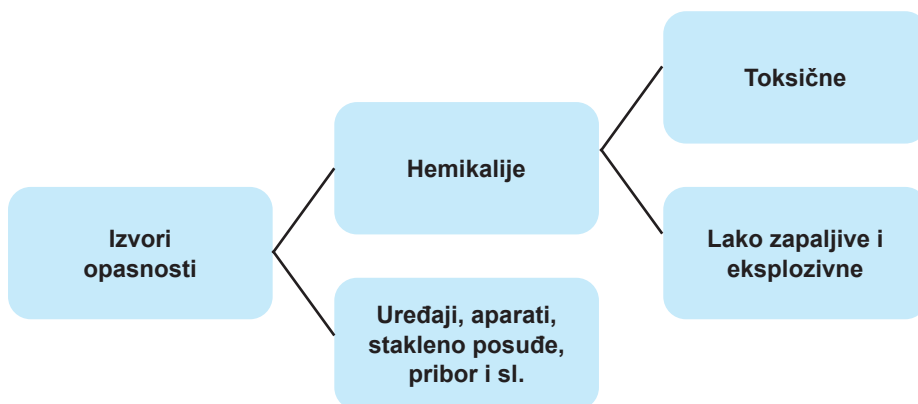


Slika 1.13. Pravilno ispitivanje mirisa hemikalija

## 1.3. IZVORI I UZROCI OPASNOSTI OD POVREDA

Hemijska laboratorija je veoma sigurno mjesto za rad ukoliko se poštuju sve mjere bezbjednosti i pravila kod laboratorijskog rada.

U hemijskoj laboratoriji izvori opasnosti (šema 1.2) su:



*Čovječiji rad se mora uvijek završiti neuspjehom, ako ne nosi pečat uma. Glava mora da planira sa pažnjom i mišlju, prije nego što ruka može da izvrši.*

Fridrih Šiler

Šema 1.2. Izvori opasnosti u hemijskoj laboratoriji



Pod uzrocima povreda podrazumijevaju se razlozi povređivanja, i oni se mogu podijeliti na:

1. subjektivne (unutrašnje, lične) faktore
2. objektivne faktore.

Ove dvije grupe faktora ne mogu se strogo odvojiti jer i za objektivne faktore odgovornost najčešće snosi čovjek. Uloga pojedinih faktora zavisi od vrste i opasnosti rada, radne okoline i svakog čovjeka posebno.

*Pripremiti se za neki posao, ne znači naučiti ga samo u tehničkom smislu. Posvećenost poslu dovodi do unutrašnjih promjena koje su neophodne za uspjeh.*

Marija Montessori

### 1.3.1. Subjektivni faktori

Razni slučajevi povreda i nezgoda na radu mogu se najvećim dijelom pripisati ličnim nedostacima i propustima čovjeka. Pod izrazom „neprilagođenost čovjeka radu“ podrazumijeva se neprilagođenost reakcije čovjeka na situaciju koja je nastala u datom momentu pri radu. U izazivanju nesreća na radu značajnu ulogu imaju sljedeće grupe subjektivnih faktora:

#### 1. Nedovoljna sposobnost za zvanje i vrstu posla

Ljudi koji se nijesu pravilno opredijeli za svoja zvanja imaju daleko više nezgoda na poslu. Nesposobnost za zvanje obično se ogleda u nizu nedostataka psihofizičkih funkcija, kao što su:

- psihomotorika (skup funkcija kojima se izražava spretnost, usaglašenost i brzina pokreta pojedinih dijelova tijela)
- čulni organi (u prvom redu organi vida i sluha)
- motivacija (ogleda se u zainteresovanosti radnika za svoj poziv, zanimanje ili posao).

#### 2. Opšte funkcionalne karakteristike nervnog sistema

**3. Nepovoljno psihofizičko stanje** (osobine ličnosti – karakter i temperament, depresivno stanje, umor, starost).



Slika 1.14. Subjektivni faktori

## 1.3.2. Objektivni faktori

Objektivni faktori koji dovode do opasnosti i povreda na radu nastaju i zavise od:

- uređaja i sredstava za rad (neispravne mašine i aparati, neispravan pribor za rad, otrovne i zapaljive materije, električna struja i dr.)
- radne sredine (loša organizacija rada, nered, neprilagođeno osvetljenje, loša ventilacija, buka, prašina, štetne materije i zračenje i sl.).

Objektivni faktori mogu se podijeliti u sljedeće grupe:

- opasnosti od električne energije
- opasnosti od požara
- opasnosti od mehaničkih povreda
- opasnosti od hemikalija
- fizičke opasnosti (buka, jonizujuće zračenje).



Hemijska katastrofa nastaje usljed ispuštanja jedne ili više opasnih materija koje mogu naštetiti zdravlju ljudi i životnoj sredini. Hemijske opasnosti su sistemi u kojima se pod određenim okolnostima mogu dogoditi hemijske nesreće. Takvi događaji uključuju požare, eksplozije, curenja ili ispuštanje otrovnih ili opasnih materija, što može izazvati bolest, povrede ili invalidnost ljudi. Iako se hemijske nesreće mogu dogoditi kad god se toksični materijali skladište, prevoze ili koriste, najteže su industrijske nesreće u velikim hemijskim pogonima za proizvodnju i skladištenje. Najveća hemijska nesreća zabilježena u istoriji bila je Bopalova tragedija gasa 1984. godine u Indiji, u kojoj je umrlo više od 3.000 ljudi nakon što je visokotoksična para (metil izocijanat) puštena iz fabrike *Union Carbide Pesticides*.

*Manje nas  
pogađa, ono  
što smo ranije  
predvidjeli.*

Dionizije Kato

## Opasnosti od električne energije i mjere zaštite



Svakog dana munje pogode Zemlju u prosjeku 1.728.000 puta. Iako broj zvuči kao nevjerovatan, ovaj prirodni fenomen bitan je za održavanje balansa između Zemlje i atmosfere. Od ovih udara, 10–20% zapali (uglavnom manju) vatru.

*Umjesto da  
se unaprijed  
brinemo, bolje  
je da unaprijed  
razmišljamo i  
planiramo.*

Vinston Čerčil

Koristeći električnu energiju za zagrijavanje ili pokretanje raznih mašina i aparata, čovjek može da dođe u situaciju da nastrada od opasnog dejstva električne energije.



Slika 1.15. Rad s električnim uređajima

Osnovne mjere zaštite od direktnog dodira s električnom energijom su:

- dobra izolacija provodnika
- dobra izolacija električnih uređaja.

Da bismo se u laboratoriji zaštitili od opasnog dejstva električne struje, treba:

- raditi isključivo sa ispravnim električnim aparatima (slika 1.15)
- električne aparate držati na suvoj podlozi, zaštitne od prskanja vode
- električne aparate nakon upotrebe isključiti
- svaku neispravnost na električnim aparatima odmah prijaviti, a ne pokušavati samostalno otkloniti kvar.

*Vatra je nepredvidljiva, baca iskre i ponekad opeče one u blizini.*

Igor Čerenšek

## Opasnosti od požara i mjere zaštite



Godine 1666. veliki požar u Londonu uništio je 80% grada, ali u isto vrijeme stao na kraj kugi od koje je prethodne godine umrlo više od 65.000 ljudi. U požaru su izgorjeli svi štakori i muve, koji su bili prenosnici bakterije.



Zemlja je jedina poznata planeta gdje vatra može da gori. Na ostalim planetama, jednostavno, nema dovoljno kiseonika. Što je više kiseonika, to je vatra toplija.

Uvijek treba znati tačno s kojom se hemikalijom radi i koje su opasnosti s njom povezane.

Požari izbijaju najčešće usljed nepažnje, nemarnosti ili neznanja, pa zato borba protiv požara, njegovo sprečavanje i zaštita treba da budu briga svakog čovjeka.

Do požara dolazi kada su istovremeno prisutni:

- zapaljiva supstanca
- kiseonik
- izvor paljenja.

Ova tri faktora čine tzv. trougao **gorenja** (slika 1.16. i 1.17).



Slika 1.16. Trougao gorenja



Slika 1.17. Gorenje u laboratoriji

**Gorenje** je hemijski proces spajanja neke supstance sa kiseonikom uz istovremeno razvijanje svjetlosti i toplote.

Požar u laboratoriji mogu da izazovu:

- lako isparljive i zapaljive tečnosti
- zapaljivi gasovi (kao što su butan-gas, acetilen i dr.) kada s vazduhom stvore zapaljivu smjesu
- supstance koje se pale u dodiru s vazduhom
- supstance koje lako otpuštaju kiseonik.

Požar najčešće izazivaju zapaljive tečnosti i gasovi, i zato se u radu treba pridržavati sljedećih pravila:

- sa zapaljivim supstancama raditi samo ako je obezbijedena dobra ventilacija prostorije i ako se u blizini ne nalazi neki izvor paljenja
- zapaljive tečnosti ne zagrijavati u otvorenim sudovima i s otvorenim plamenom, već u balonima s povratnim hladnjakom na vodenom kupatilu
- zapaljive rastvarače udaljavati destilacijom, a ne isparavanjem.

Za gašenje požara u laboratoriji treba imati:

- sanduk pijeska s lopatom
- nekoliko kilograma natrijum-hidrogenkarbonata
- azbestno čebe i rukavice
- ručni aparat za gašenje požara.

## Gašenje požara



Drevni Grci palili su vatru koncentrisanom Sunčevom svjetlošću. Parabolična ogledala koja fokusiraju Sunčeve zrake još uvijek se koriste za paljenje olimpijske baklje.

*Pokušamo li utišati vatru, mogla bi se ugaziti, ali i rasplamsati.*

Narodna izreka

Pri gašenju požara nastoji se ukloniti jedan od ova tri elementa iz trougla gašenja. Za uspješno gašenje požara odlučujući su prvi momenti nakon njegove pojave. Kao najčešće sredstvo za gašenje požara koriste se: pijesak, pjena, prah, ugljenik(IV)-oksid i halogeni derivati ugljovodika (haloni).

Postoji više vrsta vatrogasnih aparata (aparat za gašenje požara ugljenik(IV)-oksidom; aparat za gašenje požara prahom). Za gašenje početnih požara najpodesniji su prenosni aparati (slika 1.18).

U slučaju požara, aparat donijeti u neposrednu blizinu požara i osloboditi mlaznicu koja je pričvršćena za tijelo aparata. Lijevo rukom otkinuti plombu na ručici za aktiviranje, a mlaz usmjeriti u



Slika 1.18. Aparat za gašenje požara prahom

pravcu požara. Poslije aktiviranja aparata, ugljenik(IV)-oksid iz boce ulazi u tijelo aparata i potiskuje prah koji se nalazi u tijelu aparata. Tako prah izlazi iz aparata u vidu mlaza.

## Opasnosti od mehaničkih povreda i mjere zaštite

Industrijska proizvodnja ne može da se zamisli bez upotrebe raznovrsnih alata, mašina i uređaja, raznih oblika energije i materijala. Međutim, primjena proizvodnih sredstava može uzrokovati opasnosti i štetnosti koje nepovoljno djeluju na čovjekov organizam.

Da bi se ovakve pojave spriječile i otklonile, neophodno je da se mašine i uređaji za rad povremeno pregledaju i da se blagovremeno obezbijede odgovarajuća zaštitna sredstva za one uređaje i mašine koje mogu da izazovu povredu na radu.

Najveći dio poslova u laboratoriji vezan je za upotrebu aparata, posuda i pribora od stakla (slika 1.19). Pri nepravilnom radu staklo može da pukne i da dovede do povreda.



Slika 1.19. Stakleno posuđe

Da ne bi došlo do loma stakla, a time i neželjenih posljedica, treba uvijek imati u vidu da je staklo krhki materijal, neotporan na udare i na savijanje. Zbog toga:

- staklene cijevi treba rezati i savijati pažljivo i sa zaštitnim naočarima na očima
- prije sklapanja aparature pažljivo spajati staklene djelove i paziti da metal ne dođe u dodir sa staklom
- staklenu cijev na koju se navlači čep uhvatiti blizu čepa, a ruku zaštititi krpom ili radnim mantilom

- pri zagrijavanju, staklene sudove sa spoljne strane osušiti (otvorenim plamenom zagrijavati samo posude s okruglim dnom, a one s ravnim dnom – preko azbestne mrežice)
- ako se staklo slomi, komade razbijenog stakla sakupljati četkom, a ne golim rukama
- staklene posude i pribore prenositi s obje ruke.

## Opasnosti od hemikalija i mjere zaštite



Do hemijskih nesreća dolazi istakanjem zapaljivih i otrovnih tečnosti ili gasova usljed nesreća u tehnološkim procesima u industriji, saobraćajnih nesreća s vozilima koja prevoze opasne hemikalije i sl.

Sve hemikalije (slika 1.20) u određenom su stepenu toksične, i zato se ne smije dozvoliti njihovo unošenje u ljudski organizam. Toksične materije mogu se unijeti preko:

- organa za disanje
- kože
- organa za varenje (usta).



Slika 1.20. Hemikalije

Najveća količina toksičnih materija unosi se u organizam udisanjem gasova, para, **aerosola**.

Posebnu opasnost predstavlja duže udisanje malih koncentracija toksičnih supstanci, što dovodi do hroničnog trovanja organizma. Najbolja zaštita od udisanja toksičnih materija jeste da se sa gasovitim i lako isparljivim toksičnim materijama radi u digestoru s uključenom ventilacijom. Međutim, najveću opasnost predstavljaju toksične supstance koje ne mirišu i čovjek nije svjestan da je izložen trovanju, te ne primjenjuje odgovarajuće mjere zaštite.

Toksične materije mogu da se unesu u organizam i preko kože, ako je ona ogrebana ili posječena. Međutim, neke materije lako prodiru u organizam i kroz zdravu kožu. Toksične materije unijete u organizam preko kože, brzo dospjevaju do krvi i izazivaju trovanje ili se deponuju u organizmu.

Prilikom pipetiranja može doći do gutanja hemikalija, te se zbog toga pipetiranju mora posvetiti posebna pažnja. Otrovnne supstance ne smiju se pipetirati ustima, već propipetama odnosno automatskim pipetama.

**Aerosoli** su čvrste čestice ili male tečne kapi nastale iz dima, prašine, letećeg pepela i kondenzovanih gasovitih supstanci koje mogu da se nađu u atmosferskom vazduhu.

Prepoznajte  
veliko dok je još  
malo.

Sun Cu

## Fizičke opasnosti (buka, jonizujuće zračenje) i mjere zaštite

Buka je nepoželjan zvuk koji ometa rad ili odmor, a može imati negativne posljedice na ljudsko zdravlje. Predstavlja neprijatan i nepoželjan zvuk, koji se jačinom izdvaja od ostalih. Zagađenje bukom podrazumijeva pretjeranu količinu buke u životnoj i radnoj sredini. Jedinica za izražavanje intenziteta/jačine buke jeste B (bel), ali se uglavnom koristi dB (decibel).

Dozvoljen nivo buke u životnoj i radnoj sredini regulisan je odgovarajućim propisima iz ove oblasti (zaštita životne sredine).

Prekomjerno izlaganje buci može da dovede do privremenog i trajnog poremećaja praga čujnosti, ali i do brojnih psihičkih i fizičkih problema, kao što su poremećaj sna, mučnina, bol u glavi, nervoza, pad koncentracije. Treba uvijek imati u vidu da buka može da ošteti sluh prije nego nešto primijetimo.

Najbolja zaštita od buke se postiže preduzimanjem odgovarajućih aktivnosti na samom izvoru buke. Smanjenje nivoa buke kojoj je radnik izložen može se postići izborom mašina koja pri radu stvaraju niži nivo buke, zvučnom izolacijom mašine, njenim premještanjem ili izmještanjem radnika u prostor s nižim nivoom buke. Ako nijedna od ovih metoda ne da zadovoljavajuće rezultate, tada radnicima treba staviti na raspolaganje opremu za ličnu zaštitu sluha (čepovi, slušalice) i kroz organizacione mjere smanjiti vrijeme izlaganja radnika buci.

Jonizujuće zračenje (slika 1.21) jeste elektromagnetno ili čestično zračenje koje može da jonizuje materiju i izazove oštećenje ćelija živih organizama. Tako nastali joni narušavaju biohemijske procese u ćelijama, što može dovesti do raznih poremećaja u njihovom funkcionisanju i dijeljenju (razmnožavanju).



Slika 1.21. Znak za opasnost od radioaktivnosti



Jedan sat leta u avionu, gde je intenzitet kosmičkog zračenja mnogo veći usljed zračenja atmosfere, putnika ozrači približno četiri puta više nego cijela nuklearna industrija za godinu dana.



Prema tvrdnjama naučnika, vjerovatnoća umiranja zbog isticanja radioaktivnosti iz nuklearne elektrane jednaka je vjerovatnoći smrti zbog pada meteora.

Rad s jonizujućim izvorima zračenja podrazumijeva posjedovanje neophodne opreme za rad, za mjerenje, skladištenje, transport, opet u zavisnosti od vrste i primjene izvora zračenja.

## 1.4. VRSTE POVREDA I PRUŽANJE PRVE POMOĆI U LABORATORIJI

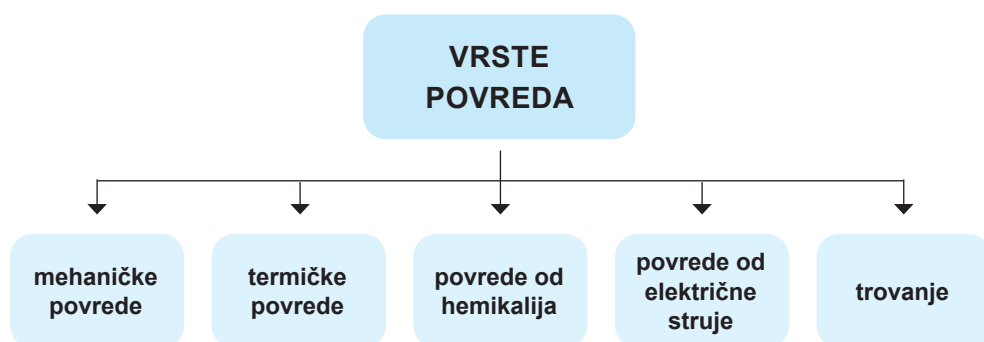
*Bolje je spriječiti nego liječiti.*

Narodna izreka

Svi eksperimenti u laboratoriji mogu da se izvedu bez štetnosti i opasnosti po zdravlje ako se rade prema datom uputstvu. Ipak, u laboratoriji se ponekad dešavaju i nezgode.

Osnovno pravilo pri svakoj nezgodi jeste: ostati priseban i mirno ukloniti uzrok nezgode. Manje povrede mogu se sanirati lično, ili uz pomoć druga/kolege i laboratorijskog osoblja, dok u ostalim slučajevima treba tražiti ljebarsku pomoć.

Sve povrede koje se dešavaju u hemijskoj laboratoriji mogu se svrstati u nekoliko grupa (šema 1.3a):



Šema 1.3.a. Vrste povreda

### 1.4.1. Mehaničke povrede

*I plitku rijeku prelazi oprezno.*

Korejska izreka

Povrede ove vrste najčešće mogu nastati pri rukovanju staklenim predmetima, sudovima koji se prenose ili tupim udarima. Najčešće se manifestuju u obliku posjekotina praćenih spoljašnjim krvarenjem.

Kapilarno krvarenje prestaje obično samo po sebi ili se zaustavlja vještačkim putem – lokalnom kompresijom ili sredstvima za koagulaciju krvi. Kod povreda gdje nema jačeg krvarenja mjesto u blizini rane (a ako je ozljeda mala, i samu ranu) treba odmah ispirati alkoholom ili jednom tinkturom.

Strana tijela (komadiće stakla, drveta, pijeska i dr.), ako se vide u rani, izvaditi oprezno sterilnom (iskuvanom) pincetom. Ranu ponovo premazati jednom tinkturom ili alkoholom i posuti sulfamidnim praškom, ili tretirati neko vrijeme vatom natopljenom rastvorom feri-hlorida (jer zgrušava krv i tako zaustavlja krvarenje). Na kraju, ranu treba pokriti sterilnom gazom i previti zavojem stežući toliko da prestane krvarenje ali da je ipak omogućena venska i arterijska cirkulacija krvi.





Slika 1.22. Pružanje prve pomoći u slučaju mehaničkih povreda

U slučaju jakog venskog ili arterijskog krvarenja posjekotinu ne treba ispirati, već krvarenje treba što prije zaustaviti lokalnom kompresijom: prstima (digitalna kompresija), kompresivnim zavojem, maramom, gumenim crijevom, a kod jakih ozljeda arterija Esmarhovom (J. F. A. von Esmarch, 1823–1908) platnenom ili gumenom poveskom.

Ako je u toku rada došlo do povrede vena, što se može poznati po ravnomjernom krvarenju posjekotine, pri čemu je krv tamnocrvene boje, na ranu treba staviti komad složene sterilne gaze i čvrsto povezati zavojem.

Pri pružanju prve pomoći treba raditi sa što je moguće sterilnijim predmetima i odmah nakon pružanja prve pomoći odvesti povrijeđenog ljekaru (slika 1.22).

*Zdravlje je  
naše najveće  
bogatstvo.*

Ciceron

## 1.4.2. Termičke povrede (opekotine)

Povrede ove vrste u hemijskim laboratorijama najčešće prouzrokuju: vatra, vruća voda, vrelo ulje, ključali rastvori, zagrijano staklo i drugi vrući predmeti.



Opekotina je jedna od najčešćih traumatskih povreda u svijetu. Gotovo da nema osobe koja se kao dijete, ali i kasnije, nije opekla na vrelu ringlu šporeta, prosula po sebi vrelo mlijeko ili kafu i zadobila opekotine.



U Rusiji su tokom 1997. godine opekotine evidentirane kod 507.600 ljudi.

Od opekotina najviše stradaju djeca i stariji ljudi. Oko 20% opekotina javlja se kod djece mlađe od pet godina, a većina nastaje prolivanjem vrele tečnosti.

Okolo 60% opekotina javlja se kod osoba između 18 i 64 godina starosti, a od tog broja oko 10% opekotina javlja se u starijih odraslih osoba, uglavnom vrelom hranom ili vrelom tečnošću.

Veliki broj opekotina nastaje na radu.

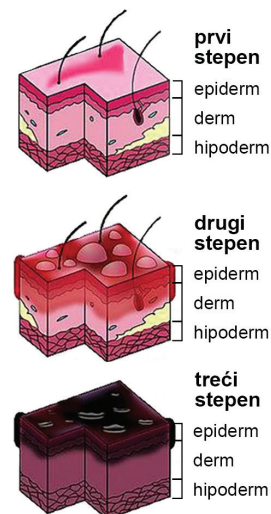
Ako u laboratoriji izbije požar, treba odmah ugasiti sve plamenike i po mogućnosti ukloniti sve zapaljive materije. Mali požari mogu se ugasiti vlažnim krpama ili zasipanjem pijeskom. Voda nije pogodna za gašenje požara. Veliki požari gase se aparatima za gašenje požara. Ako vatra zahvati odjeću, takvu osobu treba uviti u azbestno čebe ili debeo kaput i ne treba joj dozvoliti da trči jer se tako vatra raspiruje.

Prema stepenu oštećenog tkiva opekotine mogu biti (slika 1.23):

- I stepena (pojava jakog crvenila kože)
- II stepena (crvenilo kože s pojavom plikova)
- III stepena (pojava rana)
- IV stepena (sa ugljenisanom ranom)

Ako se pri povredi na mjestu opekotine zalijepe djelovi odjeće, ne treba nastojati da se skinu s opečene površine, već ih treba oprezno odrezati oko opečenog mjesta. Opekotine se zatim liječe tretiranjem povrijeđenog tkiva **burovom** vodom ili ispiranjem alkoholom. Tretiranjem rane s obilnom količinom etanola vrši se ekstrakcija toksičnih supstanci nastalih povredom tkiva na visokoj temperaturi. Poslije toga opekotina se blago premaže vazelinom, lanenim ili maslinovim uljem (može i običnom mašću) ili nekim drugim antiseptičkim sredstvom i previje sterilnom gazom. Jaki bolovi mogu se ublažiti stavljanjem leda na opečeno mjesto, 3% rastvora baznog aluminijum-acetata ili gaze natopljene 2% rastvorom nekog anestetika. Stvaranje plikova (mjehura) može se ublažiti, a ponekad i potpuno spriječiti, stavljanjem na ranu gaze natopljene natrijum-hloridom, natrijum-bikarbonatom ili živim krečom.

Kod opekotina III i IV stepena (nekroze i ugljenisanja) odmah treba zatražiti ljeckarsku pomoć.



Slika 1.23. Termičke povrede

**Burova voda** je vodeni rastvor (8%) baznog aluminijum-acetata. Upotrebljava se za obloge ili za ispiranje opekotina.

### 1.4.3. Povrede izazvane hemikalijama

Povrede ove vrste najčešće se dešavaju pri eksperimentalnom radu, i mogu se prema lokalitetu svrstati u povrede kože i povrede oka.

**1. Povrede koncentrovanim kiselinama** –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ . Povrijeđeno tkivo odmah isprati sa što više hladne vode, zatim ga natapati neko vrijeme zasićenim rastvorom  $\text{NaHCO}_3$  pomoću vate ili meke flanelske krpe (još bolje držati povrijeđeno mjesto potopljeno u rastvoru), a potom ga isprati alkoholom, alkoholnim rastvorom tanina ili 3% rastvorom  $\text{KMnO}_4$ . U slučaju povrede koncentrovanom  $\text{HNO}_3$ , rastvor  $\text{NaHCO}_3$  može se zamijeniti zasićenim rastvorom pikrinske kiseline. Najzad, povrijeđeno mjesto treba blago premazati lanenim uljem ili nekom mašću za opekotine. Povrede od oleuma treba najprije dobro obrisati, a zatim isprati prvo vodom pa sodom. Povrede od  $\text{HF}$  vrlo su opasne i znatno se šire zbog lakog difundovanja fluoridnog jona kroz opne organskog tkiva. Njih treba dobro isprati jakim mlazom vode, a zatim ih namazati pastom od glicerina i  $\text{MgO}$ .

**2. Povrede koncentrovanim bazama** –  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ . Tretirati povrijeđeno tkivo na sličan način kao i pri ozljedi koncentrovanim kiselinama, s tom razlikom što se umjesto  $\text{NaHCO}_3$  uzima razblaženi rastvor sirćetne kiseline (5%), zasićeni rastvor borne kiseline ili limunov sok.

Pri oštećenju čula vida kiselinama ili bazama, oči se ispiraju velikom količinom

*Zdravlje nije sve,  
ali bez zdravlja  
sve je ništa.*

Artur Šopenhauer



vode a zatim 3% rastvorom  $\text{NaHCO}_3$ , odnosno 3% rastvorom  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – ukapavanjem rastvora pomoću male pipete u otvoreno oko ili, još bolje, pomoću specijalne porcelanske šoljice za oči, pri čemu se glava podigne nagore a oči otvore. Po ispiranju oka treba staviti kap sterilnog maslinovog ulja. Na 100 g maslinovog ulja stavi se 1–2 grama etil-*p*-aminobenzoata i smješa zagrijava nekoliko minuta na 110 °C (slika 1.24).

Slika 1.24. Rastvor za ispiranje očiju nakon povrede

Zdrav čovjek  
ima hiljadu želja.  
Bolestan samo  
jednu.

Anton Pavlovič  
Čehov

## 1.4.4. Povrede od električnog udara

Kod povreda ove vrste najčešće dolazi do zastoja rada organa za disanje, srca, kolapsa (nagla malaksalost) i ukočenosti. Prilikom pružanja prve pomoći treba prvo isključiti struju i osloboditi povrijeđenog od kontakta s njom. Pri tome treba preduzeti sve mjere predostrožnosti: izolovati se stajanjem na debeloj suvoj izolacionoj ploči (dasci) i raditi s gumenim, vunenim ili kožnim rukavicama. Ako je potrebno, odmah primijeniti vještačko disanje. Poslije toga povrijeđenog treba dobro utopli (uviti ga u neku toplu prostirku) i povremeno ga napajati s mnogo slane vode (kašičica soli na litar vode), čajem, voćnim sokovima ili mineralnom vodom. U svakom slučaju pozvati ljekara.

## 1.4.5. Trovanje

Trovanje tečnim i čvrstim supstancama lako se može izbjeći ako se radno mjesto drži čisto, a ruke peru ili pak radi s rukavicama. Mogućnost trovanja gasovima svodi se na minimum ako se prostorije dobro provjetravaju i ogledi se izvode u digestoru ili, ako je moguće, napolju. Ako dođe do trovanja potrebno je:

- povrijeđenog odmah prenijeti sa zatrovanog mjesta na svjež vazduh ili u sviježlu toplu prostoriju
- pozvati ljekara
- odijelo koje steže ili na bilo koji način smeta povrijeđenom treba skinuti ili raskopčati
- primijeniti vještačko disanje samo ako je potrebno
- ako je poznat otrov kojim je izazvano trovanje, treba pristupiti liječenju (vidjeti prilog 1)



7. bočice sa:
- 10% rastvorom  $\text{FeCl}_3$
  - 3% rastvorom  $\text{NaHCO}_3$
  - 3% rastvorom  $\text{H}_3\text{BO}_3$
  - 2% rastvorom  $\text{CuSO}_4$
  - 2% rastvorom  $\text{KMnO}_4$
  - zasićenim rastvorom  $\text{NaHCO}_3$  (koeficijent rastvorljivosti: 9,6 g  $\text{NaHCO}_3$  na 20 °C u 100 g vode)
  - zasićenim rastvorom  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (koeficijent rastvorljivosti: 5,0 g  $\text{H}_3\text{BO}_3$  na 20 °C u 100 g vode)
  - zasićenim rastvorom pikrinske kiseline i glicerinom
8. malu pipetu i dvije posudice za ispiranje oka
9. sredstva za povraćanje:
- slana voda (2 kašičice soli na 0,5 l vode) ili
  - 2,5 mg kalijum-antimonil-tartarata u 100 ml vode.

*Rad bez sigurnosti je slijepa ulica za posao.*

Narodna izreka

## 1.5. ZAŠTITNA SREDSTVA I OPREMA (HTZ OPREMA)

Radi zaštite organizma i dijelova tijela, licima koja su za vrijeme rada izložena određenim vrstama opasnosti i štetnosti stavljaju se na raspolaganje sredstva lične zaštite (lična zaštitna oprema) ako se dejstvo opasnosti i štetnosti ne može otkloniti drugim mjerama zaštite na radu. Sredstva i oprema za ličnu zaštitu na radu jesu sva sredstva i oprema koje zaposleni nosi, drži ili na bilo koji drugi način koristi na radu, sa ciljem da ga zaštiti od jedne ili više istovremeno nastalih opasnosti ili štetnosti, tj. da otkloni ili smanji rizik od nastanka povreda i oštećenja zdravlja.

*Čizma glavu čuva, šubara je krasí.*

Narodna izreka

### 1.5.1. Zaštitna sredstva i oprema u pogonima hemijske industrije (higijensko-tehnička zaštita)

Izvori opasnosti i štetnosti u pogonima hemijske industrije su različiti. Oni se mogu grupisati po mjestu i prirodi svog nastajanja, kao i načina djelovanja na čovjeka. U izvore opasnosti i štetnosti spadaju: pokretni dijelovi mašina i uređaja, industrijski otpad, nagrizajuće tečnosti, električna struja, različita zračenja, industrijska buka i vibracija, toplotni faktori i dr. U zavisnosti od toga koje organe ili djelove tijela štite,

lična zaštitna sredstva mogu se svrstati u sredstva za zaštitu glave, zaštitu očiju i lica, zaštitu sluha, zaštitu organa za disanje, zaštitu tijela i zaštitu nogu (slika 1.26).



Slika 1.26. Zaštitna sredstva u fabrici

**1. Sredstva i oprema za zaštitu glave.** Za zaštitu glave od pada predmeta ili udara pri vršenju različitih radova, radi zaštite glave od udara o svod (strop) i druge predmete u podzemnim prostorijama i sl., kao i radi zaštite glave od udara električne struje pri slučajnom dodiru s električnim vodom – daje se na korišćenje zaštitni šljem (slika 1.27).



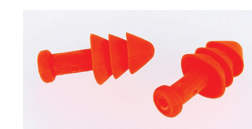
Slika 1.27. Zaštitni šljem

**2. Sredstva i oprema za zaštitu očiju i lica.** Radi zaštite očiju i lica pri ručnim i mašinskim radovima, za zaštitu od jake svjetlosti, letećih varnica, toplotnog i ultraljubičastog zračenja, za zaštitu pri zavarivanju ili zaštitu od dejstva hemijskih supstanci koristiti zaštitne naočare, naočare za zavarivanje, štitnike za oči. Devet od deset slučajeva povreda očiju na radu može se izbjeći pravilnim korišćenjem zaštitne opreme za oči i lice (slika 1.28).



Slika 1.28. Zaštitne naočare

**3. Sredstva i oprema za zaštitu sluha.** Radi zaštite čula sluha od prekomjerne buke na radu, tj. na radnim mjestima na kojima se buka ne može tehničkim sredstvima sniziti ispod dozvoljene granice propisane važećim propisima – licima koja su za vrijeme rada izložena buci daju se na korišćenje odgovarajuća sredstva odnosno oprema. Za zaštitu sluha koriste se različiti tipovi čepova, slušalica i antifona (slike 1.29 i 1.30). Oprema za zaštitu sluha treba da bude dostupna radnicima i da bude u skladu s potrebama određenog radnog okruženja.



Slika 1.29. Čepovi za uši

**4. Sredstva i oprema za zaštitu organa za disanje.** Respiratori za zaštitu organa za disanje namijenjeni su ličnoj zaštiti protiv rizika udisanja opasnih supstanci koje se nalaze u radnoj atmosferi u obliku prašine ili aerosola ili u obliku pare i gasova (slika 1.31).



Slika 1.30. Slušalice za uši



Slika 1.31. Maska za zaštitu organa za disanje



Slika 1.32. Rukavice



Slika 1.33. Zaštitne cipele



Slika 1.34. Zaštitne čizme

**5. Sredstva i oprema za zaštitu ruku.** Ruke su jako bitan dio tijela pri obavljanju posla, i stalno su izložene mehaničkim opasnostima, vatri, vodi, hladnoći, posjekotinama i dr. Rukavice su izuzetno važan dio ličnih zaštitnih sredstava budući da povrede ruku predstavljaju oko 60% svih povreda na radu. Zbog toga je važno izabrati odgovarajući tip zaštite za posao koji se obavlja.

Lična zaštitna sredstva štite ruke od mehaničkih, termičkih, hemijskih i drugih opasnosti. Postoji više različitih tipova zaštitnih rukavica (slika 1.32). Tehnološka rješenja omogućavaju izradu rukavica različitog kvaliteta koji se ogleda u obliku, boji, materijalu, fizičko-mehaničkim i ostalim svojstvima. Rukavice se izrađuju u više veličina. U zavisnosti od njihove primjene, izrađuju se u više debljina: najtanje se koriste u laboratorijske i medicinske svrhe, a najdeblje za zaštitu od hladnoće.

**6. Sredstva i oprema za zaštitu tijela.** Štite tijelo od raznih vrsta opasnosti, kao što su opasnosti od zahvatanja pokretnim djelovima mašina, opasnosti od djelovanja nagrizaćućih supstanci, vlage, visokih temperatura, hladnoće, padova i dr. Izrađuju se u raznim oblicima, dimenzijama i od različitih vrsta materijala u zavisnosti od namjene. Za zaštitu tijela koriste se različiti oblici kecelja, mantila, kombinezona i dr.

**7. Sredstva i oprema za zaštitu nogu.** Štite noge od mehaničkih opasnosti koje su najčešće, a među njima treba posebno pomenuti povrede usljed pada teških predmeta na prste nogu i povrede od uboda oštrim predmetima. Najčešće se izrađuju kao zaštitne cipele i zaštitne čizme u koje su ugrađene čelične zaštitne kapiće i čelični međudonovi (slika 1.33 i 1.34).



Slika 1.35. Zaštita sredstva u laboratoriji (zaštiti kombinezon, rukavice, maska, naočare)

## 1.5.2. Zaštitna sredstva i oprema u hemijskoj laboratoriji

Za svaki rad u hemijskoj laboratoriji zahtijeva se upotreba zaštitnih sredstava (slika 1.35):

1. zaštitnog odijela – laboratorijskog mantila (slika 1.36a)
2. zaštitne maske s dovodom čistog vazduha ili hemijskim filterima pri radu s otrovnim gasovima i parama
3. zaštitnih gumenih rukavica pri radu sa supstancama koje nagrizaју ili prodiru u kožu, kao i pri radu s otrovnim i lako zapaljivim supstancama (slika 1.36b)
4. zaštitnih naočara s jakim staklima (slika 1.36c):
  - pri operacijama kod kojih može doći do prskanja nagrizaćućih supstanci (miješanje kiselina i baza, sitnjenje čvrstih baza, topljenje u otvorenoj posudi)
  - pri radu s alkalnim metalima i pri radu s eksplozivnim supstancama

- kod svih radova u vakuumu (pri destilaciji pod sniženim pritiskom)
- kod svih radova pod povišenim pritiskom (pri reakcijama u autoklavima, pri radu s gasovima pod povišenim pritiskom).



(a)



(b)



(c)

Slika 1.36.

- (a) Zaštitni mantil  
(b) Zaštitne rukavice  
(c) Zaštitne naočare



## 1.6. DEMONSTRACIJA UPOTREBE ZAŠTITNIH SREDSTAVA I OPREME KOJA SE KORISTI U HEMIJSKOJ LABORATORIJI

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih ogleda u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s organizacijom rada u laboratoriji; uvježbaćete pravilan način rada u hemijskoj laboratoriji; dobićete instrukcije u cilju sprečavanja povreda na radu; demonstriraće vam se upotreba zaštitnih sredstava u laboratoriji; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 1: Djelovanje koncentrovane sulfatne kiseline na šećer**

**Pribor i hemikalije:** čaša od 100 cm<sup>3</sup>, stakleni štapić, šećer, koncentrovana sulfatna kiselina H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, destilovana voda.

*Vještina eksperimentisanja nije dar prirode, ona se izrađuje vježbanjem.*

Džon Tindal



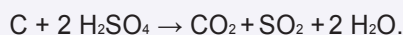
**Opasnosti i mjere zaštite:** Sulfatna kiselina je jako nagrizajuća supstanca. Obavezno koristiti zaštitne rukavice i naočare. Boca sa zasićenom rastvorom natrijum-hidrogenkarbonata (sode bikarbone) neka bude pri ruci.

**Postupak:** U čašu staviti 2 kašičice šećera, zatim ga nakvasiti s malo destilovane vode. Dodati 10–20 cm<sup>3</sup> koncentrovane sulfatne kiseline, promiješati staklenim štapićem i posmatrati promjenu boje šećera. Smješa poćrni i počne rasti uz oslobađanje gasa karakterističnog mirisa.

**Objašnjenje:** Reakcija koja se dogodila opisana je sljedećom jednačinom:



Sulfatna kiselina je jako dehidrataciono sredstvo, tako da može izdvojiti vodu iz šećera iako šećer ne sadrži slobodne molekule vode. Smješa poćrni od izdvojenog ugljenika. Kako se pri povišenoj temperaturi dio šećera karamelizuje, a voda djelimično isparava, smješa može nabubriti. Često se može osjetiti i miris gasa SO<sub>2</sub>. To je zato što koncentrovana vruća sulfatna kiselina **oksiduje** izdvojeni ugljenik, a sama se **redukuje**:



Nastali gasovi doprinose daljem povećanju zapremine smješe.

Koncentrovana sulfatna kiselina slično djeluje i na druge organske supstance, kao što su papir, drvo, koža itd.

**Neutralizacija otpada:** Čašu s dobijenom smješom potopiti u veću posudu s vodom. Ne prosipati kiselinu u kanalizaciju.

## **PRAKTIČNI ZADATAK 2: Razblaživanje koncentrovane sulfatne kiseline**

**Pribor i hemikalije:** čaša od 200 cm<sup>3</sup>, stakleni štapić, koncentrovana sulfatna kiselina H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, destilovana voda.

**Opasnosti i mjere zaštite:** Rad s kiselinom (VUK!!). Sulfatna kiselina je jako nagrizajuća supstanca. Obavezno koristiti zaštitne rukavice i naočare. Boca sa zasićenim rastvorom natrijum-hidrogenkarbonata (sode bikarbone) neka bude pri ruci.

**Postupak:** U visoku čašu od 200 cm<sup>3</sup> usuti 40 cm<sup>3</sup> vode. Izmjeriti temperaturu vode i upisati u tabelu. U menzuru usuti 10 cm<sup>3</sup> koncentrovane sulfatne kiseline. Uz stakleni štapić lagano usipati **KISELINU U VODU** po 2 cm<sup>3</sup>. Nakon svakog dodavanja kiseline izmjeriti temperaturu rastvora i zabilježiti u tabelu.

### **Redukcija**

je proces primanja elektrona pri čemu dolazi do smanjenja oksidacionog broja.

### **Oksidacija**

je proces otpuštanja elektrona pri čemu dolazi do povećanja oksidacionog broja.

Tabela 1.1. Razblaživanje rastvora sulfatne kiseline

Zapremina vode (cm <sup>3</sup> )	Zapremina dodate kiseline (cm <sup>3</sup> )	Temperatura rastvora (°C)
40	0	
40	2	
40	4	
40	6	
40	8	
40	10	

Rezultate prikazati grafički. Na apscisu (*x*-osu) označiti cm<sup>3</sup> dodate kiseline, a na ordinatu (*y*-osu) temperaturu.

**Napomena:** Razblaženu kiselinu ne prosipati u slivnik, nego je sačuvati za druge eksperimente.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3: Djelovanje natrijum-hidroksida na bjelance jajeta**

**Pribor i hemikalije:** epruveta, plamenik, drvena štipaljka, destilovana voda, natrijum-hidroksid (NaOH), komadić kuvanog bjelanca jajeta.

**Opasnosti i mjere zaštite:** Rad s jakom bazom. Obavezna upotreba zaštitnih rukavica i naočara. Boca s rastvorom sirćetne kiseline neka bude pri ruci.

**Postupak:** Staviti u epruvetu malo čvrstog NaOH – nekoliko granula i dodati nekoliko kapi destilovane vode da se sav natrijum-hidroksid otopi. U rastvor staviti komadić bjelanca, zagrijavati pažljivo iznad plamenika i pratiti promjene. Nakon nekog vremena pokušati ustanoviti karakteristični miris amonijaka.

**Objašnjenje:** Bjelance sadrži proteine, koji su izgrađeni od aminokiselina koje u svom sastavu sadrže azot. Jaka baza NaOH razara molekule proteina na male molekule, a pri povišenoj temperaturi razvija se i amonijak, NH<sub>3</sub>. Amonijak se može dokazati i tako što će se na vrh epruvete u kojoj se stvara amonijak staviti papir nakvašen indikatorom fenolftaleinom. Ukoliko je prisutan amonijak, papir poprimi ljubičastu boju.

**Neutralizacija otpada:** Nakon izvedenog oglada sadržaj epruvete izliti u posudu s vodom u kojoj je potopljena čaša sa šećerom i sulfatnom kiselinom.



## **PROJEKTI ZADATAK**

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključaka o važnosti i upotrebi zaštitnih sredstava u laboratoriji

Formirajte četiri ili pet grupa učenika koje imaju zadatak da osmisle ogleda u kojima će ispitati dejstvo različitih kiselina na listove biljaka. Tokom planiranja ogleda primijeniti metodu istraživačkog rada kako bi se došlo do neophodnih podataka. Posebnu pažnju posvetiti: a) pravilima kojih se treba pridržavati u toku izvođenja ogleda; b) mjerama sigurnosti koje treba preduzeti tokom izvođenja ogleda u zavisnosti od vrste kiseline koja se koristi. U saradnji s nastavnikom izvesti planirane ogleda i analizirati dobijene rezultate.

Nakon izvedenih ogleda svih grupa, prikupljene podatke, zapažanja i zaključke prezentovati ostatku odjeljenja na narednim časovima na različite načine: usmeno, pomoću table, hamera, projekcionog platna i sl.

Nakon izlaganja svih grupa izvedite zaključak o važnosti upotrebe zaštitnih sredstava u laboratoriji, kao i o podudaranju teorije i prakse u vezi s ovom temom.



## **1.7. PROVJERI SVOJE ZNANJE**

1. Kako se definiše laboratorija?

---

2. Što svaka laboratorija treba da sadrži?

---

3. Što je digestor, a što radni sto u laboratoriji?

---

4. Rednim brojevima (1–7) pridruži pravilan redosljed obavljanja radnji pri izvođenju ogleda.

1. bilježiti zapažanja tokom izvođenja oglada
2. proučiti bilješke i donijeti zaključke
3. pospremiti hemikalije i radno mjesto
4. pročitati uputstvo za izvođenje oglada
5. izvesti ogled prema uputstvima
6. pripremiti potreban pribor i hemikalije
7. oprati hemijsko posuđe

5. Iz ponuđene priče izdvoj postupke koji su u laboratoriji dopušteni i postupke koji nijesu dopušteni.

#### Koje su mjere predostrožnosti u laboratoriji?

Miloš je sa sendvičem u ruci utrčao u školsku laboratoriju. Obukao je mantil i stavio zaštitne naočare. Kako nijesu radili ogled s nagrizačućim hemikalijama, nije navukao zaštitne rukavice. Pored njega je Marija držala drvenom štupaljkom epruvetu iznad plamenika. Miloš je znatiželjno kroz otvor zavirivao u dno epruvete. Mariji je ogled uspio, pa su sva zapažanja tokom oglada zabilježili. Sadržaj epruvete izlili su u sudoperu. Epruvetu, štupaljku i plamenik ostavili su na stolu i otišli.

Pored navedenih tvrdnji stavi slovo D ako smatraš da su dopuštene, ili slovo N ako smatraš da su nedopuštene u laboratoriji (D ili N).

obukao je mantil i stavio zaštitne naočare

sa sendvičem u ruci utrčao u školsku laboratoriju

zavirivao u dno epruvete

nijesu radili ogled sa nagrizačućim supstancama i nije navukao zaštitne rukavice

sadržaj epruvete su izlili u sudoper

epruvetu, štupaljku i plamenik su ostavili na stolu i otišli

držala je drvenom štupaljkom epruvetu iznad plamenika

zapažanja tokom oglada su zabilježili

6. Navedi izvore opasnosti u laboratoriji.

---

---

7. Navedene uzorke povreda poređaj u zavisnosti od toga kojoj vrsti faktora pripadaju.

### UZROCI POVREDA

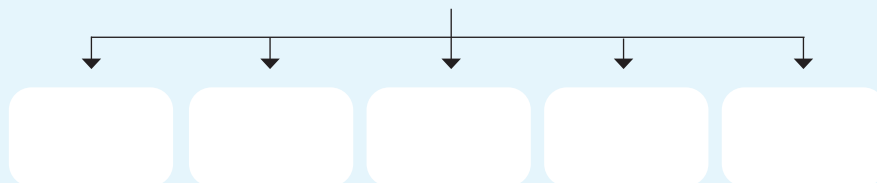
Opšte karakteristike nervnog sistema; Opasnosti od hemikalija;  
Fizičke opasnosti; Opasnosti od električne struje;  
Nepovoljno psiho-fizičko stanje; Opasnosti od mehaničkih povreda;  
Nedovoljna sposobnost za zvanje i vrstu posla; Opasnosti od požara

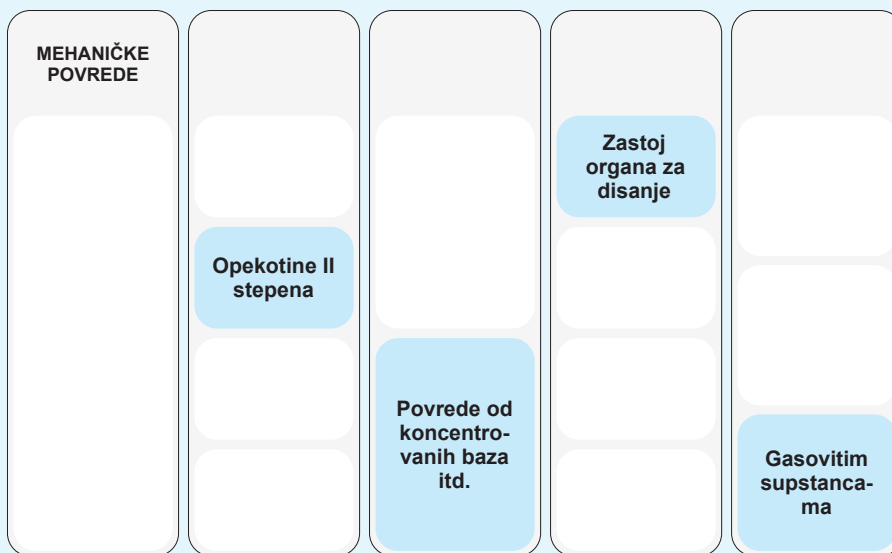
**Subjektivni faktori**

**Objektivni faktori**

8. Upiši pojmove koji nedostaju.

### VRSTE POVREDA





9. Opiši opasnosti od: mehaničkih povreda, požara, hemikalija, električnog udara i fizičkih opasnosti.

---



---



---



---

10. Navedi primjer pružanja prve pomoći u slučaju mehaničkih povreda, termičkih povreda, povreda od hemikalija.

---



---



---



---

11. Navedi argumente za upotrebu zaštitnih sredstava i opreme (HTZ oprema) pri izvođenju hemijskih ispitivanja.

---



---



---



---



## REZIME

Laboratorija je prostorija specijalno opremljena za izvođenje oglada. Sadrži laboratorijsku opremu: radni sto, digestor, dovod struje i vode, dobro prirodno i vještačko osvjetljenje i dr. Tokom izvođenja oglada treba se pridržavati redosljeda obavljanja radnji: pročitati uputstvo za izvođenje oglada; pripremiti potrebne hemikalije i pribor; izvesti ogled prema uputstvima; bilježiti zapažanja tokom izvođenja oglada; proučiti bilješke i donijeti zaključke; oprati hemijsko posuđe; pospremiti hemikalije i radno mjesto. S obzirom na to da rad u hemijskoj laboratoriji može da bude i vrlo opasan, neophodno je pridržavati se određenih pravila kako bi taj rad bio bezbjedan. Osnovne mjere predostrožnosti u laboratoriji mogu se sažeti u sljedeće preporuke: **UVIJEK I NIKADA.**

**UVIJEK:** prije početka eksperimenta pažljivo pročitati postupak i uputstvo za rad; upoznati se s postupcima za bezbjedan rad u laboratoriji; svim hemikalijama rukovati s najvećom pažnjom; nositi zaštitna sredstva i opremu; provjeriti da li je aparatura korektno sastavljena; održavati radno mjesto urednim i čistim; prati ruke pri izlasku iz laboratorije; ako ste u sumnji i nesigurnosti pri izvođenju eksperimenta, pitati odgovorno lice ili pažljivije pročitati uputstva i postupke, te otkloniti nedoumice i dr.

**NIKADA:** ne raditi sam u laboratoriji; ne udisati hemikalije; ne probati i ne mirisati hemikalije; ne jesti i ne piti u laboratoriji; ne pušiti u laboratoriji; ne uznemiravati i ne ometati susjedna lica i dr.

U hemijskoj laboratoriji izvori opasnosti su: uređaji, aparati, pribor i druga sredstva koja se koriste pri radu, kao i hemikalije. Uzroci opasnosti mogu se podijeliti na: subjektivne faktore (nedovoljna sposobnost za zvanje i vrstu posla; opšte funkcionalne karakteristike nervnog sistema; nepovoljno psihofizičko stanje) i objektivne faktore (opasnosti od strujnog udara; opasnosti od mehaničkih povreda; opasnosti od požara; opasnosti od hemikalija; fizičke opasnosti). Objektivni faktori opasnosti velikim se dijelom mogu izbjeći ako se primijene odgovarajuće mjere zaštite. Sve povrede koje se dešavaju u hemijskoj laboratoriji mogu se svrstati u nekoliko grupa: mehaničke povrede; termičke povrede; povrede od hemikalija; povrede od električnog udara i trovanje. Pri povredama u hemijskoj laboratoriji neophodno je pružiti i odgovarajuću prvu pomoć, u zavisnosti od vrste povrede.

Pri radu u pogonima hemijske industrije koriste se odgovarajuća zaštitna sredstva i oprema (HTZ oprema), i to sredstva za zaštitu glave, zaštitu očiju i lica, zaštitu sluha, zaštitu organa za disanje, zaštitu tijela i zaštitu nogu.

U hemijskoj laboratoriji se mora koristiti zaštitna oprema (mantil – obavezno; naočare, rukavice i maska – po potrebi).

# 2.



## Sprovedenje odgovarajućih postupaka i mjera prilikom rada u hemijskoj laboratoriji u cilju zaštite životne sredine



### RAZMISLI I ODGOVORI:

1. Ljudi su sami po sebi znatiželjni. Još u davnoj prošlosti pokazali su veliku snalažljivost. Istraživali su prirodu i otkrili rješenja koja su im olakšala život. Tako su naučili kako zapaliti vatru, skuhati hranu ili dobiti metal. Tvoj je zadatak da istraživanjem dođeš do podataka o vatri kroz razvoj civilizacije. Kakva je njena uloga bila nekad, a kakva sad?

2. Neke hemikalije koje se koriste pri ogledima ili u svakodnevnom životu mogu biti opasne, i pri rukovanju s njima trebamo biti oprezni. Protumači uputstva na deterdžentima za pranje suđa i veša, sredstvima za pranje staklenih površina, sredstvima za održavanje higijene u kupatilima.

3. Svjedoci smo da nas svakodnevno okružuju različite vrste otpadnog materijala koji zagađuje životnu sredinu. Kako tumačiš tvrdnju: „Nije svaki otpad smeće, već samo onaj koji se ne može ponovo upotrijebiti“?

### U OVOM POGLAVLJU NAUČIĆEŠ DA:

- objasniš toplotne izvore i laboratorijsku opremu za zagrijavanje
- demonstriraš pravilno rukovanje laboratorijskom opremom za zagrijavanje na zadatom primjeru
- objasniš čuvanje i bezbjedno rukovanje hemikalijama i reagensima
- opišeš načine obilježavanja opasnih materija koje se nalaze u skladištu
- u unutrašnjem transportu i u procesu proizvodnje navedeš klasifikaciju opasnih materija
- objasniš postupke pravilnog rukovanja i odlaganja otpada nastalog prilikom izvođenja hemijskih ispitivanja
- demonstriraš postupak skladištenja zadate hemikalije u skladu s odgovarajućom zakonskom regulativom.



*Naučnik u svojoj laboratoriji nije samo tehničar, on je i dijete koje se suočava s prirodnim fenomenima koji ga toliko impresioniraju kao da se radi o bajkama.*

Marija Kiri

## 2.1. TOPLOTNI IZVORI I LABORATORIJSKA OPREMA ZA ZAGRIJAVANJE

Izvori toplote u laboratoriji najčešće su gasovita goriva i električna energija, a od laboratorijske opreme za zagrijavanje se koriste:

- grijalice – plamenici (plamenik po Bunzenu, plamenik po Teklu)
- kupatila (vodeno, vazdušno, pješčano, uljano)
- električni uređaji (rešoi, sušnice, električne peći i dr.)

*Najbliži su vatri oni koji se lako pale.*

Arapska izreka

### 2.1.1. Plamenici (grijalice)



Plamen svijeće plav je na dnu jer vatra tu uzima kiseonik, a žut na vrhu, gdje ga sagorijeva.



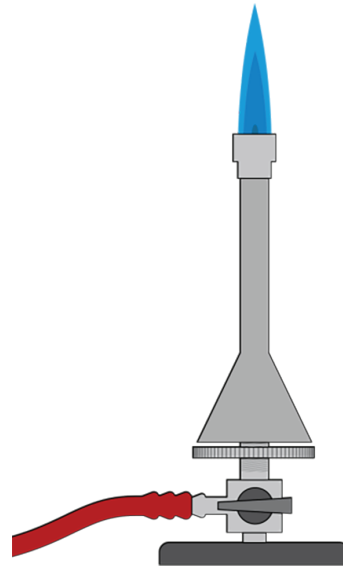
Priroda je prepuna čudesa, pa ne bi trebalo da iznenadi i jedno u vezi s vatrom. Procijenjeno je da oko 220 km sjeverno od Sidneja ugalj gori već 500.000 godina – bez prestanka.

Bunzenov plamenik (slika 2.1) sastoji se od metalne cijevi učvršćene na specijalno postolje. Na postolju se nalazi bočna cijev koja služi za dovod gasa, i na nju se stavlja gumeno crijevo. Metalna cijev u donjem dijelu ima dva simetrično postavljena otvora za dovod vazduha. Oko cijevi, u dijelu s otvorima, nalazi se prsten od metala, s otvorima raspoređenim na isti način kao na cijevi. Vazduh prolazi kroz cijev i miješa se s gasom (količina gasa reguliše se slavinom), koji protiče iz postolja plamenika, te ovako pomiješani izlaze kroz gornji otvor cijevi gdje se gas pali.

Plamenik po Teklu (slika 2.2) po konstrukciji je bolji od Bunzenovog, jer se njime reguliše i dovod gasa i dovod vazduha. Gas za sagorijevanje dovodi se do plamenika pomoću gumenih crijeva, a brzina njegovog protoka pri puštanju u plamenik reguliše se metalnim zavrtanjem ugrađenim suprotno od dovoda kanala gasa. Dovod vazduha reguliše se vertikalnim pomjeranjem metalne ploče



Slika 2.1. Bunzenov plamenik



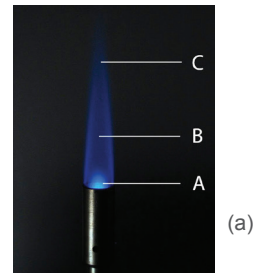
Slika 2.2. Plamenik po Teklu (uprošćena šema)

po zavrtnju, pri čemu se postiže otvaranje ili zatvaranje donje osnovice kupastog dijela plamenika na kojoj se nalaze otvori za vazduh.

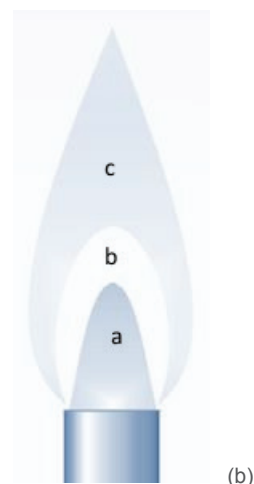
Kod ovih plamenika, ako je dovod vazduha dovoljan, sagorijevanje gasa je potpuno, plamen je plavičast (skoro bezbojan), ne čađavi i vrlo je topao. Ovakav plamen zove se *oksidacioni* ili šušteći (plamen šušti) i najviše se upotrebljava za sagorijevanje u laboratoriji. Njegova temperatura može da iznosi i do 1700 °C, a obično je oko 1000 °C.

U oksidacionom plamenu razlikuju se tri zone (slike 2.3 a i b):

- unutrašnja zona *a*, gdje ne dolazi do sagorijevanja već samo nastaje proces miješanja gasa i vazduha (zona miješanja), temperature zagrijavanja 300–350 °C.
- srednja zona *b*, u kojoj je nepotpuno sagorijevanje gasa zbog ograničenog pristupa vazduha, temperature zagrijavanja do 1600 °C. U ovom dijelu plamena nalaze se proizvodi raspadanja gasa koji sagorijeva (CO, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, vodena para i dr.), od kojih neki imaju jaku redukcionu moć, pa se ova zona zove **redukciona zona**.
- u spoljašnjoj zoni *c*, usljed prisustva dovoljne količine kiseonika iz vazduha, sagorijevanje gasa je potpuno, temperature zagrijavanja do 1500 °C. Ovaj dio plamena ima oksidacione osobine i zove se **oksidaciona zona**.

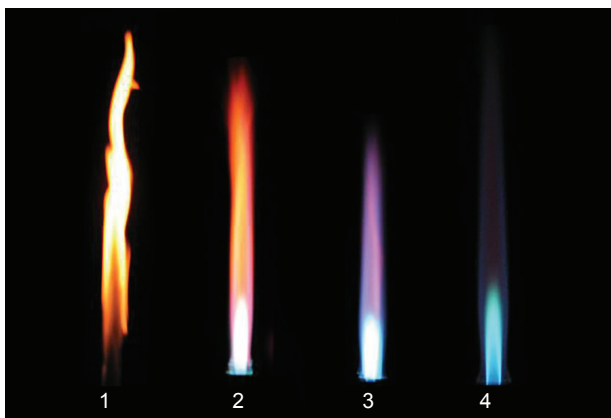


(a)



(b)

Slika 2.3. Zone oksidacionog plamena



Slika 2.4. Vrste plamena kod Bunzenovog plamenika u zavisnosti od količine vazduha



Slika 2.5. Zagrijavanje sa azbestnom mrežom

Pri ograničenom dovodu vazduha, u plamenici-  
ma je slabo sagorijevanje gasa, plamen je čađav  
(naziva se čađavi ili *svijetleći* plamen), lelujav i  
nije topao. Ovakav plamen zove se i redukcion  
i s njime se rjeđe radi.

Kod Bunzenovog plamenika možemo uočiti četi-  
ri vrste plamena u zavisnosti od količine vazdu-  
ha (slika 2.4), i to: 1 – ventil za vazduh zatvo-  
ren (*svijetleći* plamen); 2 – poluotvoren ventil  
za vazduh (*svijetleći* plamen); 3 – skoro potpu-  
no otvoren ventil za vazduh (*šušteći* plamen);  
4 – potpuno otvoren ventil za vazduh (*šušteći*  
plamen).

Paljenje smješe gasa i vazduha kod gasnih gri-  
jalica treba izvoditi na sljedeći način: otvara-  
njem gasne slavine gas seпусти u plamenik, a  
poslije nekoliko sekundi – uz mali dovod vazdu-  
ha – reguliše se prema tome kakav se plamen  
želi dobiti. Plamenik ne treba paliti pri potpuno  
dovodu vazduha zato što tada dolazi do male  
eksplozije gasne smješe, tzv. preskoka plame-  
na, jer se gas pali (unutra) u plameniku, a ne  
izlazi iz njega. Ovo se prepoznaje po jakom šu-  
štanju iz plamenika i jakom zagrijavanju.

U tom slučaju plamenik odmah ugasiti zatvara-  
njem dovoda za gas. Stoga: **plamenik se ni-  
kad ne ostavlja da gori punim plamenom bez  
kontrole!**

Plamenik treba gasiti tako da se prvo zatvori do-  
vod gasa na gasnom cjevovodu ili butan-boci,  
sačeka malo da sagori sav gas iz dovodnih cijevi  
i tek pošto se plamen sâm ugasi, zatvore se  
otvori za vazduh. U slučaju gašenja plamenika  
po Teklu, pošto se plamen sam ugasi, zatvori se  
i dovod gasa metalnim zavrtnjem. Ovaj plame-  
nik nikad ne treba gasiti samo prekidom dovoda  
gasa zavrtnjem metalnog zavrtnja plamenika.

Laboratorijsko posuđe zagrijava se neposred-  
nim „golim“ plamenom samo kada je i određe-  
no za tu svrhu (epruvete, porcelanske šolje i  
dr.). Sudovi pri stavljanju na plamen moraju biti  
potpuno suvi. Stakleni sudovi najčešće se gri-  
ju iznad azbestne mreže, čime se postiže rav-  
nomjerno i potpuno zagrijavanje (slika 2.5).

## 2.1.2. Kupatila

Kada je potrebno vršiti zagrijavanje pri stalnoj temperaturi, upotrebljavaju se kupatila. Vrste kupatila prikazane su šematski (šema 2.1).

**1. Vodena kupatila** mogu biti različitog oblika i veličina, sa stalnim proticanjem vode ili bez stalnog proticanja vode. Prave se tako da se voda u njima zagrijava otvorenim plamenikom ili pomoću električnih grijača. Ona se upotrebljavaju za ravnomjerno isparavanje rastvora na temperaturi ključanja vode. Koriste se za tečnosti čije su tačke ključanja ispod 100 °C.

Razlikuju se vodena kupatila u kojima je reakcioni sud uronjen u vodu (slika 2.6) i vodena kupatila u kojima se reakcioni sud nalazi iznad vode i zagrijava vodenom parom (slika 2.7).

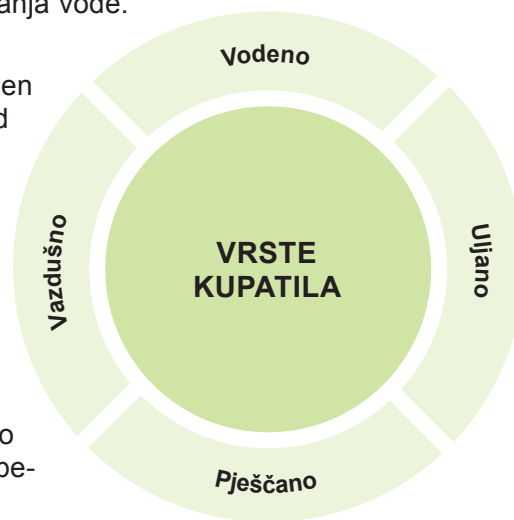
**2. Uljana kupatila** (slika 2.8) obično su emajlirani sudovi ili sudovi od vatrostalnog stakla, napunjeni parafinskim ili mineralnim uljem visoke tačke ključanja. Upotrebljavaju se za zagrijavanje do 250 °C. Kad god je moguće, s uljanim kupatilima treba raditi u digestoru, jer se prilikom zagrijavanja iz ulja oslobađaju pare koje izazivaju glavobolju i umor. Prilikom rada s ovim kupatilom, u ulju treba da se nalazi termometar kako bi se stalnom kontrolom temperature izbjeglo pregrijavanje ulja. Zagrijavanje uljanih kupatila vrši se postepeno i vrlo pažljivo, uz stalno miješanje.

**3. Pješčana kupatila** su metalne posude ispunjene čistim pijeskom, i upotrebljavaju se kada je potrebno postići visoku temperaturu, iznad 250 °C. Prilikom zagrijavanja posuda se zaroni u pijesak – da nivo tečnosti koja se zagrijava bude u pijesku, a sud da ne dodiruje dno kupatila. Pijesak ravnomjerno provodi toplotu s električnog grijača na sve strane reakcionog suda. Ova tehnika omogućava reakcionom sudu da se potpuno zagrije s minimalnim miješanjem, što skraćuje trajanje reakcije i umanjuje mogućnost pojave nepoželjnih produkata na višim temperaturama.

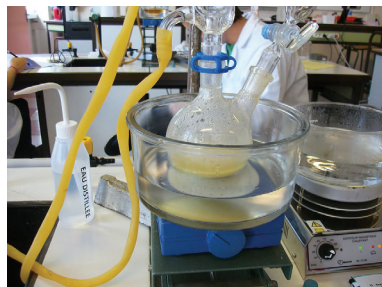
**4. Vazdušna kupatila** koriste se za zagrijavanje posuda sa supstancama pomoću zagrijanog vazduha. Postavljaju se na tronožac ili metalni prsten, i zagrijavaju se običnim plamenom.

*Na vatri se ne opeku oni koji se na njoj griju, već oni koji se s njom igraju.*

Milenko Vučetić



Šema 2.1.  
Vrste kupatila



Slika 2.6. Vodeno kupatilo – reakcioni sud uronjen u vodu



Slika 2.7. Vodeno kupatilo – reakcioni sud se smješta iznad vode



Slika 2.8. Uljano kupatilo

*Ko se igra s  
vatrom, taj se  
i opeče.*

Narodna izreka

## 2.1.3. Električni uređaji

Danas se za zagrijavanje u hemijskoj laboratoriji koriste različiti električni uređaji (rešoi, sušnice, električne peći) jer je rad s njima čistiji, a lakše se održava željena temperatura.

**1. Električni rešoi** koriste se za zagrijavanje tečnosti u sudovima s ravnim dnom (čaše, erlenmajeri, lonci i dr.). Rad s njima veoma je jednostavan, ali treba biti obazriv, kao i s ostalim električnim uređajima (slika 2.9).



Slika 2.9.  
Električni rešo

**2. Sušnice** se obično izrađuju u obliku sandučeta, od materijala koji je otporan na visoke temperature, i oblažu se azbestom. Upotrebljavaju se za sušenje taloga, odstranjivanje vlage iz supstanci, za sušenje sudova i dr. Obično su podešene za temperaturni interval 20–250 °C (slike 2.10a i b).

**3. Električne peći** su uređaji obloženi vatrostalnim materijalom i koriste se za žarenje supstanci i do 1200 °C. Supstance se u njima žare u porcelanskim sudovima (slike 2.11a i b).



Slika 2.10.  
Sušnica

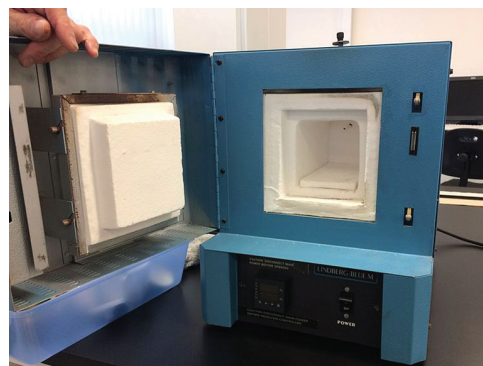
(a)



(b)



(a)



(b)

Slika 2.11.  
Peć za žarenje



## 2.2. DEMONSTRACIJA PRAVILNOG RUKOVANJA LABORATORIJSKOM OPREMOM ZA ZAGRIJAVANJE

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih ogleda u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi sa pravilnim korišćenjem grijalica (plamenika) u hemijskoj laboratoriji; dobićete instrukcije za pravilno korišćenje kupatila; dobićete instrukcije za pravilno korišćenje električnih uređaja; demonstriraće vam se pravilno rukovanje laboratorijskom opremom za zagrijavanje; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

### PRAKTIČNI ZADATAK 1:

#### Rukovanje plamenom Bunzenovog plamenika

#### PAZITE DA SE NE OPEČETE!!!

**Postupak:** Prije početka rada treba provjeriti da li je ventil za dovod gasa zatvoren. U skladu s već datim smjernicama u teorijskom dijelu, treba otvoriti glavni ventil za oslobađanje gasa iz boce pod pritiskom i pristupiti paljenju plamenika uz podešavanje dovoda vazduha tako da se postigne oksidacioni plamen. Jačinu plamena moguće je podesiti uz pomoć reduktora protoka gasa koji je sastavni deo Bunzenovog plamenika. Laganim okretanjem prstena za regulaciju vazduha moguće je podesiti protok vazduha tako da plamen postane redukcionni, odnosno oksidacioni (slika 2.12). Pažljivim zatvaranjem ovog ventila (nije glavni ventil) smanjuje se intenzitet plamena (plamen tinja). Odvrtanjem ovog ventila plamen se može ponovo pojačati (slika 2.13).



Slika 2.13. Zagrijavanje Bunzenovim plamenikom

Pažljivim zatvaranjem ovog ventila (nije glavni ventil) smanjuje se intenzitet plamena (plamen tinja). Odvrtanjem ovog ventila plamen se može ponovo pojačati (slika 2.13).

#### Rezultati, diskusija, zaključci

1. Skicirati Bunzenov plamenik i označiti njegove djelove.
2. Nacrtati i opisati zone u Bunzenovom plameniku.
3. Zašto dolazi do „preskoka“ plamena, i što se u tom slučaju radi?

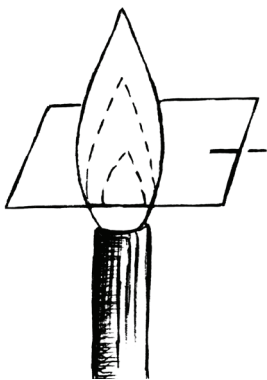
Slika 2.12. Bunzenov plamenik: (a) svjetleći plamen; (b) šušteći plamen



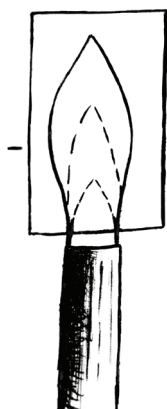
(a)



(b)

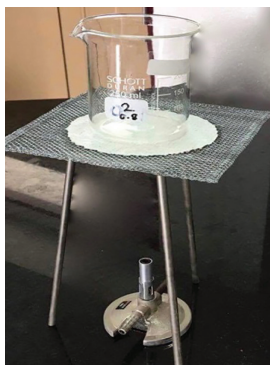


(a)



(b)

Slika 2.14. Komad tvrdog papira stavljen (a) vodoravno u plamen (b) normalno u plamen



Slika 2.15. Pravilno postavljanje aparature za zagrijavanje vode Bunzenovim plamenikom

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

#### **Svojstva plamena Bunzenovog plamenika**

**Pribor:** Bunzenov plamenik, upaljač, komadić debljeg papira ili tanjega kartona, metalne mašice, drvena štipaljka, porcelanska šolja.

#### **Postupak:**

– Jedan komad tvrdog papira staviti, brzo, vodoravno u plamen, blizu otvora metalne cijevi, a zatim drugi komad normalno u plamen (slika 2.14a i b). Papire držati metalnim mašicama. Ako je eksperiment pravilno izveden, na papirima se očitavaju plamene zone. Papire spremiti i zalijepiti u prilog nakon zadatka.

– Zagrijavati porcelansku šolju iznad svjetlećeg plamena oko pola minuta. Porcelansku šolju treba držati drvenom štipaljkom.

#### **Rezultati, diskusija, zaključci**

1. Uočiti promjene kad se karton kratko postavi normalno u plamen.
2. Uočiti promjene po zidovima porcelanske šolje kada se šolja grije direktno na svijetlećem plamenu oko pola minuta.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Zagrijavanje vode u epruveti čađavim i šuštećim plamenom**

**Pribor:** Bunzenov plamenik, upaljač, dvije epruvete, destilovana voda.

U dvije epruvete usuti jednaku količinu destilovane vode. Zagrijavati ih do ključanja, jednu u čađavom, a drugu u šuštećem plamenu i zabilježiti vrijeme potrebno da voda proključa.

#### **Rezultati, diskusija, zaključci**

1. U kojoj je epruveti voda prije proključala? Zašto?

---



---

### **PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

#### **Zagrijavanje vode u laboratorijskoj čaši na Bunzenovom plameniku**

**Pribor:** Bunzenov plamenik, upaljač, laboratorijska čaša, tronožac, azbestna mreža, termometar, destilovana voda.

**Napomena:** Sastaviti aparaturu kao što je prikazano na slici 2.15.

**Postupak:** U laboratorijsku čašu odmjeriti oko 100 cm<sup>3</sup> destilovane vode. Izmjeriti temperaturu vode i zabilježiti je u tabelu. Potom podešiti Bunzenov plamenik tako da plamen postane oksidacioni, postaviti ga ispod čaše i u određenim vremenskim intervalima pratiti promjene temperature. Nakon pet minuta isključiti Bunzenov plamenik. Prilikom hlađenja pratiti pad temperature zagrijane vode u laboratorijskoj čaši.

Zadata tečnost: \_\_\_\_\_

Početna temperatura tečnosti (°C): \_\_\_\_\_

Dobijene podatke unesite u tabelu 2.1.

Tabela 2.1. Promjena temperature za date tečnosti

Zagrijavanje		Hlađenje	
Vrijeme (min)	Temperatura (°C)	Vrijeme (min)	Temperatura (°C)
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

### Rezultati, diskusija, zaključci

1. Zašto je potrebno manje vremena da voda prokluča kada je čaša s vodom postavljena na žičanu mrežicu (za žarenje) koja se nalazi iznad unutrašnjeg plavog konusa plamena?

---



---

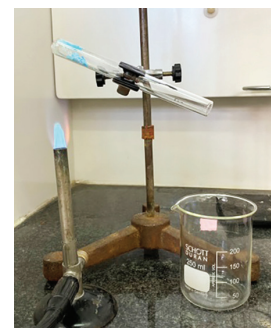
### PRAKTIČNI ZADATAK 5:

#### Ponašanje kristalohidrata pri zagrijavanju

**Pribor i hemikalije:** plavi kamen ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), stalak s epruvetom, Bunzenov plamenik, upaljač, čaša (50 cm<sup>3</sup>), stativ, klema.

Napomena: Sastaviti aparaturu kao što je prikazano na slici 2.16.

**Postupak:** U epruvetu staviti nekoliko kristalića plavog kamena ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Učvrstiti epruvetu ukoso za stativ tako da njeno dno bude malo iznad otvora (slika 2.16). To je potrebno da se ne bi oslobođena voda pri zagrijavanju vraćala na so. Zagrijavati dno epruvete



Slika 2.16. Zagrijavanje kristalohidrata



plamenom grijalice i posmatrati promjenu boje kristala plavog kamena. Kada cijela količina soli postane bijela, prekinuti zagrijavanje. Kada se sadržaj epruvete ohladi, dodati kap-dvije vode. Obratiti pažnju na promjenu boje kristala i promjenu temperature u epruveti.

### **Rezultati, diskusija, zaključci**

1. U dnevniku rada precrtati aparaturu koja je prikazana na slici 2.16.
2. Zašto se mijenja boja plavog kamena pri zagrijavanju i vraća pri hlađenju, uz dodatak vode?
3. Napisati jednačine reakcije.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 6:**

#### **Upotreba vodenog kupatila**

**Pribor i hemikalije:** epruveta, vodeno kupatilo, olovo(II)-nitrat  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , hloridna kiselina (HCl).

**Postupak:** U epruvetu sipati  $2 \text{ cm}^3$  olovo(II)-nitrata i isto toliko rastvora hloridne kiseline. U već pripremljeno i zagrijano vodeno kupatilo staviti dobijeni bijeli talog olovo(II)-hlorida i zagrijavati ga dok se ne rastvori. Kada se rastvori, epruvetu ohladiti pod mlazom hladne vode iz česme do ponovne pojave bijelog taloga.

### **Rezultati, diskusija, zaključci**

1. Napisati jednačinu hemijske reakcije.
2. Kakva su vaša zapažanja?
3. Što možete da zaključite?

### **PRAKTIČNI ZADATAK 7:**

#### **Upotreba sušnica**

**Posuđe i uređaji:** stakleno laboratorijsko posuđe, sušnica (slika 2.17).

**Postupak:** Stakleno laboratorijsko posuđe, koje je prethodno oprano i ocijeđeno, rasporediti u sušnicu. Upoznati se s načinom paljenja/gašenja sušnice i podešavanjem temperaturnog intervala sušenja. Sušenje posuđa obavlja se na temperaturi od  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Otvor posuđa treba da je okrenut nagore da bi se vodena para nesmetano izdvajala. Stakleno posuđe koje služi za mjerenje zapremine ne smije se sušiti na ovaj način jer može da izgubi svoju osnovnu namjenu (oznake kalibracije).

**NAPOMENA:** Sa širom primjenom sušnica upoznaćete se u okviru četvrtog poglavlja ovog udžbenika, kao i u okviru modula Opšta i neorganska hemija (u prvom razredu) i u narednim razredima kroz stručne module.



Slika 2.17.  
Sušnica s posuđem



### PROJEKTNI ZADATAK

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključaka o značaju i vrstama opreme za zagrijavanje u laboratoriji.

Formirajte četiri ili pet grupa učenika koje imaju zadatak da osmisle oglede u kojima će se koristiti različite vrste opreme za zagrijavanje u laboratoriji. Tokom planiranja oglada primijeniti metodu istraživačkog rada kako bi se došlo do neophodnih podataka. U saradnji s nastavnikom izvesti planirane oglede i analizirati dobijene rezultate. Nakon izvedenih oglada svih grupa, prikupljene podatke, zapažanja i zaključke prezentovati ostatku odjeljenja, na narednim časovima na različite načine: usmeno, pomoću table, hamera, projekcionog platna i slično.

Nakon izlaganja svih grupa izvedite zaključak o upotrebi različitih vrsta opreme za zagrijavanje, kao i o podudaranju teorije i prakse u vezi s ovom temom.

## 2.3. HEMIKALIJE I REAGENSI

Da se podsjetimo: Hemikalija je supstanca koju proizvodi hemijska industrija u obliku elemenata i jedinjenja, a služi za rad u hemijskoj laboratoriji. Hemikalija koje se koristi za izvođenje oglada i analiza je reagens.

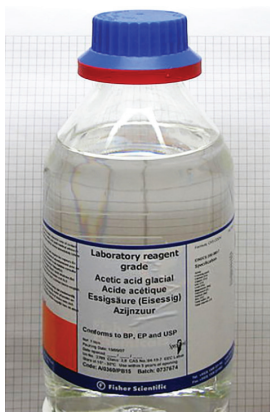


Živimo u vremenu kada su hemikalije prisutne u svemu. U posljednjih 50 godina sintetizovano je oko 80.000 vrsta hemikalija. Ima ih u hrani, vodi, vazduhu i dr. Riječ je o supstancama s kojima smo svakodnevno u dodiru budući da se nalaze u kozmetici, igračkama, posuđu, sredstvima za čišćenje, daskama za peglanje, namještaju, odjevnim predmetima, podovima, lamperijama.

### 2.3.1. Oznake na pakovanjima hemikalija

Svaka hemikalija koja se upotrebljava prilikom izvođenja vježbi u hemijskim laboratorijama na svom originalnom pakovanju mora imati **etiketu** koja nas obavještava o kakvoj je hemikaliji riječ, te kako s njom postupati. Na etiketi se mora nalaziti: hemijsko ime, formula i komercijalni naziv hemikalije, oznake opasnosti (grafički prikaz), težina pakovanja, oznake upozorenja (oznake R),

**Etiketa** (franc. étiquette, od starofranc. estiquer i franački stikkan – pričvrstiti) može značiti: naljepnica (natpis) na kojoj je označena vrsta, količina, porijeklo neke robe, sadržaj ili odredište neke pošiljke itd.



Slika 2.18. Etiketa na boci hemikalije

oznake obavještenja (oznake S), način skladištenja i rukovanja, rok upotrebe, naziv proizvođača i dr. (slika 2.18)



Oko 300 štetnih hemikalija se može naći u tijelu „zdravog“ čovjeka!

Gotovo uvijek na pakovanjima hemikalija nalazimo obavještenja o samom izgledu hemikalije – na latinskom jeziku (vidjeti prilog 2).

## 2.3.2. Skladištenje hemikalija po grupama

Čuvanju hemikalija treba pristupati s velikom pažnjom i odgovornošću. Hemikalije se čuvaju u posebnoj prostoriji – magacinu. Magacin mora da ima više odvojenih prostorija u zavisnosti od toga koja se grupa hemikalija skladišti.



Nezgode koje nastaju u skladištima, magacinima i objektima u kojima se lageruju opasne materije predstavljaju 25% ukupnih svjetskih nezgoda.

Predviđa se da će 2030. godine svjetska prodaja hemikalija dostići 6.300 milijardi eura, pri čemu će kineski udio sa sadašnjih 34,4% narasti na oko 44%.

Hemikalije imaju specifična fizička i hemijska svojstva, na osnovu kojih se mogu svrstati u određene grupe (npr. isparljive, eksplozivne, korozivne i dr.).

Skladištenje hemikalija izvodi se u zavisnosti od toga kojoj grupi data hemikalija pripada (tabela 2.2). Grupe hemikalija su:

**GRUPA 1** – zapaljive supstance

**GRUPA 2** – isparljive toksične tečnosti

**GRUPA 3** – jake kiseline (jaki oksidansi)

**GRUPA 4** – organske i neorganske kiseline

**GRUPA 5** – tečne baze

**GRUPA 6** – tečni oksidansi

**GRUPA 7** – neisparljivi otrovi

**GRUPA 8** – metalni hidridi

**GRUPA 9** – čvrste suve supstance

Tabela 2.2. Grupe hemikalija za skladištenje

<b>GRUPA 1 – ZAPALJIVE TEČNOSTI</b>	
<b>Obuhvata</b>	sve alkohole, aceton, acetaldehid, benzen, cikloheksan, dimetil-dihlor silan, dioksan, etar, etil-acetat, heksan, hidrazin, metil-butan, pikolen, piperidin, ksilen
<b>Glavni cilj</b>	zaštita od paljenja
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. kabinet (ormar) za zapaljive supstance ili 2. skladište za zapaljive supstance – frižider / frizer / hladna soba
<b>GRUPA 2 – ISPARLJIVE TOKSIČNE TEČNOSTI</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. ugljen-tetrahlorid, hloroform, dimetil-formamid, dimetil-sulfat, formamid, formaldehid, merkptoetanol, metilen-hlorid i fenol
<b>Glavni cilj</b>	prevencija izlaganju inhalaciji isparenja
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. kabinet (ormar) za zapaljive supstance ili 2. kontejneri za skladištenje <1 l u frižideru / hladnoj sobi
<b>GRUPA 3 – JAKE KISELINE (JAKI OKSIDANSI)</b>	
<b>Obuhvata</b>	kiseline koje su veoma reaktivne s većinom supstanci i međusobno, npr. nitratna (HNO <sub>3</sub> ), sulfatna (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), perhloratna (HClO <sub>4</sub> ), fosfatna (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ), hromatna (H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )...
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije između jakih kiselina i drugih supstanci, te prevencija korozija na površinama
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. sigurnosni kabineti (ormari) ili 2. svaka jaka oksidativna kiselina mora biti skladištena u dvostrukim kontejnerima (npr. primarni kontejner mora biti smješten u kanister, cijev ili ormarić)
<b>GRUPA 4 – ORGANSKE I NEORGANSKE KISELINE</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. sirćetna, butanska, mravlja, glacijalna sirćetna, izobutanska, merkaptopropionska, propionska, trifluoro-sirćetna...
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije s bazama i jakim kiselinama, te prevencija korozije na površinama
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	sigurnosni kabineti
<b>GRUPA 5 – TEČNE BAZE</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. natrijum-hidroksid, kalcijum-hidroksid, amonijum-hidroksid...
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije s kiselinama
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. sigurnosni kabinet ili 2. na policama i odjeljcima kabineta

<b>GRUPA 6 – TEČNI OKSIDANSI</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. amonijum-persulfat ili vodonik-peroksid (≥30%) (reaguju sa svim jedinjenjima, potencijalno izazivajući eksploziju ili koroziju površina)
<b>Glavni cilj</b>	izolacija od drugih supstanci
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. količine >3 l moraju se čuvati u kabinetima zasebno od drugih supstanci 2. manje količine – dvostruki kontejner kada je u blizini drugih hemikalija (npr. u frižideru)
<b>GRUPA 7 – NEISPARLJIVI TEČNI OTROVI</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. akril-amidni rastvori, dietil-pirokarbonat, diizopropil-fluorofosfat, epoksi smole, trietanol-amin... (visokotoksične supstance i toksične hemikalije, kancerogeni, potencijalni kancerogeni i mutageni)
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. kabinet (ormar) ili frižider (moraju biti zatvoreni) 2. ne skladištiti u otvorenim prostorima ili hladnoj sobi 3. količine >1 l skladište se na nivou ispod sjedišta, na policama najbližim podu, ali ne u pomičnim vratima
<b>GRUPA 8 – METALNI HIDRIDNI</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. natrijum-borohidrid, kalcijum-hidrid, Li-Al-hidrid... (većina burno reaguje s vodom, može doći do spontanog paljenja na vazduhu)
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije s tečnostima, i u nekim slučajevima sa vazduhom
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. upotreba sigurnosnih dvostrukih, voodtopornih kontejnera 2. izolacija od drugih grupa
<b>GRUPA 9 – SUVE ČVRSTE SUPSTANCE</b>	
<b>Obuhvata</b>	npr. oksalna kiselina, natrijum-cijanid... (svi praškovi, opasni i neopasni, ulja, maziva, kao i ostale supstance u malim količinama, npr. indikatori i sl.)
<b>Glavni cilj</b>	prevencija kontakta i reakcije s tečnostima
<b>Prihvatljivi prostori/ metode skladištenja</b>	1. preporučljivi su kabineti (ormari) ali su prihvatljive i police 2. skladištiti iznad tečnosti 3. oznake na toksičnim supstancama moraju biti vidljive i upadljive 4. preporučuje se razdvajanje najtoksičnijih supstanci

**Napomena:** Neke hemikalije mogu da se skladište zajedno, u zavisnosti od svojih fizičko-hemijskih osobina.

U zavisnosti od grupe kojoj pripadaju, hemikalije se skladište u posebnim prostorijama (slika 2.19) ili u specijalnim ormarima i ormarima za samozapaljive hemikalije (slike 2.20 i 2.21).



Slika 2.19. Prostorija za skladištenje hemikalija



Slika 2.20. Specijalni ormar za hemikalije



Slika 2.21. Ormar za zapaljive hemikalije

### 2.3.3. Skladištenje reagenasa

Sudovi u kojima se čuvaju reagensi nazivaju se reagens-boce (slika 2.22). Prave se od različitog materijala, ali najviše od hemijski otpornog stakla i plastičnih masa. Tečni reagensi čuvaju se u reagens-bocama sa uskim grlom, a čvrsti u bocama sa širokim grlom (tzv. tegle). Za hemikalije osjetljive na svjetlost, reagens-boce su od tamnog stakla (slika 2.23).

Reagens-boce moraju biti zatvorene staklenim, plutanim ili gumenim čepovima. Na reagens-bocama mora biti naljepnica koja sadrži podatke o supstancama koje se u njima nalaze. Na naljepnice treba čitko i uočljivo napisati naziv ili formulu hemikalije koja je u reagens-boci. Nikada ne koristi hemikalije čija naljepnica nije jasno označena. Na naljepnicama boca u kojima su rastvori mora biti i navedena koncentracija rastvora, a kod nekih i datum njihovog pravljenja. Kada se zalijepi, naljepnicu treba premazati parafinom ili lakom radi zaštite.

Reagens-boce se čuvaju u posebnim ormarima. Drže se u određenom redu kako bi se brzo moglo naći ono što se traži. Tečne reagense treba odvojiti od čvrstih, a i jedni i drugi su poređani po azbučnom redu.

Reagensi s kojima se češće radi stoje na radnom stolu u laboratoriji. Dok se uzima reagens iz reagens-boce, njen čep odlaže se na sto tako da njegova ravna (spoljašnja) površina leži na stolu, a unutrašnja (vlažna) bude okrenuta nagore.

Višak uzetog reagenasa nikad se ne vraća nazad u reagens-bocu. Poslije upotrebe reagens-bocu odmah zatvoriti i ostaviti na svoje mjesto.



Slika 2.22. Staklena reagens-boca



Slika 2.23. Reagens-boca s tamnim staklom

*Sve su pečurke  
jestive, ali neke  
samo jednom.*

Kineska izreka

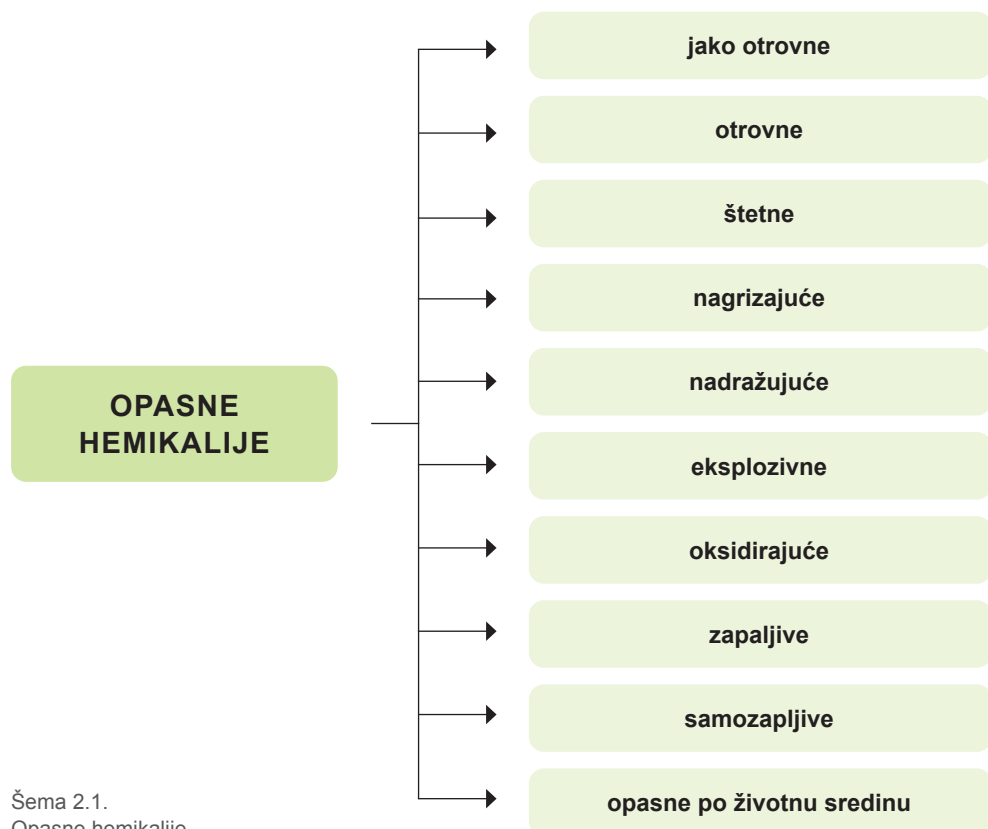
## 2.4. KLASIFIKACIJA OPASNIH HEMIKALIJA



Evropska hemijska agencija (engl. European Chemicals Agency, ECHA) jeste agencija Evropske unije koja upravlja tehničkim, naučnim i administrativnim aspektima implementacije regulacije Evropske unije zvane Registracija, evaluacija, autorizacija i restrikcija hemikalija (REACH). ECHA pomaže kompanijama da se pridržavaju propisa, unapređuje bezbjednu upotrebu hemikalija, pruža informacije o hemikalijama i bavi se hemikalijama koje su zabrinjavajuće. Njeno sjedište je u Helsinkiju, Finska.

Pravilnikom o klasifikaciji, pakovanju i označavanju opasnih hemikalija definirano je kako se opasne hemikalije klasifikuju i označavaju.

Klasifikacija opasnih hemikalija prikazana je sljedećom šemom (šema 2.1):



Šema 2.1.  
Opasne hemikalije

**1. Vrlo otrovne hemikalije** su supstance i smješe koje prilikom gutanja, u dodiru s kožom i udisanjem vrlo malih količina mogu uzrokovati smrt ili vrlo teška **akutna** ili hronična oštećenja zdravlja.

**2. Otrovnost hemikalije** su supstance i smješe koje prilikom gutanja, u dodiru s kožom i udisanjem malih količina mogu izazvati smrt ili vrlo teška akutna ili hronična oštećenja zdravlja.

**3. Štetne hemikalije** su supstance i smješe koje prilikom gutanja, u dodiru s kožom i udisanjem mogu izazvati smrt ili vrlo teška akutna ili hronična oštećenja zdravlja.

**4. Nagrizajuće hemikalije** su supstance i smješe koje mogu u dodiru sa zdravom kožom izazvati oštećenja svih slojeva tkiva.

**5. Nadražujuće hemikalije** su supstance i smješe koje mogu pri dodiru s kožom ili sluznicom izazvati upale.

**6. Eksplozivne hemikalije** su čvrste, tečne supstance i smješe u obliku paste ili želatina koje mogu egzotermno reagovati i u odsustvu kiseonika iz vazduha, pri čemu se vrlo brzo stvaraju i ispuštaju gasovi koji pod određenim uslovima detoniraju, brzo se zapale ili usljed zagrijavanja i povišenog pritiska eksplodiraju ako su ograničeni prostorom.

**7. Oksidirajuće hemikalije** su supstance i smješe koje dovode do snažne egzotermne reakcije kada su u dodiru s drugim supstancama (prije svega, zapaljivim).

**8. Zapaljive hemikalije** su supstance i smješe koje imaju nisku tačku paljenja.

**9. Samozapaljive** (lako zapaljive) hemikalije jesu supstance i smješe koje se u dodiru s vazduhom zagriju i same od sebe zapale pri normalnoj temperaturi i pritisku bez dovođenja spoljne energije.

**10. Hemikalije opasne za okolinu** su supstance i smješe koje zbog svojih svojstava, količine i unošenja u okolinu mogu biti štetne po zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet, odnosno biološku i prirodnu raznovrsnost.

**Akutno** oštećenje je neželjeni efekat koji se manifestuje u kratkom periodu nakon unošenja hemikalija u organizam.



Otrov je hemijska supstanca prirodnog ili sintetičkog porijekla koja u maloj količini izaziva trovanje, a može dovesti i do smrti. Njegovo djelovanje zavisi od načina unošenja u organizam. Otrovnost se izražava vrijednošću LD<sub>50</sub>.

**LD<sub>50</sub> (letalna doza 50%)** jeste količina otrova koja izaziva smrt polovine ispitivanih organizama. Obično se izražava kao masa otrova u odnosu na težinu organizma. Što je LD<sub>50</sub> vrijednost manja, to je supstanca otrovnija. Otrovi se znatno razlikuju po mehanizmu i brzini djelovanja.



Na svijetu postoji mnogo smrtonosnih supstanci koje se nalaze u bakterijama, biljkama i životinjama, a svaka od njih ima potpuno različito djelovanje na ljudski organizam. S nekima se od njih svakodnevno susriječemo a da nijesmo ni svjesni koliko su otrovne, npr. đurđica, tisa, kukuta, oleander i dr.



*Svaka je supstanca otrovna, ne postoji nijedna a da nije otrov. Ispravna doza čini razliku između otrova i lijeka.*

T. Paracelzijus

## 2.5. OZNAČAVANJE OPASNIH HEMIKALIJA



Dvije grupe hemikalija posebno su opasne po opstanak živog svijeta na Zemlji:

1. istrajne, bioakumulativne hemikalije
2. endokrin-ometajuće hemikalije.

Prva grupa istrajnih, bioakumulativnih hemikalija ostaje veoma dugo u tijelu i nagomilava se, naročito u mastima. Zna se da su otrovne, i kada dospiju u životnu sredinu nemoguće ih je ukloniti.

Druga grupa endokrin-ometajućih hemikalija imitira, blokira ili ometa hormone kod ljudi i životinja. Miješaju se i preuzimaju biološke procese, stvarajući neurološke i probleme u ponašanju, defekte u razvoju organa.

Pravilnikom o klasifikaciji, pakovanju i označavanju opasnih hemikalija, definirano je kako se opasne hemikalije označavaju.

*Slika govori više od hiljadu riječi.*

Kineska poslovice

### 2.5.1. Piktogrami, oznake rizika i oznake bezbjednosti











Opasne hemikalije označavaju se određenim znakovima opasnosti – piktogramima (simbolom i bojom), oznakama upozorenja ili rizika – R (risk) i oznakama obavještenja o mjerama predostrožnosti ili oznakama bezbjednosti – S (safe).

Grafički prikazi opasnosti (piktogrami) kvadratnog su oblika, a slikovni simboli na njima su crne boje na narandžastoj podlozi. Ovu su stari piktogrami.

Pisana upozorenja koja ukazuju na opasnost obavezna su i nalaze se ispod slikovnog simbola radi objašnjenja piktograma.

*Stari piktogrami* prikazani su u tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Stari piktogrami

KLASE OPASNOSTI	GRAFIČKI PRIKAZ OPASNOSTI (PIKTOGRAM)	PISANO UPOZORENJE	ZNAK OPASNOSTI
1. Vrlo otrovna hemikalija		„Vrlo otrovno“	T+
2. Otrovna hemikalija		„Otrovno“	T
3. Štetna hemikalija		„Štetno“	Xn
4. Nagrizajuća hemikalija		„Nagrizajuće“	C
5. Nadražujuća hemikalija		„Nadražujuće“	Xi
6. Eksplozivna hemikalija		„Eksplozivno“	E
7. Oksidirajuća hemikalija		„Oksidirajuće“	O
8. Vrlo lako zapaljiva hemikalija		„Vrlo lako zapaljivo“	F+
9. Lako zapaljiva hemikalija		„Lako zapaljivo“	F
10. Hemikalija opasna po životnu sredinu		„Opasno po životnu sredinu“	N



Slika 2.24. Etiketa s jasno istaknutim piktogramima

Novi sistem za klasifikaciju i obilježavanje opasnih hemikalija u Evropskoj uniji u skladu je s Globalno harmonizovanim sistemom (GHS) Ujedinjenih nacija za označavanje opasnih hemikalija. *Novi piktogrami* su u obliku crvenog dijamanta s bijelom pozadinom, i oni će u potpunosti zamijeniti stare narandžaste kvadratne simbole koji su bili određeni u prethodnim propisima. Piktogrami se vidno označavaju na etiketi (slika 2.24).






Na teritoriji Evropske unije od 1. decembra 2010. neke supstance i smješe označavale su se u skladu s novim zakonima, tj. novim piktogramima, ali su stari piktogrami bili na tržištu do 1. juna 2017. godine.

*Novi piktogrami opasnosti (GHS) prikazani su u tabeli 2.4.*

Tabela 2.4. Piktogrami opasnosti (GHS)

KLASE OPASNOSTI	GRAFIČKI PRIKAZ OPASNOSTI (PIKTOGRAM)	IZGLED PIKTOGRAMA	KATEGORIJE OPASNOSTI
1. Eksplozivna hemikalija GHS01		bomba koja eksplodira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eksplozivne</li> <li>• samoreagujuće</li> <li>• organski peroksidi</li> </ul>
2. Zapaljiva hemikalija GHS02		crn plamen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zapaljive</li> <li>• samoreagujuće</li> <li>• samozagrijavajuće</li> <li>• organski peroksidi</li> </ul>
3. Oksidirajuća hemikalija GHS03		plamen oko kruga	oksidirajuće
4. Gas pod pritiskom GHS04		položena crna boca	gas pod pritiskom
5. Korozivna hemikalija GHS05		epruvete s tečnošću koja se izliva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nagrizajuće za metale</li> <li>• nagrizajuće za kožu</li> <li>• teške ozljede oka</li> </ul>
6. Akutna otrovnost GHS06		lobanja i ukrštene kosti	akutna otrovnost 1–3

7. Štetna hemikalija GHS07		crni znak uzvika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• akutna otrovnost 4</li> <li>• iritirajuće za kožu i oko</li> <li>• toksičnost (otrovnost) za određeni organ</li> </ul>
8. Otrovnost i štetna hemikalija GHS08		silueta ljudskog poprsja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>senzibilizacija</b> udisanjem</li> <li>• <b>kancerogenost</b></li> <li>• <b>mutagenost</b></li> <li>• <b>teratogenost</b></li> <li>• toksičnost (otrovnost) za određeni organ</li> </ul>
9. Opasnost po životnu sredinu GHS09		mrtva riba uz drvo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opasnost po životnu sredinu</li> </ul>

**Senzibilizacija** je povećana osjetljivost.

**Kancerogena supstanca** je supstanca za koju je dokazano da izaziva tumor (rak, kancer).

**Mutagena supstanca** je supstanca koja dovodi do promjena u DNK strukturi.

**Teratogena supstanca** je supstanca koja može negativno da utiče na plod (fetus).

Oznake rizika prikazane su tabelom 2.5, a oznake bezbjednosti tabelom 2.6.

Tabela 2.5.

OZNAKE RIZIKA	
<b>R1</b>	Eksplozivno kada je na suvom
<b>R2</b>	Rizik od eksplozije pri udaru, trenju, plamenu ili izvoru vatre
<b>R3</b>	Veliki rizik od eksplozije pri udaru, trenju, plamenu ili izvoru vatre
<b>R4</b>	Gradi eksplozivna metalna jedinjenja
<b>R5</b>	Zagrijavanje može izazvati eksploziju

Tabela 2.6.

OZNAKE BEZBJEDNOSTI	
<b>S1</b>	Čuvati pod ključem
<b>S2</b>	Čuvati van domašaja djece
<b>S3</b>	Čuvati na hladnom mjestu
<b>S4</b>	Čuvati dalje od prostora u kome se boravi
<b>S5</b>	Sadržaj čuvati u _____ (odgovarajuću tečnost određuje proizvođač)

*Dobar oprez  
često vrijedi više  
nego dobar  
savjet.*

Narodna izreka

## 2.5.2. Bezbjednosni list

Prema zakonu o hemikalijama, bezbjednosni list je dokument koji prati hemikaliju od proizvođača do krajnjeg potrošača (korisnika).

Bezbjednosni list sadrži podatke o hemikaliji, i to: identifikaciju hemikalije, sastav, opis štetnosti, mjere prve pomoći, protivpožarne mjere, bezbjednosne mjere, rukovanje i skladištenje, zaštitne mjere, fizičke i hemijske osobine, stabilnost i reaktivnost, toksikološke podatke, ekološke informacije, bezbjednosne mjere pri odlaganju i pakovanju otpada, informacije o transportu, informacije o propisima, ostale podatke.



Slika 2.25. Pravilno pakovanje, obilježavanje i skladištenje hemijskog otpada

## 2.6. PRAVILNO RUKOVANJE I ODLAGANJE OTPADA NASTALOG PRILIKOM IZVOĐENJA HEMIJSKIH ISPITIVANJA

Pri izvođenju hemijskih ispitivanja javlja se otpad, kojim je neophodno pravilno rukovati i vršiti njegovo adekvatno skladištenje.



Sa razvojem civilizacije otpad postaje sve veći problem. Samo u Ujedinjenom Kraljevstvu godišnje se baci oko 70 miliona tona otpada, što je više od tone po glavi stanovnika. Otpad je zagađivač vazduha, vode i zemljišta. Za ljude, otpad koji se gomila predstavlja opasnost po zdravlje, ne samo time što pojedine vrste otpada trule, već i zato što predstavlja izvor hrane za pacove, buve i druge prenosioce zaraznih bolesti. Otpad uzrokuje tzv. ambijentalno zagađivanje jer ruži okolinu i neprijatno miriše.

Sve hemikalije moraju da se odlažu u skladu sa zakonima i propisima. Pri odlaganju hemijskog otpada, na posudama u koje se smješta, obavezno je napisati: datum odlaganja, količinu otpada, vrstu otpada i dr. (slika 2.25).

Iskorišćene hemikalije ne bacaju se u kantu za otpatke. Prazne kutije od hemikalija, kao i druge predmete, očistiti što je bolje moguće prije njihovog bacanja, tako da više ne predstavljaju opasnost.

Hemikalije koje više nijesu potrebne (ostaci u čašama) odmah odlagati. U suprotnom, može se desiti da se izgubi trag tim supstancama i da se više ne zna sadržaj u posudama.

U odvodne kanale i slivnike zabranjeno je bacanje hartije, vate, šibica, pijeska i drugih čvrstih predmeta, kao i izlivanje ostataka zapaljivih rastvarača,

reakcionih smješa, kiselina, baza, otrovnih i štetnih supstanci, viskoznih i ljepljivih materija, kao i tečnosti neprijatnog mirisa.

Pravilno razvrstavanje i odstranjivanje otpadnih hemikalija (vidjeti prilog 3) veoma je važno, kako sa stanovišta opšte bezbjednosti, tako i zbog zaštite okoline od zagađivanja.

Najvažnija su sljedeća pravila pri odlaganju hemikalija:

- Ostaci rastvora hemijskih jedinjenja odlažu se u metalne, posebno označene posude, a ostaci rastvarača u staklene boce s odgovarajućim natpisom.
- Otpadni rastvori koji sadrže korozivne kiseline sipaju se u čiste staklene boce, koje se drže na bezbjednom mjestu.
- Vodeni otpadni materijal, ukoliko ne sadrži otrove ili veliki sadržaj kiselina, ispušta se u slivnik koji se pritom dobro ispira vodom.
- Čvrsti otpaci stavljaju se u određene, označene posude.
- Otpaci natrijuma uništavaju se rastvaranjem u višestrukoj zapremini metanola, a krupniji komadi prenose se pincetom u posudu s kerozinom.
- Ostatak razlivena žive treba sakupiti, a površinu gdje je živa bila razlivena obraditi 20% rastvorom gvožđe(II)-hlorida ili sumpornim prahom.

Otpad koji je nastao u toku izvođenja hemijskih ispitivanja, treba pokušati neutralisati u samoj laboratoriji ako je to moguće. Na taj način stiču se uslovi da se odloži u posebne posude (ako je u pitanju čvrst otpad), nakon čega se odlaže na deponije ili se vrši ispuštanje u kanalizaciju (rastvori). Ostali otpad razdvaja se u laboratoriji i skladišti u posebne posude (kontejneri). Dalje se s tim otpadom postupa u skladu sa zakonskom regulativom, kojom je definisano odlaganje opasnih hemikalija (otpad treba da preuzmu ovlašćene organizacije kojima je to u opisu posla).

## **2.7. DEMONSTRACIJA POSTUPKA SKLADIŠTENJA ZADATE HEMIKALIJE, U SKLADU S ODGOVARAJUĆOM ZAKONSKOM REGULATIVOM**

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih oglada u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: demonstriraće vam se postupak skladištenja hemikalija

*Eksperiment koji opovrgava predviđanje jeste otkriće.*

Enriko Fermi

u skladu s odgovarajućom zakonskom regulativom; na konkretnom primjeru uvježbavaćete skladištenje hemikalija; na zadatom primjeru demonstriraće vam se praktična primjena stečenih znanja; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

Prije početka rada, neka pravila vezana za skladištenje hemikalija treba ponoviti.

Pri skladištenju hemikalija, neophodno je pridržavati se sljedećih procedura:

- Odložiti hemikalije za koje očekujete da neće biti potrebne u skorije vrijeme.
- Koristiti odobrene kontejnere; provjeriti da li su kontejneri za skladištenje neoštećeni i zapečaćeni.
- Odložiti hemikalije prije isteka roka, pratiti reaktivne hemikalije.
- Zamijeniti oštećene etikete prije nego što informacije izblijede ili se izbrišu.
- Pratiti pravila za bezbjedno skladištenje u magacinu ili laboratoriji.
- Izbjegavati čuvanje hemikalija na stolovima ili digestorima.
- Čuvati isparljive hemikalije u ormarima s ventilacijom (blizu digestora).
- Ako ventilacija nije potrebna, čuvati u ormarima koji se zatvaraju ili na polici s graničnikom kako bi se spriječilo klizanje.
- Ne izlagati skladištene hemikalije toploti ili direktnoj Sunčevoj svjetlosti.
- Pridržavati se svih mjera predostrožnosti u vezi sa skladištenjem nespojivih hemikalija (obratiti pažnju na grupe hemikalija za skladištenje).
- Skladištenje visokotoksičnih hemikalija vršiti u ormarima s otvorom, ispod ventilacionog otvora prostorije za skladištenje. Ti ormari treba da se zaključavaju i da su jasno označeni (vidljivim znakom).
- Koristiti specijalne frižidere za skladištenje hemikalija.
- Imati sistem protivpožarne zaštite (prskalice).
- Čuvati lako zapaljive hemikalije u ormarima koji su predviđeni za njih ili na policama u posebnim prostorijama.
- Ograničiti pristup prostorijama za skladištenje.
- Ne stavljati teške hemikalije, tečne hemikalije i velike količine vode na visoke police.
- Ne skladištiti hemikalije na vrhove ormara.
- Ne skladištiti hemikalije na pod, čak ni privremeno.
- Ne čuvati hemikalije u digestorima, osim kada se koriste za rad.
- Ne skladištiti hemikalije iznad visine očiju.
- Ne skladištiti hemikalije uz hranu i piće.
- Ne skladištite hemikalije u frižiderima koje zaposleni u laboratoriji koriste za hranu i piće.

### **PRAKTIČNI ZADATAK – Skladištenje hemikalija**

alkohola, acetona, etra, fenola, sulfatne kiseline, sirćetne kiseline, mravlje kiseline, natrijum-hidroksida (tečnog), vodonik-peroksida (>30%), oksalne kiseline, indikatora mureksida.

**Aktivnost 1:** Ponoviti procedure kojih se moramo pridržavati prilikom skladištenja hemikalija.

**Aktivnost 2:** Pročitati etiketu na pakovanju hemikalije i vidjeti kojoj klasi opasnih hemikalija pripada (obratiti pažnju na piktograme opasnosti).

**Aktivnost 3:** U zavisnosti od vrste hemikalije, pristupiti njenom skladištenju (obratiti pažnju kojoj grupi hemikalija za skladištenje pripada i koje se hemikalije mogu skladištiti jedna s drugom).

**Aktivnost 4:** Izvršiti skladištenje alkohola, acetona, etra, fenola, sulfatne kiseline, sirćetne kiseline, mravlje kiseline, natrijum-hidroksida (tečnog), vodonik-peroksida (>30%), oksalne kiseline, indikatora mureksida.

#### **Diskusija, zaključci:**

1. Koje se procedure moraju poštovati pri skladištenju hemikalija?
2. Kako ste izvršili skladištenje navedenih hemikalija?
3. Koje ste hemikalije mogli zajedno skladištiti?



### **PROJEKTI ZADATAK**

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključaka o značaju i načinu skladištenja hemikalija u laboratoriji. Formirajte četiri ili pet grupa učenika koje imaju zadatak da osmisle aktivnosti kroz koje će izvršiti skladištenje različitih hemikalija u laboratoriji. Tokom planiranja aktivnosti primijeniti metodu istraživačkog rada kako bi se došlo do neophodnih podataka. Posebnu pažnju obratiti na: a) procedure kojih se treba pridržavati pri skladištenju hemikalija, b) piktograme opasnosti koji se nalaze na bocama hemikalija.

U saradnji s nastavnikom izvesti planirane aktivnosti. Nakon izvedenih aktivnosti svih grupa, prikupljene podatke, zapažanja i zaključke prezentovati ostatku odjeljenja na narednim časovima na različite načine: usmeno, pomoću table, hamera, projekcionog platna i slično.

Nakon izlaganja izvesti zaključke o značaju pravilnog čuvanja i skladištenja hemikalija, kao i o podudaranju teorije i prakse u vezi s ovom temom.

**Napomena:** Ukoliko se navedene aktivnosti ne mogu izvesti u školskoj laboratoriji usljed nedostatka adekvatnog prostora za skladištenje hemikalija, projekat realizovati u nekoj hemijskoj laboratoriji uz nadzor zaposlenih u laboratoriji i nastavnika.





## 2.8. PROVJERI SVOJE ZNANJE

1. Navedi pribor za zagrijavanje u laboratoriji.

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

2. Navedi razliku između plamenika po Bunzenu i po Teklu.

---

---

---

3. Navedenu laboratorijsku opremu za zagrijavanje povezati s temperaturom zagrijavanja (°C):

Tabela. Temperatura zagrijavanja u zavisnosti od vrste korišćene laboratorijske opreme za grijanje

Laboratorijska oprema za zagrijavanje	Temperatura (°C)
Bunzenov plamenik	do 250
pješčano kupatilo	do 1200
uljano kupatilo	> 250
sušnica	do 100
peć za žarenje	20–250
vodeno kupatilo	1600

4. Navedi razlike između sušnica i električnih peći.

---

---

---

5. Što su hemikalije, a što reagensi?

---

---

---

6. Koji se stepeni čistoće koriste za označavanje hemikalija?

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_

e. \_\_\_\_\_

7. Što sadrži fabrička etiketa hemikalije?

---

---

---

8. Što su reagens-boce, i koje se vrste koriste?

---

---

---

9. Uporedi skladištenje hemikalija i reagenasa.

---

---

---

10. Kako se klasifikuju opasne hemikalije?

---

---

---

11. Kako se označavaju opasne hemikalije?

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

12. Što je bezbjednosni list, i koje podatke sadrži?

---

---

---

13. Kako se vrši odlaganje otpadnih hemikalija?

---

---

---

14. Pronađi kod kuće bar tri proizvoda sa istaknutim piktogramom opasnosti. Obrazloži koje informacije o proizvodu možeš iščitati iz uočenog piktograma.

15. Što znači ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. mogućnost eksplozije
2. meta za pucanje
3. može da dovede do pojave karcinoma
4. izaziva teške opekotine kože



16. Na kom proizvodu možete naći ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. na pirotehničkim sredstvima
2. na benzinu
3. na kokicama
4. na deterdžentima za mašinsko pranje veša



17. Na kojim se proizvodima često može naći ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. luksuzni nakit
2. deterdžent za pranje suđa
3. šamponi za kosu
4. boce pod pritiskom



18. Na kojim se proizvodima nalazi ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. sredstva za čišćenje odvoda
2. sredstava za pranje ruku
3. kozmetička sredstva
4. sredstva za gašenje požara



19. Što znači ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. suša
2. zabranjen ribolov
3. opasnost po životnu sredinu
4. pažnja – kontaminirano područje



20. Što uraditi s proizvodom koji sadrži ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. popiti ga
2. ne koristiti ga
3. postupati oprezno – smrtonosno ako se proguta, udiše ili dođe do kože
4. zabranjeno pušenje – držati dalje od izvora toplote



21. Na kom se proizvodu može vidjeti ovaj simbol? Zaokruži tačan odgovor.

1. na benzinu
2. na aparatu za gašenje požara
3. na sosu marke „Tabasco“
4. na proizvodima za čišćenje odvoda



22. Koja je razlika između ova dva simbola? Zaokruži tačan odgovor.

1. isti su, simbol na desnoj strani je starija verzija
2. lijevo: zapaljivo; desno: može pojačati već postojeći plamen
3. lijevo: zapaljeni grm; desno: vatreni prsten
4. lijevo: može pojačati već postojeći plamen; desno: zapaljivo



23. Ovaj simbol predstavlja različite opasnosti po zdravlje. Što je od navedenog tačno? Zaokruži tačan odgovor

1. može izazvati alergijsku reakciju na koži
2. ne koristiti tokom vožnje
3. zabranjen ulaz, privatno vlasništvo
4. izaziva teške opekotine kože i oka



24. Koja je razlika između ova dva simbola? Zaokruži tačan odgovor.

1. lijevo: zapaljivo; desno: može pojačati već postojeći plamen
2. imaju isto značenje, simbol na desnoj strani je stara verzija
3. lijevo: može pojačati već postojeći plamen; desno: zapaljivo
4. lijevo: toksično; desno: opasnosti od UV zračenja





## REZIME

U hemijskim laboratorijama koriste se različiti izvori toplote: gasovita goriva i električna energija, a od laboratorijske opreme za zagrijavanje se koriste: grijalice (plamenici), kupatila (vodeno, vazdušno, pješčano, uljano) i električni grijači (rešoi, sušnice, električne peći i dr.).

Plamenici koje se najčešće koriste jesu Bunzenov i plamenik po Teklu. Kod Bunzenovog plamenika omogućeno je regulisanje samo dovoda vazduha, a ne i gasa. Plamenik po Teklu omogućava istovremeno regulisanje dovoda gasa i vazduha. Za ravnomjerna zagrijavanja u laboratoriji se koriste kupatila. Vodeno kupatilo koristi se za zagrijavanje do 100 °C, uljano do 250 °C, pješčano iznad 250 °C. Električni rešoi koriste se za zagrijavanje tečnosti u sudovima s ravnim dnom, električne sušnice koriste se za sušenje u opsegu temperature od sobne do 250 °C, a električne peći za žarenje supstanci do 1200 °C.

Hemikalija je supstanca koja se proizvodi u hemijskoj industriji u obliku hemijskih elemenata i jedinjenja, a reagens je hemikalija koja se koristi za izvođenje oglada. Hemikalije koje se koriste u laboratoriji moraju imati etiketu, koja sadrži određene podatke u vezi s hemikalijom, i to: hemijsko ime, formulu i komercijalni naziv hemikalije, oznake opasnosti (grafički prikaz), težinu pakovanja, oznake upozorenja (oznake R), oznake obavještenja (oznake S), način skladištenja i rukovanja, rok upotrebe, naziv proizvođača i dr. Skladištenje hemikalija izvodi se u zavisnosti od toga kojoj grupi data hemikalija pripada (u posebnim prostorijama i ormarima).

Reagensi se čuvaju u reagens-bocama koje se izrađuju od stakla, plastike i rjeđe od metala. Supstance koje su osjetljive na svjetlost, čuvaju se u tamnim bocama. Skladištenje reagenasa vrlo je značajno, i izvodi se u određenim ormarima, u zavisnosti od vrste reagensa. Prema pravilniku o hemikalijama, opasne hemikalije dijele se na sljedeće grupe: jako otrovne, otrovne, štetne, nagrizajuće (korozivne), nadražujuće, eksplozivne, oksidirajuće, zapaljive, samozapaljive i opasne po životnu sredinu. Opasne hemikalije označavaju se određenim znakovima opasnosti – piktogramima (simbolom i bojom), oznakama upozorenja ili rizika (R) i oznakama obavještenja o mjerama predostrožnosti ili oznakama bezbjednosti (S). Koriste se stari i novi piktogrami (GHS).

Bezbjednosni list je dokument koji prati hemikaliju od proizvođača do krajnjeg potrošača (korisnika), i sadrži važne podatke u vezi s hemikalijom. Nakon izvršenog hemijskog ispitivanja veoma je važno da se nastali otpad pravilno odloži, kako ne bi ugrozio život čovjeka i uzrokovao zagađenje životne sredine.

# 3. Priprema laboratorijskog posuđa, pribora i opreme za određenu hemijsku analizu



## RAZMISLI I ODGOVORI

1. Posuđe koje koristimo u kuhinji – namijenjeno pripremanju hrane, kuvanju ili čuvanju namirnica – najmanje se mijenjalo kroz istoriju. Tokom vremena mijenjali su se materijali od kojih je izrađivano kuhinjsko posuđe i pribor. Od kojih je materijala izrađeno posuđe i pribor koji koristite u kuhinji? Navedi primjere posuđa i pribora izrađenih od istog materijala, te uporedi prednosti i nedostatke tih materijala.

2. Kada su kućni poslovi u pitanju, najčešće se vodi polemika oko toga da li je bolje suđe prati ručno ili koristiti mašinu. Uporedi ova dva postupka pranja posuđa imajući u vidu potrošnju vode i deterdženta za pranje, utrošeno vrijeme i efekte pranja.

3. Kako bi sačuvali vino od kvarenja u najrazličitijim posudama, vinari su kroz istoriju zatvarali posude čepovima od smole, krede, drveta i djelovima biljaka, da bi najzad pobjedu odnijeli čepovi od plute. Narodna izreka kaže: „Svaki lonac ima svoj poklopac.“ Od kojeg su materijala napravljeni poklopci na ambalaži u koju je upakovana hrana (tegla, boce, limenke), a od kojeg su materijala izrađeni poklopci za posude u kojima se nalaze sredstva za održavanje higijene?

## U OVOM POGLAVLJU NAUČIĆEŠ DA:

- opišeš laboratorijsko posuđe i pribor i njihovu namjenu
- demonstriraš postupke pripreme laboratorijskog pribora za hemijsku analizu
- demonstriraš postupke pranja i čišćenja laboratorijskog posuđa
- objasniš postupke pravilnog sušenja laboratorijskog posuđa i pribora
- održavaš laboratorijsko posuđe od različitog materijala po odgovarajućoj proceduri za potrebe izvođenja hemijskih ispitivanja
- demonstriraš postupke provjere funkcionalnosti i podešavaš laboratorijsku opremu za izvođenje hemijskih analiza.

*Staklo se lomi  
ako ga čovjek drži  
suviše nesigurno  
ili suviše čvrsto.*

Ruska izreka

## 3.1. LABORATORIJSKO POSUĐE

Za izvođenje hemijskih analiza pri eksperimentalnom radu koristi se različito laboratorijsko posuđe: epruvete, čaše, baloni, pipete, birete, kondenzatori, eksikator i dr. Svaki od ovih sudova služi određenoj svrsi, pa se u zavisnosti od namjene izrađuju od različitih materijala: stakla, plastike, porcelana.

### 3.1.1. Laboratorijsko posuđe od stakla

Većina hemijskih reakcija izvodi se u staklenom posuđu, jer je staklo inertan materijal i lako se održava u čistom stanju. Osnovna sirovina za proizvodnju stakla jeste silicijum(IV)-oksid ( $\text{SiO}_2$ ). Vrste stakla zavise od dodataka pomoću kojih možemo mijenjati osobine i izgled stakla.



Postoje dva procesa stvaranja stakla. Prvi je kombinacija vulkanskih aktivnosti, a drugi je udar groma u silicijumski pijesak. Kasnije se obrađuje zagrijavanjem i topljenjem u staklarskim pećima, a zatim oblikuje posebnim instrumentima.

U hemijskim laboratorijama upotrebljavaju se tri vrste stakla (šema 3.1):

- obično staklo
- hemijsko staklo
- kvarcno staklo.

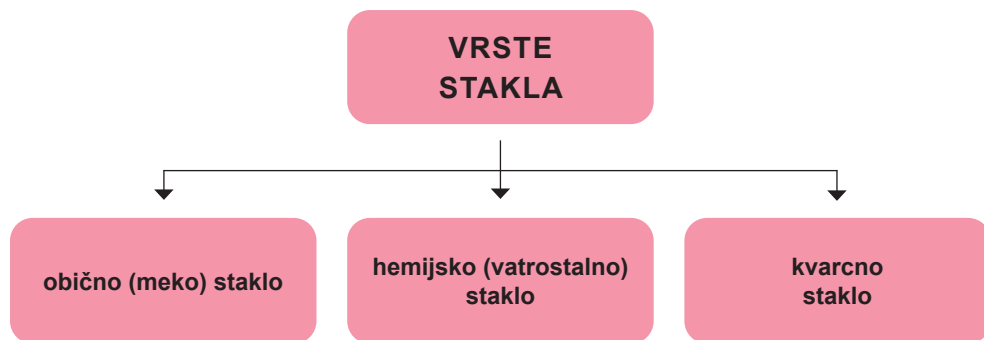


Staklo je materijal vrijedan pažnje, što zbog podjednog načina obrade, što zbog širokog spektra proizvoda koji se od njega mogu dobiti.

Jedan od proizvoda jeste i čuveno venecijansko staklo murano, koje se pravi na istoimenom ostrvu u venecijanskom zalivu. Figure i komadi namještaja od ove vrste stakla uvijek su na cijeni i traženi.



Slika 3.1.



Šema 3.1. Vrste stakla



Slika 3.2. Laboratorijsko posuđe od stakla

### Obično staklo

Obično staklo pored silicijum(IV)-oksida sadrži još i natrijum i kalijum-oksid. Nazivamo ga još i natrijumovo ili meko staklo. Ovo staklo ne podnosi velike promjene temperature, pa se ne smije zagrijavati. Od ovog stakla izrađuju se boce za čuvanje tečnih i čvrstih reagenasa, menzure, lijevci, Petrijeve šolje, sahatna stakla, pneumatske kade, eksikator, normalni sudovi, pipete, birete, piknometri i dr.

### Hemijsko staklo

Ovo staklo uz silicijum(IV)-oksid sadrži najčešće aluminijum i bor-oksid. Često se za njega koristi naziv laboratorijsko ili vatrostalno staklo. Ima bolju otpornost prema promjeni temperature, zbog čega se smije zagrijavati. Ima veću tvrdoću od običnog stakla. Otporno je na djelovanje hemikalija kao što su kiseline, baze i rastvori soli. Rastvara se jedino u fluorovodoničnoj kiselini, dok



ostale hemikalije neznatno djeluju na staklo. Hemijsko staklo pogodno je za izradu hemijskog posuđa i za izvođenje eksperimenata, iz nekoliko razloga: nije zapaljivo, otporno je na visoke temperature i otporno je na djelovanje većine hemikalija. Osim toga, prozirno je i možemo vidjeti što se događa tokom eksperimenta. Najpoznatije vrste vatrostalnog stakla su: PYREX (američko – englesko – francusko staklo), DURAN i JENA (njemačko staklo) i BORAL (hrvatsko staklo).

Od hemijskog stakla proizvode se epruvete, okrugli baloni, hladnjaci, erlenmajeri, baloni za destilaciju i dr. (slika 3.2).

### Kvarcno staklo

Kvarcno staklo po svom sastavu je čisti silicijum(IV)-oksid. Ono je oko 10 puta skuplje od hemijskog stakla. Koristi se u posebnim prilikama, kada je potrebna velika čistoća (za instrumentalne metode). Otporno je na visoke temperature, ali i na nagle promjene temperature. Može se zagrijano staviti u hladnu vodu a da ne dođe do pucanja. Od njega se izrađuje različito posuđe koje se upotrebljava u naučnim i bolničkim laboratorijama, gdje je potrebna naročita tačnost.

### Epruvete

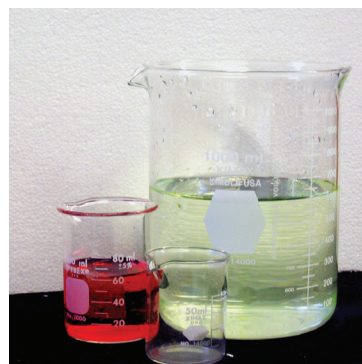
Spadaju u osnovni laboratorijski pribor. To su mali cilindrični sudovi različitih dimenzija u zavisnosti od svrhe upotrebe (slika 3.3). Mogu se koristiti za izvođenje hemijskih reakcija mokrim i suvim putem, kao i za zagrijavanje manje količine reagensa direktno na plamenu.

### Čaše

Čaše se izrađuju u dva osnovna oblika, kao niske i kao visoke (slika 3.4). Svaka čaša ima mali izliv (ispust) koji omogućava lakše izlivanje sadržaja. Ima ih različitih veličina, a za rad se izabere takva da rastvor zauzima najviše 2/3 njene zapremine. Čaše se koriste za izvođenje hemijskih ogleda (za miješanje, rastvaranje, taloženje i dr.) i za zagrijavanje većih količina reagensa. Zagrijavanje se vrši preko azbestne mrežice.



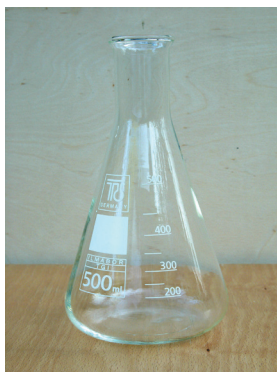
Slika 3.3. Epruvete



Slika 3.4. Čaše

## Erlenmajeri

Izrađuju se u različitim veličinama, imaju ravno dno, a gornji dio im je sužen (slika 3.5). Mogu biti s uskim ili širokim grlom. Erlenmajeri sa širokim grlom se koriste za **titracije**, a oni s uskim za zagrijavanje kod nekih reakcija ili kao sastavni dio različitih aparatura. Zagrijavanje se vrši preko azbestnih mrežica.



Slika 3.5. Erlenmajer



Slika 3.6.(a) Lijevak za cijeđenje



(b) Lijevak za odvajanje

**Titracija** je postupak kod analitičkih određivanja. Rastvor poznate koncentracije (titracioni rastvor) kaplje iz birete u sadržaj erlenmajera u kome se nalazi rastvor nepoznate koncentracije.

**Ekstrakcija** je izdvajanje supstanci iz homogene smjese na osnovu njihove različite rastvorljivosti u različitim rastvaračima koji se međusobno ne miješaju.

## Lijevak

Lijevci služe za presipanje tečnosti, za cijeđenje i za filtriranje (slika 3.6). Mogu biti različitih prečnika i oblika, zavisno od namjene. Za presipanje praškastih materija koristi se lijevak s kratkim vratom. Sem običnih, postoje i lijevci za odvajanje. Svi imaju brušeni stakleni čep. Na vratu imaju slavine kroz koje se ispušta tečnost iz lijevka. Lijevci za odvajanje koriste se za **ekstrakciju** i za odvajanje tečnosti koje se međusobno ne miješaju.



Slika 3.7. Retorta

## Retorte

Retorte (slika 3.7) izrađene su od teško topivog stakla, a koriste se za reakcije sa čvrstim supstancama.

## Baloni

Baloni se izrađuju u različitim veličinama (slika 3.8). Mogu imati ravno ili okruglo dno. Grlo balona može biti usko i dugačko, ili široko i kratko, što zavisi od svrhe upotrebe balona.

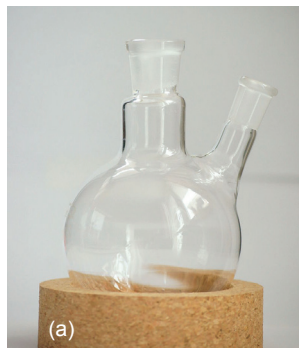
Baloni se koriste za zagrijavanje pri hemijskim reakcijama ili kao sastavni dio neke složenije aparature. Zagrijavanje balona vrši se preko azbestne mrežice.

Baloni s okruglim dnom mogu imati više grla, pa govorimo o dvogrlim ili trogrlim



Slika 3.8. Baloni

balonima (slike 3.9a i b). Baloni za destilaciju imaju okruglo dno i dugo usko grlo. Od grla se ukoso nadolje pruža bočna cijev, koja služi za odvođenje para supstance koja zagrijavanjem isparava.



Slika 3.9. (a) Dvogrli balon;  
(b) Trogrli balon

### Špric-boca (boca štrcaljka)

Špric-boca je balon s ravnim dnom i dugim grlom (slika 3.10). Zatvorena je gumenim čepom kroz koji prolaze dvije cijevi. Kada se ustima duva vazduh u širu cijev, tanak mlaz vode izlazi iz kapilarne cijevi. Koristi se za ispiranje taloga i posuđa.



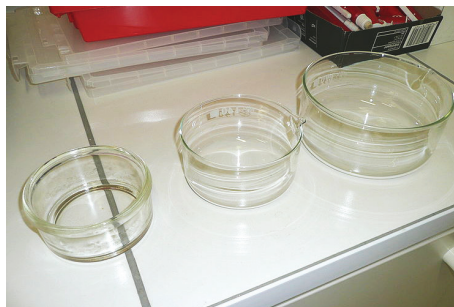
Slika 3.10. Špric-boca

### Kristalizacione šolje (šolje za kristalizaciju)

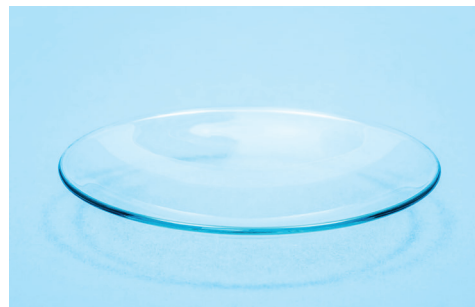
Šolje za kristalizaciju (slika 3.11) su niske, široke, staklene čaše koje se koriste za izdvajanje čvrstih supstanci iz rastvora, u obliku kristala.

### Sahatno staklo

Sahatno staklo (slika 3.12) koristi se za odlaganje preparata radi njihovog sušenja, za vaganje praškastih uzoraka ili za prekrivanje čaša u kojima se odvija kristalizacija kako bismo spriječili zagađenja prašinom.



Slika 3.11. Šolje za kristalizaciju



Slika 3.12. Sahatno staklo

### Hladnjaci (kondenzatori)

Hladnjaci su dijelovi aparature za **destilaciju** u kojima se kondenzuju pare (slika 3.13). Njihova konstrukcija zavisi od tačke ključanja tečnosti. Za tečnosti s tačkom ključanja iznad 160 °C koristi se vazdušni hladnjak, dugačka cijev koja je na jednom kraju proširena zbog spajanja s balonom za destilaciju. Za kondenzovanje pare tečnosti s tačkom ključanja ispod 100 °C koristi se Libigov hladnjak, kod kojeg se uzana cijev za sprovođenje pare nalazi u sredini šire



cijevi kroz koju protiče voda. Voda hladi paru koja prolazi kroz unutrašnju cijev i kondenzuje je. Za tečnosti s tačkom ključanja između 100 °C i 160 °C koristi se Liebigov hladnjak koji je ispunjen vodom koja ne teče.

Slika 3.13. Hladnjaci

**Destilacija** je postupak razdvajanja tečnosti na osnovu razlike u tačkama ključanja.

**Vakuu** je prazan prostor u kome nema nikakvog gasa ili je gas sasvim razrijeđen; to je prostor u kojem je pritisak niži od atmosferskog pritiska.

## Kolone za frakciono razdvajanje tečnosti

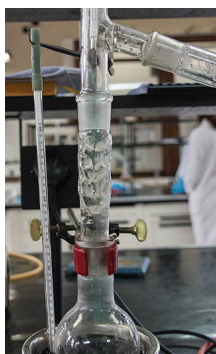
Kolone se izrađuju od kvalitetnog stakla, i koriste se za frakciono razdvajanje tečnosti koje imaju blisku tačku ključanja (slika 3.14). U kolonama se kondenzuju iz smješe para sve komponente osim one koja ima najnižu tačku ključanja. Na koloni se nalazi odvodna bočna cijev. Konstrukcija kolone takva je da povećava površinu hlađenja.

## Nastavci za destilaciju (lule)

Nastavci za destilaciju (slika 3.15) služe za sprovođenje kondenzovane tečnosti iz hladnjaka u prihvatni sud.

## Vakuu-boca

Vakuu-boca koristi se pri radu sa vakuumom (slika 3.16). Konusnog je oblika, i na bočnom zidu ima cjevčicu na koju priključujemo vakuum-pumpu. Izrađuje se od stakla debelih zidova.



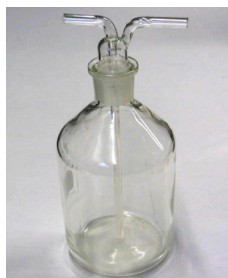
Slika 3.14. Kolona za frakciono razdvajanje tečnosti



Slika 3.15. Nastavci za destilaciju



Slika 3.16. Vakuu boca



## Ispiralica

Ispiralica služi za prečišćavanje i sušenje gasova (slika 3.17). Cilindričnog je oblika i zatvorena je šlifovanim zaptivačem koji ima dvije cijevi: dugu (dopire do dna posude) i kratku (odvodna cijev). U ispiralicu se sipa sredstvo za sušenje ili prečišćavanje gasa.

Slika 3.17. Ispiralica



### Kalcijum-hloridna cijev

Kalcijum-hloridna cijev služi za prečišćavanje i sušenje gasova (slika 3.18). Izrađuje se u dva oblika: kao cijev oblika U, i kao cijev s dva različita prečnika i kuglastim proširenjem u sredini.

Slika 3.18. Kalcijum-hloridna cijev

**Dehidrataciono sredstvo** je sredstvo za sušenje, oduzimanje vode.

### Eksikator

Eksikator se koristi za hlađenje vrućih predmeta i hemikalija u suvoj atmosferi, gdje su zaštićeni od vlage (slika 3.19). Može se koristiti i za sušenje vlažnih uzoraka. Eksikator je izrađen od debelog stakla, a sastoji se od posude i poklopca koji sprečava ulazak vlage. Posuda je podijeljena na dva dijela. U donjem se nalazi sredstvo za sušenje (silikagel, fosfor(V)-oksid ili anhidrovani kalcijum(II)-hlorid), a u gornjem se nalazi porcelanska ploča s otvorima u koje se stavljaju porcelanski lončići ili zdjelice prilikom hlađenja do temperature okoline. Poklopac hermetički zatvara eksikator ukoliko je dobro podmazan. Eksikator se otvara samo pri stavljanju i uzimanju supstanci jer se dužim stajanjem otvorenog eksikatora smanjuje moć sušenja **dehidratacionog sredstva**.



Slika 3.19. Eksikator



Slika 3.20. Petrijeva šolja



Slika 3.21. Posudice za vaganje

**Mikrobiologija** je nauka koja proučava mikroorganizme.

### Petrijeva šolja

Petrijeva šolja najviše se koristi u **mikrobiologiji** za uzgajanje različitih kultura mikroorganizama (slika 3.20). U hemijskoj laboratoriji koristi se za čuvanje uzoraka radi sušenja ili za vaganje praškastih uzoraka.

### Posudica za vaganje (vegeglas)

Posudice za vaganje (slika 3.21) uvijek imaju poklopac koji dobro prianja na grlo posudice kako u nju ne bi ulazila vlaga. Koriste se za čuvanje i vaganje čvrstih uzoraka, kao i za sušenje uzoraka u sušnici.



Slika 3.23. (a) Trbušasta pipeta; (b) Graduirana pipeta

## Menzure

Menzure ili graduirani cilindri jesu stakleni cilindrični sudovi s kljunom za izlivanje tečnosti (slika 3.22). Služe za približno ili grubo odmjeravanje zapremine tečnosti. Izrađuju se u različitim veličinama, od 5 do 2000 ml.



Slika 3.22. Menzura

## Pipete

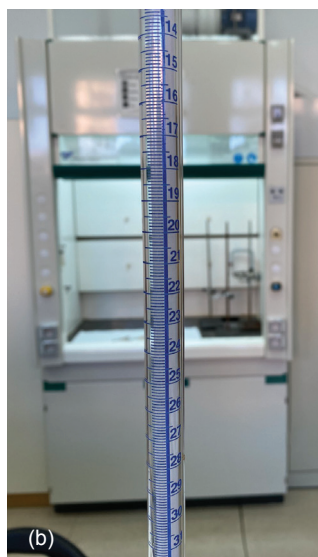
Pipete su uzane staklene cijevi čiji je donji dio sužen u kapilaru (slika 3.23). Izrađuju se za zapremine od 1 do 100 ml. Razlikuju se *trbušaste* (a) i *graduirane* pipete (b).

*Trbušaste pipete* upotrebljavaju se kada je potrebno uzeti i prenijeti tačnu zapreminu tečnosti. Na gornjem suženom dijelu pipete nalazi se ugravirana tanka crta ili kružna oznaka koja označava do kojeg nivoa treba pipetu napuniti tečnošću. Ta zapremina tečnosti označena je na trbušastom dijelu pipete.

*Graduirane pipete* imaju skalu podijeljenu na jedinice i desetine mililitara. Koriste se za odmjeravanje različitih zapremina tečnosti. To su ravne cilindrične cijevi bez ikakvog proširenja.

## Birete

Birete su staklene graduirane cijevi jednakog prečnika a na donjem dijelu sužene u kapilaru (slika 3.24). Na suženom dijelu nalazi se slavina za ispuštanje tečnosti koja se završava kapilarnom. Koriste se za tačno mjerenje zapremine tečnosti, kao i za titraciju kod **volumetrijske analize**. Izrađuju se u različitim veličinama, od 2,5 pa do 100 ml.



Najčešće se koristi bireta od 50 ml s podjelom na 0,1 ml.

Razlikuju se dvije vrste bireta:

*bireta po Moru* (koja ima skalu na običnoj cijevi) i *bireta po Šelbahu* (koja nasuprot skale ima mliječnu pozadinu na kojoj je plava linija).

Slika 3.24. (a) Bireta po Moru; (b) Bireta po Šelbahu

## Volumetrijska analiza

jedan je od najčešće primjenjivanih klasičnih analitičkih postupaka. Suština volumetrijske analize sastoji se u tome da se poznatoj zapremini ispitivane supstance, čija je koncentracija nepoznata, dodaje rastvor poznate koncentracije kojim se vrši analiza. Rastvor se dodaje iz birete, do završetka hemijske reakcije. Iz utrošene zapremine rastvora koji se dodaje iz birete, izračuna se koncentracija ispitivane supstance.

### Normalni sudovi (mjerni baloni)

To su baloni ravnog dna s dugim uskim vratom, koji se završava brušenim grlom u koji ulazi brušeni čep (slika 3.25). Svaki normalni sud ima čep koji odgovara samo njemu, pa je potrebno paziti da se čepovi ne razbiju ili izgube jer tada normalni sud postaje neupotrebljiv. Čep se uvijek odlaze na ravni čeonu dio. Izrađuju se za zapremine od 5 do 2000 ml. Na vratu normalnog suda nalazi se prstenasta oznaka zapremine (marka). Najčešće služe za pripremanje rastvora, odnosno za precizno mjerenje zapremine.



Slika 3.25. Normalni sudovi

## 3.1.2. Laboratorijsko posuđe od plastike

Za čuvanje i rad sa supstancama koje nagrizaju staklo (npr. fluorovodonična kiselina, natrijum-hidroksid) ili se na njemu adsorbuju (kalijum-permanganat) koriste se plastični sudovi: čaše, epruvete, erlenmajeri, menzure, pipete, normalni sudovi (slika 3.26).

Plastika ili plastične mase predstavljaju sintetičke materijale proizvedene od sintetičkih ili polusintetičkih smola i različitih dodataka (punioči, omekšivači, stabilizatori i pigmenti) koji se u toku prerade nalaze bar povremeno u plastičnom stanju.

Usljed relativno niske cijene, lakoće proizvodnje, mnogostranosti i nepropustivosti za vodu, plastični materijali koriste se za proizvodnju velikog opsega proizvoda, od spajalica do svemirskih brodova.

Plastika je već zamijenila mnoge tradicionalne materijale, kao što su drvo, kamen, papir, metal, staklo i keramika, u velikom broju oblika njihove ranije upotrebe. Zbog svojih mehaničkih osobina i mogućnosti oblikovanja, plastične mase potisnule su mnoge druge materijale, pa je industrija plastičnih masa u stalnom porastu.



Do danas je proizvedeno 8,3 milijardi tona plastike. Veoma ju je teško reciklirati zbog njenih osobina i kvaliteta njenih hemijskih jedinjenja. Kada se reciklira, plastika gubi svoje osobine – nije više elastična i lako se lomi. Plastika se zapravo ne razgrađuje. Ona se usitnjava u mikrokomadiće manje od pet milimetara, možemo ih pronaći u kozmetici i pastama za zube, u sokovima i vodi koja se prodaje u plastičnim bocama.

Termin „Plastic soup“ podrazumijeva ogromna plastična ostrva koja plutaju okeanima. Najveće plastično ostrvo veličine je 16 miliona metara kvadratnih. Naučnici su ovo plastično zagađenje okeana otkrili još 60-ih godina XX vijeka.



Laboratorijsko posuđe od plastike otporno je na hemikalije, i ima manju masu u odnosu na druge materijale sličnih osobina.

Laboratorijsko posuđe izrađuje se od polietilena (prilično mekan), polipropilena (čvršći i ima višu tačku topljenja) ili od politetra-fluor-etilena (teflona) koji je i hemijski vrlo inertan materijal.

Slika 3.26. Laboratorijsko posuđe od plastike

### 3.1.3. Laboratorijsko posuđe od porcelana



Dinastija Han, koja je vladala od 206. g. p. n. e. pa sve do 220. godine nakon Hrista, prva je koja je proizvela porcelan a potom ga i distribuirala.

Za razliku od obične keramike, porcelan je poluprozirna keramika, pa se baš zato i koristi kao materijal za pravljenje zuba.

Od porcelana se izrađuju razni servisi za jelo, vaze, kao i drugi ukrasni predmeti za domaćinstvo. Koristi se i u hemijskim laboratorijima za lončiče i zdjelice, a u elektrotehnici kao izolacioni materijal.

Osnovna sirovina za proizvodnju porcelana jeste glina, koja može imati različit sastav i različite osobine. Osnovna osobina svih minerala koji ulaze u sastav gline jeste slojevita građa i sposobnost da na svoju površinu i između slojeva apsorbiraju vodu. Zbog toga glina u vodi nabubri i postaje hidroplastična, tj. prikladna za oblikovanje. Nakon oblikovanja glineni proizvodi se suše na vazduhu a zatim peku na povišenoj temperaturi. Voda postepeno isparava, a glina se steže i očvrstne.

Porcelan podnosi visoke temperature i uglavnom se koristi za izradu laboratorijskog posuđa koje se može zagrijavati na visokim temperaturama. Zagrijavanje se vrši postepeno – prvo slabijim, a zatim jačim plamenom. Zagrijano posuđe



mora se hladiti postepeno na vazduhu. Nije dozvoljeno prisilno hlađenje jer će doći do pucanja. U porcelansko posuđe ne smiju se stavljati jake kiseline ili jake baze jer može doći do nagrivanja odnosno oštećenja posuđa. Od porcelana se izrađuju šolje za uparavanje, lončići za žarenje, avani s tučkom, Bihnerov (Büchnerov) lijevak i sl.

### Porcelanske šolje za uparavanje

Porcelanske šolje za uparavanje jesu niske šolje sa širokim otvorom koje su izrađene od finog tankog porcelana (slika 3.27). Služe za uparavanje i ukuvavanje rastvora i blago žarenje suvog ostatka. U njima se može vršiti rastvaranje i taloženje.

### Porcelanski lončići

Porcelanski lončići izrađuju se od finog, tankog, glaziranog porcelana (slika 3.28). Izrađuju se u različitim veličinama. Mogu biti uski i široki u zavisnosti od upotrebe. Koriste se za žarenje čvrstih supstanci na visokim temperaturama.



Slika 3.27. Porcelanske šolje za uparavanje



Slika 3.28. Porcelanski lončići



Slika 3.29. Porcelanski avan s tučkom

### Porcelanski avan s tučkom

Porcelanski avan izrađuje se od debelog neglaziranog porcelana (slika 3.29). Koristi se za drobljenje i sitnjenje čvrstih materija male tvrdoće. Drobljenje i sitnjenje vrši se pomoću tučka, i to kružnim pritiskom, a ne udaranjem.

### Bihnerov lijevak

Bihnerov lijevak izrađuje se od nešto debljeg glaziranog porcelana (slika 3.30). Lijevak se koristi za vakuumsku filtraciju. Ima ravno rupičasto dno, na koje se postavlja kružno izrezan filter-papir. Papir mora pokriti sve rupice na dnu, ali ne smije dodirivati ivice lijevka kako ne bi dolazilo do podlijevanja rastvora.



Slika 3.30. Bihnerov lijevak

## 3.2. LABORATORIJSKI PRIBOR

*Gvožđe reže i  
drvo i kamen, ali i  
njega rđa jede.*

Narodna izreka

Pored laboratorijskog posuđa, za uspješan rad u laboratoriji neophodan je i laboratorijski pribor. On je raznovrstan, kako po obliku, veličini i namjeni, tako i po materijalu od kojeg je napravljen. Za izradu laboratorijskog pribora najčešće se koriste metal, drvo i plastika.

Metalni pribor može biti izrađen od različitih vrsta metala: gvožđa, platine, čelika, nikla, srebra i dr. Danas se najčešće laboratorijski pribor izrađuje od nerđajućeg čelika. Čelik je legura gvožđa s drugim elementima, kao što su hrom, nikl, volfram, silicijum i dr. koji mu poboljšavaju osobine. U zavisnosti od dodatih elemenata, možemo dobiti čelik otporan na hemikalije, visoke temperature, koroziju i dr. Osim čelika, za izradu laboratorijskog pribora koristi se i znatno jeftinije gvožđe. Gvožđe je sklono koroziji, pa se mora zaštititi bojenjem i lakeranjem ili tankim slojem nekog metala koji je otporan na koroziju. Laboratorijski pribor koji ima posebnu namjenu može biti izrađen i od vrlo skupih metala, kao što su platina, srebro i nikl. Platina se koristi za izradu elektroda u elektrohemiji, a srebro i nikl za izradu posuda u kojima se vrši topljenje alkalnih hidrokida koji nagrizzaju porcelan. U metalni laboratorijski pribor spadaju: tronožac, stalak, hvataljke, spojnice, kliješta, metalni prsten, stezaljke, kašičice, makaže, špatule i dr.

Drvo je zapaljiv materijal, i ne nalazi veliku primjenu u izradi laboratorijskog pribora. Ono se uglavnom koristi za izradu stalaka za epruvete i drvenih hvataljki. I u izradi laboratorijskog pribora sve više se koriste plastični materijali zbog prednosti koje imaju: čvrstoća, fleksibilnost, otpornost na koroziju, mala težina, lako oblikovanje. Od plastičnih materijala izrađuju se stalci za epruvete, pipete i sušenje posuđa, kašičice, plastična crijeva za protok vode ili gasa.

Guma je materijal koji se koristi u izradi čepova, za izradu elastičnih crijeva za spajanje protoka vode ili gasa, kao i za spajanje staklenih i metalnih cijevi. Crijeva se izrađuju sa različitim unutrašnjim i spoljašnjim prečnikom.

### Stalak za epruvete

Stalak za epruvete izrađuje se od drveta, metala ili plastike (slika 3.31). Stalak služi kao postolje kako bi epruvete mogle stajati uspravno. Stalci mogu biti različitih veličina, tj. sa različitim brojem otvora za epruvete.



Slika 3.31. Stalak za epruvete



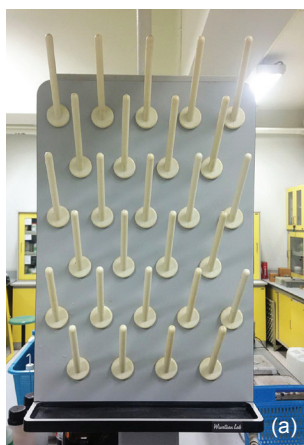
Slika 3.32.  
Stalak za pipete

### Stalak za pipete

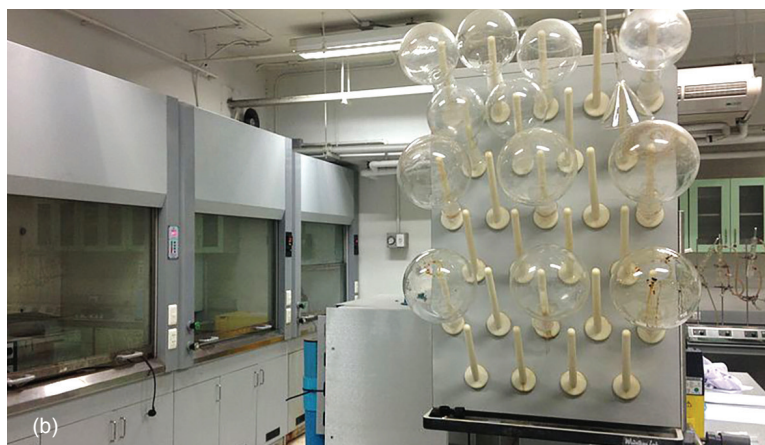
Stalak za pipete izrađuje se od drveta ili plastike (slika 3.32). U njemu pipete stoje u vertikalnom položaju.

### Stalak za sušenje laboratorijskog posuđa

Stalak za sušenje može biti drvena ili plastična ploča pravougaonog oblika u koju su usađeni klinovi od istog materijala (slike 3.33a i b). Danas se sve više upotrebljavaju plastične ploče s plastičnim klinovima zbog lakšeg održavanja i duže trajnosti. U laboratoriji se obično postavlja u blizini česme za vodu.



Slika 3.33.  
Stalak za suše-  
nje laboratorij-  
skog posuđa



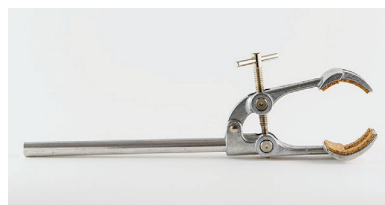
Slika 3.34.  
Gvozdeni stativ

### Gvozdeni stativ

Stativ je izrađen od gvožđa ili čelika (slika 3.34). Sastoji se od vertikalno postavljene metalne šipke koja je uglavljena na postolje izrađeno od livenog gvožđa. Postolje može biti okrugla ili pravougaona ploča, a postoje i postolja u obliku trougla. Stativ je osnovni nosač aparature. Na njega se pričvršćuju metalni prstenovi za cijedenje, nosači termometra i – preko mufa – mogu se pričvrstiti metalne štipaljke (kleme).

### Kleme

Kleme (štipaljke) izrađene su od gvožđa ili čelika (slika 3.35). Služe za pričvršćivanje staklenog pribora na stalak. Hvataljke kleme obložene su gumom ili plutom kako stakleno posuđe ne bi bilo u direktnom kontaktu s metalom. Posuđe se uvijek prihvaća klemom na dijelu na kojem se ne zagrijava.



Slika 3.35. Klema (štipaljka)

## Prsten za filtriranje

Prsten za filtriranje izrađuje se od gvožđa (slika 3.36). Pričvršćuje se na stalak, a upotrebljava se kao držač za lijevke pri ekstrakciji ili filtraciji. Možemo ga koristiti umjesto tronošca ili kao nosač aparature u hemijskim reakcijama gdje je potrebno zagrijavanje.



Slika 3.36. Prsten za filtriranje

## Muf

Muf se izrađuje od gvožđa ili čelika (slika 3.37). Koristi se za pričvršćivanje metalne štikaljke na stalak. Može biti različitih veličina i oblika u zavisnosti od namjene.



Slika 3.37. Muf

## Laboratorijske mašice

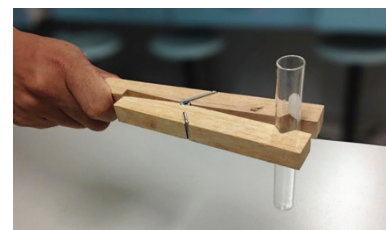
Laboratorijske mašice izrađuju se od nikla ili nerđajućeg čelika (slika 3.38). Koriste se za držanje vrućih lončića za žarenje i vrućih porcelanskih šolja.



Slika 3.38. Laboratorijske mašice

## Drvena štikaljka

Drvena štikaljka (slika 3.39) služi za držanje epruvete kada se ona duže zagrijava u plamenu grijalice ili na vodenom kupatilu.



Slika 3.39. Drvena štikaljka

## Tronožac

Tronožac je izrađen od gvožđa, i koristi se kod zagrijavanja laboratorijskog posuđa (slika 3.40). Stakleno posuđe zagrijava se preko azbestne mrežice, a porcelansko posuđe preko trougla za žarenje. Na tronožac se prvo stavi mrežica ili trougao za žarenje, a zatim sud koji se zagrijava.



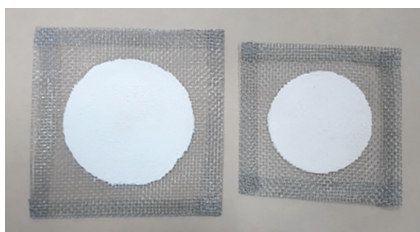
Slika 3.40. Tronožac

## Trougao za žarenje

Trougao za žarenje (slika 3.41) sastoji se iz tri žice, na koje su navučene tri cjevčice od vatrostalnog materijala (porcelan). Stavlja se na tronožac pa se na njega stavlja sud koji se zagrijava.



Slika 3.41. Trouglovi za žarenje



Slika 3.42. Azbestne mrežice

## Azbestna mrežica

Azbestna mrežica je žičana mreža kvadratnog oblika na koju je u sredini utisnut azbest (slika 3.42). Kod reakcija gdje je potrebno zagrijavanje, mrežica se koristi kao zaštitna podloga preko koje se vrši zagrijavanje čaša, balona i drugih sudova.

## Pinceta

Pinceta je izrađena od nerđajućeg čelika (slika 3.43). Koristi se za pridržavanje vrućih predmeta ili supstanci koje se ne smiju držati prstima, npr. fosfor, natrijum i arsen.

## Laboratorijske kašičice i špatule

Kašičice se izrađuju od nerđajućeg čelika ili plastičnih materijala, i koriste se za uzimanje čvrstih praškastih uzoraka (slika 3.44).

Špatule se izrađuju od nerđajućeg čelika. Imaju oblik uske trake koja se proširuje na krajevima. Špatule služe za uzimanje malih količina čvrstih uzoraka.



Slika 3.43. Pinceta

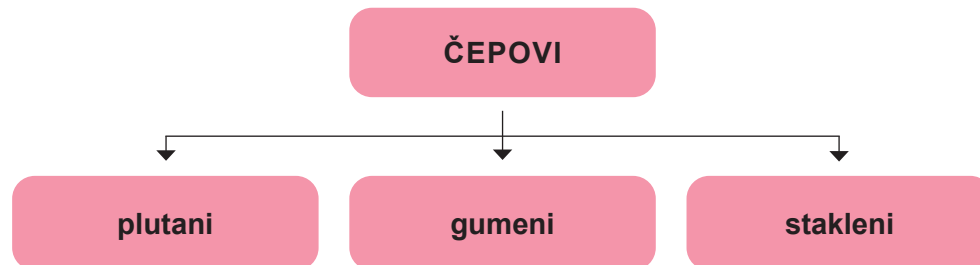


Slika 3.44. Laboratorijske kašičice i špatule

---

## 3.2.1. Čepovi

Čepovi koji se koriste u laboratoriji izrađuju se od plute, gume ili stakla (šema 3.2). Veličina i oblik čepova prilagođava se grlu posude. Izbor čepova zavisi od vrste supstance koja se nalazi u posudi koju treba zatvoriti.



Šema 3.2. Vrste čepova

### Plutani čepovi

Pluta je materijal koji se proizvodi iz kore hrasta plutnjaka.

Pluta je lagana, porozna, elastična, lako se presuje, ne trune i slabo provodi toplotu. Omekšavanje plutanih čepova vrši se kuvanjem u vodi. Ovom obradom pluti se povećava elastičnost.

Plutani čepovi (slika 3.45) ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima su jaka oksidaciona sredstva, jake kiseline i baze, te vodonik-peroksid, jer te supstance nagrizzaju plutu. Plutani čepovi ne mogu se koristiti ni za zatvaranje boca u kojima su lako isparljiva jedinjenja, jer je pluta porozna (propusna).



Slika 3.45. Plutani čepovi

## Gumeni čep

Glavna sirovina za proizvodnju gume je kaučuk koji se proizvodi iz soka kore drveta kaučukovca, iako se danas u proizvodnji gume sve više koriste sintetičke sirovine.

Prirodna guma je meka, rastegljiva i ljepljiva masa koja na hladnom postaje krta i lomljiva, pa se mrvlji. Prirodna guma se obrađuje dodatkom sumpora procesom vulkanizacije. Nakon obrade guma postaje tvrda, elastična i nepropusna. Tvrdoća gume zavisi od količine dodatog sumpora (više sumpora – veća tvrdoća).



**Čarls Gudjir (Charles Nelson Goodyear)** bio je američki hemičar i pronalazač. Otkrio je vulkanizaciju gume, čime su postavljeni temelji za današnju industriju gume. Postupak vulkanizacije patentirao je 15. juna 1844. godine.

Gumeni čepovi (slika 3.46) ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze organski rastvarači (aceton, benzen, nitrobenzen, ugljenik-disulfid i sl.) jer nagrizzaju gumu. Zbog nepropusnosti, gumeni čepovi koriste se pri sastavljanju aparatura kod kojih se ne zagrijava preko 100 °C, jer guma ne podnosi visoke temperature.



Slika 3.46. Gumeni čepovi

## Stakleni čepovi

Stakleni čepovi (slika 3.47) uglavnom čine sastavni dio aparatura ili se koriste za zatvaranje boca, i odgovaraju samo tim djelovima aparature odnosno boce. Stakleni čepovi ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze jake baze jer staklo reaguje s bazama, pri čemu se čep *zapeče*. Bocu ili dio aparature gdje se čep zapekao, moramo potopiti u vodu i ostaviti preko noći. Poslije toga je razdvajanje tih dijelova mnogo lakše. Ukoliko je potrebno brzo izvaditi čep, treba uraditi sljedeće:

- zapečeni čep treba lagano udariti o drvenu podlogu da se odlijepi.
- grlo boce treba brzo zagrijati sa svih strana jer se grijanjem staklo širi. Važno je da se pri tome ne zagrije i čep.
- s jedne strane čepa kapne se par kapi toluena i ostavi da prodre između čepa i grla boce.

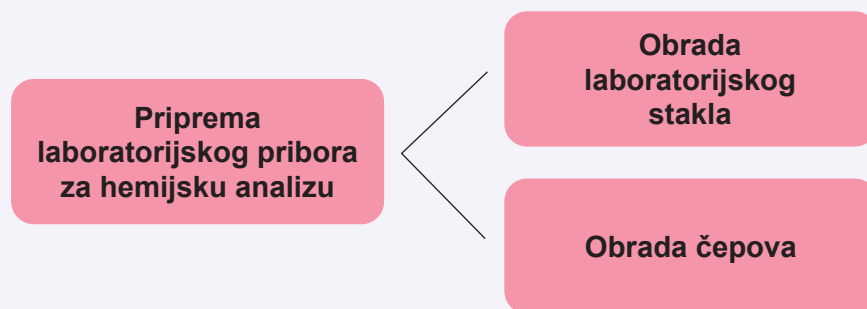


Slika 3.47. Stakleni čepovi



### 3.3. DEMONSTRACIJA PRIPREME LABORATORIJSKOG PRIBORA ZA HEMIJSKU ANALIZU

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih oglada u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: demonstriraće vam se postupci obrade laboratorijskog stakla; dobićete instrukcije u vezi s pravilnim korišćenjem bušilica i noževa za bušenje čepova; demonstriraće vam se postupci obrade i bušenja čepova od plute ili gume; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka (šema 3.3).



Šema 3.3. Postupci pripreme laboratorijskog pribora za hemijsku analizu

#### 3.3.1. Obrada laboratorijskog stakla

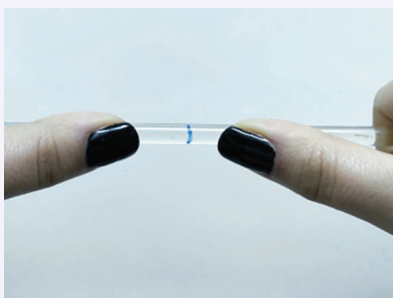
Svaki rad u hemijskoj laboratoriji, bilo da je priprema eksperimenta, sklapanje aparature, izvođenje analiza i sl., zahtijeva vještinu, iskustvo i odgovarajući pribor.

Staklo se najčešće upotrebljava za izradu laboratorijskog posuđa i pribora. Za obradu stakla važno je poznavanje njegove mehaničke i termičke otpornosti. Moderno opremljene hemijske laboratorije imaju radionice za obradu stakla u kojima rade odgovarajući stručnjaci, ali postupci osnovne obrade – kao što su sječenje stakla, zatapanje oštrih ivica staklenih cijevi i štapića, izvlačenje kapilara i savijanje staklenih cijevi – predstavljaju sastavni dio laboratorijskog rada svakog hemičara. Staklene cijevi različitih debljina, prečnika i kvaliteta često se pomoću laboratorijskih grijalica mogu najjednostavnijim postupcima obrade oblikovati tako da služe mnogobrojnim namjenama.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 1:**

#### **Sječenje staklenih cijevi i štapića (slika 3.48)**

**Pribor i hemikalije:** staklena cijev, pribor za sječenje (nož za staklo, turpija, vidija [vrsta tvrdog čelika] ili dijamant), vodovodna voda, soda i krpa.



Slika 3.48. Sječenje staklenih cijevi i štapića

**Postupak:** Na mjestu gdje se želi presjeći cijev, sječivom se napravi zarez, zatim se to mjesto ovlaži vodom ili rastvorom sode. Cijev se uzima u obje ruke, palčeve postavljamo sa suprotne strane zareza na jednaku udaljenost od zarezanog mjesta (ne više od 1 cm), i nakon toga se cijev polako prelomi. Najbolje je da se ovo izvodi koristeći krpu, da se ne bismo posjekli ako staklo eventualno prsne.

Cijevi koje imaju prečnik veći od 10 mm mogu da se sijeku tako da se sječivom napravi zarez, pa se zaparana površina dotakne usijanim vrhom staklenog štapića, pri čemu obično cijev naglo prsne duž zaparane linije ili se krajevi cijevi vuku u smjerovima suprotnim od zaparane površine.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

#### **Zatapanje i zaobljavanje krajeva presječenih staklenih cijevi i štapića (slika 3.49).**

Presječeni krajevi staklenih cijevi i štapića imaju oštre ivice, pa mogu lako nastati povrede ili se gumeno ili polietilensko crijevo probiti pri navlačenju na njih. Takođe, stakleni štapić može svojim oštrim ivicama prilikom miješanja da zapara čašu. Zato se krajevi cijevi i štapića moraju zagrijavanjem zatopiti i zaobliti.

**Pribor:** prerezana staklena cijev, grijalica.

**Postupak:** Uhvatiti staklenu cijev u desnu ruku između palca i ostalog dijela šake. Oštri rub staklene cijevi stavi se u najtopliji dio plamena grijalice, što je moguće vertikalnije, uz stalno rotiranje oko dužne ose. Zatapanje i zaobljavanje završeno je kada plamen počne da pucketa.



Slika 3.49. Zatapanje i zaobljavanje krajeva presječenih staklenih cijevi i štapića



### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Izvlačenje kapilara (slika 3.50)**

**Pribor:** staklena cijev, grijalica, sječivo.

**Postupak:** Staklena cijev uzima se u obje ruke i zagrijava u plamenu, uz stalnu rotaciju oko svoje ose. Kada zagrijani dio cijevi omekša (zagrijani dio stakla dobija tamnocrvenu boju), cijev se izvadi iz plamena i oba kraja cijevi lagano se izvuku. Kada se zagrijani dio ohladi, koristeći sječivo, prerezati na dva mjesta. Srednji dio je kapilara, a krajevi se mogu zaobliti i upotrijebiti kao pipete – kapaljke.



Slika 3.50. Staklene kapilare i kapaljke

### **PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

#### **Savijanje staklenih cijevi i štapića (slika 3.51)**

**Pribor:** staklena cijev, grijalica.

**Postupak:** Staklena cijev ili štapić zagrijava se u što širem plamenu na onom mjestu gdje treba saviti, sa stalnim i ravnomjernim obrtanjem. Kada se cijev usija i dovoljno omekša, izvadi se iz plamena i savije do željenog ugla. Ukoliko je potrebno, zatopiti krajeve cijevi da ne budu oštri.

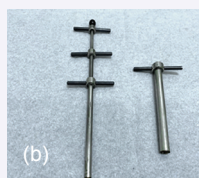


Slika 3.51. Savijanje staklenih cijevi i štapića

## **3.3.2. Obrada čepova**

Za obradu i bušenje čepova od plute i gume koristi se mehanička bušilica (slika 3.52a) ili noževi za bušenje čepova (slika 3.52b).

Sasvim mali otvori mogu se bušiti pomoću usijane metalne žice odgovarajućeg prečnika. Otvori koji se dobijaju na ovakav način imaju sasvim glatku površinu.



Slika 3.52.

(a) Mehanička bušilica;  
(b) Noževi za bušenje čepa

Poslije upotrebe bušači se dobro izbrišu krpom i suvi čuvaju u kutiji koja je određena za tu namjenu.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 5:**

#### **Bušenje čepova (slika 3.53)**

**Pribor i hemikalije:** plutani i gumeni čepovi, noževi za bušenje čepova, bušilica za čepove, drvena daščica, glicerina.

**Postupak:** Za bušenje se uzima oštar nož koji se ovlaži s malo glicerina i uzme u ruku, a čep se postavi na radni sto, na drvenu daščicu. Bušenje se počinje s užeg kraja čepa, obrtanjem noža uz mali pritisak. Kada se probuši polovina čepa, nož se izvadi i očisti. Tada se čep okrene i bušenje nastavi s druge, šire strane.



Slika 3.53.  
Bušenje čepa

Gumeni čepovi buše se mehaničkom bušilicom, koja se pričvrsti na laboratorijski sto. Upotrebljavaju se vrlo oštri noževi, jer se gumeni čepovi buše teže od plutanih. Prije početka bušenja nož se malo namaže glicerinom. Pomoću točka mehaničke bušilice nož se obrće, uz blago pritiskanje čepa. Smjer obrtanja noža mijenja se svaka tri do četiri obrtaja: nož se vrati, podmaže i tek onda dalje buši.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 6:**

#### **Provlačenje staklene cijevi kroz otvor čepa**

**Pribor i hemikalije:** probušeni plutani i gumeni čepovi, staklene cijevi, glicerina i krpa.

**Postupak:** Kroz probušeni čep uglavnom se provlače staklene cijevi. Staklene cijevi kroz otvore čepa treba uvijek provlačiti hvatanjem cijevi i čepa preko krpe. Cijev i otvor čepa treba uvijek prethodno blago namazati glicerinom.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 7:**

#### **Pripremanje staklenih cijevi za balon (slika 3.54)**

Balon se zatvara gumenim čepom koji ima dva otvora. Kroz jedan otvor provlači se duža staklena cijev koja dopire do dna balona, a kroz drugi kraća staklena cijev koja je savijena pod uglom od 100°. Sječenje, zatapanje i savijanje staklenih cijevi, bušenje



Slika 3.54.  
Balon sa savijenim staklenim cijevima

čepova i provlačenje cijevi kroz otvore čepa raditi prema ranije datim uputstvima.

**Pribor i hemikalije:** grijalica, staklena cijev (prečnika 6 mm), turpija, nož za bušenje čepa, bušilica, gumeni čep, balon s ravnim dnom, le-njir i glicerina.

**Postupak** je prikazan na slici 3.55.

Od staklene cijevi isjeći dvije cijevi, i to: (a) cijev dužine 25 cm, (b) cijev dužine 18 cm.

- Zaobliti oštre ivice na vrhovima cijevi.
- Cijev (b) saviti na 7-8 cm od jednog kraja pod tupim uglom približno  $100^\circ$ .
- Odabrati gumeni čep prema prečniku grla balona, i na njemu probušiti dva otvora.
- Provući cijevi kroz otvore čepa, prethodno i cijev i čep namazati glicerinom. Cijev (a) uvući kroz čep toliko da njen kraj skoro do-diruje dno balona a cijev (b) samo da prođe kroz čep.



Slika 3.55. Priprema staklenih cijevi za balon

### Rezultati, diskusija, zaključci

1. U dnevnik rada precrtati sliku na kojoj je prikazan zadatak i unijeti dužine staklenih cijevi i uglove savijanja staklenih cijevi.
2. U dnevnik rada unijeti potreban pribor i hemikalije neophodne za izvođenje ovog praktičnog zadatka.
3. Planirati redosljed izvođenja radnih operacija.
4. Opisati izvođenje svake pojedinačne radne operacije (obrade).
5. U dnevnik rada unijeti zapažanja o izvođenju praktičnog zadatka, kao i eventualne greške koje su se javile tokom rada.



### Projektni zadatak

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključka o osobinama stakla

Formirajte četiri ili pet grupa učenika koje imaju zadatak da osmisle i izvedu ogleda u kojima će napraviti frost (mliječno) staklo, reljefno staklo i morsko staklo. Tokom planiranja ogleda primijeniti metodu istraživačkog rada kako bi se došlo do neophodnih podataka. Posebnu

pažnju posvetiti: a) pravilima kojih se treba pridržavati u toku izvođenja oglada; b) mjerama sigurnosti koje treba preduzeti tokom izvođenja oglada. U saradnji s nastavnikom izvesti planirane oglade i analizirati dobijene rezultate.

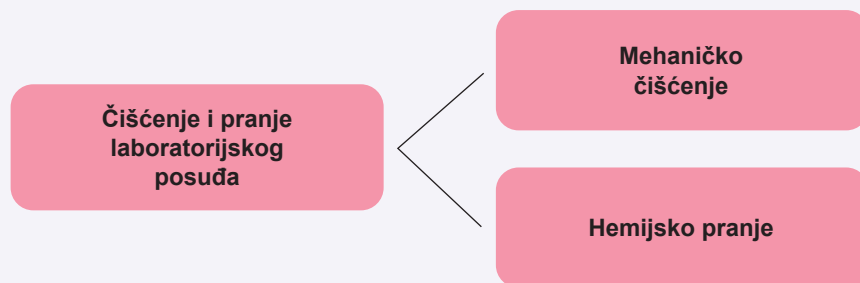
Nakon izvedenih oglada svih grupa, prikupljene podatke, zapažanja i zaključke prezentovati ostatku odjeljenja na narednim časovima, na različite načine: usmeno, pomoću table, hamera, projekcionog platna i slično.

Nakon izlaganja svih grupa izvedite zaključak o osobinama stakla koje se koristi u laboratoriji, kao i o podudaranju teorije i prakse u vezi s ovom temom.



### 3.4. DEMONSTRACIJA PRANJA I ČIŠĆENJA LABORATORIJSKOG POSUĐA

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih oglada u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije vezane za postupke čišćenja i pranja laboratorijskog posuđa; demonstriraće vam se pravilno čišćenje i pranje posuđa u hemijskim laboratorijama; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka (šema 3.4).



Za izradu bilo kojeg eksperimenta mora se imati čisto posuđe. Poslije svakog eksperimenta sve upotrijebljeno posuđe treba odmah dobro oprati, jer se tada iz njih najlakše odstranjuje nečistoća. Kada posuđe

*Čistoća života najuzvišene je i najjistitije umijeće.*

Mahatma Gandhi

Šema 3.4. Postupci čišćenja i pranja laboratorijskog posuđa

*Čistoća je pola  
zdravlja.*

Narodna izreka

*Iz čistog srca oči  
čisto vide.*

Ruska izreka

duže ostane zaprljano, supstance s kojima se radilo se osuše i čvrsto prionu za zidove, a ponekad ih trajno oštete.

**Mehaničko** čišćenje bazira se na tome da se sa zidova posuđa prvo mehanički odstrani nečistoća, bez upotrebe abrazivnih sredstava (pijesak, „vim“, žica). Mehaničko čišćenje vrši se tako da se posuđe napuni vodom i zidovi posuđa lagano operu odgovarajućom četkicom. Za čišćenje onih djelova posude do kojih četkica ne dopire, koristi se pijesak ili „vim“. U takvu posudu ulije se malo vode i doda pijesak ili „vim“ i zatim se posuda okreće tako da dodano sredstvo kruži po njenim zidovima. Posuđe koje ima masne zidove čistimo tako da u njih stavimo sitno iskidanu novinsku ili filter hartiju koja upija masnoću, a zatim dodamo malo vode i mučkamo kako bi masnoća što potpunije prešla na hartiju. Mehaničko čišćenje vršimo dok sa zidova posuđa ne skinemo sve čestice čvrste materije. Ako je mehaničko čišćenje bilo uspješno, posuđe se tada ispere vodovodnom vodom, rastvorom deterdženta, ponovno vodovodnom vodom i tada destilovanom vodom, a zatim stavlja na sušenje.

**Hemijsko pranje** sprovodi se tek onda kada mehaničko čišćenje nije bilo uspješno. Pri hemijskom pranju koriste se sredstva koja razaraju ili rastvaraju čestice čvrstih materija i masnoća sa zidova posuda. Najčešće se koriste različiti deterdženti, kiseline, baze, organski rastvarači itd.

U hemiji važi pravilo: **Slično se u sličnom rastvara**. Drugim riječima, u polarnom rastvaraču (kao što je voda) rastvaraće se polarna kovalentna i jonska jedinjenja, a u nepolarnim rastvaračima rastvaraće se nepolarna kovalentna jedinjenja.

Uvijek se koristi što manje sredstva, upravo onoliko koliko je potrebno da se nečistoća razori ili rastvori. Posude koje imaju masne zidove odmaščuju se alkoholom, benzenom, acetonom, etrom ili nekim drugim organskim rastvaračima. Upotrijebljeni rastvarač se ne izliva u kanalizaciju, već u sudove koji su namijenjeni za prihvatanje upotrijebljenih rastvarača. Posuđe onečišćeno neorganskim materijama pere se hloridnom, nitratnom ili sulfatnom kiselinom. Nakon uspješno provedenog hemijskog pranja, posuđe se prvo dobro ispere običnom, a zatim destilovanom vodom i stavi na sušenje.

Gotovo sve nečistoće mogu se ukloniti hrom-sulfatnom kiselinom, koja se priprema tako što se u litar koncentrovane sulfatne kiseline, uz zagrijavanje, rastvori 50 grama kalijum-dihromata. (PAŽNJA: Hrom-sulfatnu kiselinu priprema laborant, a ne učenik!) Pri radu s tom kiselinom treba biti veoma oprezan, jer je ona jako oksidaciono sredstvo i nagrizava kožu. Pranje hrom-sulfatnom kiselinom izvodi se u digestoru. Sud se prethodno opere vodom, grublja nečistoća se što je moguće

bolje ukloni četkom. Kada se voda dobro ocijedi, sipa se hrom-sulfatna kiselina tako da navlaži sve zaprljane površine. Poslije izvjesnog vremena kiselina se vraća u bocu, sud se prvo ispere vodovodnom vodom, a zatim destilovanom vodom. Hrom-sulfatna kiselina dobra je za upotrebu sve dok joj je boja tamnonarandžasta. Poslije višestruke upotrebe rastvor se oboji tamnozeleno i ne može se daje upotrebljavati jer više nema oksidacione sposobnosti da razara nečistoće.

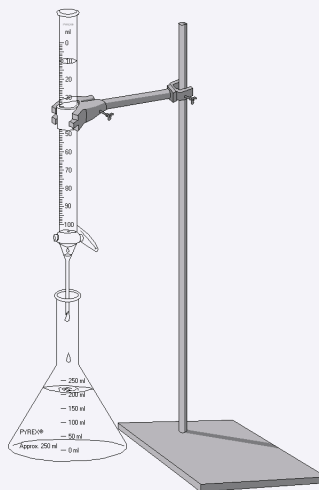
Danas se sve više upotrebljavaju sredstva za pranje laboratorijskog posuđa (Lab clean) koja u potpunosti zamjenjuju hrom-sulfatnu kiselinu, a proizvode se po standardima EU sa ciljem da zadovolje sve ekološke propise zaštite na radu i životne sredine. Proizvode se u tri opcije: zeleni (za pranje blago zaprljanih sudova i laboratorijskog pribora od plastike); plavi (kvalitetna zamjena za hrom-sulfatnu kiselinu, prije svega za pranje sveg laboratorijskog posuđa od stakla i porcelana) i crni (primjenjuje se za uklanjanje izuzetno zaprljanih radnih površina). Sudove potopimo da odstoje u rastvoru sredstva za pranje i nakon određenog vremena isperemo ih hladnom vodom.

Savremene laboratorije koriste mašinsko pranje laboratorijskog posuđa, tj. potpuno automatizovani proces pranja. Efikasnost pranja bazira se na pravilnom korišćenju deterdženta i fazi neutralisanja tretiranog materijala. Mogu se koristiti tečni alkalni deterdženti, novi deterdženti na bazi enzima ili neutralizatori na kiseloj osnovi, kaustična soda, sredstva za dezinfekciju i/ili sredstva za sprečavanje stvaranja pjene. Svi najznačajniji parametri (vrijeme pranja, radna temperatura, količina aditiva, broj ispiranja i dr.) mogu biti podešeni. Mašine su opremljene sistemom za odvajanje otpadnih voda. Time se omogućava potpuno odvajanje otpadnih voda za pranje (koje su prepune potencijalnih zagađivača) od vode za ispiranje (koja sadrži zanemarljivu koncentraciju zagađivača, pa može biti ispuštena u običnu kanalizaciju).

### **PRAKTIČNI ZADATAK 1:** **Pranje staklenog posuđa**

Na slici 3.56. prikazani su bireta i erlenmajer koji se koriste za hemijsku reakciju neutralizacije jake kiseline s jakom bazom. Nakon završenog eksperimenta treba oprati stakleno posuđe.

**Pribor i hemikalije:** stakleno laboratorijsko posuđe nakon izvršene analize, četka za pranje posuđa, zaštitne rukavice, lijevak, rastvor NaOH, rastvor HCl, vodovodna voda, destilovana voda.

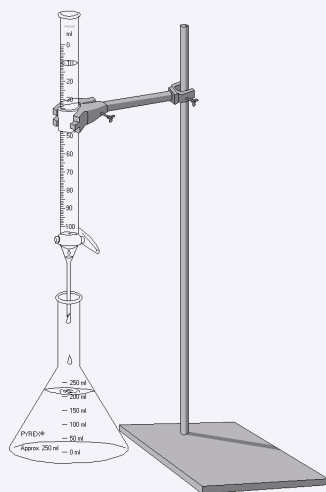


Slika 3.56. Pranje staklenog posuđa koje se koristi za hemijsku reakciju neutralizacije

**Postupak:** Sadržaj erlenmajera nakon analize usuti u slivnik i isprati velikom količinom vodovodne vode. Posuda se napuni vodom i zidovi se lagano operu odgovarajućom četkicom za pranje. Erlenmajer se ispere vodovodnom vodom, zatim destilovanom vodom, te stavi na sušenje. Sadržaj birete isprazniti otvaranjem slavine. Na biretu staviti lijevak a ispod birete laboratorijsku čašu, i preko lijevka vršiti ispiranje birete vodovodnom vodom, a zatim destilovanom vodom.

## **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

### **Pranje zamašćenog laboratorijskog staklenog posuđa**



Slika 3.57.  
Pranje staklenog  
posuđa koje se koristi  
za određivanje  
kiselosti mlijeka

Na slici 3.57. prikazani su bireta i erlenmajer koji se koriste za određivanje kiselosti mlijeka. Nakon završenog eksperimenta treba oprati stakleno posuđe.

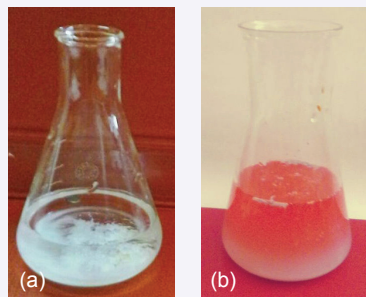
**Pribor i hemikalije:** stakleno laboratorijsko posuđe nakon izvršene analize, četka za pranje posuđa, zaštitne rukavice, lijevak, organski rastvarač za odmašćivanje, mlijeko, rastvor NaOH, vodovodna voda, destilovana voda.

**Postupak:** Sadržaj erlenmajera (mlijeko) nakon analize prolići u slivnik i isprati velikom količinom vodovodne vode. Posuda se napuni rastvorom deterdženta ili rastvorom organskog rastvarača (alkoholom, benzenom, acetonom, etrom) i zidovi se lagano operu odgovarajućom četkicom za pranje. Erlenmajer se ispere vodovodnom vodom, zatim destilovanom vodom, te stavi na sušenje. Sadržaj birete isprazni se otvaranjem slavine. Na biretu se stavi lijevak a ispod birete laboratorijska čaša, i preko lijevka se vrši ispiranje birete vodovodnom vodom, a zatim destilovanom vodom.

## **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

### **Čišćenje i pranje laboratorijskog pribora nakon kvalitativnih i kvantitativnih analiza**

Pripremiti stakleno laboratorijsko posuđe koje je upotrijebljeno pri izvođenju kvalitativnih i kvantitativnih hemijskih analiza (slika 3.58a i b).



Slika 3.58. (a) Talog AgCl; (b) Crveni kompleks gvožđe(III)-rodanida

Pri različitim hemijskim reakcijama u staklenom posuđu se istalože različita hemijska jedinjenja. U zavisnosti od hemijskog sastava onečišćenja, bira se sredstvo za pranje. Primjeri:

- Posuđe zaprljano molibdenom pere se rastvorom NaOH.
- Fosfor se uklanja potapanjem posuđa u rastvor  $\text{CuSO}_4$ .
- Jedinjenja žive uklanjaju se pastom načinjenom od cinka u prahu i vode, a zatim koncentrovanom HCl.
- Masti i smole uklanjaju se rastvorom organskog rastvarača.

#### **Rezultati, diskusija, zaključci**

1. U dnevnik rada unijeti potreban pribor i hemikalije neophodne za izvođenje ovog praktičnog zadatka.
2. Planirati redosljed izvođenja radnih operacija.
3. Opisati izvođenje svake pojedinačne radne operacije.
4. U dnevnik rada unijeti zapažanja o izvođenju praktičnog zadatka, kao i eventualne greške koje su se javile tokom rada.

---

## **3.5. SUŠENJE LABORATORIJSKOG POSUĐA I PRIBORA**

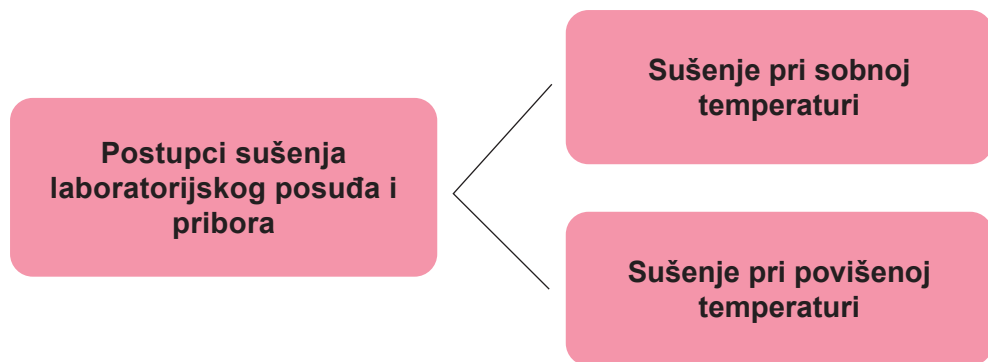


Sušenje namirnica poznato je od davnina. Najstariji postupci zasnivali su se na korišćenju energije Sunca i vjetra. I u današnje vrijeme ribari zapadne Afrike ribu sole i suše na suncu. Na suncu sušeno voće poznato je vjekovima unazad. U antičkoj Kini sušeno voće je, uz posuđe i svilu, bilo skupocjeni poklon za vjenčanje – sušene kruške bile su simbol želje da mladenci zauvijek ostanu zajedno. U antičkom Rimu suvo grožđe bilo je sredstvo plaćanja, stavljalo se na oltare i bilo je poklon za pobjedu na sportskim takmičenjima.

Laboratorijsko posuđe može se sušiti na dva načina (šema 3.5):

- sušenje pri sobnoj temperaturi
- sušenje pri povišenoj temperaturi.





Šema 3.5. Postupci sušenja laboratorijskog posuđa

Sušenje pri sobnoj temperaturi obavlja se na drvenim ili plastičnim stalcima s klinovima. Na ovaj način sušenje traje duže, i prašina koja se nalazi u vazduhu ponovo prlja oprano posuđe.



Slika 3.59. Laboratorijski stalak za sušenje

**Laboratorijski stalak za sušenje** (slika 3.59) izrađuje se od različitih vrsta materijala i u različitim veličinama. Klinovi na stalku za sušenje lako su uklonjivi i zamjenjivi kako bi se lakše čistio laboratorijski stalak i kako bi se izbjegla kontaminacija drugim priborom i posuđem koje takođe sušimo na istom stalku.

Ako je neki sud potrebno brzo osušiti, on se prvo ispere alkoholom a zatim s malo etra. I alkohol i etar moraju biti potpuno čisti, jer ako sadrže i najmanju količinu masnoće ona će pri isparavanju rastvarača ostati na staklu. Upotrijebljeni alkohol i etar sipaju se u sabirne boce za rastvarač namijenjen pranju posuđa.

Sušenje pri povišenoj temperaturi obavlja se u sušnicama. Sušnice su električni uređaji koji koriste suhu toplotu. Za kontrolu temperature koristi se termostat. Njihova izolacija s dvostrukim zidom zadržava toplotu i štedi energiju. Između slojeva postoji i prostor koji je ispunjen vazduhom i koji pomaže izolaciji. Ventilator izaziva cirkulaciju vazduha i pomaže u ravnomjernoj distribuciji toplote. Imaju prekidač za uključivanje i isključivanje, kao i indikatore za kontrolu temperature i vremena zadržavanja.

U sušnicama se nalaze rupičaste pregrade, na koje se stavljaju predmeti koji se suše. Kroz šupljine na pregradama struji topli vazduh i suši posuđe. Sušenje se sprovodi na temperaturi od 105 °C ako se želi ubrzati proces. Posude se na pregrade stavljaju otvorom okrenute nagore da bi se vodena para nesmetano

izdvajala. Postupak rada uključuje sljedeće operacije: slaganje posuđa u sušnicu; zagrijavanje sušnice na potrebnu temperaturu; održavanje te temperature u određenom vremenskom intervalu; isključivanje sušnice i hlađenje posuđa u zatvorenoj sušnici dok se ne dostigne sobna temperatura.

## 3.6. FUNKCIONALNOST I PODEŠAVANJE LABORATORIJSKE OPREME ZA IZVOĐENJE HEMIJSKIH ANALIZA

Da bi laboratorija opstala na tržištu, mora da ima status pouzdane i provjerene organizacije, koja svojim radom i profesionalnošću obezbjeđuje povjerenje u kvalitet usluga koje pruža.

Uspješnost i kvalitet pružanja usluga neke laboratorije u velikoj mjeri zavisi od njene organizacije.

**Kontrola kvaliteta** (QA – quality assurance) podrazumijeva operativne postupke i aktivnosti koje se koriste radi ispunjenja zahtjeva za kvalitet (šema 3.6). To je kontinualni proces stalnog unapređivanja rada laboratorije. Osiguranje kvaliteta laboratorije opisuje sve one mjere koje se primjenjuju tokom rada da bi se obezbijedio kvalitetan rezultat.

Dobra analitička praksa propisuje postupke rukovanja hemikalijama, pranja posuđa, ponašanja u laboratoriji, dok dobra mjerna praksa daje propise za izvođenje svakog mjernog procesa koji se sprovodi u laboratoriji. Standardni radni postupci opisuju realizaciju osnovnih metoda koje sprovodi laboratorija (uzorkovanje; pripremanje uzoraka za hemijsku analizu; izvođenje analize; izdavanje rezultata analize).

Sva oprema i instrumenti koji se koriste u radu moraju biti ispravno održavani i funkcionalni (šema 3.7).

Laboratorija mora imati napisane postupke održavanja opreme i instrumenata, kao i učestalost izvođenja pojedinih postupaka.

Da bi neka mjerna tehnika imala svoju svrhu, mora za to imati sredstvo (opremu, instrumente) kojim će se neko mjerenje ili analiza sprovesti. Sva mjerna oprema izrađuje se s jednim ciljem – da izmjerena vrijednost bude što tačnija i uz što manje izgleda za grešku.

### KONTROLA KVALITETA

- uzorkovanje
- prijem i evidencija uzoraka
- ispitivanje uzoraka
- analiza rezultata
- izrada izvještaja
- izdavanje izvještaja

Šema 3.6. Sistem kontrole kvaliteta u laboratorijama

Šema 3.7.  
Funkcionalnost opreme  
u osiguranju kvaliteta  
laboratorije

### FUNKCIONALNOST LABORATORIJSKE OPREME

1. Nabavka opreme
2. Označavanje i evidencija opreme
3. Rukovanje opremom
4. Održavanje opreme
5. Postupanje u slučaju kvara opreme
6. Pregled i kontrola opreme od strane akreditovanih laboratorija

**Specifikacija** je detaljno navođenje pojedinosti, opis i pregled specifičnih osobina opreme.

Proces obezbjeđivanja kvaliteta laboratorije počinje od nabavke opreme potrebne da bi laboratorija mogla da vrši određene analize. Kod svake nabavke opreme provjerava se da li postoji **specifikacija** proizvođača i utvrđuje se koja je laboratorija ovlašćena za utvrđivanje kvaliteta i funkcionalnosti opreme.

Zatim se vrši označavanje i evidencija opreme. Svaki novi instrument ili oprema dobija svoj jedinstveni interni broj, i ta oznaka ugravira se na kutiju u koju se skladišti oprema kada nije u upotrebi. Proces graviranja zamijenio je označavanje opreme s naljepnicama ili markerima jer se često dešavalo da naljepnice budu odlijepljene ili da se brojevi izbrišu.

Za svako mjerno sredstvo, nakon što dobije svoj unificirani broj, u bazu mjernih sredstava upisuje se radno mjesto na kojem se nalazi, te ime i prezime osobe koja ga zadužuje i odgovara za njegovu funkcionalnost. Zajedno s tim podacima upisuje se i datum prvog mjerenja, i ti se podaci dokumentuju i čuvaju sve dok mjerno sredstvo ne bude otpisano kao nefunkcionalno. Kontrola tačnosti i funkcionalnosti neke opreme provodi se prema unaprijed određenim intervalima (6, 12 ili 24 mjeseca).

Za svaki interval postoje posebne markice različitih boja, te je na taj način lakše uočiti da li je neka oprema funkcionalna.

Rukovanje opremom jedan je od osnovnih uslova da bi rezultat ispitivanja bio ispravan. Zbog toga laboratorija posjeduje za svaki uređaj uputstvo o pravilnom rukovanju opreme, koje su izradile odgovorne osobe. Opremom smije da rukuje samo ovlašćeno osoblje koje je kvalifikovano i obučeno za rad.

U slučaju kvara na opremi potrebno je pridržavati se određenih postupaka prikazanih u šemi 3.8.

### POSTUPANJE U SLUČAJU KVARA

1. Uočavanje kvara
2. Prekidanje ispitivanja
3. Označavanje neispravne opreme
4. Obavješćavanje odgovorne osobe
5. Izrada izvještaja o uočenoj neispravnosti
6. Popravka ovlašćenog servisa
7. Zapisnik o izvršenim radovima i zamijenjenim djelovima
8. Pregled popravljene opreme
9. Provjera funkcionalnosti i zapisnik

Šema 3.8. Postupak s  
opremom u slučaju kvara

Održavanje opreme jedan je od važnih faktora funkcionalnosti opreme i tačnosti rezultata ispitivanja. To su sve potrebne radnje korišćenja opreme koje su korisnici opreme dužni odraditi. U takve preventivne mjere održavanja spadaju sljedeće radnje: vizuelni pregled opreme prije rada; čistoća opreme; vidljivost rezultata na ekranu, kao i vizuelni pregled opreme nakon izvršenog ispitivanja radi utvrđivanja eventualnog oštećenja tokom rada.

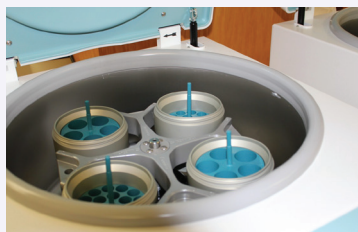
Pregled i kontrola opreme od strane akreditovanih laboratorija ima za cilj da se održi funkcionalnost laboratorijske opreme koja ima uticaj na rezultate ispitivanja. To je dokumentovani postupak kojim se dokazuje da laboratorijska oprema može u okviru svoje funkcije i operativnih mogućnosti ispunjavati zahtjeve unutar definisanog radnog područja.

**Akreditovana laboratorija** jeste laboratorija koja radi u skladu sa zahtjevima propisanog standarda; laboratorija koja je definisala i dokumentovala sistem kvaliteta i koja sprovodi sve procese u okviru tog sistema.



### 3.7. DEMONSTRACIJA PROVJERE FUNKCIONALNOSTI I PODEŠAVANJE LABORATORIJSKE OPREME ZA IZVOĐENJE HEMIJSKIH ANALIZA

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih zadataka u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s postupcima provjere funkcionalnosti i podešavanje laboratorijske opreme za izvođenje hemijske analize; demonstriraće vam se pravilna provjera funkcionalnosti i podešavanje laboratorijske opreme za izvođenje hemijske analize; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.



Slika 3.60.  
Laboratorijska centrifuga

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 1:**

##### **Evidencija nabavljene opreme**

Svaki mjerni uređaj i pojedini dio uređaja koji se može koristiti, evidentira se jedinstvenim identifikacionim brojem nalijepljenim ili ugraviranim na uređaju.

Provjeriti evidencione listove u laboratoriji i utvrditi da li se na uređajima nalaze identifikacioni brojevi.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

#### **Rukovanje opremom**

Pored svakog uređaja treba da se nalazi uputstvo za rukovanje, koje opisuje način korišćenja uređaja.

Provjeriti da li se pored svakog uređaja u laboratoriji nalazi uputstvo za rad.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Održavanje opreme**

Održavanje opreme sprovodi se prema planu održavanja, a postupci održavanja opisani su u posebnim uputstvima za rukovanje opremom.

Izvršiti vizuelni pregled opreme; provjeriti čistoću opreme i provjeriti da li se u laboratoriji nalaze uredno opisani postupci održavanja opreme.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

#### **Postupanje u slučaju kvara opreme**

U laboratoriji je došlo do kvara određenog uređaja. Što treba uraditi u tom slučaju?

U slučaju kvara uređaja potrebno je ispoštovati proceduru za postupanje s opremom u slučaju kvara: označiti neispravan uređaj; obavijestiti odgovorne osobe; izraditi izvještaj o uočenoj neispravnosti. Nakon popravke ovlašćenog servisa potrebno je popuniti zapisnik o učinjenim radovima i zamijenjenim djelovima, pregledati popravljeni uređaj i provjeriti njegovu funkcionalnost.



### **PROJEKTNI ZADATAK**

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključaka o značaju provjere funkcionalnosti i podešavanja laboratorijske opreme za izvođenje hemijskih analiza

Formirati četiri ili pet grupa učenika koji imaju zadatak da posjete različite hemijske laboratorije. Cilj posjete jeste upoznavanje s postupcima provjere funkcionalnosti i podešavanja laboratorijske opreme za izvođenje hemijskih analiza. S obzirom na to da različite laboratorije vrše

i različita ispitivanja, obratiti pažnju koji se postupci provjere funkcionalnosti koriste, da li postoje propisane procedure, koje su laboratorije akreditovane za kontrolu kvaliteta. Od čega to zavisi?

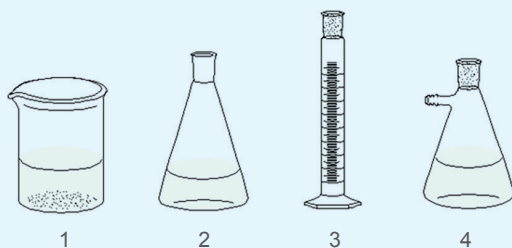
Razgovarati sa zaposlenima u laboratoriji, a prikupljene podatke, za pažanja i zaključke prezentovati ostatku odjeljenja na narednim časovima, na različite načine: usmeno, pomoću table, hamera, projekcionog platna i slično.

Nakon izlaganja svih grupa izvedite zaključak o važnosti provjere funkcionalnosti i podešavanja laboratorijske opreme za izvođenje hemijske analize, kao i o podudaranju teorije i prakse u vezi s ovom temom.



## 3.8. PROVJERI SVOJE ZNANJE

1. Na slici 3.61. prikazano je laboratorijsko posuđe. Navedi njegov naziv i funkciju.

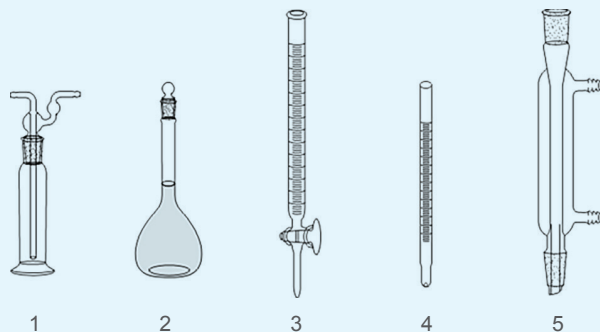


Slika 3.61.

Tabela. Namjena laboratorijskog posuđa

Redni broj	Naziv	Funkcija
1.		
2.		
3.		
4.		

2. Na slici 3.62. prikazano je laboratorijsko posuđe. Navedi njegov naziv i funkciju



Slika 3.62.

Tabela. Namjena laboratorijskog posuđa

Redni broj	Naziv	Funkcija
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

3. Navedeno posuđe i pribor razvrstaj po materijalu od kojeg je izrađeno:

stativ, reagens-boca, tronožac, stezaljka, lončić za žarenje, čaša, erlenmajer, avan s tučkom, pinceta, lijevak.

Tabela. Laboratorijsko posuđe u zavisnosti od materijala od kojeg je napravljeno

Stakleno posuđe	Porcelansko posuđe	Metalni pribor

4. Koje se vrste stakla koriste za izradu laboratorijskog posuđa?

---

---

---

5. Navedeno laboratorijsko posuđe razvrstaj po vrsti stakla od kojeg je izrađeno:

epruvete, erlenmajeri, sahatna stakla, hladnjaci, normalni sudovi, birete, baloni za destilaciju, pipete, eksikator.

Tabela. Laboratorijsko posuđe u zavisnosti od vrste stakla od kojeg je napravljeno

Laboratorijsko posuđe izrađeno od običnog stakla	Laboratorijsko posuđe izrađeno od hemijskog stakla

6. Navedi karakteristike hemijskog stakla.

---

---

---

7. Navedi prednosti laboratorijskog posuđa od porcelana.

---

---

8. Navedi materijale od kojih se izrađuje laboratorijski pribor.

---

---

---

9. Navedi materijale od kojih se izrađuju čepovi koji se koriste u laboratoriji.

---

---

---



10. Odgovori sa TAČNO ili NETAČNO:

	TAČNO	NETAČNO
Pluta je odličan provodnik toplote.		
Organski rastvarači nagrizaju gumene čepove.		
Omekšavanje plutanih čepova vrši se kuvanjem u vodi.		
Prirodna guma obrađuje se dodatkom kalcijuma.		

11. Za zatvaranje boca u kojima se nalaze organski rastvarači ne smiju da se koriste \_\_\_\_\_ čepovi.

12. Hrom-sulfatna kiselina koristi se za:

---

13. Popuni tabelu:

Tabela. Pranje i čišćenje laboratorijskog posuđa

Nečistoća	Sredstvo za pranje
	organski rastvarači
fosfor	
molibden	
	pasta od cinka u prahu i vode

14. Navedi postupke sušenja laboratorijskog posuđa.

---

---

15. Označi rednim brojevima od 1 do 6 (brojem 1 označi prvu operaciju) redosljed operacija u procesu obezbjeđivanja kvaliteta laboratorije u smislu funkcionalnosti opreme:

- \_\_\_ održavanje opreme
- \_\_\_ nabavka opreme
- \_\_\_ postupanje u slučaju kvara opreme
- \_\_\_ rukovanje opremom
- \_\_\_ pregled i kontrola opreme od strane akreditovanih laboratorija
- \_\_\_ označavanje i evidencija opreme

16. Ana je složila oprano posuđe u sušnicu i uključila ju je podesivši temperaturu na 105 °C. Nakon izvjesnog vremena primijetila je da indikator za kontrolu temperature nije u funkciji. Isključila je sušnicu, otvorila ju i utvrdila da unutrašnjost nije zagrijana. Opiši postupak koji Ana treba da odradi u skladu s procedurom.

---

---

---

---

---



## REZIME

Za izvođenje hemijskih analiza pri eksperimentalnom radu koristi se laboratorijsko posuđe koje se, u zavisnosti od namjene, izrađuje od različitih materijala: staklo, plastika i porcelan.

Većina hemijskih reakcija izvodi se u laboratorijskom posuđu od stakla, jer je staklo inertan materijal, lako se održava u čistom stanju i prozirno je. Vrste stakla zavise od dodataka pomoću kojih mijenjamo njihove osobine i izgled. U hemijskim laboratorijama upotrebljavaju se tri vrste stakla:

- obično staklo
- hemijsko staklo
- kvarcno staklo.

Laboratorijsko posuđe od plastike koristi se za čuvanje i rad sa supstancama koje nagrízaju staklo ili se na njemu adsorbuju. Prednosti plastičnih materijala: relativno niska cijena, jednostavna proizvodnja, nepropustljivost za vodu, otpornost na hemikalije, manja masa u

odnosu na druge materijale i dr. Laboratorijsko posuđe izrađuje se najčešće od polietilena, polipropilena i teflona.

Laboratorijsko posuđe od porcelana koristi se za zagrijavanje na visokim temperaturama i za žarenje, kao i za drobljenje i sitnjenje materijala male tvrdoće. U porcelansko posuđe ne smijemo stavljati jake kiseline ili jake baze, jer može doći do nagrizanja odnosno oštećenja posuđa.

Pored laboratorijskog posuđa, za uspješan rad u laboratoriji neophodan je i laboratorijski pribor koji je raznovrstan po obliku, veličini, namjeni i po materijalu od kojeg se izrađuje. Za izradu laboratorijskog pribora najčešće se koriste metal (nerđajući čelik, gvožđe, platina), drvo i plastične mase.

Čepovi koji se koriste u laboratoriji izrađuju se od plute, gume ili stakla. Veličina i oblik čepova se prilagođava grlu posude. Plutani čepovi ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima su jaka oksidacijska sredstva, jake kiseline i baze, te vodonik-peroksid, jer te supstance nagriza plutu. Gumeni čepovi ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze organski rastvarači (acetone, benzen, nitrobenzen, ugljenik-disulfid i sl.) jer nagriza gumu. Stakleni čepovi ne smiju se koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze jake baze, jer staklo reaguje s bazama.

Za izvođenje bilo kojeg eksperimenta posuđe mora biti čisto. Razlikujemo mehaničko čišćenje (odstranjivanje nečistoća sa zidova posuđa bez upotrebe abrazivnih sredstava) i hemijsko pranje (koriste se sredstva koja razaraju ili rastvaraju čestice nečistoća i masnoća sa zidova posuđa). Za hemijsko pranje se, u zavisnosti od vrste i porijekla nečistoće, koriste različiti deterdženti, kiseline, baze, organski rastvarači i dr. Savremene laboratorije koriste mašinsko pranje laboratorijskog posuđa koje ima niz prednosti: primjena novih deterdženata na bazi enzima, viša temperatura pranja, broj ispiranja, sistem za odvajanje otpadnih voda i dr.

Laboratorijsko posuđe može se sušiti na sobnoj temperaturi (korišćenjem drvenih ili plastičnih stalaka za sušenje) ili na povišenoj temperaturi (korišćenjem sušnice – suve toplote).

Uspješnost i kvalitet pružanja usluga neke laboratorije u velikoj mjeri zavisi od njene organizacije, tj. od sistema kontrole kvaliteta koji postoji u laboratoriji. Sva oprema i instrumenti koji se koriste u radu, moraju biti ispravno održavani i funkcionalni. Laboratorija mora imati napisane postupke održavanja opreme i instrumenata.

# 4. Izvođenje odgovarajućih mjerenja za potrebe hemijskih ispitivanja



## RAZMISLI I ODGOVORI

1. Osnovni zadatak svake nauke jeste sticanje novih znanja. Ako se ona mogu upotrijebiti u svakodnevnom životu, značaj im je mnogo veći. Najveću primjenu hemija danas ima u raznim granama industrije, tehnici, poljoprivredi, medicini ali i u svakodnevnom životu. Hemijska ispitivanja ne mogu se zamisliti bez različitih mjerenja. Razmisli i navedi sva mjerenja koja koristiš u svojim dnevnim aktivnostima.

2. Sastavni dio života antičkih naroda bila je trgovina. Trgovina se ne može zamisliti bez mjerenja, pa su zbog toga još stari Grci poznavali mjere koje su koristili ljudi iz drugih područja, zbog čega su na pijacama postojali lokalni standardi za dužinu, masu i zapreminu. Zbog čega je za razvoj trgovine bilo bitno poznavanje mjerenja i mjernih standarda?

3. U svakodnevnom životu često se kao sinonimi koriste riječi „masa“ i „težina“. Masa nekog tijela ista je na svim mjestima u kosmosu, dok njegova težina zavisi od jačine gravitacionog polja u kome se nalazi (i predstavlja proizvod mase i jačine gravitacionog polja). Da li smo teži na Zemlji ili Mjesecu, ako je jačina gravitacionog polja na Zemlji oko šest puta veća nego na Mjesecu?

## U OVOM POGLAVLJU NAUČIĆEŠ DA:

- objasniš način i tehniku mjerenja mase na tehničkoj i analitičkoj vagi
- demonstriraš mjerenje mase na tehničkoj i analitičkoj vagi na zadatom primjeru
- opišeš postupke mjerenja procenta vlage
- objasniš način i tehnike mjerenja zapremine različitim sudovima
- demonstriraš mjerenje zapremine različitim sudovima na zadatom primjeru
- objasniš način i tehnike mjerenja gustine različitim mjeračima
- na zadatom primjeru demonstriraš mjerenje gustine različitim mjeračima
- opišeš postupak kalibriranja mjernih sudova
- na zadatom primjeru demonstriraš postupak kalibriranja laboratorijskih sudova.

*Triput mjeri,  
jednom sijeci.*

Narodna izreka

## 4.1. MJERENJA PRI LABORATORIJSKIM ISPITIVANJIMA

Jedna od osnovnih operacija pri izvođenju hemijskih analiza svakako je mjerenje. U laboratoriji se svakodnevno vrši mjerenje mase, zapremine, temperature i drugih fizičkih veličina. Od preciznosti mjerenja zavise i rezultati same hemijske analize.

**Mjerenje** je postupak kojim se određuje vrijednost neke fizičke veličine pomoću odgovarajućih mjernih instrumenata. Definiše se kao proces upoređivanja vrijednosti nepoznate veličine s veličinom koja je uzeta za jedinicu mjere.

**Rezultat mjerenja** predstavlja vrijednost izmjerene veličine.

**Apsolutna greška** predstavlja razliku između rezultata mjerenja i srednje vrijednosti mjerenja.

**Relativna greška mjerenja** dobija se kada se maksimalna vrijednost apsolutne greške podijeli sa srednjom vrijednošću mjerenja.

Vrijednost izmjerene veličine naziva se **rezultat mjerenja**, i ne predstavlja njenu pravu vrijednost.

Razlika između rezultata mjerenja i srednje vrijednosti, kojom zamjenjujemo pravu vrijednost, naziva se **apsolutna greška mjerenja** ( $\Delta X$ ). Da bi se odredila apsolutna greška mjerenja, potrebno je datu fizičku veličinu mjeriti više puta. Na osnovu dobijenih rezultata određuje se srednja vrijednost mjerenja ( $X_{sr}$ ) kao aritmetička sredina svih mjerenja.

Npr. za izvršena tri mjerenja srednja vrijednost je:

$$X_{sr} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3},$$

gdje su  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  rezultati pojedinačnih mjerenja.

Da bi se dobila apsolutna greška mjerenja, neophodno je da se od srednje vrijednosti oduzme dobijeni rezultat mjerenja:

$$\Delta X_1 = |X_{sr} - X_1|.$$

Apsolutna greška izražava se u jedinicama mjerene veličine.

Dijeljenjem vrijednosti najveće apsolutne greške mjerenja sa srednjom vrijednošću mjerenja dobija se **relativna greška mjerenja** ( $\delta$ ):

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{sr}}.$$

Relativna greška se izražava u procentima:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{sr}} \cdot 100.$$

Primjer 1. Miloš je trčao 100 m, a drugovi su mu mjerili vrijeme. Jedan je izmjerio 12,4 s, drugi 12,8 s, a treći 13 s. Riješili su da nađu srednju vrijednost mjerenja i greške pri mjerenju:

$$X_{sr} = \frac{12,4 + 12,8 + 13}{3} \text{ s} = 12,73 \text{ s}.$$

Prvi je napravio grešku u mjerenju od  $|12,73 - 12,4| = 0,33$  s, drugi je napravio grešku u mjerenju od  $|12,73 - 12,8| = 0,07$  s, a treći je pogriješio za  $|12,73 - 13| = 0,27$  sekundi.

Dakle, najveća apsolutna greška mjerenja je 0,33 s, pa relativnu grešku dobijamo:

$$\delta = \frac{0,33 \text{ s}}{12,73 \text{ s}} \cdot 100\% = 0,026 \cdot 100\% = 2,6\%.$$

Svako mjerenje ima svoju **tačnost** i **preciznost**.



Slika 4.1. Precizno ali nedovoljno tačno mjerenje

#### Tačnost mjerenja

je odstupanje izmjerene vrijednosti od stvarne vrijednosti mjerene veličine.

#### Preciznost mjerenja

predstavlja bliskost vrijednosti mjerenih veličina dobijenih ponovljenim mjerenjima (slika 4.1).

## 4.2. MJERENJE MASE

Masa je osnovna fizička veličina koja se označava slovom *m*. Jedinica za masu je kilogram (kg), mada se u hemiji masa često izražava u manjim jedinicama: gramima (g), miligramima (mg) ili mikrogramima (μg). Masa tijela ne mijenja se ukoliko tijelo mijenja oblik ili agregatno stanje.



Kilogram je bio definisan kao masa 1 litra čiste vode na temperaturi od 3,98 °C na atmosferskom pritisku. Godine 1889. kilogram je definisan kao masa međunarodnog prototipa kilograma koji je napravljen od legure 90% platine i 10% iridijuma u obliku cilindra čija su visina i prečnik 39 mm (slika 4.2).



Dušanka Milojković  
-Opsenica

Slika 4.2.  
Prototip kilograma

Masa nekog tijela može se odrediti vaganjem – upoređivanjem nepoznate mase tijela s masom tegova. Kada vaga pokaže da su mase ovih tijela jednake, tada je mjerena masa tijela jednaka poznatoj masi tegova (slika 4.3).



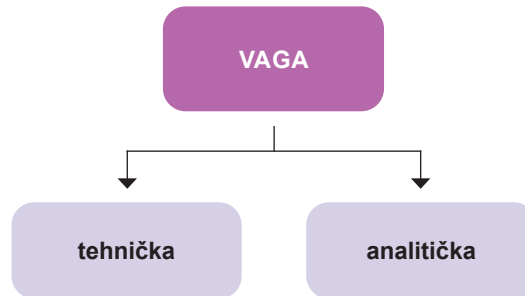
Slika 4.3. Vaganje

**Preciznost vage** je najmanja masa koja se može izmjeriti na datoj vagi.

**Kapacitet vage** je najveća masa koja se može mjeriti na vagi.

U laboratoriji se koriste vage koje imaju različit **kapacitet** i **preciznost**. Za manje precizna mjerenja koriste se tehničke, a za preciznija mjerenja analitičke vage (šema 4.1).

Preciznost mjerenja vage zavisi od njene konstrukcije i namjene. Tačnost mjerenja zavisi od stanja vage i uslova mjerenja, a to su: ispravnost vage, tačnost tegova, stanje podloge, položaj vage, temperatura, strujanje vazduha. Na tačnost mjerenja svakako utiču i subjektivni faktori kao što su obučenosť eksperimentatora i drugi.



Šema 4.1. Podjela vaga



Prve vage, pronađene u praistorijskim grobnicama Egipta, potiču iz 5. milenijuma prije nove ere. Prvi tegovi nađeni su na području Mesopotamije.

Vage nalazimo naslikane na papirusu 2000. godina prije naše ere – viseće vage napravljene od užeta.

Kod Rimljana srijećemo kantare, a alhemičari su osjetljivost i tačnost vaga usavršili do zavidnog nivoa.

**Libela** je mjerni instrument kojim se određuje horizontalnost neke površine. Može da se koristi kao poseban instrument, a vrlo često dolazi kao sastavni dio različitih mjernih uređaja.

Bez obzira na to koja se vaga koristi, pri vaganju se treba pridržavati sljedećih pravila:

- Prije početka mjerenja provjeriti da li je vaga nivelisana, tj. da li je u horizontalnom položaju. To se postiže pomoću **libele** koja se nalazi na postolju vage. Ako je potrebno, vagu dovesti u horizontalan položaj zavrtnjem nogara.
- Supstance koje se vagaju ne smiju se stavljati direktno na tas vage, već samo u prethodno odvagane posude za vaganje (lađice od filter-papira, sahatna stakla i dr.).
- Na vagu se ne smiju stavljati vrući, mokri ili nečisti predmeti.
- Kapacitet mjerenja ne smije se prekoračiti.
- Ako se u okviru istog oglada više puta mjeri, mora se koristiti ista vaga.
- Kod vaganja na analitičkoj vagi treba koristiti bočna vratanca na ormariću vage.

- Nakon vaganja vagu treba očistiti.
- Na vagi i oko vage ne smije se ništa ostavljati.
- Vratanca na analitičkoj vagi moraju se zatvoriti.

### 4.2.1. Mjerenje mase na tehničkoj vagi

Za manje precizna mjerenja u laboratoriji se koriste mehaničke tehničke vage s dva tasa i digitalne vage.

Tehnička vaga ima preciznost od 0,01 g, a kapacitet mjerenja je do 2 kg. Pored mehaničkih vaga (slika 4.4) sa dva tasa koje su se nekada više koristile, danas su u upotrebi digitalne vage (slika 4.5) sa jednim tasom i direktnim očitavanjem mase.



Slika 4.4. Tehnička vaga



Slika 4.5. Digitalna vaga

Vagu uključiti pomoću tastera *on/off*, sačekati par sekundi i ako se na displeju ne pojave sve nule pritisnuti dugme T (tarirati vagu), čime se vrši **nuliranje** vage. Predmet koji se mjeri, staviti na sredinu tasa i na displeju direktno očitati masu.

*Naš zadatak je da greške mjerenja svedemo na minimum i njihovu veličinu procijenimo s prihvatljivom tačnošću.*

Dušanka Milojković  
-Opsenica

**Nuliranje** predstavlja podešavanje početka mjerne skale vage na nulu.

### 4.2.2. Mjerenje mase na analitičkoj vagi

Za preciznija mjerenja mase u laboratoriji se koristi analitička vaga (mehanička ili automatska). Analitička vaga ima preciznost od 0,0001 g, a kapacitet mjerenja je do 600 g. Analitička vaga nalazi se unutar staklenog ormarića koji štiti vagu od prašine, uticaja buke i vazdušnih strujanja. Sa strana ormarića nalaze se staklena vratanca, koja se po potrebi otvaraju kako bi se omogućilo



stavljanje predmeta za mjerenje i tegova. Zbog svoje osjetljivosti, analitičke vage smještene su u posebnim prostorijama, gdje su izolovane od uticaja spoljašnjih faktora.

Mehanička analitička vaga (slika 4.6) ima dva tase, a danas se mnogo više koristi automatska analitička vaga s jednim tasom (slika 4.7).



Slika 4.6. Mehanička analitička vaga



Slika 4.7. Automatska analitička vaga

Automatska analitička vaga je s jednim tasom. Ako se analitička vaga pomjera sa svog mjesta, prije početka mjerenja potrebno ju je postaviti u horizontalan položaj. Nuliranje se vrši automatski kada se vaga uključi, ali je potrebno provjeriti vagu. Nuliranje vage vrši se kad je vaga neopterećena, pritiskom na dugme tare.

Kada se na ekranu pojavi 0,0000 g, vaga je spremna za upotrebu. Predmet koji se mjeri pažljivo se stavi na tas, a izmjerena veličina očitava se direktno na ekranu.



Tegovi asirskih lavova (8. v. p. n. e.) nalaze se u Britanskom muzeju.



Slika 4.8. Asirski lavovi

### 4.2.3. Mjerenje sadržaja vlage

**Maseni sadržaj vode** (vlaga) je sadržaj vode u uzorku i predstavlja odnos mase vode u uzorku i mase uzorka.

Sadržaj vlage u uzorku predstavlja količinu vode koja se nalazi u datom materijalu. Povećanje sadržaja vlage u materijalima direktno utiče na smanjenje sadržaja ostalih komponenti, a samim tim utiče na kvalitet i upotrebu materijala. Voda se u materijalima može naći kao slobodna ili kao hemijski vezana voda. Izražava se kao **maseni sadržaj vode** u uzorku.

Kod nekih materijala (npr. ugalj) maseni sadržaj vode se računa u odnosu na masu vlažnog uzorka (prije sušenja):

$$W = \frac{m_v}{m_w}$$

$m_v$  – masa vode,  $m_w$  – masa vlažnog materijala (w – wet, što znači mokar)

Za ostale materijale (zemljište, drvo), maseni sadržaj vode se izražava u odnosu na težinu suvog uzorka:

$$W = \frac{m_v}{m_d}$$

$m_v$  – masa vode,  $m_d$  – masa suvog materijala (d – dry, što znači suv)

Sadržaj vode se obično izražava u procentima. Za određivanje sadržaja vode u materijalima, koriste se direktne i laboratorijske metode.

---

## 4.2.4. Direktno određivanje sadržaja vlage

Sadržaj vlage u uzorku može se direktno izmjeriti sušenjem uzorka. Uvijek je potrebno ispitivati više uzoraka uporedno. Postupak određivanja sadržaja vlage direktnom metodom je sljedeći:

- Prvo se na analitičkoj vagi izmjeri masa prazne mjerne posude i zapiše se vrijednost  $m_1$ .
- Zatim se u posudu doda ispitivani uzorak, izmjeri se masa posude i uzorka i zapiše vrijednost  $m_2$ .
- Nakon toga uzorak s posudom se suši. U zavisnosti od vrste uzorka, sušenje se izvodi u trajanju od jednog pa do nekoliko sati na temperaturi oko 105 °C.
- Poslije sušenja uzorak i posuda hlade se u eksikatoru.
- Nakon hlađenja, mjeri se masa osušenog uzorka u posudi i zapisuje vrijednost  $m_3$ .

Proračun sadržaja vlage vrši se na sljedeći način:

- Prvo se izračuna masa vlažnog uzorka – prije sušenja:  $m_w = m_2 - m_1$ .
- Zatim se izračuna masa suvog uzorka – poslije sušenja:  $m_d = m_3 - m_1$ .
- U toku sušenja uklonjena je voda iz uzorka, pa se masa vode dobija kao razlika ovih dviju masa:  $m_v = m_w - m_d$ .
- Sadržaj vode dobija se iz formule:  $W = \frac{m_v}{m_w} \cdot 100\%$  za ugalj ili  $W = \frac{m_v}{m_d} \cdot 100\%$  za zemljište.

Ostale metode za određivanje sadržaja vlage uključuju hemijske titracije, određivanje gubitka mase pri zagrijavanju u prisustvu inertnog gasa ili nakon sušenja smrzavanjem i sl.



### 4.3. DEMONSTRACIJA MJERENJA MASE NA TEHNIČKOJ I ANALITIČKOJ VAGI I ODREĐIVANJE SADRŽAJA VLAGE

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih ogleda u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s pravilnim korišćenjem tehničke i analitičke vage u hemijskoj laboratoriji; demonstriraće vam se pravilno rukovanje tehničkom i analitičkom vagom; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

#### PRAKTIČNI ZADATAK 1:

##### **Mjerenje mase čvrstog predmeta vaganjem na tehničkoj vagi**

**Pribor:** čvrsti predmet koji se mjeri, tehnička vaga.

**Postupak:** Vagu postaviti na sto i, prateći uputstvo za mjerenje na tehničkoj vagi, izmjeriti masu predmeta. Postupak mjerenja ponoviti tri puta. Dobijene rezultate unijeti u tabelu. Odrediti srednju vrijednost mjerenja, apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Tabela 4.1. Mjerenje mase čvrstog predmeta na tehničkoj vagi

	Prvo mjerjenje	Drugo mjerjenje	Treće mjerjenje	Srednja vrijednost mjerjenja
Izmjerena masa $m$ (g)				

Srednja vrijednost mjerenja:  $m_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$\Delta X_1 =$

$\Delta X_2 =$

$\Delta X_3 =$

Maksimalna apsolutna greška:  $\Delta X_{max} =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

#### PRAKTIČNI ZADATAK 2:

##### **Mjerenje proizvoljne mase bakar(II)-sulfata na tehničkoj vagi**

**Pribor i hemikalije:** bakar(II)-sulfat, tehnička vaga, posude za mjerenje, kašičica.

**Postupak:** Prateći uputstvo za mjerenje na tehničkoj vagi, prvo izmjeriti masu posude za mjerenje, te zabilježiti njenu vrijednost. Skinuti posudu s tase, dodati joj proizvoljnu količinu bakar(II)-sulfata i vratiti je na vagu, pa zabilježiti dobijenu masu. Kada se od ukupne mase oduzme masa posude za mjerenje, dobiće se masa bakar(II)-sulfata. Mjerenje ponoviti tri puta koristeći različite posude za mjerenje. Dobijene rezultate unijeti u tabelu. Odrediti srednju vrijednost mjerenja, apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Tabela 4.2. Mjerenje proizvoljne mase bakar(II) sulfata na tehničkoj vagi

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
Masa prazne posude $m(\text{posude})$ (g)			
Masa posude s bakar(II)- sulfatom $m(\text{posude} +$ bakar(II)-sulfat) (g)			
Masa bakar(II)-sulfata $m(\text{bakar(II)-sulfata}) =$ $m(\text{posude} + \text{bakar(II)sulfat}) -$ $m(\text{posude})$ (g)			

Srednja vrijednost mjerenja:  $m_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna apsolutna greška:  $\Delta X_{max} =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Mjerenje 10 g bakar(II)sulfata na tehničkoj vagi**

**Pribor i hemikalije:** bakar(II)-sulfat, tehnička vaga, posude za mjerenje, kašičica.

**Postupak:** Prateći uputstvo za mjerenje na tehničkoj vagi, prvo izmjeriti masu posude za mjerenje, te zabilježiti njenu vrijednost. U posudu za mjerenje dodavati bakar(II)-sulfat sve dok ukupna masa posude i bakar-sulfata ne bude veća za 10 g od mase prazne posude.

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

##### **Mjerenje mase čvrstog predmeta vaganjem na analitičkoj vagi**

**Pribor:** čvrsti predmet koji se mjeri, automatska analitička vaga.

**Postupak:** Vagu nivelisati i podesiti nulu vage. Pažljivo staviti predmet koji se mjeri na tas vage, sačekati i pročitati izmjerenu masu.

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 5:**

##### **Mjerenje proizvoljne mase bakar(II)-sulfata na automatskoj analitičkoj vagi**

**Pribor i hemikalije:** bakar(II)-sulfat, automatska analitička vaga, kašičica.

**Postupak:** Podesiti nulu vage. Staviti posudu za mjerenje na tas vage. Vagu nakon toga opet podesiti na nulu, dodati bakar-sulfat i pročitati izmjerenu masu.

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 6:**

##### **Mjerenje 10 g bakar(II)sulfata na automatskoj analitičkoj vagi**

**Pribor i hemikalije:** bakar(II)-sulfat, automatska analitička vaga, kašičica.

**Postupak:** Podesiti nulu vage. Staviti posudu za mjerenje na tas vage. Vagu nakon toga opet podesiti na nulu, dodavati bakar(II)-sulfat sve dok se na ekranu ne pojavi vrijednost od 10 g. Pridržavati se pravila mjerenja na vagi.

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 7:**

##### **Određivanje sadržaja vlage u uzorku**

**Pribor:** ispitivani uzorak (zemljište), posuda za mjerenje, analitička vaga, sušnica.

**Postupak:** Uzeti tri čiste i suve posude za mjerenje, izmjeriti njihove mase, i podatke upisati u tabelu. U posude staviti ispitivani uzorak, te izmjeriti masu posuda s uzorkom. Posude s uzorkom staviti u sušnicu, na 105 °C, i sušiti oko sat vremena. Nakon sušenja, posude staviti u eksikator da se ohlade. Izmjeriti mase osušenih i ohlađenih posuda s uzorkom, te unijeti dobijene rezultate u tabelu. Odrediti srednju vrijednost mjerenja, apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Tabela 4.3. Određivanje sadržaja vlage u uzorku

	Prvo mjerjenje	Drugo mjerjenje	Treće mjerjenje
Masa prazne posude $m_1$ (g)			
Masa posude s uzorkom prije sušenja $m_2$ (g)			
Masa posude s uzorkom poslije sušenja $m_3$ (g)			
Masa vlažnog uzorka $m_w$ (g)			
Masa suvog uzorka $m_d$ (g)			
Masa vode $m_v$ (g)			
Procenat vlage u uzorku $w$			

Srednja vrijednost mjerenja:  $w_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$\Delta X_1 =$

$\Delta X_2 =$

$\Delta X_3 =$

Maksimalna apsolutna greška:  $\Delta X_{max} =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$



### **PROJEKTI ZADATAK**

**Cilj zadatka:** Donošenje zaključaka o značaju mjerenja mase za laboratorijska ispitivanja

Učenici su dobili uputstvo da samostalno odrade sljedeći zadatak: svaki učenik dobio je po jednu jabuku od iste sorte koju treba izrezati na četiri komada; svakom komadu izmjeriti i zabilježiti masu. Nakon toga, jabuke staviti u sušnicu koja je zagrijana na 105 °C i sušiti sat vremena. Nakon sušenja, jabuke ohladiti i ponovo im izmjeriti masu. Za svaki komad jabuke odrediti sadržaj vlage. Na osnovu toga, naći ukupan sadržaj vlage u jabuci. Uporediti dobijene rezultate i diskutovati o tome zbog čega se rezultati mjerenja razlikuju.

*Nauka počinje  
onda kada je  
moguće mjeriti,  
jer je tačna nauka  
nezamisliva bez  
mjerjenja.*

D. I. Mendeljejev

## 4.4. MJERENJE ZAPREMINE

Materija se javlja u tri agregatna stanja: čvrsto, tečno i gasovito. Čvrsta tijela imaju stalan oblik i zapreminu, tečnosti zauzimaju oblik posude u kojoj se nalaze, a gasovi nemaju stalan oblik ni zapreminu – oni ispunjavaju posudu u kojoj se nalaze.

Zapremina je veličina prostora koju zauzima neko tijelo ili supstanca. Zapremina se obilježava sa  $V$ , jedinica je metar kubni ( $m^3$ ), ali se u hemiji koriste i manje jedinice npr decimetar kubni ( $dm^3$ ) ali i jedinice izvan SI sistema – litar (l), mililitar (ml) i slično.

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3, 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$$

Određivanje zapremine pravilnih čvrstih tijela svodi se na mjerenje dimenzija (dužine, širine i visine) i računanje preko formula.

Primjer 1. Zapremina kocke dimenzija  $3 \cdot 3 \cdot 3 \text{ cm}$  iznosi

$$V = \text{dužina} \cdot \text{širina} \cdot \text{visina} = 3 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm} = 27 \text{ cm}^3, \text{ tj. } V = a^3 \text{ (slika 4.9).}$$



Za razliku od mnogih supstanci, voda se mržnjenjem širi. Kocka leda zauzima oko 9% veću zapreminu u odnosu na tečnu vodu.

Slika 4.9.  
Kocka dimenzija  
 $3 \cdot 3 \cdot 3 \text{ cm}$



Šest zapreminskih mjera iz  
Pompeje (79. g. p. n. e.)



Slika 4.10.  
Zapreminske mjere  
Pompeja

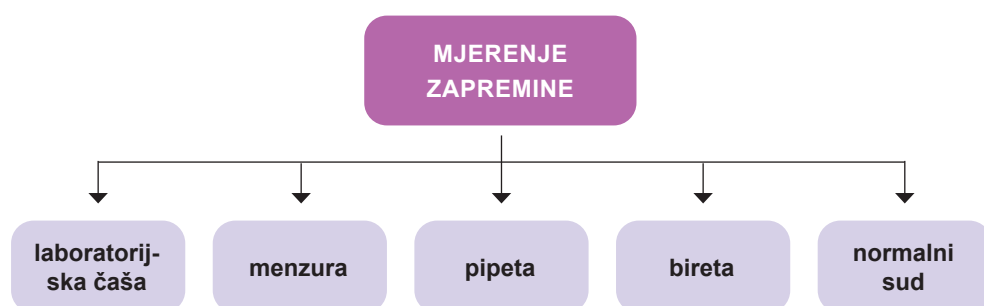
## 4.4.1. Mjerenje zapremine tečnosti

Mjerenje zapremine tečnosti spada u osnovna laboratorijska mjerenja. U tu svrhu se koristi **graduirano laboratorijsko posuđe**.

Na svakom sudu mora da postoji oznaka koja označava maksimalnu zapreminu koja se može odmjeriti upotrebom tog suda. Na osnovu podjeljaka na skali može se uočiti i najmanja zapremina koja se može očitati.

Za mjerenje zapremine u laboratoriji koriste se laboratorijske čaše, menzure, pipete, birete i normalni sudovi (šema 4.2). Ovo posuđe često se naziva i volumetrijsko posuđe (volumen – zapremina). Vrsta suda koji će se koristiti za mjerenje zavisi od zapremine koja se mjeri i preciznosti samog mjerenja.

**Graduirano posuđe** je ono posuđe koje ima ugraviranu mjernu skalu koja služi za pravilno očitavanje zapremine.

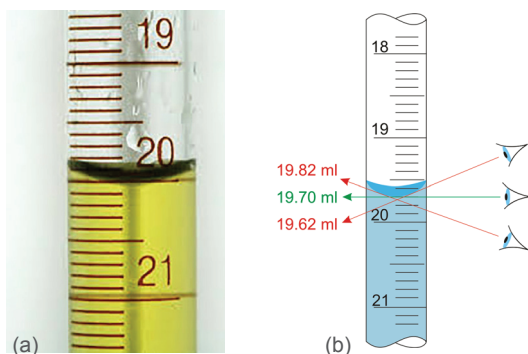


Šema 4.2. Mjerenje zapremine

Prilikom mjerenja zapremine tečnosti, nivo tečnosti mora biti u visini očiju i uvijek se očitava podjeljak na skali na kome se nalazi donji menisk (ispupčenje) tečnosti (slika 4.11).

### Laboratorijska čaša

Služi za grubo odmjeravanje zapremine tečnosti. Napravljena je od stakla, i na svom gornjem dijelu ima ispust u vidu „kljuna“ koji olakšava pretakanje tečnosti. Postoje čaše različitih zapremina: 50 ml, 100 ml, 200 ml, itd. (slika 4.12).



Slika 4.11. Pravilno očitavanje zapremine tečnosti



Slika 4.12. Laboratorijske čaše



## Menzura

Menzure su cilindrični graduirani sudovi, sa „kljunom“ za izlivanje tečnosti, koji služe za grubo mjerenje zapremine (slika 4.13). Izrađuju se u različitim veličinama, od 5 ml pa do nekoliko litara. Prilikom usipanja tečnosti, menzuru je neophodno blago iskositi kako bi tečnost klizila niz zid suda. Na taj način izbjegava se stvaranje mjehurića na površini tečnosti. Menzuru držati u visini očiju, i vršiti provjeru položaja meniska tečnosti.



Slika 4.13. Menzura

## Pipeta

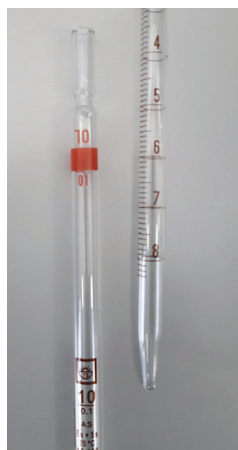


Riječ pipeta potiče od francuske riječi *pipette*, što znači lulica. Prvu mikropipetu patentirao je 1957. godine njemački doktor Hajnrih Šnitger.

**Propipeta** je gumena loptica s tri ventila koja se stavlja na otvor pipete. Stiskanjem ventila reguliše se usisavanje i ispuštanje tečnosti iz pipete.

Pipeta se koristi za preciznije mjerenje zapremine tečnosti. Mogu da mjere zapreminu od 1 pa do 100 ml (slika 4.14).

Pri upotrebi, gornji dio pipete drži se palcem i srednjim prstom dok se kažiprst stavlja na gornji otvor pipete. Donji dio pipete uroni se duboko u tečnost, koja se uvlači u pipetu ustima ili **propipetom**. Propipete se koriste kada se mjeri zapremina toksičnih supstanci (slike 4.15. i 4.16).



Slika 4.14. Pipete



Slika 4.15. Propipeta

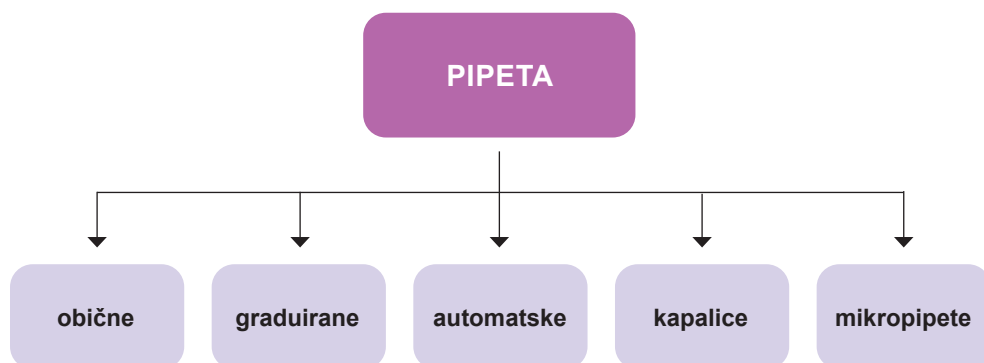


Slika 4.16. Propipeta na pipeti

A – dugme za stvaranje potpritiska, S – dugme za uvlačenje, E – dugme za ispuštanje tečnosti

Pomoću ventila A (Air) istiskuje se vazduh iz loptice. Pipeta se potom uroni u rastvor i pomoću ventila S (Suction) usisa se rastvor u pipetu. Ventilom E (Empty) ispušta se rastvor do oznake. Zatim se ispušta sadržaj pipete u pripremljenu posudu bez skidanja propipete s pipete. Ne dozvoliti da rastvor uđe u propipetu.

Vrste pipeta prikazane su šemom 4.3.



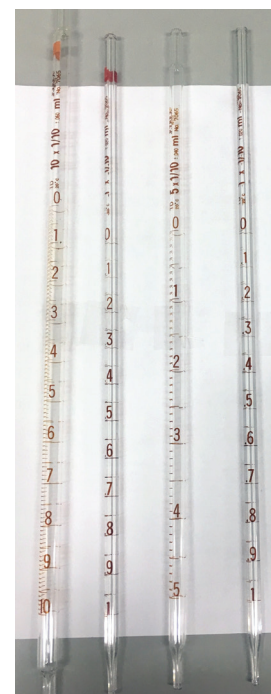
Šema 4.3. Podjela pipeta



Slika 4.17. Trbušaste pipete

Obična – Morova trbušasta pipeta (slika 4.17) jeste uska cijev sa proširenjem na sredini (trbuhom). Donji dio pipete izvučen je u kapilaru. U gornjem dijelu postoji oznaka do koje treba napuniti pipetu da bi se odmjerila tačno određena zapremina tečnosti. Kada se usisa tečnost preko gornje crte, kažiprstom se zatvori otvor pipete. Laganim podizanjem kažiprsta, ispušta se tečnost iz pipete sve dok donji menisk nivoa tečnosti ne dođe na gornju crtu. Kod trbušastih pipeta na taj način je odmjerena zapremina za koju je pipeta namijenjena. Trbušasta pipeta može mjeriti samo određenu zapreminu tečnosti.

Graduirane pipete (slika 4.18) jesu ravne cilindrične cijevi, bez ikakvog proširenja, kod kojih je donji kraj izvučen u kapilaru i sadrže ugraviranu mjernu skalu. Graduiranim pipetama mogu se mjeriti različite zapremine tečnosti, u intervalu mjerne skale. Graduirana pipeta puni se nekoliko milimetra iznad gornje oznake. Laganim podizanjem kažiprsta ispusti se tečnost do gornje oznake. Na taj način nivo tečnosti doveden je na početak mjerne skale. Zatim se nastavi lagano ispuštanje određene zapremine tečnosti u prihvatni sud.



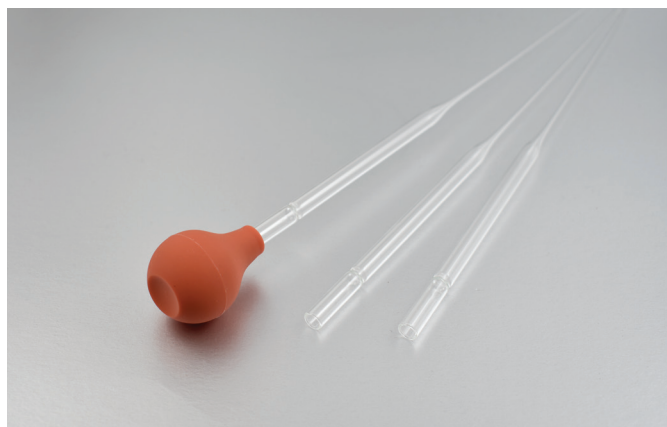
Slika 4.18. Graduirane pipete

Osim navedenih pipeta, danas su u upotrebi automatske pipete (slika 4.19) različitih zapremina koje pritiskanjem dugmeta automatski vrše usisavanje, odnosno ispuštanje tečnosti.

Postoje plastične ili staklene pipete koje se upotrebljavaju za prenošenje malih količina tečnosti. Koriste se u medicini, i često se nazivaju kapalice (slika 4.20).

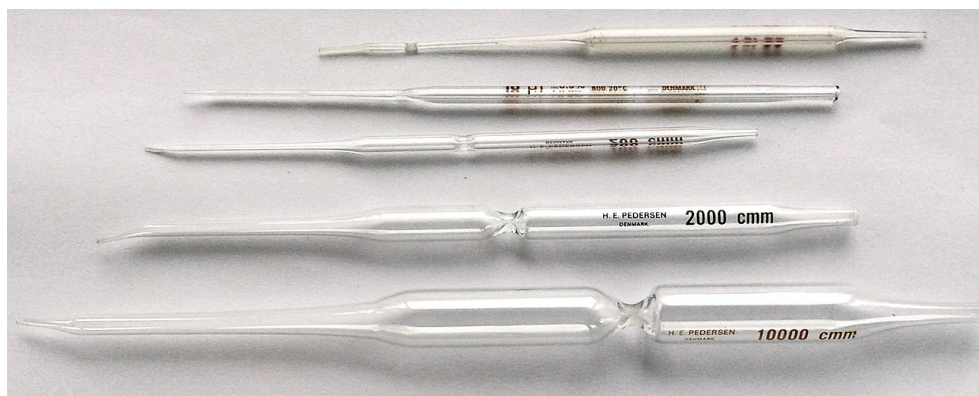


Slika 4.19. Automatska pipeta



Slika 4.20. Kapalica

Mikropipeta (slika 4.21) omogućava automatsko usisavanje i ispuštanje malih zapremina tečnosti. Koristi se za mjerenje jednakih zapremina tečnosti, od 5 do 1000 mikrolitara. Sadrži plastični nastavak koji se poslije upotrebe baca.



Slika 4.21. Mikropipete



Amfora sa sportistom (480. g. p. n. e.) nalazi se u muzeju Luvr. Koristila se kod starih Grka za mjerenje zapremine tečne i čvrste supstance.



Slika 4.22. Amfora sa sportistom

## Bireta



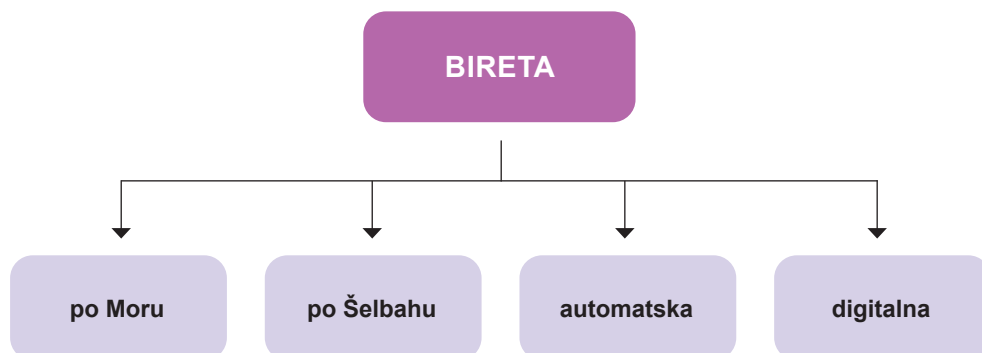
Prvu biretu izumio je 1845. godine francuski kemičar Etjen Osian Henri. Godine 1855. njemački kemičar Karl Fridrih Mor predstavio je poboljšanu verziju Henrijeve birete.

Birete se koriste za precizno mjerenje zapremine. To su cilindrični sudovi u koje se tečnost sipa ili s vrha uz pomoć lijevka ili se usisavanje vrši uspostavljanjem vakuuma. Na dnu birete nalazi se slavina koja omogućava istakanje tečnosti. Birete se postavljaju na metalne držače, i osim za mjerenja zapremine koriste se za izvođenje titracija (slika 4.23).



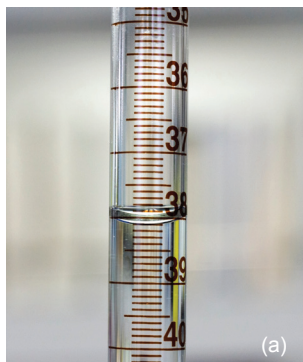
Slika 4.23. Birete i ostali pribor za mjerenje zapremine

Vrste bireta prikazane su šemom 4.4.

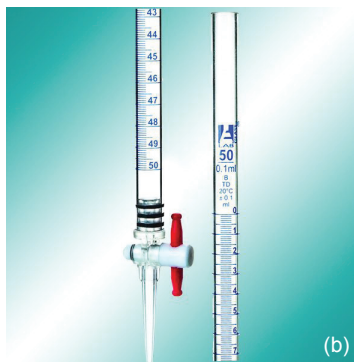


Šema 4.4. Podjela bireta

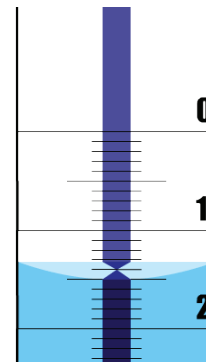
Birete po Moru (slika 4.24a i b) prozirne su; očitavanje zapremine vrši se kao i kod ostalih mjernih sudova. Tečnost čija se zapremina mjeri, usipa se s vrha birete, uz pomoć lijevka, pri čemu slavina na donjem dijelu mora biti zatvorena. Tečnost se sipa par milimetara iznad gornje crte. Laganim okretanjem slavine vrši se ispuštanje tečnosti do gornjeg podjeljika. Nakon podešavanja nule birete, laganim okretanjem slavine ispusti se odgovarajuća zapremina tečnosti.



Slika 4.24. Bireta po Moru



(b)



Slika 4.25. Bireta po Šelbahu

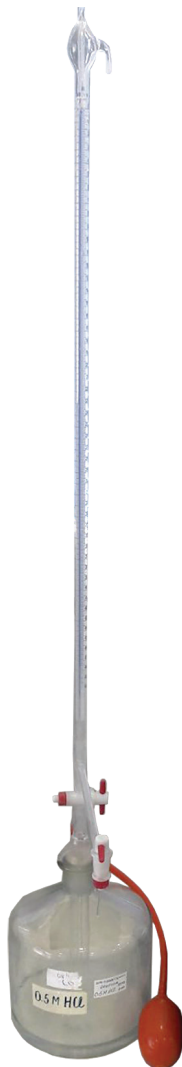
Princip mjerenja biretom po Šelbahu (slika 4.25) isti je kao i kod prethodne birete. Kod bireta po Šelbahu poleđina je obojena bijelom bojom, i na njoj se nalazi plava traka. Na položaju meniska plava crta izgleda kao slovo X. Nivo tečnosti očitava se na mjestu gdje dolazi do suženja plave trake.

Kod digitalnih bireta (slika 4.26) očitavanje zapremine vrši se direktno na displeju, a usisavanje tečnosti vrši se automatski, stvaranjem vakuuma.



Slika 4.26. Digitalna bireta

Automatska bireta (slika 4.27) povezana je sa bocom u kojoj se nalazi rastvor kojim se puni. Usisavanje tečnosti vrši se stvaranjem vakuuma pomoću pumpice, kroz usku cijev za punjenje do momenta kada počinje da se puni kruškasti dio na vrhu birete. Prestankom pumpanja, višak rastvora vraća se nazad u bocu. Bireta se automatski napuni zaustavljanjem nivoa na nuli skale. Laganim otvaranjem slavine na donjem dijelu ispušta se mjerena zapremina tečnosti.



Slika 4.27. Automatska bireta

### Normalni sud

Normalni sud (slika 4.28) jeste staklena laboratorijska posuda, kruškastog oblika s dugim grlom i nije graduiran. Na grlu suda se nalazi crta koja označava koju zapreminu sud može da odmjeri. Koristi se za pripremanje rastvora,

a šlifovani čep omogućava mućkanje rastvora u sudu. Izrađuje se u različitim zapreminama – od 10, 50, 100, 250, 500 i 1000 ml.

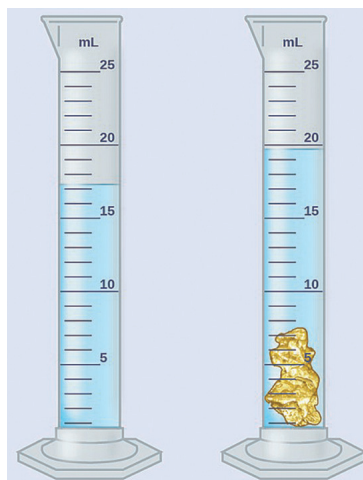
Normalnim sudom može se mjeriti samo određena zapremina tečnosti.



Slika 4.28. Normalni sud

## 4.4.2. Mjerenje zapremine čvrstog predmeta nepravilnog oblika

Mjerenje zapremine čvrstog predmeta nepravilnog oblika najlakše se postiže metodom istiskivanja tečnosti. U menzuru se uspe voda do otprilike jedne trećine njene zapremine. Očita se nivo vode i zabilježi se zapremina koju ona zauzima. Zatim se u menzuru lagano spusti predmet čiju zapreminu treba izmjeriti, sačeka se minut-dva da se smiri površina vode, te se očita zapremina vode i predmeta. Predmet je svojom težinom podigao nivo vode. Oduzimanjem ovih dviju vrijednosti dobija se zapremina predmeta. Pri upotrebi ove metode mora se voditi računa o tome da je predmet teži od tečnosti, da međusobno hemijski ne reaguju i da je manjih dimenzija kako bi stao u menzuru (slika 4.29).



Slika 4.29. Mjerenje zapremine čvrstih tijela nepravilnog oblika

*Treba mjeriti sve što je dostupno mjerenju i učiniti dostupnim mjerenju sve što već nije dostupno.*

Galileo Galilej

$$V_{\text{predmeta}} = V_{(\text{voda} + \text{predmet})} - V_{(\text{vode})}$$



Korintska kotila – čaša sa sovom (5. v. p. n. e.) nalazi se u Nacionalnom muzeju u Varšavi. Kotile su bile mjere kapaciteta kod Rimljana i Grka.



Slika 4.30. Kotila



## 4.5. DEMONSTRACIJA MJERENJA ZAPREMINE RAZLIČITIM SUDOVIMA

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih oglada u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s pravilnim mjerenjem zapremine upotrebom različitog volumetrijskog posuđa, kao i za određivanje sadržaja vlage u uzorku; demonstriraće vam se pravilna upotreba volumetrijskog posuđa i pravila pri određivanju sadržaja vlage; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

### PRAKTIČNI ZADATAK 1:

**Mjerenje proizvoljne zapremine tečnosti upotrebom odgovarajućeg volumetrijskog posuđa**

**Pribor i hemikalije:** volumetrijsko posuđe, destilovana voda.

**Postupak:** U laboratorijsku čašu sipati proizvoljnu količinu destilovane vode. Pravilnim izborom i upotrebom odgovarajućeg volumetrijskog posuđa izmjeriti zapreminu vode menzutom, pipetom i biretom. Dobijene rezultate unijeti u tabelu. Uporediti dobijene rezultate i odrediti grešku mjerenja.

Tabela 4.4. Mjerenje zapremine tečnosti

	menzura	pipeta	bireta
Zapremina vode			

Srednja vrijednost mjerenja:  $V_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

**Odmjeravanje 20, 25 i 50 ml destilovane vode odgovarajućim volumetrijskim posuđem**

**Pribor i hemikalije:** volumetrijsko posuđe, destilovana voda.

**Postupak:** Upotrebom različitog volumetrijskog posuđa odmjeriti 20, 25 i 50 ml destilovane vode.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

**Mjerenje zapremine čvrstog predmeta**

**Pribor i hemikalije:** menzura, čvrsti predmet, destilovana voda.

**Postupak:** Sipati vodu u menzuru do jedne trećine njene zapremine. Zabilježiti zapreminu vode. Dodati čvrst predmet, zabilježiti zapreminu vode s predmetom. Oduzimanjem ovih vrijednosti dobija se zapremina predmeta.

$$V_{(\text{vode})} =$$

$$V_{(\text{voda} + \text{predmet})} =$$

$$V_{(\text{predmeta})} = V_{(\text{voda} + \text{predmet})} - V_{(\text{vode})} =$$

Tabela 4.5. Mjerenje zapremine čvrstog predmeta

	vode	vode s predmetom	predmeta
Zapremina (cm <sup>3</sup> )			



Svaka stvar je poznata samo s tim stepenom s kojim se može mjeriti.

Vilijam Kelvin

## 4.6. MJERENJE GUSTINE



Kralj Hijeron II želio je da provjeri da li je zavještana kruna napravljena od zlata ili srebra. Grčki fizičar i matematičar Arhimed trebalo je to da utvrdi, ali nije smio da ošteti krunu. Kada je ulazio u kadu da se okupa, primijetio je da je nivo vode u kadi porastao, i tada je uzviknuo: EUREKA! Riješio je problem tako što je krunu potopio u vodu, izmjerio zapreminu vode koju je kruna istisnula, i masu krune podijelio s tom zapreminom. Na taj način je dobio gustinu materijala od kojeg je kruna napravljena. Pošto je gustina bila manja od gustine zlata, zaključio je da je kruna napravljena od srebra.

**Gustina** je fizička veličina koja predstavlja odnos mase i zapremine tijela.

Tijela istih masa izgrađena od različitih supstanci imaju različite zapremine. Zapremina i masa određuju fizičku veličinu koja se naziva **gustina**, koja je karakteristična za svaku supstancu.

Obilježava se sa  $\rho$  (ro) a izražava se u  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  (kilogram po metru kubnom), s tim što su u upotrebi i druge jedinice, kao npr.  $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  (gram po centimetru kubnom) i sl.

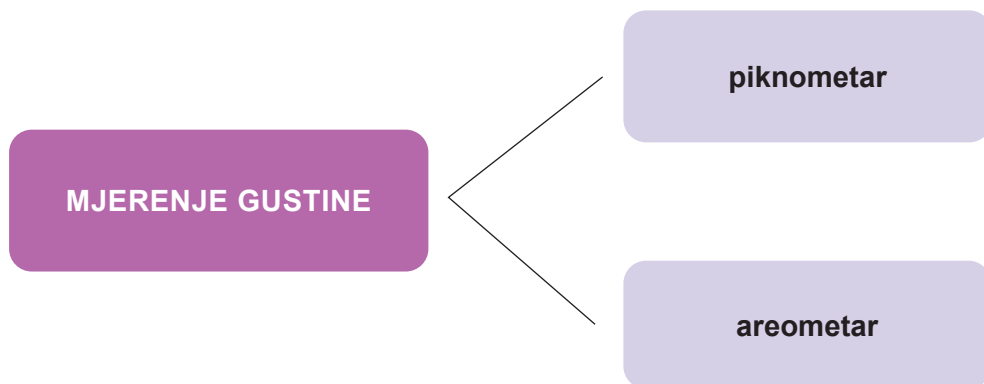
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\rho$  – gustina tijela  
 $m$  – masa tijela  
 $V$  – zapremina tijela

Mjerenje gustine veoma je bitno u hemijskim analizama. Poznavanje gustine pomaže identifikaciji hemijskog elementa ili jedinjenja (slika 4.31). Gustina se mjeri na više načina: mjerenjem mase i zapremine tečnosti, te njihovim dijeljenjem, piknometrom i areometrom (šema 4.5).



Slika 4.31. Tečnosti različitih gustina



Šema 4.5. Mjerenje gustine



Masa kocke vode čije su dimenzije  $1 \cdot 1 \cdot 1$  m iznosi 1000 kg. Gustina leda manja je od gustine vode. Led je lakši od vode, i pliva na površini.

### 4.6.1. Mjerenje gustine piknometrom

Piknometar (slika 4.32) jeste mala boca, uskog grla sa čepom i tačno određene zapremine. Može da sadrži ugrađen termometar (za mjerenje temperature). Kod piknometra bez termometra u zatvaraču se nalazi kapilara, a kod piknometra s ugrađenim termometrom kapilara se nalazi sa strane, i služi da primi višak tečnosti. Određivanje gustine izvodi se na konstantnoj temperaturi.

Postupak određivanja gustine nepoznate tečnosti je sljedeći:

- Izmjeriti masu praznog suvog piknometra ( $m_1$ ).
- Izmjeriti masu piknometra napunjenog ispitivanom tečnošću ( $m_2$ ).
- Izmjeriti masu piknometra napunjenog destilovanom vodom ( $m_3$ ).

Piknometar se puni do samog vrha, zatvori se čepom, pri čemu se dio tečnosti izlije. Izlivena tečnost ukloni se suvom krpom.

Prije svakog mjerenja na analitičkoj vagi potrebno je napunjeni piknometar ostaviti desetak minuta kako bi se izjednačile temperature uzorka i okoline. Ako bi se u toku mjerenja piknometar zaprljao, neophodno je suvom krpom ukloniti prljavštinu i nastaviti mjerenje.

Prvo se odredi **vodena vrijednost piknometra**, koja može da služi i za kasnija određivanja na istoj temperaturi:

**Vodena vrijednost piknometra** predstavlja maksimalnu zapreminu destilovane vode koja može da se uspe u piknometar.



slika 4.32. Piknometar

- Odrediti masu vode:  $m_v = m_3 - m_1$ .
- Odrediti zapreminu vode – vodenu vrijednost piknometra:  $V_v = \frac{m_v}{\rho}$
- $\rho$  je gustina vode, i iznosi 0,9982 g/cm<sup>3</sup>.

Nakon toga odrediti masu uzorka:  $m_{uz} = m_2 - m_1$ .

Zapremina ispitivane tečnosti je jednaka zapremini vode, te je gustina tečnosti:

$$\rho = \frac{m_u}{V_v}$$

Postupak određivanja gustine čvrste supstance je sljedeći:

- Izmjeriti masu praznog piknometra ( $m_1$ ).
- Izmjeriti masu piknometra sa ispitivanim uzorkom ( $m_2$ ).
- Izmjeriti masu piknometra s vodom ( $m_3$ ).
- Izmjeriti masu piknometra sa uzorkom i vodom ( $m_4$ ).

Pri mjerenjima je potrebno pridržavati se pravila rada s piknometrom, koja su već opisana u prethodnom primjeru.

Proračun se vrši na sljedeći način:

Odrediti masu uzorka:  $m_{uz} = m_2 - m_1$

Odrediti masu istisnute vode:  $m_{iv} = (m_3 + m_{uz}) - m_4$ .

Zapremina istisnute vode je  $V_{iv} = \frac{m_{iv}}{\rho}$

$\rho$  je gustina vode, i iznosi 0,9982 g/cm<sup>3</sup>.

Zapremina ispitivane čvrste supstance jednaka je zapremini istisnute vode, pa je gustina čvrste supstance:  $\rho = \frac{m_{uz}}{V_{iv}}$ .

Kod upotrebe ove metode mjerenja gustine metala, treba voditi računa da metal hemijski ne reaguje s vodom i da su mu dimenzije dovoljno male da može stati u piknometar.



Slika 4.33. Areometar

## 4.6.2. Mjerenje gustine areometrom

Areometar (slika 4.33) jeste instrument za mjerenje gustine tečnosti. To je zatvorena staklena cijev koja je u donjem dijelu proširena. U proširenom dijelu nalazi se olovno ili živino punjenje, što omogućava da areometar plovi vertikalno u tečnosti. U gornjem dijelu nalazi se fabrički izbaždarena skala za očitavanje gustine. Areometar obično ima ugrađen termometar. Temperatura sredine ne smije mnogo da se mijenja.

Princip mjerenja je sljedeći: Ispitivana tečnost sipa se u dovoljno veliku menzuru, do polovine njene zapremine. Voditi računa da se na površini ne stvore mjehurići vazduha, ako je potrebno mjehuriće ukloniti dodirivanjem čistim filter-papirom. Zatim se areometar lagano potopi u ispitivanu tečnost. U zavisnosti od gustine tečnosti, areometar tone. Kada zauzme ravnotežan položaj, na skali areometra pročita se podjeljak koji se poklapa s nivoom tečnosti.



## 4.7. DEMONSTRACIJA MJERENJA GUSTINE

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih ogleda u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s pravilnim mjerenjem gustine upotrebom različitih metoda; demonstriraće vam se pravilna upotreba piknometra i areometra; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

### PRAKTIČNI ZADATAK 1:

#### **Određivanje gustine tečnosti, mjerenjem mase i zapremine**

**Pribor i hemikalije:** ispitivana tečnost, analitička vaga, volumetrijsko posuđe.

**Postupak:** Primjenjujući postupke pravilnog mjerenja mase, izmjeriti masu ispitivane tečnosti na analitičkoj vagi. Odrediti zapreminu izmjerene mase tečnosti. Na osnovu dobijenih rezultata izračunati gustinu tečnosti. Postupak ponoviti tri puta. Koristeći tabelarne podatke za gustinu ispitivane tečnosti na datoj temperaturi, odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Tabela 4.6. Određivanje gustine tečnosti mjerenjem mase i zapremine

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
<b>Masa tečnosti (m)</b>			
<b>Zapremina tečnosti (V)</b>			
<b>Gustina tečnosti</b>			

Srednja vrijednost mjerenja:

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

#### **Određivanje gustine tečnosti upotrebom piknometra**

**Pribor i hemikalije:** ispitivana tečnost, piknometar, analitička vaga, destilovana voda.

Koristiti podatak da je gustina vode  $0,9982 \text{ g/cm}^3$ .

**Postupak:** Izmjeriti masu praznog piknometra ( $m_1$ ), izmjeriti masu piknometra napunjenog ispitivanom tečnošću ( $m_2$ ), izmjeriti masu piknometra napunjenog destilovanom vodom. Odrediti gustinu ispitivane tečnosti. Koristiti tabelarne podatke za gustinu vode i gustinu tečnosti na datoj temperaturi. Uporediti dobijenu vrijednost s tabelarnom vrijednošću gustine ispitivane tečnosti na datoj temperaturi. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Tabela 4.7. Određivanje gustine tečnosti upotrebom piknometra

	Prazan piknometar ( $m_1$ )	Piknometar i ispitivana tečnost ( $m_2$ )	Piknometar sa destilovanom vodom ( $m_3$ )	Uzorak ( $m_{uz}$ )	Voda ( $m_v$ )
Masa (g)					

$$V_v =$$

$$V_{uz} =$$

$$\rho_{uz} =$$

Apsolutna greška mjerenja:  $\Delta X =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Određivanje gustine metala piknometrom**

**Pribor i hemikalije:** ispitivani metal, piknometar, analitička vaga, destilovana voda.

Koristiti podatak da je gustina vode  $0,9982 \text{ g/cm}^3$ .

**Postupak – izmjeriti masu:**

- praznog piknometra ( $m_1$ )
- piknometra sa ispitivanim uzorkom ( $m_2$ )
- piknometra s vodom ( $m_3$ )
- piknometra s uzorkom i vodom ( $m_4$ ).

Uporediti dobijenu vrijednost s tabelarnom vrijednošću gustine ispitivanog metala na datoj temperaturi. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Masa uzorka je:  $m_{uz} = m_2 - m_1$ .

Masa istisnute vode:  $m_{iv} = (m_3 + m_{uz}) - m_4$ .

Zapremina istisnute vode:  $V_{iv} = \frac{m_{iv}}{\rho}$ .

Zapremina metala je jednaka zapremini istisnute vode, pa je gustina metala  $\rho = \frac{m_{uz}}{V_{iv}}$ .

Apsolutna greška mjerenja:  $\Delta X =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

**PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

**Mjerenje gustine areometrom**

**Pribor i materijal:** ispitivana tečnost, areometar, menzura prečnika oko 40 mm i visine oko 400 mm.

**Uputstvo:** Ispitivana tečnost sipa se u dovoljno veliku menzuru, do polovine njene zapremine. Sačekati desetak minuta, da se izjednače temperature tečnosti i okoline. Lagano spustiti areometar u ispitivanu tečnost, sačekati da zauzme ravnotežni položaj. Očitati vrijednost gustine na skali areometra. Uporediti dobijenu vrijednost s tabelarnom vrijednošću gustine ispitivane tečnosti na datoj temperaturi. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Izmjerena gustina:  $\rho_{ex} =$

Tabelarna vrijednost gustine tečnosti:  $\rho_t =$

Apsolutna greška mjerenja:  $\Delta X =$

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

Ako kantar ne valja, ti budi ispravan.

Narodna poslovice

## 4.8. KALIBRISANJE MJERNIH INSTRUMENATA

Mjerni instrument služi za neposredno mjerenje fizičkih mjernih veličina. Svaki mjerni instrument mora da se održava, servisira i podliježe redovnim kontrolama. S vremenom, zbog starenja komponenti ili zbog nepravilne upotrebe, karakteristike mjernih instrumenata se mijenjaju, slabe i samim tim umanjuje se pouzdanost mjerenja. Iz tih razloga vrši se **kalibracija** mjernih instrumenata uz upotrebu **referentnih standarda**.

**Kalibracija** je skup operacija kojima se vrši upoređivanje vrijednosti koje prikazuje mjerni instrument s odgovarajućim poznatim vrijednostima referentnog standarda.

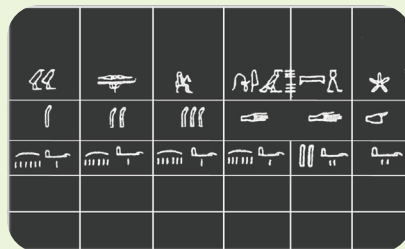
**Kalibrirati mjerni instrument** znači odrediti koliko je odstupanje u očitavanju na instrumentu u odnosu na referentni etalon s kojim se upoređuje.

**Referentni standard** je izabrani standard koji se koristi za upoređivanje s izmjerenim vrijednostima mjernih instrumenata.



Jedan od prvih sistema mjernih standarda iz drevnog Egipta nalazi se u muzeju Egizio u Torinu. (slika 4.34)

Prvi zapis referentnog standarda bio je 2900. g. p. n. e., kada je lakat egipatskog kralja isklesan od crnog granita. Dužina kraljeve podlaktice plus širina njegove ruke – bio je standard za graditelje.



Slika 4.34. Egipatski mjerni standard

Postoje ovlaštene laboratorije za kalibraciju mjernih instrumenata koje su opremljene referentnim standardima različite klase tačnosti i ostalom mjernom opremom. U školskim laboratorijskim uslovima može se vršiti samo grubo kalibrisanje.

Osim termina kalibrisanje, vrlo često je u upotrebi i termin baždarenje.

### 4.8.1. Kalibrisanje volumetrijskog posuđa

Sve volumetrijsko posuđe izrađuje se i kalibriše u skladu s odgovarajućim standardima. U Evropi je opšteprihvaćen standard ISO (International Standard Organization).

Na laboratorijskom posuđu (slika 4.35), u skladu s nacionalnim i međunarodnim standardima, moraju da stoje oznake:

- proizvođača
- maksimalne zapremine koja se može izmjeriti
- jedinice u kojoj se zapremina izražava
- klase kvaliteta

- temperature na kojoj je vršena kalibracija
- načini kalibriranja (In, Ex).

Volumetrijsko posuđe kalibrisano je prema vodi na 20 °C, što znači da je mjerna skala formirana mjerenjem vode čija je temperatura 20 °C. Pri mjerenju nekih drugih tečnosti može doći do manjih odstupanja prilikom očitavanja zapremine.

U školskim laboratorijskim uslovima, kalibriranje volumetrijskog posuđa svodi se na mjerenje mase destilovane vode na osnovu koje se računa zapremina suda. U toku mjerenja neophodno je kontrolisati temperaturu destilovane vode. Na osnovu dobijene mase vode, korišćenjem pojednostavljene formule, gdje nijesu uzeti u obzir ni uslovi kalibriranja ni vrsta materijala od kog je izgrađen sud, dobija se zapremina suda:

$$V = \frac{m_v}{\rho_{\text{vode}} - \rho_{\text{vazduha}}}$$

$m_v$  – masa destilovane vode

$\rho_{\text{vode}}$  – gustina vode

$\rho_{\text{vazduha}}$  – gustina vazduha



**In-sud** kalibriran je na uliv – u njega se može sipati zapremina tečnosti označena na sudu.

**Ex-sud** kalibriran je na izliv – iz njega se može ispuštiti zapremina tečnosti označena na sudu.

Slika 4.35. Oznake na posuđu

## Kalibrisanje menzure

Pri kalibrisanju menzure, potrebno je:

- Izmjeriti praznu, suhu menzuru na analitičkoj vagi i zabilježiti masu ( $m_1$ ).
- Pomoću pipete napuniti menzuru do označene zapremine destilovanom vodom, te izmjeriti masu ( $m_2$ ).
- Termometrom izmjeriti temperaturu destilovane vode.
- Izračunati masu vode:  $m_v = m_2 - m_1$ .

Zapreminu menzure izračunati iz formule:  $V = \frac{m_v}{\rho_{\text{vode}} - \rho_{\text{vazduha}}}$

- Gustina vazduha na sobnoj temperaturi (20 °C) jeste 0,0012 g/cm<sup>3</sup>.
- Gustina vode na sobnoj temperaturi (20 °C) jeste 0,9982 g/cm<sup>3</sup>.

Prilikom kalibriranja, temperatura vode treba da iznosi 20 °C. Voditi računa da se menzura ne drži cijelim dlanom, jer na taj način raste temperatura vode. Za precizno punjenje menzure koristiti pipetu. U toku mjerenja, ako se menzura skvasi ili zaprlja, očistiti je suvom krpom i nastaviti mjerenje.



## Kalibrisanje birete

Kalibrisanje birete se vrši na sljedeći način:

- Suvi erlenmajer izvagati na analitičkoj vagi i zapisati masu ( $m_1$ ).
- Napuniti biretu destilovanom vodom do oznake.
- Izmjeriti temperaturu destilovane vode.
- Ispustiti vodu u izmjereni erlenmajer, pričekati par sekundi da sva voda istekne.
- Izvagati erlenmajer s vodom i zapisati masu ( $m_2$ ).
- Izračunati masu vode:  $m_v = m_2 - m_1$ .
- Zapreminu birete izračunati iz formule  $V = \frac{m_v}{\rho_{\text{vode}} - \rho_{\text{vazduha}}}$
- Gustina vazduha je 0,0012 g/cm<sup>3</sup>.
- Gustina vode je 0,9982 g/cm<sup>3</sup>.

Prilikom kalibrisanja, temperatura vode treba da iznosi 20 °C. U toku mjerenja, ako se erlenmajer skvasi ili zaprlja, očistiti ga suvom krpom i nastaviti mjerenje.

## Kalibrisanje pipete

Kalibrisanje trbušaste pipete se vrši na sljedeći način:

- Suvi erlenmajer izvagati na analitičkoj vagi i zapisati masu ( $m_1$ ).
- Napuniti pipetu destilovanom vodom do oznake.
- Izmjeriti temperaturu destilovane vode.
- Otpipetirati vodu u izmjereni erlenmajer, pričekati par sekundi da sva voda istekne.
- Izvagati erlenmajer s vodom i zapisati masu ( $m_2$ ).
- Izračunati masu vode  $m_v = m_2 - m_1$ .
- Zapreminu pipete izračunati iz formule  $V = \frac{m_v}{\rho_{\text{vode}} - \rho_{\text{vazduha}}}$
- Gustina vazduha je 0,0012 g/cm<sup>3</sup>.
- Gustina vode je 0,9982 g/cm<sup>3</sup>.

Prilikom kalibrisanja, temperatura vode treba da iznosi 20 °C. U toku mjerenja, ako se erlenmajer skvasi ili zaprlja, očistiti ga suvom krpom i nastaviti mjerenje.

## Kalibrisanje normalnog suda

Kalibrisanje normalnog suda se vrši na sljedeći način:

- Izvagati prazan i suv normalni sud i zapisati masu ( $m_1$ ).
- Pipetom nasuti destilovanu vodu do oznake na normalnom sudu.
- Izmjeriti temperaturu destilovane vode.

- Izvagati normalni sud s vodom i zapisati masu ( $m_2$ ).
- Izračunati masu vode  $m_v = m_2 - m_1$ .
- Zapreminu normalnog suda izračunati iz formule  $V = \frac{m_v}{\rho_{\text{vode}} - \rho_{\text{vazduha}}}$
- Gustina vazduha je  $0,0012 \text{ g/cm}^3$ .
- Gustina vode je  $0,9982 \text{ g/cm}^3$ .

Prilikom kalibrisanja, temperatura vode treba da iznosi  $20^\circ\text{C}$ . U toku mjerenja, ako se normalni sud skvasi ili zaprlja, očistiti ga suvom krpom i nastaviti mjerenje.



Egipatska mjera za dužinu nalazi se u muzeju Luvr. (slika 4.36)



Slika 4.36. Egipatska mjera za dužinu



## 4.9. DEMONSTRACIJA POSTUPKA KALIBRISANJA LABORATORIJSKIH SUDOVA NA ZADATOM PRIMJERU

U narednom sadržaju koristićete stečena teorijska znanja pri realizaciji praktičnih oglada u laboratoriji. To ćete ostvariti kroz određene aktivnosti učenja: dobićete instrukcije u vezi s pravilnim kalibrisanjem volumetrijskog posuđa; demonstriraće vam se postupci pri kalibrisanju volumetrijskog posuđa; dobićete instrukcije za izradu praktičnih i projektnih zadataka.

### **PRAKTIČNI ZADATAK 1:**

#### **Kalibrisanje menzure**

**Pribor i hemikalije:** menzura, analitička vaga, termometar, destilovana voda.

**Postupak:** Pridržavajući se pravila kalibrisanja menzure, izvršiti odgovarajuća mjerenja i upisati dobijene vrijednosti u tabelu. Ponoviti mjerenja sa istom menzuruom tri puta.

Tabela 4.8. Kalibrisanje menzure

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
Masa prazne menzure $m_1$ (g)			
Masa menzure i vode $m_2$ (g)			
Masa vode $m_2 - m_1$ (g)			
Zapremina menzure $V$ (cm <sup>3</sup> )			
Temperatura vode (°C)			

Naći srednju vrijednost mjerenja. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Srednja vrijednost mjerenja:  $V_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 2:**

#### **Kalibrisanje pipete**

**Pribor i hemikalije:** pipeta, erlenmajer, analitička vaga, termometar, destilovana voda.

**Postupak:** Pridržavajući se pravila kalibrisanja pipete, izvršiti odgovarajuća mjerenja i upisati dobijene vrijednosti u tabelu. Ponoviti mjerenja sa istom pipetom tri puta.

Tabela 4.9. Kalibrisanje pipete

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
Masa praznog i suvog erlenmajera $m_1$ (g)			
Masa erlenmajera i vode $m_2$ (g)			
Masa vode $m_2 - m_1$ (g)			
Zapremina pipete $V$ (cm <sup>3</sup> )			
Temperatura vode (°C)			

Naći srednju vrijednost mjerenja. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Srednja vrijednost mjerenja:  $V_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

### **PRAKTIČNI ZADATAK 3:**

#### **Kalibrisanje birete**

**Pribor i hemikalije:** bireta, erlenmajer, analitička vaga, termometar, destilovana voda.

**Postupak:** Pridržavajući se pravila kalibrisanja birete, izvršiti odgovarajuća mjerenja i upisati dobijene vrijednosti u tabelu. Ponoviti mjerenja sa istom biretom tri puta.

Tabela 4.10. Kalibrisanje birete

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
Masa praznog i suvog erlenmajera $m_1$ (g)			
Masa erlenmajera i vode $m_2$ (g)			
Masa vode $m_2 - m_1$ (g)			
Zapremina birete $V$ (cm <sup>3</sup> )			
Temperatura vode (°C)			

Naći srednju vrijednost mjerenja. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Srednja vrijednost mjerenja:  $V_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

#### **PRAKTIČNI ZADATAK 4:**

##### **Kalibrisanje normalnog suda**

**Pribor i hemikalije:** pipeta, normalni sud, analitička vaga, termometar, destilovana voda.

**Postupak:** Pridržavajući se pravila kalibrisanja normalnog suda, izvršiti odgovarajuća mjerenja i upisati dobijene vrijednosti u tabelu. Ponoviti mjerenja sa istim normalnim sudom tri puta.

Tabela 4.11. Kalibrisanje normalnog suda

	Prvo mjerenje	Drugo mjerenje	Treće mjerenje
Masa praznog i suvog normalnog suda $m_1$ (g)			
Masa normalnog suda i vode $m_2$ (g)			
Masa vode $m_2 - m_1$ (g)			
Zapremina normalnog suda $V$ (cm <sup>3</sup> )			
Temperatura vode (°C)			

Naći srednju vrijednost mjerenja. Odrediti apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Srednja vrijednost mjerenja:  $V_{sr} =$

Apsolutne greške mjerenja:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$



## 4.10. PROVJERI SVOJE ZNANJE

1. Definiši mjerenje.

2. Odgovori sa TAČNO ili NETAČNO:

	TAČNO	NETAČNO
Rezultat mjerenja je srednja vrijednost mjerenja.		
Tačnost mjerenja isto je što i preciznost mjerenja.		
Relativna greška mjerenja izražava se u procentima.		
Osnovna jedinica za masu u SI sistemu jeste gram.		
Zapremina se izražava u m <sup>3</sup> .		
Jedan litar isto je što i 1 dm <sup>3</sup> .		
Propipeta je vrsta volumetrijskog posuđa.		

3. Ana je vagala svoj prsten i dobila je sljedeće rezultate: prvi put vaga je pokazala 3,26 g, drugi put 3,36 g, a treći put 3,40 g. Izračunaj apsolutnu i relativnu grešku mjerenja.

Srednja greška mjerenja je:

Apsolutne greške mjerenja su:

$$\Delta X_1 =$$

$$\Delta X_2 =$$

$$\Delta X_3 =$$

Maksimalna greška mjerenja:

Relativna greška mjerenja:  $\delta =$

$$(\delta = 2,4\%)$$

4. Vrste vaga koje se koriste u laboratoriji su:

---

---

5. Dopuni tabelu:

Tabela. Karakteristike vaga

Vrsta vage	Kapacitet vage	Preciznost vage
Tehnička vaga		
Analitička vaga		

6. Navedi pet pravila kojih se treba pridržavati pri pravilnom mjerenju mase.

---

---

---

---

---

7. Procenat vlage predstavlja sadržaj \_\_\_\_\_ u uzorku.

8. Masa uzorka zemljišta prije sušenja je 15,52 g, a nakon sušenja 13,78 g. Odredi procenat vlage u datom uzorku zemljišta ( $w = 12,63\%$ ).

9. Za mjerenje zapremine tečnosti koristimo: \_\_\_\_\_

10. 15 ml tečnosti možemo precizno izmjeriti pomoću (zaokruži tačan odgovor):

- a) laboratorijske čaše od 50 ml
- b) graduirane pipete od 20 ml
- c) trbušaste pipete od 10 ml

11. Navedi vrste bireta.

---

---

---

---



12. Nivo vode u menzuri pokazuje zapreminu od 15,5 ml. Dodavanjem čvrstog predmeta u vodu, nivo vode popeo se na 20 ml. Izračunaj zapreminu tog predmeta ( $V = 4,5 \text{ cm}^3$ ).

13. Gustina neke tečnosti je  $1,1183 \text{ g/cm}^3$ . Koliku zapreminu zauzima ju 2 grama te tečnosti? ( $V = 1,79 \text{ cm}^3$ )

14. Poveži posuđe s fizičkom veličinom koju mjeri.

piknometar	gustina
areometar	zapremina
normalni sud	

15. Definiši kalibrisanje mjernih instrumenata.

---

---

16. Navedi pet oznaka koje se nalaze na volumetrijskom posuđu.

---

---

---

---

---

17. Na kom se principu vrši laboratorijsko kalibrisanje volumetrijskog posuđa?

---

---

---



## REZIME

Mjerenje je postupak određivanja neke fizičke veličine upoređivanjem njene vrijednosti s jedinicom mjere. Na mjerenje utiču različiti faktori, zbog toga se kod rezultata mjerenja javljaju određene greške. Greška mjerenja može biti apsolutna i relativna. Tačnost mjerenja je odstupanje izmjerene vrijednosti od stvarne vrijednosti mjerene veličine. Preciznost mjerenja predstavlja bliskost vrijednosti mjenjenih veličina dobijenih ponovljenim mjerenjima.

Najčešće mjerene fizičke veličine u laboratoriji jesu masa, zapremina i gustina. Masa je mjera inertnosti tijela. Jedinica za masu je kilogram. Instrumenti za mjerenje mase su vage. U zavisnosti od količine supstance koja se mjeri, kao i od preciznosti samog mjerenja, masa se može mjeriti na tehničkim ili analitičkim vagama. Bez obzira na to koja se vaga koristi, pri samom procesu vaganja neophodno je pridržavati se određenih pravila.

Zapremina je veličina prostora koju zauzima neko tijelo ili supstanca.

Zapremina se obilježava sa  $V$ , a jedinica je metar kubni ( $m^3$ ), ali se u hemiji koriste i manje jedinice npr decimetar kubni ( $dm^3$ ) ali i jedinice izvan SI sistema: litar (l), mililitar (ml) i slično.

Za mjerenje zapremine tečnosti u laboratoriji se koristi volumetrijsko posuđe: čaše, menzure, pipete, birete i normalni sudovi.

Procenat vlage u uzorku predstavlja sadržaj vode, a izražava se kao masa vode u odnosu na masu uzorka.

Gustina je fizička veličina koja predstavlja odnos mase i zapremine tijela:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

jedinica za gustinu jeste kilogram po metru kubnom ( $kg/m^3$ ). Tijela koja zauzimaju istu zapreminu, mogu da imaju različitu masu, a to zavisi od gustine. Za mjerenje gustine u laboratoriji se koriste različite metode: mjerenje mase i zapremine ispitivane supstance na osnovu čega se zapremina izračunava, piknometrom i areometrom.

Kalibracija je skup operacija kojima se vrši upoređivanje vrijednosti koje prikazuje mjerni instrument s odgovarajućim poznatim vrijednostima referentnog standarda.

Kalibrirati mjerni instrument znači odrediti koliko je odstupanje u očitavanju na instrumentu u odnosu na etalon-referentni standard s kojim se upoređuje.

Referentni standard je izabrani standard koji se koristi za upoređivanje s izmjerenim vrijednostima mjernih instrumenata.

# PRILOG

## Prilog1

Tabela 1. Pregled najčešćih trovanja i povreda nekim hemijskim supstancama, simptomi i načini pružanja prve pomoći

UZROČNIK	POSTUPAK PRI PRUŽANJU PRVE POMOĆI, ANTIDOT (PROTIVOTROV)			SIMPTOMI
	Oči	Koža	Udisano, progutano	
Kiseline	Ispirati vodom pa 3% NaHCO <sub>3</sub> . Svjež vazduh.	Ispirati vodom pa zasićenim rastvorom NaHCO <sub>3</sub> .	Piti vodu s razmućenim MgO ili CaCO <sub>3</sub> , mlijeko. Ne izazivati povraćanje.	Nenormalan puls, muka, modre usne
Baze	Ispirati vodom pa 3% rastvorom H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> . Svjež vazduh.	Ispirati vodom pa zasićenim rastvorom H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> .	Piti CH <sub>3</sub> COOH (3%) ili limunov sok, mlijeko. Ne izazivati povraćanje.	Nenormalan puls, lužast ukus, suva usta, muka
HCl (gas), Cl <sub>2</sub> , Br <sub>2</sub>	Ispirati vodom pa 3% NaHCO <sub>3</sub> . Svjež vazduh.	Ispirati vodom pa zasićenim rastvorom NaHCO <sub>3</sub> .	Svjež vazduh, udisati paru NH <sub>3</sub> , ispirati grlo i nos NaHCO <sub>3</sub> (3%). Vještačko disanje.	Otežano disanje, bol u plućima, osjećaj kis. ukusa, muka, pečenje u ustima
H <sub>2</sub> S, HCN	Ispirati vodom. Svjež vazduh.		Svjež vazduh, inhalacija jako razblaženom hlornom vodom, vještačko disanje, O <sub>2</sub> .	Otežano disanje, nenormalan puls, glavobolja, muka
CO, CO <sub>2</sub>	Ispirati vodom. Svjež vazduh.		Svjež vazduh, vještačko disanje, O <sub>2</sub> .	Otežano disanje muka, vrtoglavica
NH <sub>3</sub>	Ispirati vodom pa 3% rastvorom H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> . Svjež vazduh.	Ispirati vodom.	Svjež vazduh, udisati paru CH <sub>3</sub> COOH, piti 1% rastvor CH <sub>3</sub> COOH.	Otežano disanje, bol u plućima
Nitrozne pare	Ispirati vodom pa 3% Na HCO <sub>3</sub> . Svjež vazduh.	Ispirati vodom pa zasićenim rastvorom NaHCO <sub>3</sub> .	O <sub>2</sub> , hloroformska voda (3 kapi CHCl <sub>3</sub> na čašu vode).	Otežano disanje, simptomi 5-6 časova poslije trovanja
Cijanidi			Sredstvo za povraćanje.	Otežano disanje
P-jedinjenja		2% rastvor CuSO <sub>4</sub> .	Sredstvo za povraćanje, 15 g MgSO <sub>4</sub> u 100 ml vode.	Glavobolja, bol u ustima
Hg-jedinjenja i Pb-jedinjenja			Sredstvo za povraćanje, mlijeko, bjelance, razmućen MgO.	Metalan ukus, suva usta, mučnina u stomaku
As-jedinjenja i Sb- jedinjenja			Sredstvo za povraćanje, mlijeko, univerzalni protivotrov.	Bolovi u stomaku, pečenje u ustima
Zn-jedinjenja			Sredstvo za povraćanje, mlijeko	Bolovi u stomaku
Ag-jedinjenja			Sredstvo za povraćanje, mlijeko piti, 20% rastvor NaCl.	Mučnina u stomaku, pečenje u ustima

## Prilog 2

Tabela 2. Oznake za oblik čestica, čistoću, koncentraciju i boju hemikalija

OBLIK ČESTICA	ČISTOĆA	KONCENTRACIJA	BOJA
<i>pulveratum</i> (pulv.) = smrvljeno	<i>pro analysi</i> (p. a.) = za analizu	<i>concentratum</i> (conc.) = koncentrovani rastvor	<i>album</i> = bijelo
<i>in foliis</i> = u obliku listića	<i>purissimum</i> (puriss.) = prečišćeno	<i>dilutum</i> (dil.) = razrijeđeno	<i>flavum</i> = žuto
<i>in bacillis</i> = u obliku štapića	<i>purum</i> (pur.) = čisto	<i>fumans</i> (fum.) = dimljiva supstanca	<i>nigrum</i> = crno
<i>in rotulus</i> = u obliku sočiva	<i>technikum</i> (techn.) = tehničke hemikalije	<i>siccum</i> = suva supstanca	
<i>granulatum</i> (gran.) = u obliku zrna	<i>crudum</i> (crud.) = sirove hemikalije	<i>solutio</i> (sol.) = rastvor	
<i>crystallisatum</i> = kristalno			
<i>raspatum</i> (rasp.) = u obliku strugotina			

## Prilog 3

Tabela 3.

RAZLIČITE VRSTE HEMIJSKOG OTPADA			
VODENI OTPAD	ORGANSKI RASTVARAČI	CRVENA LISTA	ČVRSTI OTPAD
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kiseline (pH &lt; 4)</li> <li>• baze (pH &gt; 10)</li> <li>• bezopasne rastvorljive neorganske soli</li> <li>• alkoholi koji sadrže soli</li> <li>• rastvor hipohlorita itd.</li> </ul> <p>Ove hemikalije treba oprati sa dosta vode.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hloroform</li> <li>• hlor-benzen</li> <li>• toluen</li> <li>• etil-acetat</li> <li>• metanol itd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jedinjenja prelaznih metala</li> <li>• biocidi</li> <li>• cijanidi</li> <li>• mineralna ulja</li> <li>• ugljovodonici</li> <li>• metalni fosfidi</li> <li>• fluoridi</li> <li>• nitriti itd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• različite vrste blago kontaminiranog čvrstog otpada</li> <li>• prazne bočice</li> <li>• polomljeno staklo itd.</li> </ul>

## POJMOVNIK

**aerosol** – čvrste čestice ili male tečne kapi nastale iz dima, prašine, letećeg pepela i kondenzovanih gasovitih supstanci koje mogu da se nađu u atmosferskom vazduhu.

**akreditovana laboratorija** – laboratorija koja radi u skladu sa zahtjevima propisanog standarda; laboratorija koja je definisala i dokumentovala sistem kvaliteta i koja sprovodi sve procese u okviru tog sistema.

**akutno oštećenje** – neželjeni efekat koji se manifestuje u kratkom periodu nakon unošenja hemikalija u organizam.

**alhemija** – učenje, ujedno i vještina koja se javlja kao faza u razvoju hemije radi pronalaska kamena mudrosti i eliksira života.

**apsolutna greška** – razlika između rezultata mjerenja i srednje vrijednosti mjerenja.

**burova voda** – vodeni rastvor 8% baznog aluminijum-acetata. Upotrebljava se za obloge, za ispiranje opekotina.

**dehidrataciono sredstvo** – sredstvo za sušenje, oduzimanje vode.

**destilacija** – postupak razdvajanja tečnosti na osnovu razlike u tačkama ključanja.

**digestor** – poseban prostor koji mora imati svaka laboratorija; u njemu se radi s opasnim gasovima.

**laboratorijski dnevnik** – posebna sveska u koju se poslije urađene vježbe (ogleda, analize) upisuju zapažanja, objašnjenja, zaključci i rezultati rada.

**eksperiment (ogled)** – namjerno izazvana pojava radi istraživanja.

**ekstrakcija** – izdvajanje supstanci iz homogene smjese na osnovu njihove različite rastvorljivosti u različitim rastvaračima koji se međusobno ne miješaju.

**etiketa** – naljepnica (natpis) na kojoj je označena vrsta, količina, porijeklo neke robe; sadržaj ili odredište neke pošiljke itd.

**ex-sud** – kalibriran je na izliv, iz njega se može ispustiti zapremina tečnosti označena na sudu.

**gorenje** – hemijski proces spajanja neke supstance s kiseonikom uz istovremeno razvijanje svjetlosti i toplote.

**graduirano posuđe** – posuđe koje ima ugraviranu mjernu skalu koja nam služi za pravilno očitavanje zapremine.

**gustina** – fizička veličina koja predstavlja odnos mase i zapremine tijela.

**hemikalija** – supstanca koja se proizvodi u hemijskoj industriji u obliku elemenata i jedinjenja.

**in-sud** – kalibriran je na uliv, u njega se može sipati zapremina tečnosti označena na sudu.

**kalibracija** – skup operacija kojima se vrši upoređivanje vrijednosti koje prikazuje mjerni instrument s odgovarajućim poznatim vrijednostima referentnog standarda.

**kalibrisati** – odrediti koliko je odstupanje u očitavanju na instrumentu u odnosu na referentni etalon s kojim se upoređuje.

**kancerogena supstanca** – supstanca za koju je dokazano da izaziva tumor (rak, kancer).

**kapacitet vage** – najveća masa koja se može mjeriti na vagi.

**libela** – mjerni instrument kojim se određuje horizontalnost neke površine.

**maseni sadržaj vode** – vlaga, predstavlja odnos mase vode u uzorku i mase uzorka.

**mikrobiologija** – nauka koja proučava mikroorganizme.

**mjerenje** – postupak kojim se određuje vrijednost neke fizičke veličine pomoću odgovarajućih mjernih instrumenata.

**mutagena supstanca** – supstanca koja dovodi do promjena u DNK strukturi.

**nuliranje** – podešavanje početka mjerne skale na nulu.

**oksidacija** – proces otpuštanja elektrona pri čemu dolazi do povećanja oksidacionog broja.

**preciznost mjerenja** – bliskost vrijednosti mjerenih veličina dobijenih ponovljenim mjerenjima.

**preciznost vage** – najmanja masa koja se može izmjeriti na datoj vagi.

**propipeta** – gumena loptica s tri ventila koja se stavlja na otvor pipete. Stiskanjem ventila reguliše se usisavanje i ispuštanje tečnosti iz pipete.

**radni sto** – sto obložen materijalom koji je otporan na dejstvo hemikalija; ima glatku radnu površinu i na njemu se izvode eksperimenti.

**reagens** – hemikalija koja se koristi za izvođenje oglada.

**redukcija** – proces primanja elektrona pri čemu dolazi do smanjenja oksidacionog broja.

**referentni standard** – izabrani standard koji se koristi za upoređivanje s izmjerenim vrijednostima mjernih instrumenata.

**relativna greška mjerenja** – dobija se kada se maksimalna vrijednost apsolutne greške podijeli sa srednjom vrijednošću mjerenja.

**rezultat mjerenja** – vrijednost izmjerene veličine.

**senzibilizacija** – povećana osjetljivost.

**specifikacija** – detaljno navođenje pojedinosti, opis i pregled specifičnih osobina opreme.

**tačnost mjerenja** – odstupanje izmjerene vrijednosti od stvarne vrijednosti mjerene veličine.

**teratogena supstanca** – supstanca koja može negativno da utiče na plod (fetus).

**titracija** – postupak kod analitičkih određivanja. Rastvor poznate koncentracije (titracioni rastvor) kaplje iz birete u sadržaj erlenmajera u kome se nalazi rastvor nepoznate koncentracije.

**vakuum** – prazan prostor u kome nema nikakvog gasa ili je gas sasvim razrijeđen; to je prostor u kojem je pritisak niži od atmosferskog pritiska.

**vodena vrijednost piknometra** – maksimalna zapremina destilovane vode koja može da se uspe u piknometar.

**volumetrijska analiza** – jedan od najčešće primjenjivanih klasičnih analitičkih postupaka. Suština volumetrijske analize sastoji se u tome da se poznatoj zapremini ispitivane supstance, čija je koncentracija nepoznata, dodaje rastvor poznate koncentracije kojim se vrši analiza. Rastvor se dodaje iz birete, do završetka hemijske reakcije. Iz utrošene zapremine rastvora koji se dodaje iz birete, izračuna se koncentracija ispitivane supstance.

# LITERATURA

- Lukić, Lj., Isaković, G., *Praktikum iz opšte i neorganske hemije*, ZUNS, Beograd, 2003.
- Nešić, S., Jovetić, M., *Hemijski praktikum za gimnazije*, ZUNS, Beograd, 1988.
- Pešić, M., Nešić, S., Jovančić, M., Stojanović, I., *Praktična obuka i laboratorijske vežbe iz hemije za I i II razred*, ZUNS, Beograd, 1987.
- Vitorović, O., Rekalić, V., *Ispitivanje u tehnološkoj proizvodnji*, ZUNS, Beograd, 1998.
- Sadibašić, A., *Tehnologija sa priručnikom za praktičnu nastavu*, ZUNS, Beograd, 2004.
- Kacin, K., *Sigurnost na radu*, Viša tehnička škola za sigurnost na radu zaštita od požara, Zagreb, 1984.
- Nešić, S., Vučetić, J., *Neorganska preparativna hemija*, ZUNS, Beograd, 1996.
- Krajačević, M., Ignjatov, M., Mladenčić, O., *Praktikum iz analitičke hemije*, ZUNS, Beograd, 1997. godine
- Sikirica, M., Korpar-Čolig, B., *Praktikum iz opće kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
- Ćurčić, M., Đukić-Ćosić, D., Antonijević, B., *Bezbedno rukovanje opasnim hemikalijama*, Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, 2015.
- Radošević, M., Soldatović, S., Lepir D., *Prva pomoć za II razred medicinske škole i I razred u delatnosti ličnih usluga*, Zavod za udžbenike, Beograd, 2008.
- Kostić, V., Kostić, Lj., *Hemijsko-tehnološki leksikon*, Izdavačka radna organizacija „Rad“, Beograd, 1980.
- Autorsko pravo Međunarodne organizacije rada iz Ženeve, Švajcarska, *Bezbednost i zdravlje pri upotrebi hemikalija na radnom mestu*, Međunarodna organizacija rada i Socijalno-ekonomski savet Republike Srbije, Beograd, 2014.
- *Pravilnik o bližim uslovima za skladištenje, mjerama za bezbjedno čuvanje, odnosno korišćenje opasnih hemikalija* (Službeni list Crne Gore, br. 28/13)
- *Zakon o hemikalijama* (Službeni list Crne Gore, br. 18/12 od 30. 3. 2012)
- *Pravilnik o kriterijumima i načinu klasifikacije, pakovanja i označavanja hemikalija i određenog proizvoda u klase opasnosti* (Službeni list Crne Gore, br. 53/12 od 24.10. 2012)
- *Zakon o zaštiti od buka* (Službeni list Crne Gore, br. 28/11 od 10. 6. 2011; 28/12 od 5.6.2012; 01/14 od 9. 1. 2014)
- *Zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja i radijacionoj sigurnosti* (Službeni list Crne Gore, br. 56/09 od 14. 8. 2009; 58/09 od 28. 8. 2009; 40/11 od 8. 8. 2011)
- *Zakon o upravljanju otpadom* (Službeni list Crne Gore, br. 64/11 od 29. 12. 2011; 39/16 od 29. 6. 2016)
- *Zakon o zaštiti i zdravlju na radu* (Službeni list Crne Gore, br. 34/2014 i 44/2018)



# KORISNI LINKOVI

## Poglavlje 1: Upotreba zaštitnih sredstava i opreme za izvođenje hemijskih ispitivanja

- Opšta pravila za rad u hemijskoj laboratoriju (online). Dostupno na: <http://nasport.pmf.ni.ac.rs/materijali/2196/Op%C5%A1ta%20pravila%20za%20rad%20u%20hemijskoj%20laboratoriji.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Opšta bezbednost u hemijskoj laboratoriji (online). Dostupno na: <https://pdfslide.net/download/link/opsta-bezbednost-u-hemijskoj-laboratoriji> (pristupljeno februar 2020).
- Malenica-Staver, M., Pravila i mjere sigurnosti za rad u kemijskoj laboratoriji, Rijeka, 29. 11. 2019. (online). Dostupno na: [https://www.biotech.uniri.hr/files/Pravila\\_i\\_mjere\\_sigurnosti\\_za\\_rad\\_u\\_kemijskom\\_laboratoriju\\_2019.pdf](https://www.biotech.uniri.hr/files/Pravila_i_mjere_sigurnosti_za_rad_u_kemijskom_laboratoriju_2019.pdf) (pristupljeno januar 2020).
- Bezbedno i zdravo radno mesto (online). Dostupno na: <https://www.znrfak.ni.ac.rs/SERBIAN/010-STUDIJE/OAS-4-1/IV%20GODINA/PREDMETI/ZNR-409-PROFESIONALNI%20RIZIK/docs/Brosura%20bezbedan%20i%20zdrav%20rad.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Čeran, Z., Rašković, M., Radna sveska za vežbe iz hemije, Gimnazija „Isidora Sekulić“ - Novi Sad, 2014. (online). Dostupno na: [http://www.gimnazis.edu.rs/wp-content/uploads/2015/10/za\\_sajt\\_radna\\_sveska\\_za\\_II\\_raz.pdf](http://www.gimnazis.edu.rs/wp-content/uploads/2015/10/za_sajt_radna_sveska_za_II_raz.pdf) (pristupljeno januar 2020).
- Mjere opreza i zaštite pri izvođenju pokusa (online). Dostupno na: <https://www.e-sfera.hr/dodatni-digitalni-sadrzaji/20d1490f-e089-4bb4-a587-d5d839b88a09/> (pristupljeno januar 2020).
- Osnovna pravila pri izvođenju pokusa i mjere opreza (online). Dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/kemija-7/m01/j03/index.html> (pristupljeno januar 2020).

## Poglavlje 2: Sprovođenje odgovarajućih postupaka i mjera prilikom rada u hemijskoj laboratoriji u cilju zaštite životne sredine

- 1,2 Plamenik sa ukapljenim plinom (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=3UL-6bu0PgrA> (pristupljeno februar 2020).
- Hot Air Oven Working Video, Bionics scientific unofficial channel (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=ckuZg1gPl1Y> (pristupljeno februar 2020).
- Čurčić, D., Đukić-Čosić, D., Antonijević, B., Bezbedno rukovanje opasnim hemikalijama, Farmaceutski fakultet, Beograd, 2015. (online). Dostupno na: <http://www.pharmacy.bg.ac.rs/files/Centri/Centar%20za%20toksikolosku%20procenu%20rizika/Bezbedno%20rukovanje%20opasnim%20hemikalijama.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Kemikalije u nastavi i njihovo označavanje, škola za život, 15. 5. 2019. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=NrOAU50gmHM&feature=youtu.be> (pristupljeno februar 2020).
- Kemikalije u nastavi i njihovo zbrinjavanje, škola za život, 7. 4. 2019. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=WtIcP3MoQnK&feature=youtu.be> (pristupljeno januar 2020).
- Piktogrami opasnosti, škola za život, 28. 3. 2019. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=hwZ2ybZhro&feature=youtu.be&fbclid=IwAR00onv1dCt8hOZQ6PNv3koGgFyrlDiGlpJ-TT8XuKR-JOzDFVy4PaLyFdcw> (pristupljeno januar 2020).

## Poglavlje 3: Priprema laboratorijskog posuđa, pribora i opreme za određenu hemijsku analizu

- Hemijsko posuđe i pribor od stakla - Hemija, Eksperimenti, predavanja.com, 22. 6. 2017. (online).

Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=N35h4-xwKfw> (pristupljeno januar 2020).

- Proizvodnja i prerada plute (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=sa7xbv3w0o8> (pristupljeno januar 2020).
- Sapuni i deterdženti (online). Dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/ceb5d918-7309-4a30-8981-924ff978c0c0/kemija-8/m04/j05/index.html> (pristupljeno januar 2020).
- Laboratorijsko staklo, deottolab, 7. 11. 2011. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=8J4mDA-GeMA> (pristupljeno januar 2020).
- Kineski porcelan- Dunja Rostić (online). Dostupno na: <https://nova-akropola.com/lijepe-umjetnosti/umjetnost/kineski-porculan/> (pristupljeno januar 2020).
- Oporavak industrije pluta, novi trendovi proizvodnje **čepova**, Al Jazeera Balkans 9. 5. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=bZXDLZUx378> (pristupljeno januar 2020).
- Натуральный каучук, Phoenix Rubber Russia, 4. 5. 2014. (online). Dostupno na: [https://www.youtube.com/watch?v=sQiVmLTLN\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=sQiVmLTLN_o) (pristupljeno januar 2020).
- Basic Laboratory Techniques - MeitY OLABs, amritacreate, 8. 2. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=22ZB0ZwvOsQ> (pristupljeno januar 2020).
- How to wash and clean laboratory glassware with chromic acid solution- HINDI, Solution-Pharmacy, 16. 10. 2018. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=J7LSjrpYvxc> (pristupljeno januar 2020).
- Cleaning Laboratory Glassware, NAIT Chemical Technology, 8. 5. 2014. Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=W0oacysFTko&t=3s> (pristupljeno januar 2020).
- How To Clean Laboratory Glassware,alconoxinc, 12. 7. 2018. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=tAF-PCYNu8> (pristupljeno januar 2020).
- Smeg Instruments - Laboratory glasswasher, Smeg SpA, 15. 6. 2018. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=nvKUF9RF170> (pristupljeno januar 2020).
- Laboratory drying rack | Wikipedia audio article, Wikipedia tts, 26. 12. 2018. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=PaFSSt6lwNk> (pristupljeno januar 2020).
- Glassware Washing Hazards, LabSafetyInstitute, 4. 2. 2013. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=sJHH7KvK6F8/> (pristupljeno januar 2020).
- Determination of Water Content of Soil by Oven Drying Method NCTEL (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=N2J-tvEel4c> (pristupljeno januar 2020).

#### **Poglavlje 4: Izvođenje odgovarajućih mjerenja za potrebe hemijskih ispitivanja**

- Laboratorijske vage (online). Dostupno na: <http://www.fizika.unios.hr/igor-miklavcic/wp-content/uploads/sites/14/2018/10/PTFOS-2-vjezba-masa.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Kemija s vježbama, prirodoslovna gimnazija, 1. razred, Vježba 5 - Mjerenja u laboratoriju (online). Dostupno na: <http://www.rudarska.hr/wp-content/uploads/2018/02/Vjezba-5-Mjerenja-u-laboratoriju-a.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Demonstracija u Laboratoriji za masu - mjerenje tega 1 kg, Zavod za metrologiju - Bureau of

Metrology, 10. 5. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=uGi43ipQczU> (pristupljeno januar 2020).

- How to Use an Analytical Balance, BioNetwork, 1. 9. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=mmgiehwrK54> (pristupljeno januar 2020).
- Measuring Liquid Volume with a Graduated Cylinder, MrBScience\_Seguina, 1. 10. 2013. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=-ZDt4ax8U-A> (pristupljeno januar 2020).
- Merenje zapremine - Zadatak 5 | Fizika za 6. Razred, Uči Slobodno Akademija, 4. 12. 2014. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=t0mCP5U9imo> (pristupljeno januar 2020).
- Techniques on the Use of a Pipette, CHEM 0011 Videos, 24. 6. 2016. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=5DzybtC0Brk> (pristupljeno januar 2020).
- Buret Technique, UNL Chemistry, 18. 2. 2016. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=dJAWyvoSoLU> (pristupljeno januar 2020).
- Pycnometers Made Easy - The Best Way to Measure Density! By Dr. Shawn Citizen Scientists' Workshop 5. 4. 2018. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=StGbFkSevy0> (pristupljeno januar 2020).
- Areometer, Technology & Science In Islam, 12. 1. 2015. (online). Dostupno na: [https://www.youtube.com/watch?v=4gdYZrPQf\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=4gdYZrPQf_w) (pristupljeno januar 2020).
- Zdravković, B., Kalibracija volumetrijskih sudova, Leskovac, 2013. (online). Dostupno na: <http://atomskaspektrometrija.com/images/Download/Kalibracija%20volumetrijskih%20sudova.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Tudor, M., Maršić-Lučić, J., Laboratorijske vježbe iz kemije - interna skripta, Sveučilište u Splitu (online). Dostupno na: <http://jadran.izor.hr/~tudor/Skripta/Skripta2011.pdf> (pristupljeno januar 2020).
- Calibration and Use of a Volumetric Buret, carthage College Chemistry Department, 29. 8. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=xOGQsZu14P0> (pristupljeno januar 2020).
- Pipet Calibration, UAlbertaScience, 7. 9. 2017. (online). Dostupno na: <https://www.youtube.com/watch?v=zIHxXcIL6ps> (pristupljeno januar 2020).