

## PRAVILA LABORATORIJSKOG RADA

Prilikom rada u laboratoriji za hemiju, u cilju bezbednog rada, svi studenti se moraju pridržavati određenih pravila datih u nastavku teksta. **Za bezbedan rad u laboratoriji neophodno je da student nosi na sebi zaštitni mantil, zaštitne naočare i rukavice. Pored toga, potrebno je da ima kod sebe pamučnu krpu za brisanje, šibice, laboratorijsku svesku, hemijsku i grafitnu olovku.** Na početku časa student treba da proveri pribor na radnom mestu (neophodan za predviđenu laboratorijsku vežbu) i prijavi asistentu sve eventualne nedostatke. U standardnu opremu radnog mesta spadaju: plamenik, stativ, hvataljka i spojnica, prsten za levak, mrežica, dve hemijske čaše zapremine 400 i 100 cm<sup>3</sup>, levak, stakleni štapić i set od 12 epruveta na drvenom stativu. Specifičan pribor potreban za izvođenje pojedinih oglada naveden je u opisu samog oglada.

Pre početka rada u laboratoriji za hemiju studenti su dužni da se adekvatno pripreme za izvođenje svake pojedinačne vežbe. Neophodno je da se student podseti i da nauči gradivo navedeno u odeljcima *Obnoviti* (ili *Naučiti*) i *Uvod*, kao i da se upozna sa sadržajem eksperimentalnog dela vežbe. Takođe se od studenta zahteva da odgovori na pitanja koja se nalaze na kraju teorijskog dela svake vežbe. **Pre izvođenja oglada treba pažljivo pročitati uputstvo, a zatim pripremiti sav potreban pribor, uz poštovanje redosleda operacija koji je dat u tekstu oglada. Ne uzimati hemikalije u količinama većim od predviđenih za ogled. Takođe, preostale hemikalije nikako ne treba vraćati u reagens boce!** Čvrste reagense uzimati uvek čistim kašičicama.

Sve uočene promene (merenja, zapažanja i sl.) i karakteristične detalje (pojavu taloga ili gasa, promenu boje, promenu temperature i sl.) tokom izrade vežbi student beleži u **radnu svesku (laboratorijski dnevnik)** u koji upisuje sve podatke do kojih dolazi tokom izvođenja oglada, a tek na kraju, kada su izvedeni svi ogladi i izvršena provera dobijenih rezultata, sve svoje rezultate unosi u praktikum. Smatra se da je laboratorijska vežba uspešno završena samo ako su na zadovoljavajući način izvedeni svi predviđeni ogladi, uz izvršeno tačno i potpuno popunjavanje praktikuma, i ako je **vežba odbranjena kroz test (ili usmeni razgovor sa asistentom)!**

Po završetku rada radno mesto treba srediti, bočice sa rastvorima obri-  
sati i vratiti na njihovo mesto, a pribor i posuđe oprati i nakon sušenja slo-  
žiti. **Pri pranju pribora treba obratiti pažnju na otpad. Čvrste supstance  
se ne smeju bacati u slivnik. Jedinjenja žive i drugih teških metala se  
odlažu isključivo u posebno obeležene posude. Organski rastvarači se  
obično prikupljaju u kontejnere predviđene za to, radi regeneracije.** Stu-  
denti će na samom času dobiti uputstvo za postupanje sa takvim supstan-  
cama.

*Naučiti:* Neophodno je naučiti gradivo koje sledi i odgovoriti na pitanja na kraju poglavlja.

### *Uvod*

Čak i najjednostavniji ogledi zahtevaju korišćenje različitog laboratorijskog pribora i posuđa. Stoga će se u okviru ove vežbe studenti upoznati sa namenom i pravilnom upotrebom osnovnog pribora i posuđa. Iako su ogledi na vežbama iz predmeta *Uvod u hemiju* osmišljeni tako da se mogućnost nezgode smanji na najmanju meru, neophodno je da svaki **student sve ogleda radi sa maksimalnom pažnjom, kao i da se dosledno pridržava uputstava za izvođenje vežbi i određenih pravila kojima se obezbeđuje siguran rad**, a koja slede u daljem tekstu.

### PRAVILA BEZBEDNOSTI I PRUŽANJE PRVE POMOĆI U SLUČAJU NEZGODA

Prvo i osnovno pravilo bezbednog rada u laboratoriji za hemiju jeste da **ogleda nikada ne treba ostavljati bez nadzora!!!** Takođe, **najstrože je zabranjeno ostavljanje upaljenog plamenika bez nadzora**, a prilikom zagrevanja se ne treba nadnositi nad otvor epruvete niti usmeravati otvor epruvete ka sebi ili drugima. Dugačka kosa mora biti vezana! Zagrejano posuđe se ne sme stavljati direktno na sto, već na metalnu mrežicu ili drvenu dasku. **Posle završetka ogleda plamenik se mora ugasiti!** Student mora biti adekvatno obučen za laboratoriju (obavezna je zatvorena obuća, kao i zaštitni laboratorijski mantil).

Kako se u laboratoriji za hemiju koristi veliki broj različitih supstanci (hemikalija), uvek je neophodno pridržavati se pravila da svaka može biti opasna ako se ne koristi pravilno. **Po svaku cenu treba izbegavati probanje i udisanje hemikalija i fizički dodir sa njima.** Miris supstance se ispi-

tuje mahanjem ruke iznad otvora posude i usmeravanjem pare supstance ka nosu, a **nikako prinošenjem otvora suda nosu. Pipetiranje ustima je apsolutno zabranjeno. Svi ogledi pri kojima nastaju otrovni gasoviti proizvodi moraju da se izvode u kapeli (digestoru) i pri njihovom izvođenju treba biti vrlo pažljiv. Ukoliko se desi da reakcija koja se izvodi na radnom mestu postane suviše burna, neophodno je odmah prekinuti zagrevanje, a ako dolazi do oslobađanja gasovitih supstanci, sud sa reakcionom smešom treba što brže preneti u kapelu.**

Ako se radi sa agresivnim hemikalijama (npr. koncentrovani rastvori kiselina i baza), obavezna je upotreba gumenih rukavica. Za zaštitu lica postoje providne maske, a za zaštitu očiju naočare bez dioptrije. Ne treba zanemariti ni zaštitu ostalih delova tela i odeće, pa se u laboratoriji obavezno nosi zaštitni mantil. Po završetku eksperimentalnog rada i neposredno pred napuštanje Laboratorije za hemiju obavezno je pranje ruku.

Organske supstance spadaju u grupu veoma zapaljivih supstanci, pa se njihovo zagrevanje nikada ne vrši otvorenim plamenom, već električnim grejačima, i to obično uz pomoć vodenog ili uljanog kupatila.

**Pre početka vežbi studenti uče gde se nalaze kante sa peskom i aparati za gašenje požara, i kako se oni koriste.** Ukoliko se desi požar, u laboratoriji za hemiju postoji i protivpožarno čebe koje služi da se uguši nastali plamen ili vatra. Ukoliko požar zahvati telo, to je sigurniji način gašenja od upotrebe protivpožarnog aparata, pošto njegovom upotrebom može doći do oštećenja tkiva, što kasnije dodatno komplikuje tretiranje opekotina. **U laboratoriji se na vidnom mestu nalazi i set sa priborom za prvu pomoć.** Ukoliko dođe do bilo kakve (i najmanje) nezgode, povređeni se nakon pružene prve pomoći mora uputiti lekaru.

### **Prva pomoć u slučaju nezgoda u Laboratoriji za hemiju**

Iz *manjih rana* i *posekotina* izvaditi komadiće stakla (ako su prisutni), isprati velikom zapreminom vode i nakon toga ranu dezinfikovati i previti zavojem (flasterom). Poželjno je posekotinu isprati i 0,1 mas.% rastvorom kalijum-permanganata. Zatim kožu namazati jodnom tinkturom i staviti zavoj. **Veće rane se ne smeju ispirati vodom, jer to pojačava krvarenje,** već se rana čvrsto previje zavojem. U slučaju povrede arterije krvarenje se zaustavlja podvezivanjem dela tela između rane i srca. Ako se u rani nalazi strano telo, vađenje treba prepustiti lekaru.

Prva pomoć kod *opekotina* jesu hladne obloge (ispiranje vodom ili obloge od leda). Opekotine se kvase više puta 0,1 mas.% rastvorom kalijum-permanganata, a zatim se premažu mašću za opekotine. Veće opekotine se pokriju sterilnom gazom i odmah se traži pomoć lekara.

*Oštećenje kože hemikalijama:*

- ako na kožu padne koncentrovana baza, mesto se ispira vodom, a zatim razblaženim (2 mas.%) rastvorom sirćetne kiseline i ponovo vodom;
- ako na kožu padne koncentrovana kiselina, mesto se ispira vodom, a zatim razblaženim (2 mas.%) rastvorom natrijum-hidrogen karbonata i ponovo vodom;
- oštećenja na koži izazvana bromom treba obraditi na poseban način: delove kože na koje padne brom treba isprati razblaženim rastvorom natrijum-tiosulfata, a u slučaju kontakta sa belim fosforom za ispiranje se koristi razblažen rastvor bakar-sulfata.

Ukoliko dođe do *trovanja gasovitim supstancama*, zatrovanu osobu izvesti na svež vazduh i pozvati lekara, a ukoliko dođe do gubitka svesti, osobu treba položiti da leži na boku, i provetriti prostoriju. Ukoliko rastvor neke supstance prsne u oko prva pomoć je jednaka onoj kod oštećenja na koži, a svakako je obavezan odlazak lekaru čak i kod malih oštećenja. U slučaju da hemikalija dospe u usta neophodno je izvršiti detaljno ispiranje vodom, a ukoliko hemikalija dospe u sistem organa za varenje (želudac), poželjno je izazvati povraćanje. Kod trovanja kiselinama treba popiti 2 mas.% suspenziju magnezijum-oksida.

Pri rukovanju priborom koji sadrži živu (termometri) treba biti veoma pažljiv, jer se pri lomljenju živa rasprskava u veliki broj sitnih kapi, koje nije moguće pokupiti. Takve kapi relativno brzo isparavaju i kroz organe za disanje živa dospeva u organizam, gde deluje kao kumulativni otrov. Prosuta živa se skuplja usisivačem, a kesa od usisivača obavezno baca u za to predviđene kontejnere. Mesto gde je pala živa treba posuti elementarnim sumporom vodeći računa da se kapi najviše zadržavaju u pukotinama.

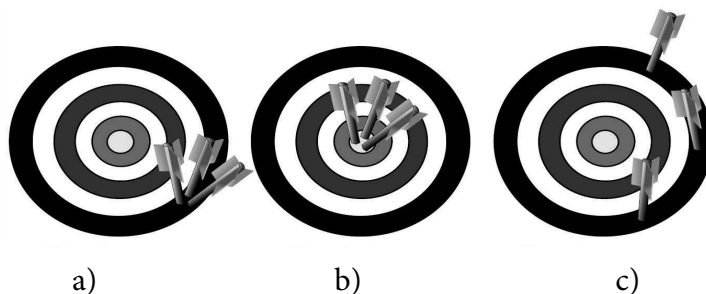
## Merenje i greške merenja

Svaki eksperimentalni rad praćen je merenjem neke fizičke veličine koja se poredi sa standardnom veličinom koja je uzeta za jedinicu a svaka izmerena veličina i svaka veličina izračunata na osnovu eksperimentalnih podataka poseduju određen stepen nepouzdanosti. Vrednost izmerene ve-

ličine se naziva *rezultat merenja*, a ne predstavlja njenu „pravu“ vrednost, već aproksimaciju prave ili apsolutne vrednosti merene veličine. Razlika između rezultata merenja i prosečne vrednosti kojom zamenjujemo pravu naziva se *greška merenja*, i može biti gruba (posledica greške osobe koja izvodi eksperiment), sistematska (izbor metode, nesavršenost instrumenta, loša kalibracija, promena uslova tokom merenja, itd.) ili slučajna (ne mogu se izbeći).

### Pouzdanost merenja

**Preciznost** merenja opisuje koliko serije merenja istog objekta liče međusobno (ponovljivost merenja), a zavisi od kvaliteta pribora, veličine najmanjeg podeljka na skali instrumenta, radnog iskustva itd. Što su vrednosti merenja međusobno bliže, one su tačnije. **Tačnost** opisuje koliko je blisko izmerena vrednost od prave vrednosti (odstupanja od prave vrednosti), a zavisi od izbora metode, konstrukcije pribora i načina njegove kalibracije (slika 1.1).



**Slika 1.1.** a) *Precizno/netačno „merenje“; b) precizno/tačno „merenje“; c) neprecizno/netačno „merenje“*

Uobičajeno je da se merenje neke fizičke veličine vrši više puta. U slučajevima kada se vrši samo jedno merenje, moguće je odrediti samo apsolutnu i relativnu grešku merenja. **Apsolutna greška** merenja predstavlja odstupanje pojedinih rezultata merenja od srednje vrednosti, a izračunava se pomoću izraza:

$$\Delta M = M_{\text{eksp}} - M_{\text{teor}} \quad (1.1)$$

gde je  $M_{\text{eksp}}$  izmerena vrednost, a  $M_{\text{teor}}$  tačna vrednost (ukoliko je poznata) ili vrednost koja je poznata sa većom tačnošću (teorijska vrednost,

vrednost iz *Priručnika/Tablica*). Maksimalna apsolutna greška je često određena samim instrumentom na kome je izvršeno merenje (maksimalna apsolutna greška merenja mase na digitalnoj (analitičkoj) vagi iznosi  $\pm 0,0001$  g). Radi procene veličine apsolutne greške, ona se mora uporediti sa izmerenom vrednošću. Na taj način dobijamo relativnu grešku merenja, koja predstavlja odnos apsolutne greške i srednje vrednosti merenja, a data je izrazom:

$$\delta M = (M_{\text{eksp}} - M_{\text{teor}}) / M_{\text{teor}} = \Delta(M) / M_{\text{teor}} \quad (1.2)$$

Ako je relativna greška manja od 0,1 smatra se da je merenje bilo korektno.

**Uvek treba poštovati pravilo da se eksperimentalni rezultati ne smeju predstavljati sa većim brojem značajnih cifara nego što je to određeno greškom merenja.** Na primer, pošto apsolutna greška merenja mase na analitičkoj vagi iznosi  $\pm 0,0001$  g, masa izmerenih predmeta mora biti predstavljena zaključno sa četiri cifre iza decimalnog zareza.

## Laboratorijsko posuđe i pribor

### Stakleno posuđe

Pribor i posuđe od stakla mogu biti vrlo različitog sastava, oblika i namene. Postoje različite vrste stakla. Obično ili „natrijumovo“ staklo se retko koristi u laboratoriji jer ima veliki temperaturni koeficijent širenja, loše provodi toplotu i pri zagrevanju dolazi do neravnomernog širenja te predmet lako puca pa se koristi kao posuđe namenjeno isključivo za rad na sobnoj temperaturi.

Borosilikatno ili laboratorijsko staklo (dodat bor-oksidi ili aluminijum-oksidi) ima smanjen koeficijent širenja, povećanu tvrdoću i otpornost na hemikalije. Postoji i tzv. kvarcno staklo (visok sadržaj silicijum(IV)-oksida), koje može da izdrži temperaturu višu od  $1000^{\circ}\text{C}$ , kao i naglo zagrevanje i hlađenje.

Epruveta (slika 1.2.a) služi za mešanje supstanci i izvođenje hemijskih reakcija sa malom količinom čvrstih ili tečnih supstanci. Ukoliko se reakcija izvodi uz zagrevanje, neophodno je **tokom eksperimenta stalno pomerati epruvetu ili plamenik**. Laboratorijska čaša (slika 1.2.b) se koristi

za mešanje supstanci, zagrevanje tečnosti i izvođenje hemijskih reakcija sa većom količinom supstanci. Erlenmajer (sa uskim ili širokim grlom, slika 1.1.c) se koristi za zagrevanje tečnosti, taloženje kao i u volumetrijskoj analizi.

Običan levak i levak sa dugom cevi (slika 1.2.d) koriste se za ceđenje (filtriranje), za presipanje tečnosti iz jednog suda u drugi. Levak sa poroznom pločom (slika 1.2.e) služi za ceđenje pod sniženim pritiskom; postavlja se na vakuum bocu (slika 1.2.f) i kroz njega se cede rastvori agresivnih hemikalija koje razaraju hartiju za ceđenje.

Stakleni štapić (slika 1.2.g) služi za mešanje rastvora i suspenzija. Na jednom kraju štapića se obično nalazi komad gumenog creva i taj kraj se koristi pri ceđenju suspenzija za lakše skidanje čvrste faze sa zidova suda.

Balon sa ravnim dnom se koristi za zagrevanje i čuvanje tečnosti, a sa okruglim dnom za različite aparature (slika 1.2.h). Hladnjak (kondenzator, slika 1.2.i) se koristi za hlađenje tj. kondenzovanje pare i deo je različitih laboratorijskih aparatura.

Boca za destilovanu vodu (špric boca, slika 1.2.j) koristi se za čuvanje tečnosti a u današnje vreme se sve češće pravi od poliolefinske plastike.

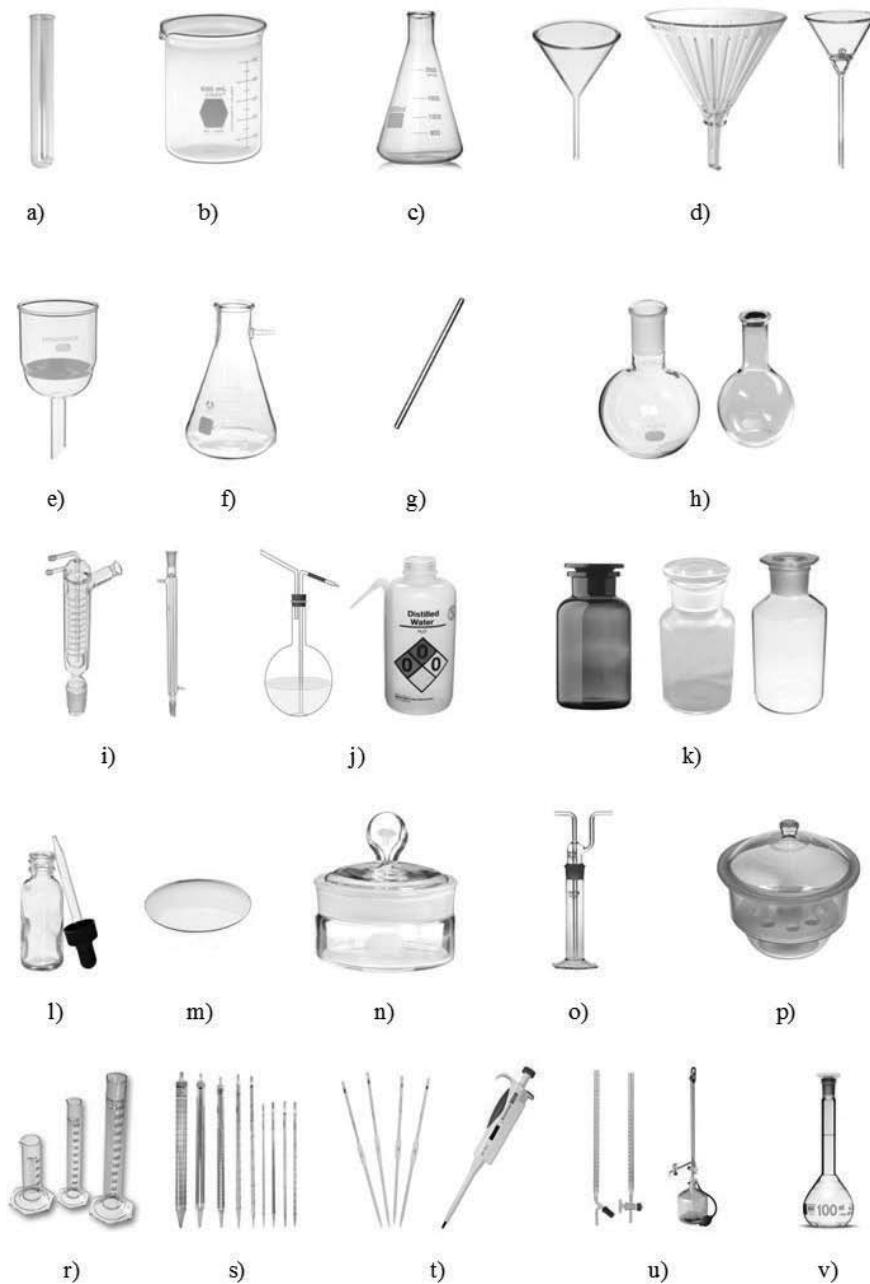
Reagens boca (slike 1.2.k) se koristi za čuvanje čvrstih (boce sa širokim grlom) i tečnih supstanci. Obično su bezbojne, a ukoliko se koriste za čuvanje supstanci osetljivih na svetlost prave se od tamnog stakla.

**Treba voditi računa da ne dođe do zamene zatvarača sa različitih boca, kao i da se zatvarač ne spusti brušenim delom na radnu površinu,** jer u oba slučaja dolazi do kontaminacije sadržaja u boci. Rastvori indikatora se čuvaju u bočicama sa kapalicom (slika 1.2.l) radi lakšeg doziranja rastvora.

Sahatno staklo (slika 1.2.m) služi kao poklopac ili kao podmetač za odmeravanje različitih supstanci na vagi. Ako supstanca koja se meri ne sme da dođe u kontakt sa atmosferom, koristi se vegeglas (slika 1.2.n).

Za sušenje gasova koriste se ispiralice (slika 1.2.o). Prazna, obrnuto povezana ispiralica se obavezno stavlja kao zaštita čeličnih boca sa gasovima pod pritiskom. Na taj način sprečava se mogućnost da zbog promene pritiska dođe do usisavanja tečnosti u čeličnu bocu.





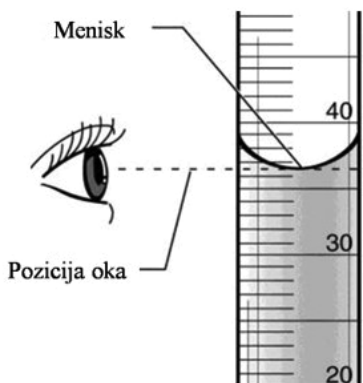
**Slika 1.2.** Najčešće korišćeno stakleno posuđe u laboratoriji za hemiju

Eksikator (slika 1.2.p) služi za sušenje supstanci ali i hlađenje prethodno žarenih predmeta, kojima treba izmeriti masu. Oni se u eksikator stavljaju tek nakon desetak sekundi, kada se predmet malo ohladi, a eksikator se ne zatvara potpuno kako širenje zagrejanog vazduha ne bi odbacilo poklopac. U donjem delu se nalazi sredstvo za sušenje, a laboratorijska mast obezbeđuje dobro zaptivanje poklopca eksikatora.

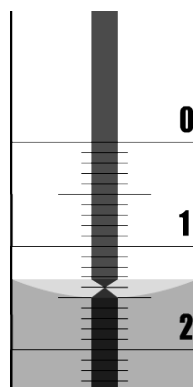
### Pribor za merenje zapremine. Graduisani sudovi

Za merenje zapremine tečnosti najčešće se upotrebljavaju menzura, pipeta, bireta i normalni sud. Menzura (slika 1.2.r) služi za grubo odmeravanje zapremine tečnosti sa preciznošću očitavanja zapremine jednakom polovini veličine najmanjeg podeljka. Takođe, pravilno je za merenje određene zapremine uvek izabrati prvu „veću“ menzuru (zapreminu od 40 cm<sup>3</sup> treba izmeriti menzutom od 50 cm<sup>3</sup> a ne od 25 cm<sup>3</sup> ili 100 cm<sup>3</sup>). Prilikom očitavanja zapremine koja se nalazi u menzuri uvek se posmatra donji menisk tečnosti (videti sliku 1.3.). Osim menzura, svi ostali sudovi se izrađuju u dve klase tačnosti (A i B); sudovi klase A imaju približno dva puta manja odstupanja.

Pipeta (slika 1.2.s) se koristi za prenošenje i ukapavanje tečnosti, preciznije odmeravanje tečnosti u odnosu na menzuru. Postoje graduisane pipete kod kojih vrednosti na skali mogu ići odozdo naviše ili obrnuto. Postoje i mikropipete (zapremina manja od 1 cm<sup>3</sup>, i tzv. trbušaste pipete (veće zapremine, slika 1.2.t) koje omogućavaju tačnije merenje zapremine od graduisanih.



**Slika 1.3.** Pravilan način očitavanja zapremine tečnosti

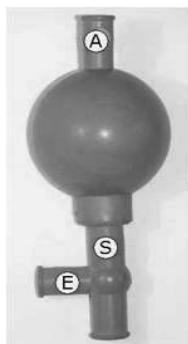


**Slika 1.4.** Očitavanje zapremine tečnosti u Šelbahovoj bireti

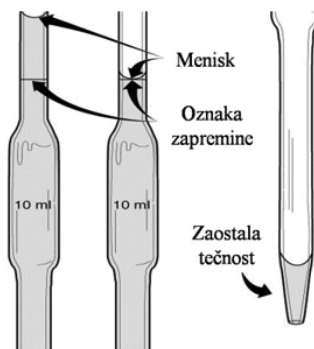
Bireta (slika 1.2.u) se koristi za najpreciznije merenje zapremine tečnosti. Šelbahova (*Schelbach*) bireta ima zadnji zid obojen u belo sa plavom crtom na sredini. Na mestu meniska tečnosti crta izgleda kao presečena (slika 1.4.), što olakšava očitavanje zapremine. Brzina kojom se ispušta tečnost iz birete ne sme da bude velika kako ne bi nastala greška u merenju zapremine usled zaostale tečnosti koja se nije slila niz njene zidove. Slavina na bireti mora biti čista i podmazana laboratorijskom mašću ukoliko nije izrađena od plastičnih materijala ili teflona.

Za pipetiranje rastvora koristi se propipeta koja se sastoji od gumene loptice s tri ventila i koja se stavlja na pipetu (slika 1.5.). 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. Ako se pipeta nije napunila, ponovo se stisne ventil A, isprazni loptica i nastavi usisavanje do otprilike 1 cm iznad oznake. Ventilom E (*Empty*) ispusti se rastvor do oznake, odnosno ispusti se sadržaj pipete u pripremljenu posudu bez skidanja propipete sa pipete. Detaljan opis je prikazan na slici 1.6. **Nikad se ne sme dozvoliti da rastvor uđe u propipetu!** Tokom ispuštanja tečnosti vrh pipete treba da dodiruje zid suda. Kada sva tečnost istekne, sačeka se 15 sekundi da se sva tečnost slije sa zidova. **Način kalibracije pipeta je takav da zapremina poslednje kapi, koja zaostaje u vrhu pipete, nije uzeta u obzir; prema tome, ovu kap nikada ne treba istiskivati.**

Normalni sud (slika 1.2.v) služi za pravljenje rastvora određenih koncentracija bilo razblaživanjem koncentrovanih rastvora ili rastvaranjem čvrstih supstanci. Prilikom rastvaranja čvrstih supstanci, one se prvo rastvore u čaši, pa se rastvor pomoću levka i staklenog štapića prelije u sud, vodeći računa da ne dođe do prskanja, a čaša se više puta ispere upotrebljenim rastvaračem i takođe prelije u merni sud. U toku dopunjavanja mernog suda, neposredno pre nego što nivo tečnosti stigne do suženog dela, sud se zatvori i sadržaj dobro promućka. Tek tada se izvrši konačno dopunjavanje do oznake, sud zatvori i sadržaj ponovo promućka. Normalni sudovi moraju biti čisti i suvi. Ne smeju se sušiti u sušnici kako ne bi došlo do malih, ali nepovratnih promena njihove zapremine usled dejstva toplote. Mokre sudove je poželjno je isprati malim zapreminama rastvora koji se odmerava.



Slika 1.5. Izgled propipete



Slika 1.6. Pravilno pipetiranje

Preciznost i namena različite opreme koja se koristi za volumetrijska merenja prikazana je u tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Preciznost i namena opreme za volumetrijska merenja

Oprema	Preciznost	Namena
Laboratorijska čaša od 250 cm <sup>3</sup>	±10 cm <sup>3</sup>	Priprema rastvora, skladištenje hemikalija, izvođenje hemijskih reakcija
Erlenmajer od 250 cm <sup>3</sup>	±6 cm <sup>3</sup>	Merenje zapremine – umerena preciznost
Menzura od 250 cm <sup>3</sup>	±1 cm <sup>3</sup>	
Menzura od 25 cm <sup>3</sup>	±0,2 cm <sup>3</sup>	Priprema rastvora, skladištenje hemikalija, izvođenje hemijskih reakcija.
Erlenmajer (klasa A) od 100 cm <sup>3</sup>	±0,08 cm <sup>3</sup>	
Graduisana pipeta po Mohru od 10 cm <sup>3</sup>	±0,05 cm <sup>3</sup>	Merenje zapremine – velika preciznost
Automatska pipeta od 5 cm <sup>3</sup>	±0,025 cm <sup>3</sup>	Merenje zapremine – izuzetno velika preciznost
Volumetrijska pipeta od 5 cm <sup>3</sup> , 10 cm <sup>3</sup>	±0,01 cm <sup>3</sup>	
Bireta od 25 cm <sup>3</sup>	±0,02 cm <sup>3</sup>	Za volumetrijske titracije – izuzetno velika preciznost

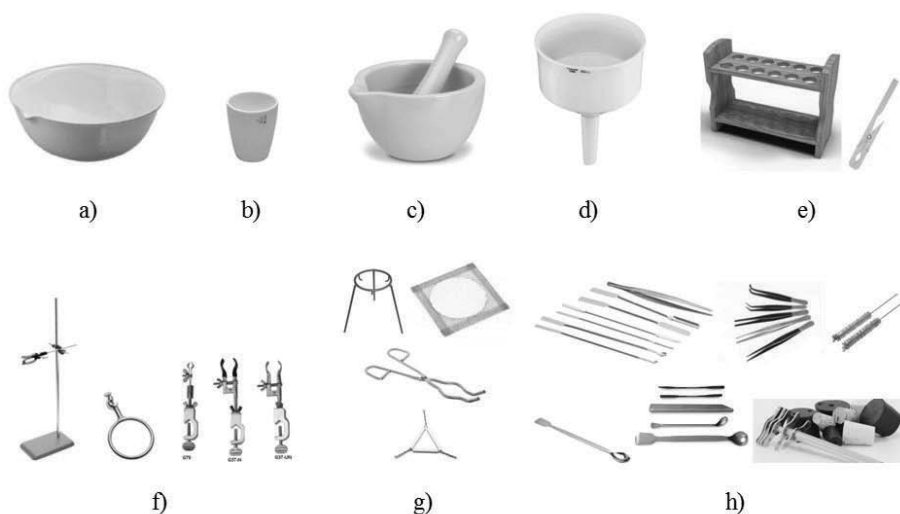
### Pranje staklenog posuđa

Obično je dovoljno oprati sudove običnom vodom, a potom ih isprati destilovanom vodom. Takođe je poželjno detaljno oprati sudove četkicom i deterdžentom, a u zavisnosti od prirode supstance, moguće je (i poželjno) pranje koncentrovanim rastvorima kiselina ili baza. Jako zaprljani sudovi potapaju se u rastvor hrom-sumporne kiseline (rastvor koji sadrži 5 g ka-

lijum-dihromata u 100 cm<sup>3</sup> (tehničke) koncentrovane sumporne kiseline), koji se može koristiti više puta, nakon čega se sud ispira toplom i potom destilovanom vodom.

### Pribor od porcelana, metala i drveta. Pomoćni pribor

*Porcelanska šolja* (slika 1.7.a) služi za zagrevanje supstanci, najčešće za uparavanje tečnosti; može se koristiti na otvorenom plamenu. *Porcelanski lončić* (tigl, slika 1.6.b) koristi se za žarenje čvrstih supstanci na visokim temperaturama, iznad 1000°C. **Porcelanski lončići se nikada ne peru vodom**, već je dovoljno istresti sadržaj, a lončić obrisati suvom krpom. *Avan sa tučkom* (slika 1.6.c) služi za usitnjavanje čvrstih supstanci. *Bihnerov (Büchner) levak* (slika 1.6.d) koristi se za cedjenje pod smanjenim pritiskom uz pomoć vodene pumpe i vakuum boce.



**Slika 1.7.** Pribor od porcelana, metala i drveta

Pribor od metala i drveta se koristi za pridržavanje drugog pribora ili učvršćivanje pojedinih delova pri sastavljanju aparature. *Stalak za epruvete* služi za odlaganje epruveta, a drvena štupaljka za pridržavanje epruveta prilikom zagrevanja (slika 1.7.e). Na *stativ* se pričvršćuju različiti držači posuda, npr. *muf*, *klema*, *prsten* (slika 1.7.f) itd. *Tronožac* i *metalna mrežica* se koriste za držanje sudova prilikom zagrevanja ili žarenja. *Masice* služe za držanje različitih posuda prilikom zagrevanja. Na *trougao* za žarenje stav-

lja se porcelanski lončić prilikom žarenja (slika 1.7.g). U pomoćni pribor spadaju razne vrste *pinceta*, *kašičice* izrađene od metala ili plastične mase, *špatule*, *četkice za pranje*, *gumeni* i *plutani čepovi* itd. (slika 1.7.h).

### Pribor za merenje mase

Masa se, pored zapremine, ubraja u ekstenzivna svojstva supstance, koja zavise od količine supstance. Za merenje mase supstance u laboratoriji za hemiju koriste se (automatske) vage različitih konstrukcija i preciznosti, odnosno klase tačnosti. Tehničke vage se koriste za relativno gruba merenja, sa tačnošću od  $\pm 0,01$  g, dok se za preciznija merenja koriste analitičke vage sa tačnošću merenja od  $\pm 0,0001$  g (slika 1.8.).



**Slika 1.8.** Izgled analitičke vage u Laboratoriji za hemiju

Bez obzira na vrstu vage, pri merenju se moraju poštovati sledeća pravila:

- pre početka merenja proveriti da li je vaga u horizontalnom položaju pomoću libele, i ukoliko je potrebno podesiti položaj zavrtnjem nožica vage;
- neopterećena vaga pokazuje vrednost od 0,00 g, odnosno 0,0000 g; ukoliko je neophodno, ponovo nulirati vagu;
- predmeti koji se mere moraju biti hladni, suvi i čisti; supstance se nikada ne stavljaju direktno na tas vage, već se odmeravaju u laboratorijskoj čaši, sahatnom staklu ili posebnim podmetačima za merenje izrađenim od plastike ili specijalne hartije, teflona itd.;
- ako se vaga slučajno zaprlja, merenje se prekida, vaga očisti i operacija merenja ponavlja;

- svaka vaga ima određeni kapacitet, koji je naznačen na samoj vagi; vaga se ni u kom slučaju ne sme preopteretiti;
- ako se u okviru jednog oglada vrši više merenja, mora se koristiti ista vaga za sva merenja.

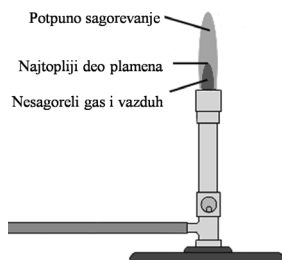
*Automatska vaga.* Pre početka merenja trebalo bi proveriti kapacitet vage. Za uključivanje/isključivanje vage koristiti „on/off“ dugme. Nakon uključivanja treba sačekati nekoliko sekundi. Ukoliko vaga ne pokazuje vrednost 0,00 g, pritisnuti dugme za tariranje ( $\rightarrow 0/T \leftarrow$ ). Merenje se vrši pažljivim spuštanjem predmeta na tas i posle kraćeg vremena se može očitati masa predmeta. Različiti tipovi vaga mere sa različitom preciznošću. Ako se vrše dva uzastopna merenja (npr. je potrebno izmeriti prazan sud i sud sa uzorkom), posle merenja praznog suda može se pritisnuti dugme za tariranje, čime se poništava masa praznog suda i kada se direktno može očitati (neto) masa merenog uzorka.

### Pribor za zagrevanje

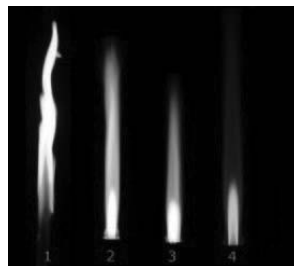
Zagrevanje se najčešće vrši različitim tipovima plamenika u kojima se toplota dobija sagorevanjem pogodnog gasovitog goriva. Bunzenov (*Roberts Bunsen*, 1811–1899) plamenik (slika 1.9.) je standardni izvor toplote u laboratoriji. Bunzenov plamenik sastoji se od metalne cevi kroz koju se usmerava mlaz gasa (propan-butan gas, zemni gas, benoidski gas, i dr.) i postolja. Vazduh prolazi kroz otvore na dnu cevi prekrivene prstenom kojim se reguliše protok vazduha. Kada prsten potpuno prekriva otvore, plamenik gori žutim sigurnosnim plamenom (redukcioni plamen, slika 1.10.), a kako sagorevanje nije potpuno, na predmetu koji je u kontaktu sa plamenom dolazi do izdvajanja elementarnog ugljenika. Uz potpuno slobodne otvore, u cevi je dovoljno vazduha i gas gori bledoplavim plamenom (oksidacioni plamen, slika 1.10.) koji dostiže temperature od 1570°C. Bunzenovim plamenikom zagrevanje se može vršiti direktnim plamenom ili posredno preko azbestne mrežice i/ili vodenog kupatila. Oksidacioni plamen se sastoji od nekoliko zona u kojima se temperature znatno razlikuju (slika 1.10.).



**Slika 1.9.** Bunzenov plamenik



**Slika 1.10.** Temperaturne zone u Bunzenovom plameniku. Oksidacioni i redukcionni plamen



**Upotreba Bunzenovog plamenika:** Pre puštanja plamenika u rad otvore za dovod vazduha treba potpuno zatvoriti. Zatim se otvori ventil na boci (izvor dovoda gasa), sačeka par sekundi i plamen upali šibicom ili upaljačem. Posle toga se reguliše dovod vazduha, a otvaranjem ili zatvaranjem ventila podešava veličina plamena. Ako je dovod vazduha preveliki, može doći do gašenja plamena na vrhu plamenika, mada se sagorevanje nastavlja u samoj cevi („preskok plamena“). U takvom slučaju treba zatvoriti dovod gasa, sačekati da se plamenik ohladi i ponoviti paljenje. Zbog opasnosti od požara, pregrevanja reakcione smeše i mogućnosti da se plamenik ugasi, pri čemu izlazi gas koji sa vazduhom stvara eksplozivnu smešu, **upaljeni plamenik se ne sme ostaviti bez nadzora!**

U Laboratoriji za hemiju se takođe za zagrevanje mogu koristiti rešoi i grejne kalote (pogodne za zagrevanje balona) ili grejači specijalne konstrukcije u koje se sipa voda, ulje ili pesak („vodeno“, „uljano“ i „peščano kupatilo“). Vodeno kupatilo se može improvizovati ako se na električni grejač stavi odgovarajući sud napunjen vodom.

### Pribor za merenje gustine tečnosti

Gustina je vrlo važno fizičko svojstvo supstanci, koje može da posluži za identifikaciju elemenata i jedinjenja, kao i za određivanje sastava homogenih smeša. Eksperimentalno određivanje gustine tečnosti može da se izvede na više načina. Jedna mogućnost je da se izmeri masa poznate zapremine tečnosti i primeni izraz za izračunavanje gustine:

$$\rho = m / V \quad (1.3)$$



Za vrlo tačno određivanje gustine koristi se staklena posuda posebnog oblika koja se naziva *piknometar* (slika 1.11.). U laboratoriji za hemiju gustina tečnosti se najčešće meri direktno, pomoću areometra (slika 1.12.). To je posebno konstruisana staklena cev, sa baždarenim gornjim uskim delom (vrat) dok je donji deo proširen (trbuh). U rezervoaru areometra se nalaze kuglice koje mu daju tačno određenu masu i omogućavaju mu da tone u tečnost, a gustina ispitivane tečnosti se određuje na osnovu Arhimedovog zakona. Naime, areometar tone u tečnost dok se ne izjednače njihove mase. Gustina se zatim očitava direktno na skali i odgovara podeljku sa kojim se poklapa nivo tečnosti. Što je gustina tečnosti manja, to će areometar više uroniti u tečnost, i obratno.



Slika 1.11. Izgled piknometra



Slika 1.12. Set areometara za merenje različitih opsega gustina

Poznato je da se gustina tečnosti postepeno menja sa promenom temperature, ali kako su promene kod vode i vodenih rastvora relativno male, iako se areometri najčešće kalibrišu na 15°C, oni se bez velike greške mogu koristiti i na sobnoj temperaturi.

### Pribor za merenje temperature

Za merenje temperature u laboratoriji se koriste različite vrste termometara (slika 1.13.) sa različitim temperaturnim opsezima u čijim rezervoarima se nalazi živa ili etanol. S obzirom da živa mrzne na -39°C, a ključa na temperaturi od 357°C, termometri se mogu koristiti za određivanje temperature u ovom opsegu. O otrovnosti žive i merama opreza koje treba poštovati prilikom rada sa termometrima već je pisano u uvodnom delu praktikuma. Takođe, za merenje i regulaciju temperature fluida u agresivnim i neagresivnim sredinama koriste se tzv. kontaktni termometri, čiji se

rad zasniva na promeni određene fizičke karakteristike senzora u zavisnosti od temperature (deformacija predmeta, promena otpornosti, nastajanje termoelektričkog napona, promena gustine/zapremine tečnosti u senzoru) koja se preko mehanizma prenosi na kazaljku (displej).



**Slika 1.13.** *Različite vrste laboratorijskih termometara*

### **Pribor za merenje pH vrednosti**

Za merenje pH vrednosti u laboratoriji se koriste različite vrste pH metara, a mogu biti prenosni (portabl) ili stoni (slika 1.14.). Opseg merenja pH vrednosti je najčešće od 0 do 14 a mogu biti sa ili bez temperaturnog senzora.



**Slika 1.14.** *Različite vrste laboratorijskih pH metara*

## Pribor za merenje provodljivosti rastvora

Za merenje provodljivosti rastvora u laboratoriji se koriste različite vrste konduktometara, a mogu biti prenosni (portabl) ili stoni (slika 1.15.). Opseg merenja vrednosti provodljivosti rastvora je najčešće od 0 do 1999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , na temperaturama između 0 i 50 °C, a radi postizanja veće preciznosti merenja često imaju automatsku kompenzaciju temperature.



**Slika 1.15.** *Različite vrste laboratorijskih konduktometara*

**Pitanja**

1. Za merenje predmeta mase 222,20 g pet studenata koristilo je sledeće kombinacije tegova:
  - a) Student 1: 200 g, 10 g, 10 g, 2 g, 100 mg, 100 mg;
  - b) Student 2: 100 g, 100 g, 10 g, 10 g, 2 g, 200 mg;
  - c) Student 3: 200 g, 20 g, 1 g, 1 g, 200 mg;
  - d) Student 4: 200 g, 20 g, 2 g, 200 mg;
  - e) Student 5: 200 g, 20 g, 2 g, 100 mg, 100 mg.Objasniti ko je od studenata pravilno uradio merenja.
2. Izračunati maksimalnu relativnu grešku merenja predmeta različitih masa izmerenih na analitičkoj vagi: 180,7523 g; 152,1110 g; 39,0702 g; 3,9478 g; 0,6920 g; 0,2323 g.
3. Opisati postupak pravilnog podešavanja Bunzenovog plamenika. U kojoj zoni plamena se postiže maksimalna temperatura žarenja predmeta? Šta je „preskok plamena“?
4. Definišite gustinu. Gustina „Pyrex“ predmeta je  $2,21 \text{ g/cm}^3$ . Koju zapreminu će zauzeti 13,5 g tog predmeta?
5. Zašto treba sačekati desetak sekundi nakon ispuštanja tečnosti iz pipete?
6. Opisati postupak pravilnog korišćenja birete.
7. Kako glasi Arhimedov zakon?



## ***Eksperimentalna vežba***

(Grupa 3–4 studenta)

### **1.1. Rukovanje plamenikom i zagrevanje**

---

*Pribor:*

Boca sa gasom i Bunzenov plamenik

Upaljač

Laboratorijska čaša od 250 cm<sup>3</sup>

---

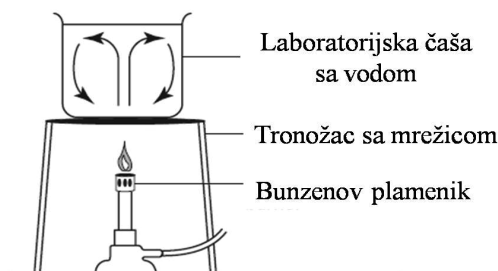
*Hemikalije:*

Česmenska ili destilovana voda

---

1.1.1. *Rukovanje plamenikom.* Pre početka rada treba proveriti da li je ventil za dovod gasa zatvoren. U skladu sa već datim smernicama i uputstvom iz *Uvoda*, student otvara glavni ventil za oslobađanje gasa iz boce pod pritiskom i pristupa 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 plamen. Pažljivim zatvaranjem ovog ventila (nije glavni ventil) student smanjuje intenzitet plamena (plamen tinja). Odvrtanjem ovog ventila plamen se može ponovo pojačati. Za bolje upoznavanje sa delovima Bunzenovog plamenika, preporučuje se da student rasklopi i ponovo sklopi plamenik.

1.1.2. *Zagrevanje vode u laboratorijskoj čaši.* Sastaviti aparaturu kao što je prikazano na slici 1.16.



**Slika 1.16.** *Pravilno postavljanje aparature za zagrevanje vode Bunzenovim plamenikom*

U laboratorijsku čašu odmeriti oko  $100 \text{ cm}^3$  česmenske/destilovane vode. Izmeriti temperaturu vode i zabeležiti je u tabelu. Potom podesiti Bunzenov plamenik tako da plamen postane oksidacioni, postaviti ga ispod čaše i u određenim vremenskim intervalima pratiti promene temperature. Nakon pet minuta isključiti Bunzenov plamenik. Sačekati nekoliko minuta kako bi se oprema ohladila pre rasklapanja. Prilikom hlađenja pratiti pad temperature zagrevane vode u laboratorijskoj čaši.

## 1.2. Merenje zapremine tečnosti

<i>Pribor:</i>	<i>Hemikalije:</i>
Za merenje različitih zapremina destilovane vode koristiti različite sudove (menzura, pipeta, bireta i merni sud, itd.).	Česmenska ili destilovana voda

*Napomena:* vrednosti zapremine koju student treba da odmeri biće date u toku izvođenja vežbe, a student je dužan da pokaže asistentu sud sa odmerenom tečnošću i tek tada prelazi na sledeći zadatak.

1.2.1. *Merenje zapremine pomoću menzure.* Za zadatak vrednost zapremine (destilovane) vode koju je potrebno izmeriti, odaberi odgovarajuću menzuru. Neophodno je zabeležiti podatke koji se nalaze na menzuri.

1.2.2. *Merenje zapremine pomoću pipete.* U hemijsku čašu zapremine  $150 \text{ cm}^3$  treba sipati dovoljno vode da može da se napuni pipeta zadate zapremine. Na način opisan u *Uvodu*, pomoću propipete usisati vodu, podesiti nivo u pipeti, prebaciti pipetu u drugu, praznu čašu i ispustiti vodu. Neophodno je zabeležiti podatke koji se nalaze na pipeti.

1.2.3. *Merenje zapremine pomoću birete.* Biretu napuniti destilovanom vodom i podesiti nivo na nulti podeljak. Asistent svakom studentu zadaje zapreminu vode koju je potrebno odmeriti u hemijsku čašu, poštujući postupak merenja biretom (u početku je slavina u potpunosti otvorena, dok se poslednjih  $0,5 \text{ cm}^3$  ispušta kap po kap). Neophodno je zabeležiti podatke koji se nalaze na bireti.

1.2.4. *Merenje zapremine pomoću mernog suda.* Merni sud zadate zapremine napuniti destilovanom vodom. Prilikom punjenja, kada se nivo tečnosti približi na oko  $1 \text{ cm}$  od oznake, uzeti bocu štrcaljku i (fino) završiti dopunjavanje. Neophodno je zabeležiti podatke koji se nalaze na mernom sudu.

### 1.3. Merenje mase

---

#### *Pribor:*

Automatska vaga

Različiti predmeti

Laboratorijske čaše

Sahatno staklo

Gumeni čepovi, itd.

---

U Laboratoriji za hemiju koristi se automatska vaga *Navigator*<sup>TM</sup>, OHAUS. Pre početka merenja trebalo bi proveriti kapacitet vage. Za uključivanje/isključivanje vage koristiti „on/off“ dugme. Nakon uključivanja treba sačekati nekoliko sekundi. Ukoliko vaga ne pokazuje vrednost 0,00 g, pritisnuti dugme za tariranje ( $\rightarrow 0/T \leftarrow$ ). Merenje se vrši pažljivim spuštanjem predmeta na tas i posle kraćeg vremena se može očitati masa predmeta. Ako se vrše dva uzastopna merenja (npr. je potrebno izmeriti prazan sud i sud sa uzorkom), posle merenja praznog suda može se pritisnuti dugme za tariranje, čime se poništava masa praznog suda i kada se direktno može očitati (neto) masa merenog uzorka.

### 1.4. Određivanje gustine rastvora tečnosti

---

#### *Pribor:*

Automatska vaga

Pipeta zapremine 10 cm<sup>3</sup> (ili bireta zapremine 50 cm<sup>3</sup> ili menzura zapremine 25 cm<sup>3</sup>)

Set areometara (opseg od 1,0 do 1,4 g/cm<sup>3</sup> i od 1,4 do 2,0 g/cm<sup>3</sup>)

Menzura od 100, 250 i 500 cm<sup>3</sup>

---

#### *Hemikalije:*

Česmenska i destilovana voda

Rastvor nepoznate gustine

Konzerva bezalkoholnog pića

1.4.1. Izmeriti čistu i suhu hemijsku čašu (kako ne bi došlo do zaprljanja i/ili razblaženja rastvora) zapremine 150 cm<sup>3</sup> i zabeležiti njenu masu. U izmerenu čašu pipetom (ili biretom/menzurom) odmeriti 20,0 cm<sup>3</sup> nepoznatog zadatog rastvora, a potom čašu sa rastvorom ponovo izmeriti na vagi i zabeležiti masu. Posle završenog oglada rastvor ne treba baciti u slivnik, već odložiti u plastični kontejner.

1.4.2. U zavisnosti od rastvora čija se gustina određuje, koristiti menzuru od 250 ili 500 cm<sup>3</sup>. Pošto se radi o vodenom rastvoru nekog nepoznatog



elektrolita ili neelektrolita (videti kasnije), gustine ovih rastvora su bliske gustini vode, pa je za prvo merenje potrebno izabrati areometar odgovarajućeg opsega gustina. **Prilikom uranjanja, pridržavati areometar rukom sve dok nije sigurno da pliva u rastvoru.** Ako to nije slučaj, uzeti sledeći areometar sa opsegom odgovarajućih (većih/manjih) vrednosti gustina. U trenutku očitavanja gustine areometar ne sme da dodiruje zidove suda!

1.4.3. Izmeriti i zabeležiti masu neotvorene konzerve bezalkoholnog pića. Otvoriti konzervu i presuti njen sadržaj u menzuru od 100 ili 250 cm<sup>3</sup> i potom zabeležiti masu ispražnjene konzerve od bezalkoholnog pića. Izračunati masu tečnosti na osnovu razlike u masi konzerve pre otvaranja i nakon kompletnog pražnjenja njenog sadržaja, a potom izmeriti gustinu tečnosti bezalkoholnog pića pomoću areometra. Posle završenog oglada rastvor baciti.

**Rezultati, diskusija i zaključci****Eksperiment 1.1.1. Rukovanje plamenikom**

Kakvu ulogu ima metalna cev-mlaznica na dnu Bunzenovog plamenika?

.....

Čime rezultira preveliki dovod vazduha prilikom korišćenja Bunzenovog plamenika?

.....

**Eksperiment 1.1.2. Zagrevanje vode u laboratorijskoj čaši**

Zadata tečnost: .....

U tabelu 1.2. upisati rezultate izmerene temperature dobijene zagrevanjem zadate tečnosti.

Početna izmerena temperatura zadate tečnosti: ..... °C

**Tabela 1.2. Promena temperature zadate tečnosti**

Zagrevanje		Hlađenje	
Vreme, min	Temperatura, °C	Vreme, min	Temperatura, °C
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5*		10	

\*Zabeležiti temperaturu i isključiti Bunzenov plamenik

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

.....

.....

***Eksperiment 1.2.1. Merenje zapremine pomoću menzure***

Rastvor koji se meri: .....

Zapremina rastvora koju je potrebno odmeriti: ..... cm<sup>3</sup>

Podaci o mernom sudu: .....

Najmanji podeljak: ..... cm<sup>3</sup>

Preciznost očitavanja zapremine: .....

***Eksperiment 1.2.2. Merenje zapremine pomoću pipete***

Rastvor koji se meri: .....

Zapremina rastvora koju je potrebno odmeriti: ..... cm<sup>3</sup>

Podaci o mernom sudu: .....

Najmanji podeljak: ..... cm<sup>3</sup>

Preciznost očitavanja zapremine: .....

Ukoliko eksperimentator meri zapreminu jednog istog rastvora pipetom i menzutom iste zapremine, u kom slučaju će napraviti veću relativnu grešku merenja?

.....

Pri ispuštanju tečnosti iz pipete neophodno je da njen vrh dodiruje zid suda. Objasniti zašto.

.....

***Eksperiment 1.2.3. Merenje zapremine pomoću birete***

Rastvor koji se meri: .....

Zapremina rastvora koju je potrebno odmeriti: ..... cm<sup>3</sup>

Podaci o mernom sudu: .....

Najmanji podeljak: ..... cm<sup>3</sup>

Preciznost očitavanja zapremine: .....

***Eksperiment 1.2.4. Merenje zapremine pomoću mernog suda***

Rastvor koji se meri: .....

Zapremina rastvora koju je potrebno odmeriti: ..... cm<sup>3</sup>

Podaci o mernom sudu: .....

Najmanji podeljak: ..... cm<sup>3</sup>

Preciznost očitavanja zapremine: .....

***Eksperiment 1.3. Merenje mase***

Podaci o vagi: .....

Kapacitet vage: .....

Preciznost očitavanja: .....

Predmet #1:.....  $m_1 =$  ..... gPredmet #2: .....  $m_2 =$  ..... gPredmet #3: .....  $m_3 =$  ..... gPredmet #1 + Predmet #2: .....  $m_4 =$  ..... gPredmet #1 + Predmet #2 + Predmet #3: .....  $m_5 =$  ..... g

Čemu odgovara rezultat nakon uklanjanja predmeta sa vage?

.....

Sa kojom apsolutnom i relativnom greškom su izmerene mase predmeta?

Predmet #1: .....  $\delta_m =$  .....Predmet #2: .....  $\delta_m =$  .....Predmet #3: .....  $\delta_m =$  .....***Eksperiment 1.4.1. i 1.4.2. Određivanje gustine rastvora tečnosti***

Rastvor čija se gustina određuje eksperimentom: .....

Masa hemijske čaše: ..... g

Zapremina rastvora koja je odmerena za eksperiment: ..... cm<sup>3</sup>

Masa hemijske čaše sa rastvorom: ..... g

Masa rastvora: ..... g

Gustina rastvora: ..... g/cm<sup>3</sup>

Gustina rastvora određena areometrom: ..... g/cm<sup>3</sup>

Ukoliko vrednost određena areometrom predstavlja teorijsku vrednost gustine rastvora, a vrednost određena merenjem odnosa mase i zapremine korišćenog rastvora predstavlja eksperimentalnu vrednost gustine rastvora, izračunati relativnu grešku merenja gustine eksperimenta.

.....

Koristeći se podacima iz *Tablica* odrediti sastav rastvora (u mas.%) na osnovu eksperimentalne vrednosti gustine dobijene areometrom.

### ***Eksperiment 1.4.3. Određivanje gustine tečnosti***

Bezalkoholno piće čija se gustina određuje eksperimentom: .....

Masa neotvorene konzerve bezalkoholnog pića: ..... g

Masa ispražnjene konzerve bezalkoholnog pića: ..... g

Masa rastvora: ..... g

Zapremina rastvora koja je odmerena za eksperiment: ..... cm<sup>3</sup>

Gustina rastvora: ..... g/cm<sup>3</sup>

Gustina rastvora određena areometrom: ..... g/cm<sup>3</sup>

Da li se u toku izvođenja eksperimenta javlja određena greška prilikom merenja? Zašto?

.....

.....

