

Kemijsko - tehnološki fakultet u Splitu

Zavod za Opću i anorgansku kemiju

VJEŽBE IZ OPĆE KEMIJE

Interna skripta za studente stručnog studija KTF-a

Split, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
1.1. OSNOVNA PRAVILA LABORATORIJSKOG RADA	4
1.2. MJERE OPREZA I ZAŠTITE.....	6
1.2.1. PRAVILA ODIJEVANJA U LABORATORIJU	7
1.3. OSNOVNI LABORATORIJSKI PRIBOR	8
1.3.1. STAKLENI PRIBOR	8
1.3.2. PORCULANSKI PRIBOR.....	10
1.3.3. METALNI PRIBOR.....	11
1.3.4. OSTALI PRIBOR.....	12
1.4. PRANJE, ČIŠĆENJE I SUŠENJE LABORATORIJSKOG POSUĐA	13
2. VAŽNIJI LABORATORIJSKI PRIBOR I NJEGOVA UPORABA	14
2.1. PRIBOR I NAČINI ZAGRIJAVANJA	14
2.2. PRIBOR I NAČINI MJERENJA TEMPERATURE.....	17
2.3. PRIBOR I NAČINI MJERENJA VOLUMENA	18
2.3.1. UPORABA MEHANIČKE PROPIPETE	20
2.4. PRIBOR I NAČIN RADA S PLINOVIMA	22
2.5. PRIBOR I NAČINI MJERENJA MASE.....	24
2.5.1. PRAVILA KORIŠTENJA VAGE.....	24
3. KEMIČALIJE I POSTUPAK S NJIMA	26
4. VJEŽBE.....	27
4.1. NEKE OSNOVNE LABORATORIJSKE OPERACIJE.....	27
4.2. RASTAVLJANJE TVARI NA ČISTE TVARI	33
4.2.1. RASTAVLJANJE HETEROGENIH SMJESA	33

4.2.2. RASTAVLJANJE HOMOGENIH SMJESA	35
4.3. FIZIČKE I KEMIJSKE PROMJENE	39
4.4. PLINSKI ZAKONI	41
4.5. OTOPINE	53
4.5.1. OTOPINE I NJIHOVA SVOJSTVA	53
4.6. KEMIJSKE REAKCIJE	65
4.6.1. VRSTE KEMIJSKIH REAKCIJA	65
DODATAK:	69

1. UVOD

1.1. OSNOVNA PRAVILA LABORATORIJSKOG RADA

Prije početka rada obavezno je upoznati se s mjerama opreza i zaštite pri radu u laboratoriju, te se strogo pridržavati istih. Zbog stalne opasnosti od požara svaki student je na početku semestra dužan saznati gdje se nalazi aparat za gašenje požara i kako se njime rukuje, sanduk s pijeskom, deka za gašenje požara, glavni prekidači struje, te glavni ventili plina i vode.

Na početku vježbi studenti će od voditelja vježbi dobiti naputke važne za rad tog radnog dana. Tijekom rada u laboratoriju potrebno je voditi radni dnevnik. Dnevnik se vodi prema uputama voditelja.

Osnovna pravila laboratorijskog rada su slijedeća:

- U laboratoriju trebaju vladati red i tišina.
- Tijekom rada student je dužan nositi radni mantil.
- Nije dozvoljeno izvoditi nekontrolirane eksperimente, odnosno eksperimente koji nisu propisani planom i programom vježbi.
- Prije početka svakog eksperimenta student je dužan pročitati kompletnu uputu za taj eksperiment. Pri tome potrebno je obratiti pozornost ne samo na to što se radi, već kako se radi i zašto se tako radi.
- Ne počinjati eksperiment dok nije pripremljen sav potreban pribor i kemikalije.
- Potrebno je voditi računa o koncentraciji tražene kemikalije.
- Ako u uputi za izvođenje eksperimenta nije navedena količina reagensa, upotrijebiti najmanju potrebnu količinu. Reagense nikada ne vraćati natrag u bocu za reagense.
- Posude je preporučljivo prati odmah dok je vlažno, jer se kasnije teško pere.
- Nakon vaganja vagu treba očistiti, a utege uredno složiti u kutiju.
- Otpadne kapljevine i u vodi topljive soli bacati u izljev, te isti odmah oprati tekućom vodom.
- Organska otapala izlijevaju se u boce za otpadna organska otapala.
- U vodi netopljive soli, kao i sve ostale čvrste otpatke, bacati samo u posude za otpatke.

- Tijekom rada radno mjesto održavati čisto i uredno. Zato je potrebno da svaki student ima krpu za brisanje stola.
- Po završenom radu izljeve treba oprati, a radno mjesto dovesti u red.

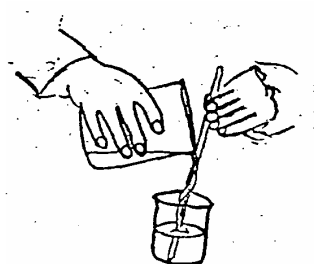
Svaku ozljedu potrebno je prijaviti odmah voditelju vježbi.

1.2. MJERE OPREZA I ZAŠTITE

Priroda laboratorijskog rada je takva da uvijek postoji potencijalna mogućnost ozljeda. Da bi se ta mogućnost svela na minimum, odnosno eliminirala, svaki student je dužan radu pristupiti ozbiljno, pridržavajući se mjera opreza i zaštite:

- U laboratoriju se ne smije jesti, piti i pušiti, niti se smiju primati posjete.
- Ne dozvoliti da reagensi dođu u dodir s kožom i odjećom. Za to postoje zaštitne rukavice, radni mantil, pinceta itd. U slučaju da kemikalija dođe u dodir s kožom, to mjesto treba odmah oprati mlazom vodovodne vode. Daljnji tretman ovisi o prirodi kemikalije.
- Ne smije se zavirivati u otvor posuda u kojima se odvija eksperiment.
- U cilju zaštite očiju potrebno je nositi bezdioptrijske naočale. Ako u oko dođe kemikalija, treba ga odmah isprati mlazom vodovodne vode u trajanju ne dužem od 3 do 4 minute. Daljnje liječenje poduzima se prema prirodi kemikalije.
- Kod eksperimenta gdje se traži poseban oprez obavezno je lice zaštititi specijalnim providnim štitom za lice, a ruke gumenim rukavicama.
- Uvijek je potrebno provjeriti naziv kemikalije na boci, jer pogrešno uzeta kemikalija može izazvati nesreću.
- Ukoliko treba mirisom ispitati kemikaliju, to se radi na način da se boca odmakne od lica i dlanom ruke približe pare do nosa (slika 3.).
- Prigodom otvaranja boce u kojoj je lako isparljiva kapljevina bocu treba držati podalje, da se ne udišu pare.
- Prigodom otvaranja boce u kojoj je lako isparljiva kapljevina bocu treba držati podalje, da se ne udišu pare.
- Eksperimenti kod kojih se razvija otrovan plin, kao i eksperimenti kod kojih se razvija previše plina ili para izvode se u digestoru.
- Pretakanje lako upaljivih kemikalija ne smije se izvoditi u blizini plamena.
- Pri zagrijavanju kapljevine u epruveti, zbog opasnosti od prskanja, otvor epruvete ne smije se okrenuti prema sebi, niti prema drugim osobama.
- Nikada ne dodavati vodu u koncentriranu kiselinu, već kiselinu u vodu uz obavezno miješanje. Dodavanje vode u kiselinu izazvati će prskanje kapljevine.
- Kod rada sa staklenim priborom potrebno je paziti da ne dođe do loma istog i ranjavanja ruku ili nekog drugog dijela tijela. U slučaju loma staklenog pribora potrebno je odmah ukloniti krhotine, i ako je moguće, oštre rubove ostatka pribora ispolirati u plamenu.

- Provlačenje staklene cijevi i termometra kroz gumeni čep izvoditi hvatanjem cijevi i čepa krpom. Prethodno je potrebno staklo podmazati glicerinom, sapunicom ili vodom. Kod vađenja staklene cijevi upotrijebiti bušač za čepove.
- Predmete od kemijskog stakla zagrijavati na azbestnoj mrežici ili putem kupelji. Predmeti od običnog stakla ne smiju se zagrijavati jer lako pucaju.



Slika: Ispravno ulijevanje koncentrirane kiseline u vodu uz miješanje



Slika: Provlačenje staklene cijevi kroz gumeni čep



Slika: Ispitivanje mirisa kemikalija

Ne ostavljati zapaljen plamenik pri napuštanju radnog mjesta. Goruće šibice ne smiju se bacati u posude za otpatke. Manji požari u laboratoriju gase se vlažnim krpama ili pijeskom. Veći požari gase se aparatima za gašenje požara.

1.2.1. PRAVILA ODIJEVANJA U LABORATORIJU

- Tijekom rada u laboratoriju student mora nositi zaštitni mantil. Zaštitni mantil štiti gornji dio tijela i ruke do šaka. Ukoliko dužina radnog mantila nije do koljena hlače su obavezne.
- Obuća mora zaštititi stopala sa svih strana: u laboratoriju nije dozvoljeno nositi sandale, papuče, šlape, klompe. Duga kosa mora biti skupljena.
- Kontaktne leće ne nose se u laboratoriju. Tijekom izvođenja eksperimenata studenti su dužni nositi bezdioptrijske naočale, a kod opasnijih eksperimenata, kada je to navedeno u uputama vježbi, lice je potrebno zaštititi zaštitnom maskom.

1.3. OSNOVNI LABORATORIJSKI PRIBOR

1.3.1. STAKLENI PRIBOR

Staklo je najzahvalniji i najčešće upotrebljavani materijal u kemijskom laboratoriju. Za izradu laboratorijskog pribora koriste se dvije vrste stakla: obično staklo i kemijsko staklo.

Pribor od običnog stakla ne smije se zagrijavati, jer je neotporan na temperaturne promjene. Od običnog stakla izrađene su boce za reagense, kristalizirka, posudica za vaganje, menzura, pipete, birete, odmjerne tikvice, lijevci.



Eksikator



Menzura



Lijevak za odjeljivanje



Lijevak



Posudica za vaganje



Satno staklo



Kristalizirka



Reagens boca

Slika: Pribor od običnog stakla

Pribor od kemijskog stakla za razliku od običnog stakla, ima veću čvrstoću, bolju otpornost na temperaturne promjene i bolju postojanost prema kemikalijama. Poznata su kemijska stakla: "Pyrex", "Jena", "Duran", "Supremaks" i "Boral". Od kemijskog stakla izrađene su tikvice s ravnim i okruglim dnom, epruvete, erlenmayerove tikvice, destilirke...



Epruveta



Destilirka



Liebigovo hladilo



Retorte



Čaša

Erlenmayerova tikvica sa širokim
grlom i sa brušenim čepomTikvica s
okruglim dnomTikvica s ravnim
dnom

Slika: Pribor od kemijskog stakla

1.3.2. PORCULANSKI PRIBOR

Dio laboratorijskog pribora izrađuje se od porculana, koji ima veću mehaničku čvrstoću i otpornost od stakla. Porculanske zdjelice i lončići izrađeni su od vrlo kvalitetnog porculana i mogu se zagrijavati na otvorenom plamenu, dok se tarionici, lijevci i pločice ne smiju zagrijavati.



Tarionik



Porculanski lončić s poklopcem



Porculanska zdjelica



Položaj metalnog lončića prilikom žarenja



Lađica



Pločica s jažicama



Büchnerov lijevak

1.3.3. METALNI PRIBOR

Za izradu metalnog pribora koriste se najviše željezo, platina, nikal i neke legure.



Stativ



Laboratorijska klijesta



Mufa i stezaljke



Kleme i prsteni



Tronog za žarenje



Ceran ploča za žarenje



Metalni lončić



Ostali metalni pribor

1.3.4. OSTALI PRIBOR

U preostali laboratorijski pribor spada pribor koji je načinjen od drva, plastične mase, azbesta, gume, pluta, i sl., kao i pribor izrađen od više materijala.



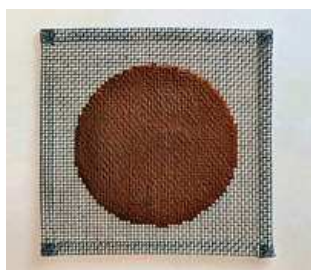
Drvena hvataljka



Stalak za epruvete - drveni



Stalak za epruvete - plastični



Mrežica za žarenje



Trokut za žarenje



Plastična boca štrcaljka



Zaštitne naočale



Čepovi



Pincete

1.4. PRANJE, ČIŠĆENJE I SUŠENJE LABORATORIJSKOG POSUDA

Treba steći naviku pranja posuđa odmah nakon upotrebe, jer se tada najlakše uklanjaju nečistoće. Stakleno posuđe ne smije se čistiti mehaničkim sredstvima za čišćenje (pijesak, Vim, stakleni štapići, metalne žice), jer oni uzrokuju oštećenja stakla.

Manje zaprljano posuđe pere se otopinom detergenta, pomoću četke za pranje.

Ako je posuđe dosta masno upotrebljavaju se organska otapala, alkoholna otopina kalijevog hidroksida i krom sumporna kiselina. Ukoliko se radi o onečišćenju anorganskim tvarima, za čišćenje se koriste klorovodična kiselina, dušična kiselina, sumporna kiselina i zlatotopka. Nakon čišćenja bilo kojim od spomenutih sredstava posuđe treba dobro isprati vodovodnom vodom, a zatim tri puta destiliranom vodom.

Posuđe je čisto kada se, nakon ispiranja destiliranom vodom, kapljice vode ne zadržavaju na stjenkama. Oprano posuđe treba ostaviti da se suši u ormariću. Brzo sušenje postiže se u električnom sušioniku. U sušionik se posuđe stavlja s otvorom prema gore, da bi vodena para mogla izaći. Kalibrirano posuđe (posuđe za mjerenje volumena) ne smije se sušiti u sušioniku, već se suši u struji zraka.

Organska otapala i otopine kiselina i lužina, nakon upotrebe za pranje ne bacaju se u izljev, već se spremaju u posebne posude za otpadna otapala.

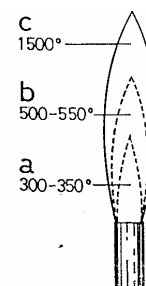
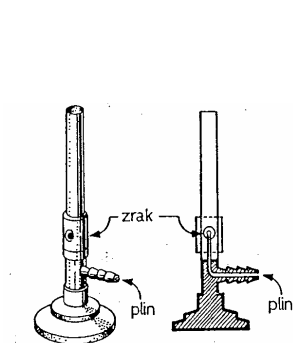
2. VAŽNIJI LABORATORIJSKI PRIBOR I NJEGOVA UPORABA

2.1. PRIBOR I NAČINI ZAGRIJAVANJA

Zagrijavanje spada među najvažnije operacije u kemijskom laboratoriju. Zagrijavanje se izvodi:

- izravno u plamenu;
- preko azbestne mrežice;
- u kupeljima;
- pomoću električnih uređaja za zagrijavanje.

Kod prva tri načina zagrijavanja najčešće se koriste plinski plamenici. U upotrebi su dosta često Meckerov (Meker) plamenik i Tecluov (Teklu) plamenik, dok se najčešće upotrebljava Bunsenov (Bunzen) plamenik. Bunsenov plamenik sastoji se od: postolja s dovodom plina, sapnice i dimnjaka s prstenom za regulaciju dovoda zraka. Kod novijih modela moguća je i regulacija dovoda plina na samom plameniku.



Slika: Plamenik po Bunsenu

Slika: Plamene zone
u plamenu Bunsenova plamenika

Najveća količina topline oslobađa se pri potpunom sagorijevanju plina, kad je plamen skoro bezbojan. U bezbojnom plamenu Bunsenovog plamenika uočavaju se tri plamene zone:

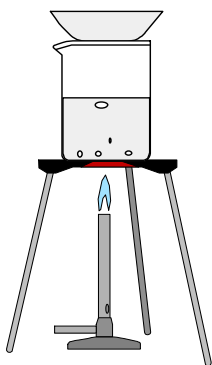
- *unutarnja* (A), gdje dolazi do miješanja plina i zraka i nema sagorijevanja
- *srednja* (B), gdje je sagorijevanje nepotpuno. Ovaj dio plamena ima reduksijsko djelovanje, pa se naziva još i reduksijskom zonom.

- *vanjska* (C), gdje je sagorijevanje plina potpuno. Kako ovaj dio plamena ima oksidacijsko djelovanje, naziva se i oksidacijskom zonom.

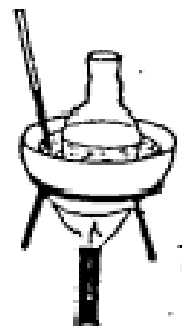
Ako je dovod plina premalen, a dovod zraka prevelik može doći do "uskakanja plamena", tj. izgaranja plina na samoj sapnici. Uskakanje se prepoznaje po jakom šuštanju iz plamenika i jakom zagrijavanju plamenika. U tom slučaju plamenik treba ugasiti i pričekati da se potpuno ohladi, a zatim izvršiti pravilno paljenje. **Pravilno paljenje** izvodi se na slijedeći način: Zatvoriti dovod zraka, a otvoriti dovod plina. Upaliti plamen i postepeno povećavati dovod zraka do skoro bezbojnog plamena, tj. do potpunog izgaranje plina.

Pri izravnom zagrijavanju staklenog posuda u plamenu, plamen ne smije dulje vrijeme zagrijavati jedno mjesto, jer može doći do omekšavanja stakla. Da bi se to izbjeglo, zagrijavanje treba izvoditi tako da se pri tom pomiče ili plamenik ili posuda.

Stakleno posuđe (čaše, tikvice) preporučljivo je zagrijavati preko azbestne mrežice, jer se time umanjuje mogućnost da pucanja. U slučaju kada je potrebno dulje i ravnomjernije zagrijavanje, pri stalnoj temperaturi, upotrebljavaju se kupelji. Izbor kupelji ovisi o potrebnoj temperaturi zagrijavanja. Tako se kod zagrijavanja do temperature vrenja vode (100°C) najčešće koristi vodena kupelj.



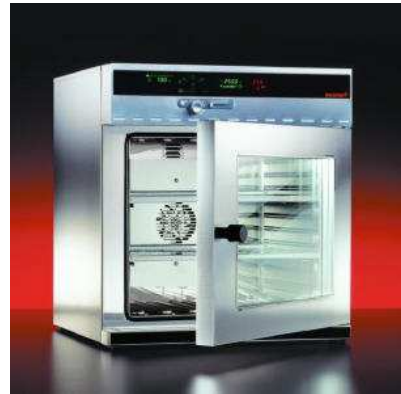
Slika: Jednostavna vodena kupelj



Slika: Uljna kupelj



Slika: Pješčana kupelj



Slika: Električni sušionik

Za temperature do oko 350°C koriste se različite uljne kupelji. Pri radu s njima treba paziti da voda ne dospije u ulje, jer tada dolazi do prskanja ulja. Ako se pri radu ulje zapali ne smije se gasiti vodom, već se kupelj prekrije azbestnom ili salonitnom pločom. Za više temperature koristi se pješčana kupelj, koja se sastoji od posude napunjene kvarcnim pijeskom.

Za postizanje vrlo visokih temperatura upotrebljavaju se električne peći raznih tipova.

Za sušenje posuđa i nekih tvari koristi se električni sušionik.

2.2. PRIBOR I NAČINI MJERENJA TEMPERATURE

Za mjerenje temperature u kemijskom laboratoriju najčešće se koriste živini termometri.

Uporaba ovih termometara moguća je u intervalu od -38.9°C (temperatura skrućivanja žive) do 357°C (vrelište žive).

Za temperature niže od -38.9°C rabe se termometri u kojim je živa zamijenjena tolueonom (do -80°C), alkoholom (do -120°C) odnosno pentanom (do -220°C). Radi lakšeg očitavanja temperature te kapljevine obojene su crvenom ili plavom bojom.

Temperature više od 357°C moguće je mjeriti specijalnim živinim termometrom kod kojeg je u kapilarni prostor stavljen inertni plin pod tlakom, čime se vrelište žive znatno povećava. Takav živin termometar s spremnikom od kvarca može se rabiti do 750°C .

Termometri se izrađuju u različitim veličinama, oblicima i baždarenim skalama, već prema svojoj namjeni. Tako se pored običnih termometara kod kojih je skala podijeljena na cijele ili na pola stupnja, radi točnijeg očitavanja temperature izrađuju termometri s baždarenom skalom s točnošću od 0,1 do $0,02^{\circ}\text{C}$.

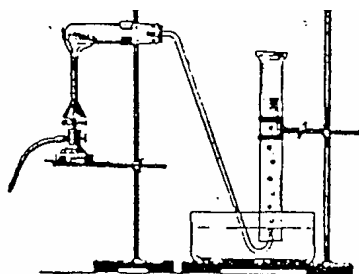
Prigodom mjerenja temperature neke kapljevine termometar mora biti uronjen u kapljevinu tako da živin spremnik ne dodiruje stijenke posude.

Za mjerenje visokih temperatura upotrebljavaju se **termočlanci** ili **pirometri**.

2.3. PRIBOR I NAČINI MJERENJA VOLUMENA

Uobičajeno je da se kod čvrstih tvari mjeri masa, a kod kapljevitih i plinovitih volumen.

Za mjerenja volumena plina najčešće se koriste plinske pipete i plinske birete, a za sakupljanje i približno mjerenje menzure uronjene u vodu.



Slika: Približno mjerenje volumena plina

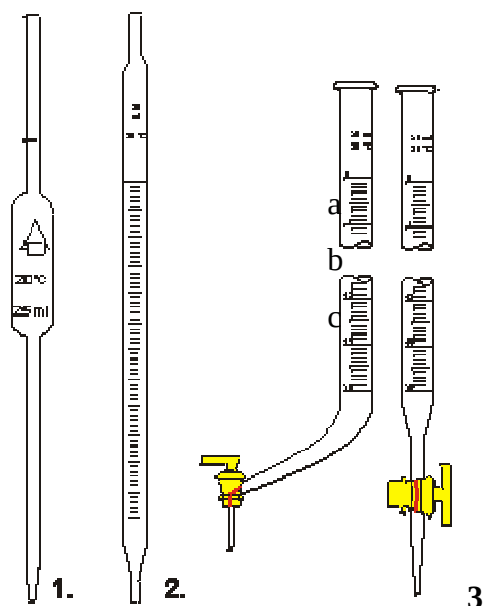
Za mjerenje volumena kapljevine služe menzure, pipete, birete i odmjerne tikvice.

Menzure su graduirani stakleni cilindri izrađeni od običnog stakla, a služe za približno određivanje volumena. Izrađuju se u raznim veličinama, najčešće od 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 i 2000 cm³. Za precizno određivanje volumena služe pipete, birete i odmjerne tikvice.

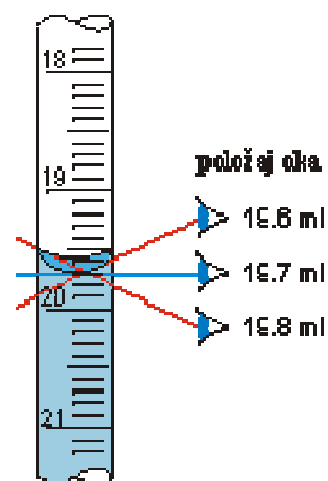
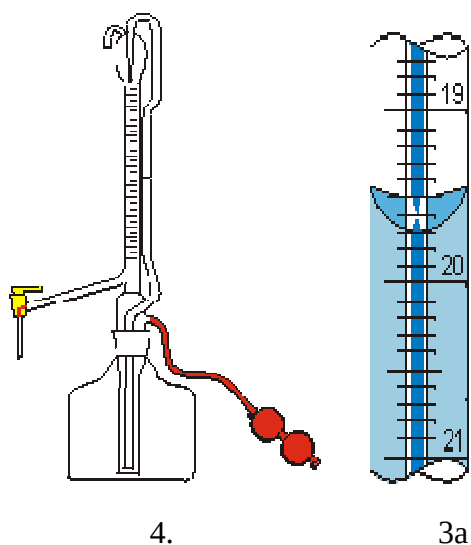
Pipete su cilindričnog oblika i mogu biti trbušaste (1) i graduirane (2).

Trbušaste služe za odmjeravanje uvijek istog, određenog volumena, za koji su baždarene.

Na suženom dijelu pipete je prstenasta oznaka (marka) do koje treba napuniti pipetu. Pipeta se puni usisavanjem. Uvijek se usiše nešto više kapljevine, pa se gornji otvor zatvori kažiprstom (ne palcem) i polako ispušta višak dok se nivo kapljevine ne spusti do oznake. Trbušaste pipete izrađuju se obično od 2, 5, 10, 25, 50, 100 i 200 cm³. Ove pipete točnije su od graduiranih. Graduirane pipete izrađuju se u različitim veličinama i mogu se upotrebljavati za mjerenje različitih volumena od 0.1 cm³ na više. Birete su dugačke graduirane staklene cijevi, koje se učvršćuju na stativ. Za neutralne i kisele otopine upotrebljavaju se birete koje završavaju staklenim pipce. Za lužnate otopine koriste se birete koje završavaju gumenom cijevi s kapilarom i štipaljkom, jer lužine otapaju staklo. Bireta ima raznih veličina i vrsta, već prema njihovoj namjeni. Najčešće se upotrebljavaju Mohrova (Mor) i Schellbachova (Šelbah) bireta.



Mikropipeta



Slika: Pribor za mjerenje volumena kapljevine: 1-trbušasta pipeta; 2-graduirana pipeta; 3- Schellbachova bireta; 3 a- nivo na Schellbachovoj bireti; 4- Automatska bireta

Slika:
Odmjerna
tikvica

Slika: Očitavanje volumena u menzuri;
a i c–neispravno;
b-ispravno

Odmjerne tikvice su staklene posude kruškastog oblika s ravnim dnom i dugim uskim grlom na kojemu je prstenasta oznaka (marka) do koje treba napuniti tikvicu. Na vrhu se zatvaraju izbrušenim grlom i čepom, koji omogućuje da se otopine u tikvicama mogu dobro izmiješati. Odmjerne tikvice služe za pripremanje otopina određene koncentracije, a izrađuju se najčešće od 5, 10, 50, 100, 250, 500 i 1000 cm³.

Menzura, bireta i odmjerne tikvice pune se ulijevanjem, a pipete usisavanjem kapljevine na donji otvor.

Pri očitavanju volumena promatra se donji menisk kapljevine, a treba se postaviti tako, tj. posudu treba držati, da menisk bude u visini očiju.

Temperatura kapljevine pri mjerenju treba biti približno jednaka temperaturi pri kojoj je posuda baždarena. Na svakoj kalibriranoj posudi označena je temperatura pri kojoj je baždarena (najčešće 20°C).

Pipete, birete i menzure baždarene su na izljev. To znači da je određeni volumen kapljevine postignut ispuštanjem kapljevine iz posude, te se ne smije npr. kod pipete puhati da izađe "zadnja kap", kao što praktikanti to običavaju.

Odmjerne tikvice baždarene su na uljev.

2.3.1. UPORABA MEHANIČKE PROPIPETE

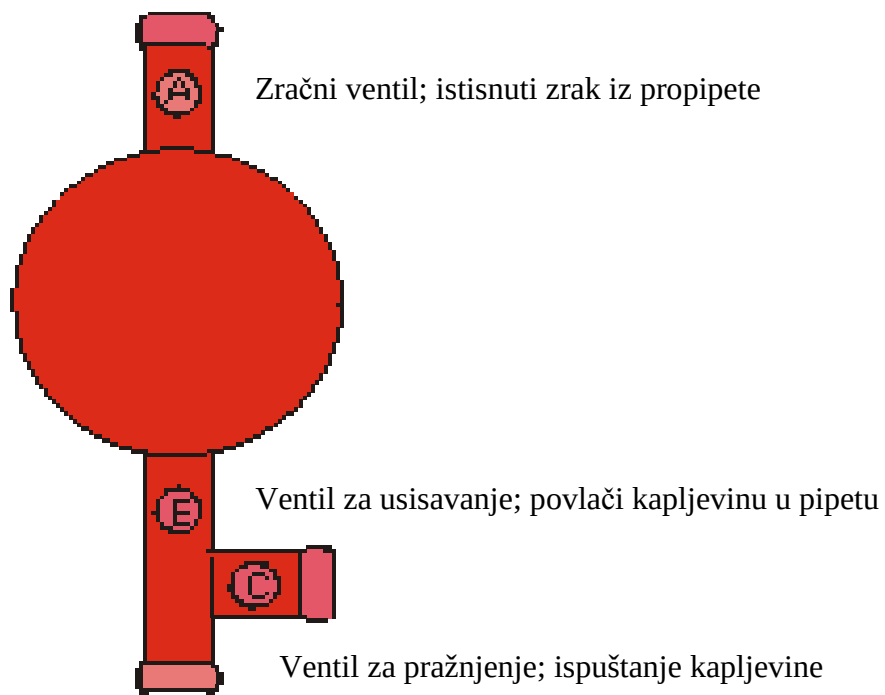
Otrovne kapljevine, lako isparljive kapljevine i korozivne kapljevine ne smiju se usisavati u pipetu ustima, već uporabom mehaničke propipete.

Propipeta je izrađena od gume. Propipeta se donjim otvorom navuče na gornji otvor pipete. Stiskanjem prstima "ventila" A, uz istovremeno stiskanje loptastog dijela, istisne se iz loptastog dijela zrak i propipeta je spremna za usisavanje kapljevine u pipetu.

Usisavanje se vrši stiskanjem "ventila" B. Usisavanje treba vršiti oprezno, da kapljevina ne uđe u propipetu.

Ispuštanje kapljevine vrši se pritiskanjem "ventila" C.

Osim mehaničke propipete, za rad s otrovnim kapljevinama, koriste se i klipne pipete, kao i mikropipete s promjenjivim nastavcima.



Slika: Mehanička propipeta

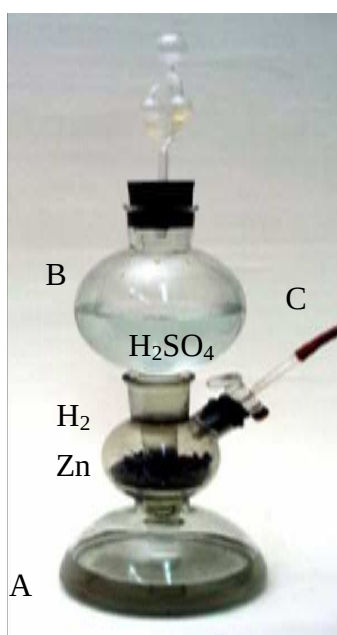
2.4. PRIBOR I NAČIN RADA S PLINOVIMA

Plinovi se za laboratorijske potrebe mogu prirediti neposredno pred samu uporabu, direktno u laboratoriju. Međutim, laboratorijski način njihova dobivanja ponekad je složen, a kada je potrebna veća količina i skup. U tom slučaju koriste se gotovi plinovi iz čeličnih boca (bombi). Obojeni prsten oko grla boce označava sadržaj boce .

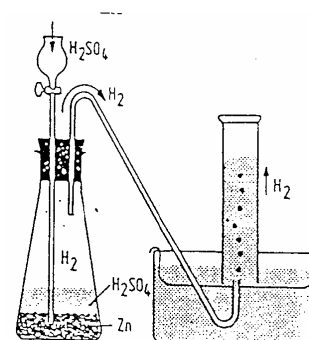
Plinovi se u čeličnim bocama (bombama) nalaze pod tlakom i do 2×10^4 kPa, te se u svrhu uporabe u laboratoriju (101 - 1010 kPa) iz čeličnih boca smiju ispuštati samo preko redukcijskog ventila (slika 19.). Zadatak redukcijskog ventila je da regulira istjecanje plina iz boce. Na redukcijskom ventilu su dva manometra. Manometar bliži boci mjeri tlak u samoj boci, dok drugi manometar mjeri tlak pod kojim plin izlazi iz ventila.



Slika: Redukcijski ventil



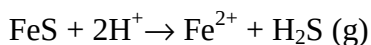
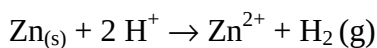
Slika: Kippov aparat



Slika: Jednostavni generator plina

Najpoznatiji aparat za laboratorijsko dobivanje plinova jest Kippov aparat. Kippov aparat sastoji se od kruškastog dijela (A) i kuglastog lijevka (B). U srednji dio aparata, iznad suženja kruškastog dijela, stavlja se čvrsta tvar (Zn, CaCO_3 , FeS), već prema tome koji plin se želi dobiti. U kuglasti lijevak, odozgo, ulijeva se klorovodična kiselina, $w(\text{HCl}) = 20\%$ ili sumporna kiselina, $w = 20\%$ (ne za CO_2 !). Kada je Kippov aparat pun, otvaranjem pipca (C)

kiselina iz dijela (B) ide u dio (A) i stupa u reakciju s čvrstom tvari. Da ne bi došlo do prskanja aparata uslijed naglog oslobađanja plina, pipac (C) mora se polako otvarati i na taj način kiselinu postepeno puštati u kontakt s krutom tvari.



Razvijeni plin izlazi kroz pipac (C). Zatvaranjem pipca (C) prekida se izlazak plina, ali reakcija između čvrste tvari i kiseline i dalje se odvija. Oslobodeni plin sada potiskuje kiselinu natrag u kuglasti lijevak i kada se uspostavi ravnoteža između tlaka plina i težine kiseline reakcija prestaje.

Za laboratorijsko dobivanje plinova može poslužiti i jednostavni generator plinova.

Plinovi se prije uporabe pročišćavaju i suše provođenjem kroz ispiralice s odgovarajućim sredstvima za čišćenje i sušenje. Pri radu sa stlačenim (komprimiranim) plinovima treba biti posebno oprezan. Ventile i brtve opasno je podmazivati. Da bi se spriječilo prevrtanje čeličnih boca, one se moraju učvrstiti uz laboratorijski stol ili uz zid. Prigodom transporta boce s nje se skida redukcijski ventil, dok se glavni ventil prekriva zaštitnom čeličnom kapom. Način postupanja s plinskim bocama propisan je mjerama zaštite na radu.

2.5. PRIBOR I NAČINI MJERENJA MASE

Uređaj koji omogućava mjerenja mase jest vaga.

Za grubo određivanje mase služe tehničke vage, koje važu s preciznošću ± 0.01 g.



Slika: Tehnička vaga



Slika: Analitičke automatske vage



Analitičke vage služe za vrlo precizna mjerenja do ± 0.0001 g. One se ugrađuju u staklene ormariće s vratima. U ormariće se stavlja i sredstvo za upijanje vlage.

Razvoj tehnike omogućio je izradu preciznih poluautomatskih i automatskih vaga na jednu polugu, čija uporaba skraćuje vrijeme vaganja.

Vage se smještaju u posebnu prostoriju, na posebno izrađene stolove. Na taj način su zaštićene od mehaničkih udara, strujanja zraka, temperaturnih promjena i isparavanja kemikalija.

2.5.1. PRAVILA KORIŠTENJA VAGE

Postupak vaganja propisuje proizvođač vage. Zbog toga je prije vaganja potrebno dobro proučiti uputstvo. Opća pravila kojih se treba pridržavati kod vaganja su :

S vagom je potrebno uvijek pažljivo rukovati.

Predmet vaganja i utege stavljati na zdjelicu vage i skidati s nje samo ako je vaga zakočena (aretirana).

Na zdjelice se ne smiju stavljati vrući, vlažni ili nečisti predmeti. Predmet koji se važe mora imati temperaturu vage.

Predmet vaganja nikada ne stavljati izravno na zdjelicu, već ga mjeriti u posudici za vaganje, satnom staklu ili ladici od papira. Isparljive tvari, čije pare mogu oštetiti vagu, uvijek vagati u dobro zatvorenim posudama.

Utege (ako ih vaga ima) hvatati samo pincetom iz kompleta utega. Utezi mase veći od 1 g prihvaćaju se pincetom tako da je svinuti kraj pincete okrenut prema gore, a utezi od 0.5 g i manji tako da je svinuti kraj pincete okrenut prema dolje. Nakon uporabe svaki uteg treba vratiti na njegovo mjesto u kompletu utega. Utezi se ne smiju zamjenjivati iz jednog kompleta u drugi.

Vage nikada ne opteretiti preko njenog kapaciteta vaganja.

Očitavanje otklona vršiti samo uz zatvorena vratašca vage.

Kada nije u uporabi, vagu uvijek držati zaključenu, a vratašca ormarića zatvorena.

Vagu održavati čistom i urednom.

U slučaju bilo kakve neispravnosti vage, ne popravljati je sam već se obratiti voditelju vježbi.

3. KEMIKALIJE I POSTUPAK S NJIMA

Kemikalije se čuvaju u staklenim i plastičnim bocama. Kapljevite kemikalije čuvaju se u bocama s uskim grlom, a čvrste u bocama sa širokim grlom. Boce uvijek moraju biti začepljene čepom. Čepovi su najčešće od stakla, ali mogu biti od plastike, gume ili pluta, ovisno o prirodi kemikalije.

Čvrsta kemikalije uzimaju se iz boce čistom plastičnom ili metalnom žlicom.

Prilikom uzimanja kapljevutih kemikalija ne smije se ići pipetom direktno u bocu, već se kemikalija iz boce prelijeva u epruvetu ili čašu, te se odatle pipetom uzima potrebna količina. Višak se iz epruvete ili čaše ne smije vratiti natrag u bocu.

Kad se iz boce vadi čep, treba ga staviti na stol tako da leži na svojoj široj bazi. Ako je stakleni čep na svojoj gornjoj strani spljošten drži se u ruci između prstenjaka i malog prsta.



Slika: Pravilno držanje čepa

U slučaju da se stakleni čep ne može lako izvaditi iz boce treba lagano udarati čepom po rubu stola, a ako ni to ne uspije obratiti se voditelju vježbi.

Na bocama u kojima se čuvaju kemikalije nalijepljene su etikete s nazivima kemikalija, te prelijevanjem treba izvoditi s one strane boce gdje se ne nalazi etiketa, kako se ista ne bi oštetila.

Bocu iz koje je uzeta potrebna količina reagensa potrebno je odmah začeptiti i spremiti na njeno mjesto.

Ostali postupci s kemikalijama navedeni su već u poglavlju 1.1 i 1.2.

4. VJEŽBE

4.1. NEKE OSNOVNE LABORATORIJSKE OPERACIJE

EKSPERIMENT 1. Rad s plamenikom

PRIBOR: Plamenik po Bunsenu

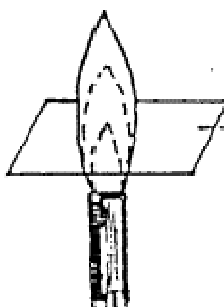
Metalna kliješta

Šibice

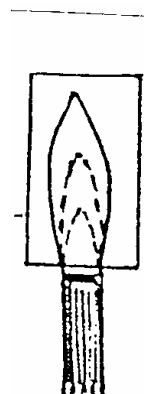
Komadi tvrdog papira

POSTUPAK:

Plamenik rastaviti na sastavne dijelove, pogledati svaki dio i plamenik ponovo sastaviti. Pregledati da li je gumena cijev, koja spaja plamenik s plinovodom, u ispravnom stanju. Priključiti plamenik na plin i izvršiti pravilno paljenje plamenika (opisano u poglavlju 2.1.).



Slika: Komad tvrdog papira stavljen vodoravno u plamen.



Slika: Komad tvrdog papira stavljen okomito u plamen.

Jedan komad tvrdog papira staviti, trenutno, vodoravno u plamen, blizu otvora dimnjaka (slika 25.), a zatim drugi komad okomito u plamen. Papire držati metalnim kliještima.

Ako je eksperiment pravilno izveden na papirima se očituju plamene zone. Papire spremiti i zalijepiti u referat.

ZADATAK:

1. Od kojih se dijelova sastoji Bunsenov plamenik?
2. Skicirajte sastavne dijelove Bunsenova plamenika.
3. Nacrtajte i opišite zone u plamenu Bunsenova plamenika!
4. Zašto dolazi do uskakanja plamena i što se u tom slučaju radi?

EKSPERIMENT 2. Rezanje, poliranje, savijanje, izvlačenje i zataljivanje stakla

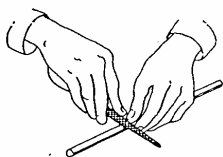
PRIBOR: Staklene cijevi manjeg promjera

Turpija ili pilica za staklo

Plamenik

POSTUPAK:

Odrezati četiri komada staklene cijevi duljene po oko 15 cm. Staklo se reže na način da se pomoću turpije ili pilice štapić, odnosno cijev zareže samo na jednom mjestu. Zarez se odmah navlaži, cijev uhvati s obje ruke i prelomi. Prigodom lomljenja palci se moraju skoro doticati, a zarez mora biti na suprotnoj strani palčeva. Ako lomljenje ne ide uz slab pritisak ruku, treba načiniti dublji rez. Bridovi polomljenih cijevi su oštri i treba ih ispolirati. To se postiže zagrijavanjem najprije u slabom a zatim u jačem plamenu uz lagano okretanje. Čim se plamen oboji žuto, poliranje je završeno. Kada se jedan brid ohladi, polira se drugi. Treba paziti da se cijev ne drži dugo u plamenu da ne dođe do sužavanja otvora cijevi.



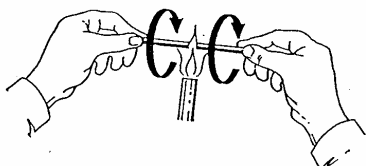
Slika: Rezanje staklene cijevi



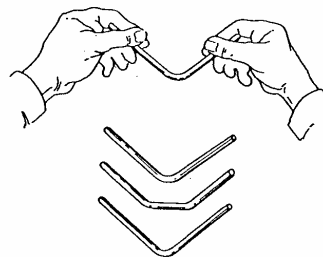
Slika: Lom staklene cijevi

Od jednog komada cijevi treba savijanjem dobiti koljeno pod kutom od 90° . U tu svrhu prihvaća se ohlađena cijev s obje ruke i grije na duljini oko 5 cm neprekidno okretanjem u istom smjeru. Kad cijev omekša, izvadi se iz plamena, brzo savije na 90° uz istovremeno slabo rastezanje i drži dok se ne ohladi.

Od drugog komada cijevi izvlačenjem napraviti kapaljku. U tu svrhu grijati cijev, na već opisani način, na onom mjestu gdje se želi sužiti. Kad cijev omekša, stisnuti cijev da se malo skрати i da stijenke odebljaju. Nakon toga izvaditi cijev iz plamena i brzo je izvući do željenog suženja. Kad se cijev ohladi odrezati je i oštre rubove ispolirati.



Slika: Zagrijavanje staklene cijevi



Slika: Savijanje staklene cijevi

Na analogan način od trećeg komada cijevi napraviti kapilare.

Na četvrtom komadu vježbati zataljivanje staklene cijevi. U tu svrhu postupati kao kod izrade kapaljke, zatim otkinutu uski dio a suženi kraj cijevi grijati u plamenu dok se potpuno i pravilno ne zatali.

EKSPERIMENT 3. Bušenje čepova i izrada boce štrcaljke

PRIBOR: Tikvica s ravnim dnom
Plutani ili gumeni čep
Staklena cijev

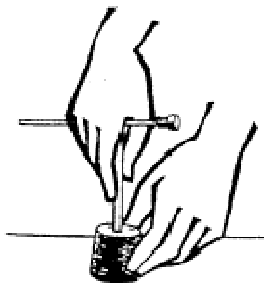
POSTUPAK:

Prema otvoru tikvice odabrati čep. U čepu izbušiti dvije rupe promjera staklene cijevi. Rupe se buše bušačima za čepove. Kod bušenja plutenog čepa bušač mora biti nešto manjeg promjera od promjera cijevi koja se želi provući kroz rupu. Za gumeni čep bušač mora biti nešto veći od promjera cijevi. Bušenje se izvodi tako da se čep svojom širom bazom položi na dasku od mekanog drva. Bušač se namaže glicerinom, stavi na čep i okreće pritiskanjem jednom rukom, dok se drugom rukom drži čep. Bušač se mora okretati uvijek u istom smjeru. Poslije uporabe bušač očistiti i spremiti u kutiju.

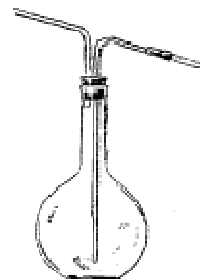
Duža cijev ide skoro do dna boce a na vanjskom dijelu ima kapilarno suženje. Kraća cijev, kroz koju se puše zrak, seže unutar boce do malo ispod čepa.



Slika: Bušač za čepove



Slika: Bušenje čepova



Slika: Boca štrcaljka

Na kraju sastaviti bocu štrcaljku.

Gustoća

Gustoća neke tvari, pri danoj temperaturi, jest masa te tvari u jedinici volumena:

$$\text{gustoća} = \text{masa} / \text{volumen} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

U međunarodnom sustavu mjernih jedinica gustoća se izražava u kilogramima po metru kubičnom (kg m^{-3}). U tablicama nalazimo gustoće tvari izražene u različitim jedinicama, npr. g mL^{-1} , g cm^{-3} , g dm^{-3} , kg dm^{-3} . Pri tome se mijenjaju samo mjerni brojevi gustoće, ovisno o jedinicama mase i volumena. Gustoća tvari ovisi o temperaturi, tako da svaki podatak za gustoću mora sadržavati još i napomenu pri kojoj je temperaturi ta gustoća tvari izmjerena. Općenito, gustoća tvari se smanjuje kad se temperatura povisi, a raste kada se ona snižava. Izuzetak je voda koja ima najveću gustoću pri 3.98°C .

EKSPERIMENT 4. Određivanje gustoće kapljevine piknometrom

PRIBOR: Termostat
 Piknometar
 Kapaljka
 Vaga

KEMIKA LIJE: Otopina natrijeva klorida, $w(\text{NaCl}) = 25 \%$

POSTUPAK:

Utvrđiti volumen piknometra. Na analitičkoj vagi izvagati prazan piknometar. U piknometar kapaljkom uliti do vrha termostatiranu otopinu NaCl. Termostatirati još 10 minuta. Izvaditi piknometar iz termostata, obrisati ga i osušiti, te izvagati. Odrediti gustoću otopine NaCl.

ZADATAK:

1. Koliki je volumen piknometra?
2. Koliko iznosi masa praznog piknometra?
3. Na kojoj temperaturi je termostatirana otopina NaCl?
4. Koliko iznosi masa piknometra napunjenog otopinom NaCl?
5. Koliko iznosi masa otopine NaCl ?
6. Izračunajte gustoću otopine NaCl!

EKSPERIMENT 5. Pipetiranje, upravljanje i vaganje

PRIBOR: Plamenik
 Tronog
 Trokut za žarenje
 Metalna kliješta
 Porculanska zdjelica

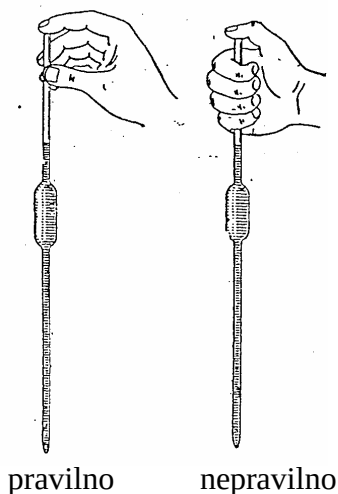
Graduirana pipeta

KEMIKA LIJE: Otopina natrijeva klorida, $w(\text{NaCl}) = 25 \%$

POSTUPAK:

Izvagati porculansku zdjelicu. U nju otpipetirati 4 cm^3 otopine natrijevog klorida. Pravilno držanje pipete prikazano je na slici 35.

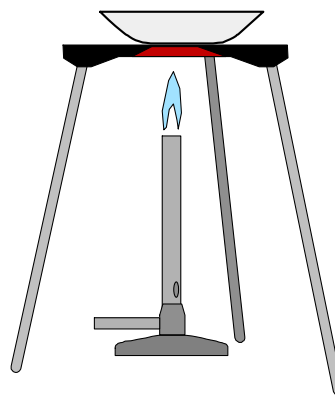
Sadržaj zdjelice opreznim i polaganim zagrijavanjem ispariti do suha (slika 36.). Kada se ohladi, zdjelicu s talogom izvagati.



pravilno

nepravilno

Slika: Držanje pipete.



Slika: Uparavanje sadržaja porculanske zdjelice.

Vaganje u oba navrata obavljati na analitičkoj vagi.

ZADATAK:

1. Koliko iznosi masa prazne porculanske zdjelice?
2. Koliko iznosi masa zdjelice s talogom NaCl nakon uparavanja?
3. Koliko je NaCl dobiveno uparavanjem?
4. Koliki je gubitak NaCl uparavanjem? Rezultat izrazite u gramima, te u postocima. Za ovaj proračun koristite gustoću NaCl određenu u eksperimentu 4.
5. Zbog čega je nastao gubitak NaCl?
6. Kojom preciznošću mjeri analitička vaga na kojoj ste vagali?

4.2. RASTAVLJANJE TVARI NA ČISTE TVARI

Tvar je naziv za bilo koju vrstu materije. Tvari se u prirodi mogu podijeliti na *homogene* tvari i na *heterogene* tvari.

Homogene tvari su one tvari koje su u cijeloj svojoj masi jedinstvene.

Heterogene tvari predstavljaju heterogene smjese različitih homogenih tvari.

Homogene tvari dijele se na čiste tvari i homogene smjese. Čiste tvari su homogene tvari točno određenog i stalnog kemijskog sastava i ostalih karakterističnih osobina. Homogene smjese ili otopine su homogene tvari sastavljene od smjese čistih tvari.

I homogene i heterogene smjese mogu se posebnim operacijama rastaviti na sastavne tvari tj. na čiste tvari.

4.2.1. RASTAVLJANJE HETEROGENIH SMJESA

Čiste tvari odjeljuju se lako iz njihovih heterogenih smjesa fizičkim putem na osnovu različitih fizikalnih svojstava tih čistih tvari.

U tu svrhu služe postupci sedimentiranja, dekantiranja, centrifugiranja i filtriranja.

Sedimentiranje je odjeljivanje suspenzija kod kojih je gustoća suspendirane tvari znatno veća od gustoće kapljevite tvari, te se suspendirana tvar taloži na dno. Uzastopni postupak sedimentiranja i odlijevanja kapljevine iznad taloga naziva se *dekantiranje*.

Centrifugiranje je sedimentiranje ubrzano djelovanjem centrifugalne sile. Centrifugalna sila dobije se djelovanjem centrifuge (ručna, vodena, električna).

Filtriranje se upotrebljava za odjeljivanje suspendirane tvari (taloga) od kapljevine korištenjem filtera papira. Promjer pora filtera papira mora biti manji od promjera suspendiranih čestica, kako bi one ostale na njemu. Na filteru ostaje talog, a kroz njega prolazi filtrat.

EKSPERIMENT 6. Sedimentiranje, dekantiranje i centrifugiranje

PRIBOR: Stalak s epruvetama

Menzura

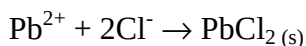
Ručna centrifuga s kivetama

KEMIJE: Otopina olovnog(II) nitrata, $w(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 2 \%$

Otopina natrijeva klorida, $w(\text{NaCl}) = 2 \%$

POSTUPAK:

U epruvetu uliti 5 cm^3 otopine olovnog (II) nitrata. Zatim dodati 5 cm^3 otopine natrijeva klorida. Nastaje bijeli talog olovnog (II) klorida:



Odložiti epruvetu u stalak za epruvete i pričekati da talog sedimentira. Zatim bistru kapljevinu iznad taloga oddekantirati.

Eksperiment ponoviti, tj. sedimentiranje ubrzati uporabom ručne centrifuge.

EKSPERIMENT 7. Filtriranje na obično složen filter-papir

PRIBOR: Stalak s epruvetama
 Filter papir, škare
 Običan stakleni lijevak za filtriranje
 Željezni stativ, željezni prsten, hvataljka.

KEMIJE: Otopina srebrova(I) nitrata, $w(\text{AgNO}_3)=2 \%$
 Otopina klorovodične kiseline, razrijeđena

POSTUPAK:

Filter-papir pripremiti i složiti prema slici 37. Jedan vrh ovako složenog papira otkinuti (slika 37.c.), a papir raširiti da se dobije stožac, koji se uloži u stakleni lijevak (slika 37. d). Rub filter-papira treba biti oko 1 cm ispod ruba lijevka. Papir navlažiti destiliranom vodom da se priljubi uz stjenke lijevka. Ovako pripremljeni lijevak i filter-papir osiguravaju brzo filtriranje.

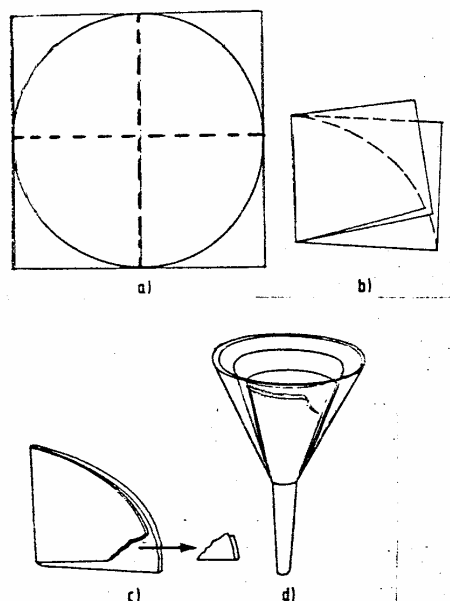
Aparaturu postaviti i filtriranje izvršiti prema slici 38. Pri tom treba paziti da cijev lijevka dodiruje unutarnju stjenku posude u kojoj se sakuplja filtrat. To je potrebno zato da bi filtrat što brže i bez prskanja otjecao.

Pripremljenu smjesu za filtriranje lijevati niz štapić (slika 38.) na filter-papir. Pri tom treba paziti da nivo kapljevine bude oko 1 cm ispod ruba papira.

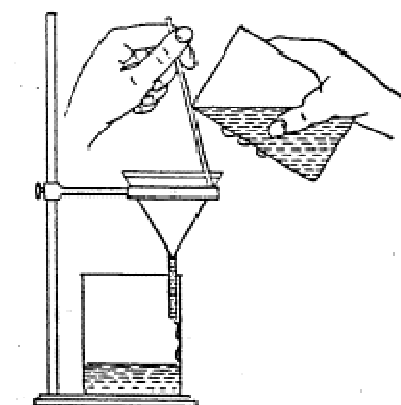
U epruvetu uliti 5 cm^3 otopine srebrova(I) nitrata i dodati isti volumen otopine klorovodične kiseline. Epruvetu protresti i nastali bijeli sirasti talog srebrova klorida (AgCl) profiltrirati na prethodno opisan način.

ZADATAK:

Napišite jednadžbu reakcije srebrova(I) nitrata i klorovodične kiseline!



Slika: Priprema filter-papira.



Slika: Ispravan način filtriranja.

4.2.2. RASTAVLJANJE HOMOGENIH SMJESA

Za odjeljivanje čistih tvari iz njihovih homogenih smjesa služe: destilacija, frakcijska destilacija, ekstrakcija (izmućkavanje) i sublimacija.

Destilacija je proces koji se sastoji od operacije uparavanja i operacije ukapljavanja. Destilacijom se odjeljuju kapljevite, lakše hlapljive tvari iz otopina, a zaostanu teško hlapljive tvari.

Postupnim hvatanjem frakcija, tzv. *frakcijskom destilacijom* moguće je postupno odvojiti tvari vrlo bliskog vrelištem.

Sublimacija je izravan prijelaz iz čvrstog stanja u plinovito stanje i opet natrag u čvrsto stanje, bez kapljevitog međustanja. Tim postupkom odjeljuju se tvari koje sublimiraju od ostalih.

Ekstrakcija ili *izmućkavanje* temelji se na različitoj topljivosti neke tvari u dva otapala, koja se međusobno ne miješaju (Nernstov zakon razdjeljenja). Višestrukim izmućkavanjem može se ta tvar potpuno ekstrahirati iz smjese.

EKSPERIMENT 8. Destilacija

PRIBOR:

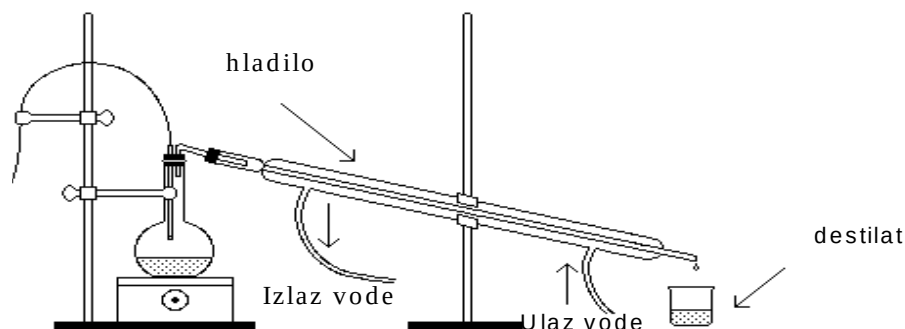
- Tikvica za destilaciju s okruglim dnom
- Termometar
- Liebigovo (Libig) hladilo
- Dvije gumene cijevi za hladilo
- Dva ispravno probušena čepa
- Erlenmayerova tikvica
- Stalak s epruvetama
- Menzura
- Graduirana pipeta od 10 cm³
- Plamenik, azbestna mrežica
- Željezni prsten, dva željezna stativa, dvije hvataljke
- Kamenčići za vrenje

DESTILACIJA OTOPINE $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

KEMIJE: Otopina $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

POSTUPAK:

Sastaviti aparaturu kao što je prikazano na slici



Slika: Aparatura za destilaciju.

Termometar mora biti, pomoću čepa, postavljen tako da živin rezervoar bude nešto niže od odvodne bočne cijevi destilirke kako bi se rezervoar "kupao" u parama destilata i tako pokazivao stvarnu temperaturu vrenja.

U tikvicu za destilaciju uliti oko 50 cm^3 otopine $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ i dodati 2 do 3 kamenčića za vrenje. Otopina $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ je modre boje. Zagrijavati tikvicu preko mrežice i hvatati destilat u Erlenmayerovu tikvicu. Zabilježiti temperaturu pri kojoj je otopina počela destilirati. Nakon što je sakupljeno oko 10 cm^3 destilata prekinuti zagrijavanje i ohladiti aparaturu.

ZADATAK:

1. Navedite temperaturu početka destilacije!
2. Odredite boju destilata i destilacijskog ostatka.
2. Da li je $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ prešao u destilat? Objasnite odgovor!

EKSPERIMENT 9. Sublimacija joda

PRIBOR: Čaša od 150 cm^3

Tronog, azbestna mrežica, plamenik

Porculanska zdjelica

KEMIKA LIJE: Jod (u kristalima)

POSTUPAK: POKUS IZVODITI U DIGESTERU!

U suhu čašu staviti nekoliko kristala joda. Čašu pokriti porculanskom zdjelicom. Porculansku zdjelicu ispuniti hladnom vodom. Dno čaše lagano zagrijavati preko mrežice i promatrati

sublimaciju joda. Na dnu porculanske zdjelice stvaraju se kristali joda. Pustiti da se aparatura ohladi i da sav jod kondenzira. (PARE JODA SU OTROVNE). Tek tada otkriti čašu i oprati posuđe. Otpadni jod ne bacati već ga predati laborantu da ga spremi u posebnu posudu.

ZADATAK:

1. Koje boje su pare joda?

EKSPERIMENT 10. Ekstrakcija joda iz vodene otopine

PRIBOR: Lijevak za odjeljivanje

Stativ, željezni prsten

Čaša od 250 cm³

KEMIJE: Vodena otopina joda,

Kloroform (CHCl₃)

POSTUPAK:

U lijevak za odjeljivanje uliti oko 10 cm³ vodene otopine joda. Dodati 5 cm³ kloroforma i dobro izmućkati. Prigodom izmućkavanja lijevak okrenuti naopako i povremeno otvarati pipac da se tlak u lijevku izjednači s vanjskim tlakom. Nakon izmućkavanja, lijevak staviti u željezni prsten na stativu (slika 42.) i pustiti da se slojevi odijele. Nakon izmućkavanja očituju se dva sloja. Gornji sloj jest otopina joda u vodi, a donji sloj je otopina joda u kloroformu. Naime, jod se razdijeli između vode i kloroforma tako da je njegova koncentracija u kloroformu 250 puta veća nego u vodi:

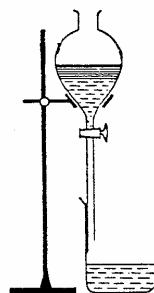
$$250 = \frac{[I_2]_{(CHCl_3)}}{[I_2]_{(H_2O)}}$$

Donji sloj otpustiti u čašu, a u lijevak za odjeljivanje dodati još 5 cm³ kloroforma i ponoviti izmućkavanje. Donji sloj opet otpustiti u čašu.

Otpadnu otopinu joda u kloroformu ne bacati u izljev, već je dati laborantu da je spremi u posebnu bocu!

ZADATAK:

1. Koje je boje vodena otopina joda, a koje otopina joda u kloroformu?



Slika: Aparatura za ekstrakciju.

4.3. FIZIČKE I KEMIJSKE PROMJENE

Kod *fizčke promjene* mijenja se samo energetska stanje tvari, a sama tvar se kod toga ne mijenja - ona ostaje ista.

Kod *kemijske promjene* dolazi do bitne promjene sastava tvari - produkt kemijske promjene nije više ista tvar kao ona prije kemijske promjene. Kemijsku promjenu prati fizička promjena, tj. promjenom sastava tvari mijenja se i njezino energetska stanje.

EKSPERIMENT 11. Zagrijavanje željezne i magnezijeve žice

PRIBOR Plamenik, kliješta

Željezna žica, magnezijeva žica (vrpca)

POSTUPAK:

Željeznu žicu primiti kliještima i zagrijavati je u plamenu plamenika. Žica se usije. Žicu zatim odložiti da se ohladi. Magnezijevu žicu također primiti kliještima i držati u plamenu. Žica se zapali i izgori dajući MgO .

ZADATAK:

1. U kojem slučaju se radi o fizičkoj, a u kojem o kemijskoj promjeni? Obrazložite odgovor i napišite jednadžbu reakcije za kemijsku promjenu.

ZAKONI KEMIJSKOG SPAJANJA PO TEŽINI (MASI)

Postoje četiri zakona prema kojima se elementi spajaju u kemijske spojeve:

- **ZAKON O ODRŽAVANJU TEŽINE (ZAKON O NEUNIŠTIVOSTI MATERIJE).**

Otkrio ga je A. L. Lavoisier (Lavoazje) i glasi: Nikakve promjene ne mogu se opaziti u ukupnoj težini svih tvari koje sudjeluju u nekoj kemijskoj reakciji.

- **ZAKON STALNIH TEŽINSKIH OMJERA.** Otkrio ga je J. Proust (Prust) i glasi: Neki određeni kemijski spoj uvijek sadrži iste kemijske elemente spojene u istom stalnom težinskom omjeru.

- **ZAKON UMNOŽENIH TEŽINSKIH OMJERA.** Otkrio ga je J. Dalton i glasi: Kada se dva elementa spajaju tako da daju više nego jedan kemijski spoj, onda su težine jednog elementa, koje se spajaju s određenom težinom drugog elementa, u jednostavnim umnoženim omjerima.

- **ZAKON SPOJNIH TEŽINA.** Otkrio ga je J. B. Richter (Rihter) i glasi: Težine dvaju elemenata (ili jednostavni umnošci tih težina), koje reagiraju s jednom te istom težinom nekog trećeg elementa, reagiraju i međusobno, a isto tako i s određenom težinom nekog četvrtog elementa.

EKSPERIMENT 12. Zakon o održanju težine

PRIBOR: Erlenmeyerova tikvica

Mala epruveta

Pinceta

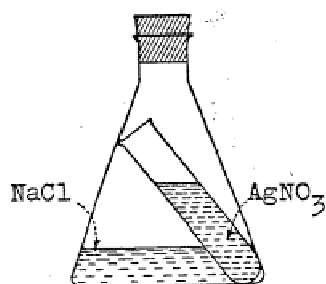
Gumeni čep

KEMIKA LIJE: Otopina natrijeva klorida, $w(\text{NaCl}) = 2 \%$

Otopina srebrova(I) nitrata, $w(\text{AgNO}_3) = 2 \%$

POSTUPAK:

U Erlenmeyerovu tikvicu staviti 10 cm^3 otopine natrijeva klorida. Malu epruvetu do polovine napuniti otopinom srebro-nitrata i oprezno je pincetom smjestiti u tikvicu, pazeći da se sadržaj epruvete i tikvice ne pomiješaju (slika 43.). Tikvicu začepiti gumenim čepom i sve zajedno izvagati. Vagu zakočiti.



Utege ostaviti na vagi, a tikvicu skinuti i nagnuti je da se otopine izmiješaju. Dolazi do kemijske reakcije u kojoj nastaje bijeli sirasti talog AgCl(s) . Bez skidanja čepa ponovo odvući tikvicu. Težina (masa) ostaje ista kao i prije kemijske reakcije!

ZADATAK:

1. Napišite jednadžbu kemijske reakcije koja se odvija u ovom eksperimentu.

4.4. PLINSKI ZAKONI

Postoje dva osnovna zakona prema kojima se vladaju idealni plinovi:

BOYLE - MARIOTTEOV (Bojl-Mariotov) ZAKON: Produkt tlaka (p) i volumena (V) neke određene količine plina pri stalnoj temperaturi je konstantan:

$$p \times V = \text{konstanta}, \quad (T = \text{konstanta})$$

CHARLES - GAY - LUSSACOV (Šarl-Ge-Lisak) ZAKON: Pri stalnom tlaku volumen određene mase plina raste (ili pada) za $1/273.15$ volumena pri 0°C , kada temperatura poraste (ili padne) za 1°C :

gdje je V volumen plina pri temperaturi t , a $V^\ominus$ pri 0°C .

$$V = V^\ominus + \frac{V^\ominus}{273.15} * t$$

ili

$$V = \frac{V^\ominus}{273.15} * (273.15^\circ\text{C} + t)$$

Pošto je $273.15^\circ\text{C} + t = T$, a $V^\ominus / 273.15^\circ\text{C}$ konstantna vrijednost, to se može pisati:

$$V = \text{konstanta} * T$$

(pri stalnom tlaku i stalnoj masi plina)

AVOGADROV ZAKON:

Plinovi jednakog volumena pri istoj temperaturi i tlaku sadrže isti broj molekula. A to znači da isti broj molekula bilo kojeg plina zauzima u identičnim fizičkim uvjetima isti volumen.

Tako i 1 mol bilo kojeg plina pri identičnim fizičkim uvjetima zauzima isti volumen, kojeg nazivamo molarnim volumenom (V_m).

Vrijednost molarog volumena plina pri standardnim (normalnim) okolnostima (STP ili NTP:

$$T^\ominus = 273.15 \text{ K}, p^\ominus = 101.325 \text{ kPa}) \text{ iznosi } V_m^\ominus = 22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

Primjer određivanja molarog volumena eksperimentom:

Kisik razvijen eksperimentom istisnuo je 320 cm^3 vode, pri temperaturi od 295.15 K i tlaku 100.258 kPa . Masa razvijenog kisika bila je 0.4176 g .

Rješenje:

Volumen razvijenog kisika (pri navedenim uvjetima) jednak je volumenu istisnute vode: $V = 320 \text{ cm}^3$.

Volumen pri standardnim okolnostima računa se iz jednadžbe:

$$\frac{p * V}{T} = \frac{p^\ominus * V^\ominus}{T^\ominus}$$

odnosno,

$$V_\ominus = \frac{p * V * T^\ominus}{p^\ominus * T}$$

$$V_\ominus = \frac{100.258 \text{ kPa} * 320 \text{ cm}^3 * 273.15 \text{ K}}{101.325 \text{ kPa} * 295.15 \text{ K}}$$

$$V^\ominus = 293 \text{ cm}^3.$$

Dakle, pri standardnim okolnostima:

0,417 g O₂ ima volumen 293 cm³

M*(O₂) V_m^Θ

0,417 g 293 cm³

32 g V_m^Θ

$$V_m^\Theta = \frac{293 \text{ cm}^3 * 32 \text{ g/mol}}{0.417 \text{ g}}$$

$$V_m^\Theta = 22484 \text{ cm}^3 = 22.5 \text{ dm}^3/\text{mol}.$$

Vrijednost V_m^Θ nešto odstupa od točne vrijednosti 22.4 dm³ mol⁻¹ ali to je posljedica pogreške koja je neizbježna pri eksperimentiranju.

Kada odvagamo onoliko grama neke tvari definirane kemijske formule, kolika je njezina molekulska težina, odvagali smo upravo 1 mol te tvari. Znači, molarna masa M = Mr × g/mol.

EKSPERIMENT 13. Određivanje molarnog volumena kisika

PRIBOR: Epruveta (velika)

Tikvica s ravnim dnom

Čaša od 800 cm³

Četiri staklene cijevi

Dvije gumene spojne cijevi, dva gumena čepa

Hvataljka, stativ, plamenik

KEMIJE: Kalijev klorat (KClO₃(s))

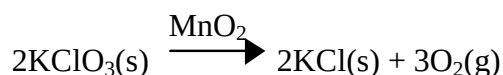
Manganov(IV) oksid (MnO₂(s))

POSTUPAK:

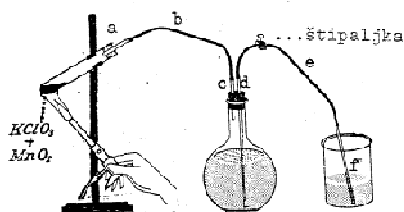
Aparatura treba dobro brtviti. Epruveta mora biti čista i potpuno suha. U epruvetu staviti dvije žlice smjese (KClO₃ i MnO₂) u omjeru 5:1. Epruvetu sa smjesom izvagati na analitičkoj vagi.

Nakon toga laganim kuckanjem epruvete o dlan izmiješati smjesu. Sada epruvetu staviti na njeno mjesto u aparaturi (slika 47). Tikvicu napuniti vodovodnom vodom do vrha. Odvodnu cijev (d-e-f) ispuniti vodom tako da se puhne u cijev (a) (uz otvorenu štipaljku) i kad voda poteće zatvoriti odvodnu cijev štipaljkom. Otvor odvodne cijevi (f) mora biti ispod površine vode, podignuti čašu tako da se nivoi vode u tikvici i čaši izjednače. U tom položaju otvoriti štipaljku par sekunda da se izjednači tlak u tikvici s atmosferskim tlakom u laboratoriju. Sada zatvoriti cijev štipaljkom i vodu izliti iz čaše. Nakon toga vratiti odvodnu cijev u čašu i skinuti (otvoriti) štipaljku. Ako aparatura dobro britvi iz cijevi neće teći voda. U protivnom aparaturu treba podesiti.

Epruvetu sa smjesom zagrijavati najprije blago (laganim plamenom), a zatim jače, da se kisik stalno i umjereno razvija. Naime, zagrijavanjem smjese (KClO_3 i MnO_2) manganov (IV) oksid katalizira raspad kalijeva klorata tako da se razvija kisik:



Kisik potiskuje vodu iz tikvice u čašu. Otvor odvodne cijevi (f) mora za vrijeme eksperimenta stalno biti ispod nivoa vode u čaši! Kada se u čaši sakupi oko 250 cm^3 vode zagrijavanje prekinuti. Pričekati da se epruveta ohladi na temperaturu laboratorija. Nešto vode će se, tijekom hlađenja, vratiti iz čaše u tikvicu. Kada se epruveta ohladila čašu, uz otvor (f) ispod površine vode, podignuti tako da se izjednače nivoi vode u čaši i u tikvici (izjednačavanje tlakova) i u tom položaju zatvoriti štipaljku. Izmjeriti volumen vode u čaši menzurom. Volumen vode odgovara volumenu razvijenog kisika. Epruvetu, zajedno sa sadržajem, odvagnuti na analitičkoj vagi. Razlika u masi epruvete (sa sadržajem) prije i nakon zagrijavanja odgovara masi razvijenog kisika.



Slika: Aparatura za određivanje molarnog volumena kisika.

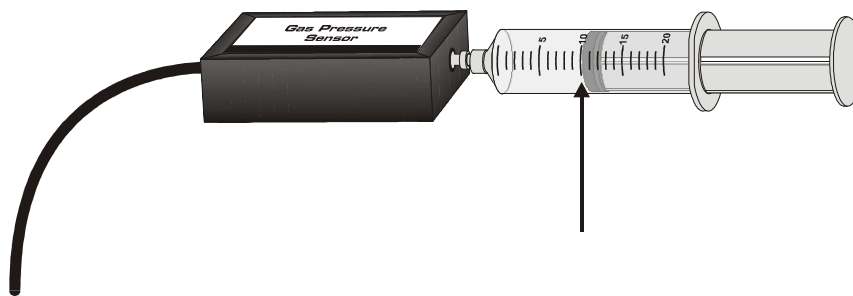
ZADATAK:

1. Na osnovu podataka dobivenih eksperimentom, a po analogiji prikazanog primjera, odredite (izračunajte) molarni volumen kisika.

EKSPERIMENT 14. Boyle-Mariotteov zakon

Osnovni zadatak eksperimenta je odrediti odnos između tlaka i volumena plina koji se nalazi u zatvorenom određenom prostoru. Plin koji ćemo koristiti je zrak i bit će zatvoren u šprici spojenoj na Vernier plinski tlačni senzor ili tlačni senzor (Slika 48). Kako se mijenja volumen plina u šprici pomicanjem klipa šprice, mijenja se i tlak naprežanja zatvorenog plina. Promjene tlaka bit će očitovane na monitoru računala uporabom tlačnog senzora. Pretpostavka je da je temperatura konstantna tijekom izvođenja eksperimenta. Parovi podataka tlak – volumen bit će prikupljeni tijekom eksperimenta i zatim analizirani. Iz podataka i grafa potrebno je odrediti matematički odnos koji postoji između tlaka i volumena plina koji se nalazi u zatvorenoj šprici.

Povijesno gledano, zakon je prvi utemeljio Robert Boyle 1662. godine i od tada je poznat kao Boyleov zakon.



Slika: Aparatura za određivanje ovisnosti $P - V$ u Boyle-Mariotteovom zakonu.

PRIBOR: Osobno računalo
 Logger Pro uređaj
 Vernier plinski tlačni senzor ili tlačni senzor
 Šprica za plin od 20 ml

PODACI I REZULTATI

Volumen (ml)	Tlak (kPa)	Konstanta, k (P / V ili $P \cdot V$)

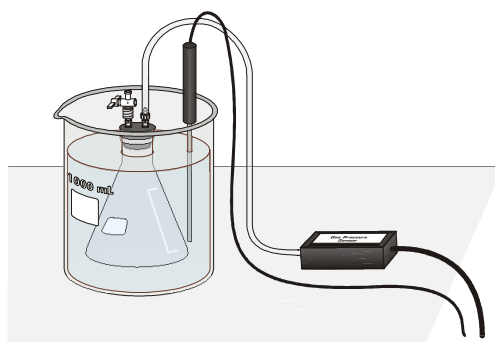
ZADATAK

1. Ako volumen udvostručimo s 5 ml na 10 ml, što se događa s tlakom? Prikažite vrijednost tlaka u odgovoru.
2. Ako volumen prepolovimo s 20 ml na 10 ml, što se događa s tlakom? Prikažite vrijednost tlaka u odgovoru.
3. Ako volumen utrostručimo s 5 ml na 15 ml, što se događa s tlakom? Prikažite vrijednost tlaka u odgovoru.
4. Na osnovu odgovora na prva tri pitanja i oblika krivulje na grafu tlak – volumen je li odnos između tlaka i volumena zatvorenog plina direktna ili inverzna? Objasniti odgovor.
5. Na osnovu podataka, kakvu promjenu tlaka očekujete ako se volumen poveća na 40 ml. Objasniti ili potvrditi eksperimentom svoju tvrdnju.
6. Na osnovu podataka, kakvu promjenu tlaka očekujete ako se volumen smanji na 2.5 ml. Objasniti ili potvrditi eksperimentom svoju tvrdnju.
7. Za koje eksperimentalne faktore se podrazumijeva da su konstantni tijekom eksperimenta?
8. Jedan način da se utvrdi je li odnos direktan ili inverzan je naći konstantu proporcije, k, iz podataka. Ako je odnos direktan, $k=P/V$. Ako je odnos inverzan, $k=P \cdot V$. Na osnovu odgovora na pitanje br. 4, izaberite jednu od tih jednažbi i izračunajte konstantu, k, za sedam određenih parova iz tablice podataka (podijeli ili pomnoži vrijednosti P i V). Prikažite rezultate u trećoj koloni tablice.

9. Kakve su vrijednosti konstante, k , dobivene iz pitanja 8? Dobri podaci mogu pokazati manja odstupanja, ali vrijednosti konstante, k , treba biti relativno konstantna.
10. Koristeći P , V i k prikažite jednadžbu koja predstavlja Boyleov zakon.

EKSPERIMENT 15. Ovisnost tlaka o temperaturi kod plinova

Plinovi se sastoje od molekula koje su u stalnom kretanju i definirani su tlakom naprezanja prilikom sudara sa stjenkama posude u kojoj se nalaze. Na brzinu i broj sudara molekula plina utječe rast ili pad temperature plina. U ovom eksperimentu će te promatrati odnos temperature uzorka plina i tlaka naprezanja. U Erlenmeyerovu tikvicu će te zatvoriti zrak (to je plin koji promatramo) i sve zajedno smjestiti u vodenu kupelj i mjeriti temperaturu. Tlak će biti praćen pomoću senzora za tlak, a temperatura pomoću senzora za temperaturu. Volumen uzorka plina i broj molekula zraka u tikvici će biti konstantni. Parovi podataka tlak – temperatura bit će prikupljeni tijekom trajanja eksperimenta, a zatim analizirani. Na osnovu podataka i grafa odrediti ćete kakva matematička relacija povezuje ove dvije komponente – tlak i apsolutna temperatura zatvorenog plina. Također možete izračunati promjenu tlaka naprezanja i iskoristiti dobivene podatke za naći vrijednost apsolutne nule na Celsiusovoj temperaturnoj skali.



Slika: Aparatura za demonstraciju ovisnosti tlaka i temperature kod plinova.

PRIBOR:

- Osobno računalo
- Vernier sučelje računala
- Logger Pro
- Vernier senzor tlaka
- Erlenmeyerova tikvica, 125-ml

Vernier temperaturni senzor

Plastična cjevčica s dva konektora

Gumeni čepovi

Prsten

Sigurnosna spojnica

Tronog, azbestna mrežica i plamenik po Bunsenu

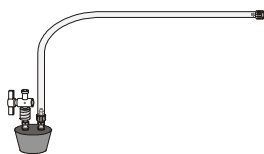
Rukavice ili krpa

Četiri čaše, 1000 ml

Led

POSTUPAK:

1. Pripremi i nosi naočale.
2. Pripremiti vodenu vrijuću kupelj. Naliti oko 800 ml vruće vode u čašu od 1000 ml i staviti na toplu podlogu Sve podići na viši položaj.
3. Pripremiti ledenu vodenu kupelj. Naliti oko 700 ml hladne vode u drugu čašu od 1000 ml i staviti na ledenu podlogu (na led).
4. Staviti oko 800 ml vode na sobnoj temperaturi u treću čašu od 1000 ml.
5. Staviti oko 800 ml vruće vode u četvrtu čašu od 1000 ml.
6. Pripremiti temperaturni senzor i senzor za tlak za prikupljanje podataka.
 - a. Utaknuti temperaturni senzor u Kanal 1 Vernier LabPro uređaja
 - b. Utaknuti senzor za tlak u Kanal 2 Vernier LabPro uređaja. Odredi koju vrstu Vernier tlačnih senzora koristite:
 - Noviji Vernier plinski tlačni senzori imaju bijeli produžetak koji izlazi na kraju kutije sa senzorom.
 - c. Na gumeni čep montirati plastičnu cjevčicu spojen na jedan od dva ventila. Stavi spojnicu na slobodni dio plastične cjevčice kako bi bio otvoren otvor za tlačni senzor s zatvaranjem u smjeru kazaljke na satu. Ostavi taj dvostruki ventil na gumenom čepu otvoren (u liniji prema gore kao što je prikazano na slici 51) do koraka 6f.
 - d. Stavi gumeni čep na Erlenmayerovu tikvicu od 125 ml. VAŽNO: Okreni čep u vratu tikvice kako ne bi propuštao negdje zrak. Mora biti čvrsto stavljen.



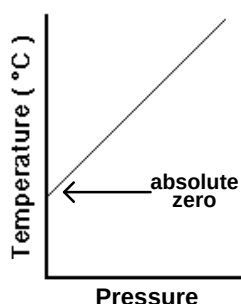
Slika 51. Otvoren dvostruki ventil na gumenom čepu.

- f. Zatvoriti dvostruki ventil na gumenom čepu – napravi ovo okrećući ručku ventila dok ne bude okomito sa cijevi samog ventila (slika 50). Uzorak zraka koji ćemo promatrati sada je zatvoren u tikvici..
7. Pripremiti kompjuter za prikupljanje podataka otvaranjem dokumenta Eksperiment 7 iz *Chemistry with Computers*. Zatim otvori dokument Eksperimenta 7 koji se podudara s tlačnim senzorom i senzorom za temperaturu koji koristite. Ordinata predstavlja tlak izražen od 0 do 150 kPa. Apscisa je temperatura izražena od 0 do 100°C.
8. Početi prikupljati podatke.
9. Prikupiti tlak – temperatura parove podataka za vaš uzorak plina:
 - a. Premjesti tikvicu u ledenu kupelj. Provjeri je li cijela tikvica uronjena u kupelj (Slika 50.). Miješati.
 - b. Staviti temperaturni senzor za probu u ledenu kupelj.
 - c. Kada se očitani tlak i temperatura stabiliziraju, pritisnite *Keep*. Sada imate snimljen prvi par podataka tlak – temperatura.
10. Ponoviti korak 9 koristeći kupelj sobne temperature.
11. Ponoviti korak 9 koristeći vruću kupelj.
12. Koristiti prsten i sigurnosnu spojnicu (hvataljku) za postaviti temperaturni senzor u kupelj s vrijućom vodom. Kako biste zaštitili ruke od opekline vrat tikvice držite pomoću rukavica ili krpe. Nakon što je senzor temperature bio u vrijućoj vodi na nekoliko sekundi, namjestiti tikvicu u kupelj s vrijućom vodom i ponoviti proceduru od koraka 9. Maknuti tikvicu i senzor temperature nakon što pritisnete *Keep*. **OPREZ:** Pažljivo raditi kako se ne bi opekli.
13. Pritisnite *Stop* nakon što završite s prikupljanjem podataka. Ugasiti plamenik. Snimiti vrijednosti tlaka i temperature u svoju tablicu podataka, ili, ako su direktno od voditelja, printajte iz direktorija računala.
14. Razmotrite dobiveni graf tlak - temperatura (°C). Kako biste odredili je li veza između tlaka i temperature direktna ili inverzna, morate temperaturu izraziti kao apsolutnu temperaturu, gdje 0° odgovara apsolutnoj nuli. Koristit ćemo Kelvinovu apsolutnu skalu

temperature. Dobit ćemo je kada pribrojimo 273° svakoj Celsiusovoj temperaturi i dodamo jedinicu Kelvin/K; možete napraviti novu kolonu podataka za Kelvinovu temperaturu:

- a. Iz menija podataka izaberite ► *New colon*.
 - b. Unesite “Temp Kelvin” kao dugo ime, “T Kelvin” kao kratko ime i “K” kao jedinicu. Zatim odaberi *Definiciju tablice*.
 - c. Unesite ispravnu formulu za kolonu (T Kelvin) u *Jednadžbu*. Unesite “273+”. Zatim odaberi “Temp Celsius” iz liste podataka. U Jednadžbama sada treba pisati: 273+“Temp Celsius”. Pritisnite *OK*.
 - d. Izaberite ordinatu i izaberite samo «Tlak» i pritisnite *OK*. Izaberite apscisu, ostavite “Temp Kelvin” da bude prikazan na vodoravnoj koordinatnoj osi. Pritisnite *OK*.
15. Zaključite je li ovisnost direktna ili inverzna.
- a. Pritisnite gumb za *Oblik krivulje*.
 - b. Izaberite svoju matematičku funkciju s liste dolje lijevo. Ako mislite da je odnos varijabli linearan (direktan), koristite linearni oblik ($y = mx + b$). Ako mislite da je odnos varijabli eksponencijalan unesite ($y = Ax^b$). Pritisni *Try Fit*.
 - c. Krivulja koja najbolje odgovara bit će prikazana na grafu. Ako vam je odabir bio ispravan, krivulja će se podudarati s točkama. Pritisnite *OK*. Ako se krivulja ne poklapa dobro s točkama, pokušajte promijeniti matematičku funkciju i ponovo pritisnite *Try Fit*. Kada krivulja ima dobar oblik obzirom na točke parova temperatura – tlak, pritisnite *OK*.
 - d. Automatski obje skale na grafu počinju od nule, duplim klikom u centru grafa možete prikazati *Opcije grafa*, izabrati *Opcije skala* i *Autoskalu* od 0 za obje koordinatne osi.
12. Printajte kopiju grafa tlak – temperatura(K). Linija regresije bi trebala biti prikazana na grafu. Kopirajte krivulju u *Grafove*. Upišite ime i broj kopija grafova koje želite koji želite printati.

PROŠIRENJE



Podaci koje ste dobili također se mogu upotrijebiti za određivanje vrijednosti apsolutne nule Celsiusove temperature

skale. Umjesto grafa tlak - apsolutna temperatura kao što smo radili do sada, ovaj put na ordinatu nanosite Celsiusovu temperaturu, a na apscisu tlak. Obzirom da je apsolutna nula temperatura gdje je tlak teoretski jednak nuli, temperatura gdje linija regresije (produžetak krivulje $T - P$) siječe y-os biti će vrijednost Celsiusove temperature za apsolutnu nulu. Možete uzeti svoje podatke iz eksperimenta za odrediti vrijednost apsolutne nule.

1. Otvoriti *Linearnu regresiju* na grafu klikom u gornji desni kut.
2. Izaberite ordinatu i izaberite samo «Celsiusova temperatura», i pritisnite OK. Izaberite apscisu, ostavite «Tlak» da bude prikazan na vodoravnoj koordinatnoj osi. Pritisnite OK.
3. Spustiti skalu temperature od minimum -300°C do maksimum 200°C , otvaranjem minimum i maksimum vrijednosti prikazane na koordinatnim osima grafa. Unijeti nove vrijednosti. Skala tlaka će biti od 0 kPa do 150 kPa.
4. Odabrati *Linearnu regresiju*, . Najbolja linearna regresija za vaše podatke bit će prikazana. Jednadžba će bit prikazana u datoteci grafova u obliku $y = mx + b$. Numerička vrijednost za b je u sjecištu y-osi i pravca regresije i predstavlja vrijednost apsolutne nule.
5. Prikažite graf temperature ($^{\circ}\text{C}$) - tlak, s pravcem regresije i podaci regresije bit će prikazani. Kopirajte krivulju u Grafove. Napisati svoje ime i broj kopije koju želite spremiti. Jasno označiti poziciju i vrijednost apsolutne nule na grafu koji ste spremili.

ZADATAK:

1. Pri pravilnom izvođenju eksperimenta koja dva eksperimentalna faktora trebate držati konstantnima?
2. Temeljem podataka koje ste dobili za ovaj eksperiment, objasnite odnos između tlaka plina i temperature.
3. Objasnite taj koncept, tj. odnos, koristeći koncept brzine kretanja molekula plina i sudara molekula.
4. Napisati jednadžbu kako bi izrazili odnos između tlaka i apsolutne temperature (K). Koristite simbole P , T i k .
5. Jedan način za utvrditi je li odnos direktan ili inverzan je naći konstantu proporcionalnosti, k , iz podataka. Ako je funkcija direktna, $k = P/T$. Ako je funkcija inverzna, $k = P \cdot T$. Na temelju odgovora na pitanje br. 4, izaberite jednu od funkcija i

izračunajte k za parove podataka $T - P$ (podijeli ili pomnoži P i T vrijednosti). Iznos konstante, k , prikaži u četvrtoj koloni tablice podataka i rezultata. Je li konstanta, k , konstantna za svaki par vrijednosti P i T ?

6. Prema tvrdnji ovog eksperimenta, što će se dogoditi s tlakom plina ako se apsolutna temperatura poveća dva puta? Provjerite ovu pretpostavku tako što ćete naći vrijednost tlaka na -73°C (200 K) i na 127°C (400 K) na vašem grafu tlak - temperatura. Kako se poklapaju dobivene vrijednosti tlaka?

PODACI I PRORAČUN

Tlak (kPa)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura (K)	Konstanta, k (P / T ili $P \cdot T$)

4.5. OTOPINE

4.5.1. OTOPINE I NJIHOVA SVOJSTVA

Otopine su homogene smjese čistih tvari, tj. otopine sadrže dvije ili više tvari pomiješanih u stanju molekulske disperzije. Otopine mogu biti plinovite, čvrste i kapljevite. Najčešće se misli na otopine kapljevitoagregatnog stanja. Tvari koje čine otopine nazivaju se *komponentama*. Komponenta koje je nazočna u otopini u većoj količini od ostalih komponenta naziva se otapalom, a ostale komponente su otopljene tvari. Otapalo je u najvećem broju slučajeva voda, te se najčešće govori o vodenim otopinama. Sve tvari ipak nisu topljive u vodi, pa su u uporabi i druga otapala: (npr. etanol, benzen, kloroform itd.).

Kvantitativno se sastav otopina najčešće izražava slijedećim veličinama:

(A - otapalo ; B - otopljena tvar)

MNOŽINSKA KONCENTRACIJA (OTOPLJENE TVARI) jest omjer množine otopljene tvari i volumena otopine:

$$c(B) = \frac{n(B)}{V(\text{otopine})}; \quad \text{SI-jedinica} = \text{mol m}^{-3}$$

Više je u uporabi decimalna SI-jedinica mol dm^{-3}

MASENA KONCENTRACIJA (OTOPLJENE TVARI) jest omjer mase otopljene tvari i volumena otopine:

$$y(B) = \frac{m(B)}{V(\text{otopine})}; \quad \text{SI-jedinica} = \text{kg m}^{-3}$$

U laboratorijskom radu najčešće se masena koncentracija izražava g dm^{-3} .

MOLALITET (OTOPLJENE TVARI) jest omjer množine otopljene tvari i mase otapala:

$$b(B) = \frac{n(B)}{m(A)}; \quad \text{SI-jedinica} = \text{mol kg}^{-1}$$

MNOŽINSKI (KOLIČINSKI) UDIO neke tvari u otopini jednak je omjeru množine te tvari prema ukupnoj množini svih tvari:

$$x(A) = \frac{n(A)}{n(A) + n(B)}$$

Množinski udio je bezdimenzijska veličina, jer joj je jedinica broj 1.

MASENI UDIO neke tvari u otopini jednak je omjeru mase te tvari prema ukupnoj masi svih tvari u otopini:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(A) + m(B)}$$

Maseni udio je, kao i množinski udio, bezdimenzijska veličina. Maseni udio se često izražava u postocima. Postotak se dobiva množenjem vrijednosti masenog udjela sa 100.

Primjer pripreme otopine zadane koncentracije:

Na raspolaganju je sumporna kiselina: $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 96\%$, $\rho = 1.84 \text{ kg dm}^{-3}$, $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98.08$.

Treba od te kiseline pripremiti 250 cm^3 otopine sumporne kiseline, koncentracije $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol dm}^{-3}$.

Masa H_2SO_4 (100%) potrebna za pripremu 250 cm^3 otopine H_2SO_4 , $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol dm}^{-3}$ jest:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = V \times c \times M(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.250 \text{ dm}^3 \times 0.2 \text{ mol dm}^{-3} \times 98.08 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 4.9 \text{ g}$$

96 g H_2SO_4 je u 100 g 96%-tne otopine, a 4.9 g je u:

$$(100/96) \times 4.9 \text{ g otopine} = 5.1 \text{ g.}$$

Masa od 5.1 g 96%-tne otopine ima volumen:

$$V = m/\rho = 5.1 \text{ g} / 1.84 \text{ g cm}^{-3} = 2.8 \text{ cm}^3$$

Znači da u odmjernu tikvicu od 250 cm^3 treba menzurom odmjeriti točno 2.8 cm^3 96%-tne otopine H_2SO_4 i nadopuniti je destiliranom vodom do oznake. Sadržaj tikvice dobro protresti.

Približno vrijedi staro pravilo da se slično otapa u sličnom, tj. nepolarni spojevi otapaju se u nepolarnim kapljevina, a polarni i ionski spojevi u polarnim kapljevina.

Zasićena otopina neke tvari pri određenoj temperaturi jest ona otopina koja se nalazi u ravnoteži s neotopljenom čvrstom tvari. Ako otopina sadrži više otopljenih tvari nego li odgovara zasićenoj otopini pri toj temperaturi, takva otopina naziva se *prezasićenom otopinom*.

Topljivost čvrste tvari u određenoj kapljevinu (otapalu) može rasti ili opadati s porastom temperature. Obično topljivost raste s porastom temperature.

Otapanjem čvrste tvari u vodi toplina se ili oslobađa ili veže. Ako se toplina prilikom otapanja oslobađa proces je egzoterman, a ako se toplina veže endoterman.

Ako je otapanje endoterman proces, topljivost raste s porastom temperature. Ako je otapanje egzoterman proces, topljivost opada s porastom temperature. Promjena topljivosti čvrste tvari s promjenom temperature povezana je s toplinom otapanja jednim općim principom koji vrijedi za svako ravnotežno stanje.

- **L e C h a t e l i e r o v p r i n c i p** (L'Šateljé): Ako se na sustav koji se nalazi u ravnoteži izvana djeluje nekim nasiljem, sustav pomiče ravnotežu u cilju izbjegavanja nasilja (tj. uspostavljanja prvobitnih uvjeta).

Otopine kapljevine u kapljevina

Kod otapanja kapljevine u kapljevina moguća su tri slučaja:

- Kapljevine se potpuno miješaju: U tom slučaju postoji samo jedna kapljivita faza s dvije ili više komponenata.
- Kapljevine se ne miješaju: U tom slučaju evidentna su dva sloja: Gornji jest kapljivina manje gustoće, a donji kapljivina veće gustoće.
- Kapljevine se djelomično miješaju:

U tom slučaju kapljevine daju u određenom koncentracijskom intervalu homogenu otopinu, a izvan tog područja postoje dva sloja kapljevine. Jedan sloj je zasićena otopina komponente A u komponenti B, a drugi sloj je zasićena otopina komponente B u komponenti A.

Otopine plinova u kapljevinama

Količina plina koje se otapa u određenoj količini kapljevine ovisi o prirodi plina, temperaturi i tlaku plina koji je u dodiru s kapljevinom.

Utjecaj prirode plina očituje se u njegovom kemijskom ponašanju. Plinovi koji kemijski ne reagiraju s kapljevinom slobodno se u njoj otapaju, dok se plinovi koji kemijski reagiraju s kapljevinom dobro u njoj otapaju. Tako se u vodi dobro otapaju plinovi: NH_3 , HCl , H_2S , SO_2 i CO_2 , dok se slabo otapaju plinovi: H_2 , O_2 , N_2 i CO .

Utjecaj temperature: Što je viša temperatura kapljevine to se manja količina plina u njoj otapa.

Utjecaj tlaka plina:

HENRYJEV ZAKON: Masa plina otopljena u određenoj masi kapljevine pri određenoj temperaturi direktno je proporcionalna parcijalnom tlaku tog plina iznad kapljevine:

$$x = K_x \times p \quad (x \text{ je množinski udio plina u otopini})$$

Volumen otopljenog plina neovisan je o tlaku plina!

Henryjev zakon vrijedi samo za slabo topljive plinove pri niskim parcijalnim tlakovima.

RAOULTOV ZAKON (Raul): Parcijalni tlak pare otapala nad otopinom manji je od parcijalnog tlaka pare čistog otapala:

$$p_A = p_A^0 \times x_A \quad p_A - \text{parcijalni tlak pare otapala A nad otopinom};$$

p_A^0 - parcijalni tlak pare čistog otapala;

x_A - množinski udio otapala u otopini

EKSPERIMENT 16. Priprema otopine zadane koncentracije

ZADATAK:

1. Priredi 250 cm^3 otopine HCl koncentracije 0.1 mol dm^{-3} . Na raspolaganju Vam je 36% otopina HCl gustoće 1.18 g/cm^3 . Izračunati.

2. Priredi 250 cm³ vodene otopine limunske kiseline, monohidrata, 0.1 mol dm⁻³. Na raspolaganju Vam je 36 % otopina limunske kiseline, monohidrata, (C₆H₈O₇*H₂O) gustoće 1.049 g/cm³. Izračunati.

Popuni tablicu

M _r (HCl)	
ρ(36% HCl)	
Potrebno volumena	
M _r (limunska kiselina monohidrat)	
ρ(36% (limunska kiselina monohidrat)	
Potrebno volumena	

PITANJA:

1. Koji pribor je potreban za pripremu zadane otopine?
2. Koliko je izvorne otopine HCl i limunske kiseline potrebno za pripremu zadane otopine?
Prikažite proračun.

EKSPERIMENT 17. Ovisnost topljivosti o prirodi (strukтури) tvari

PRIBOR: Stalak s epruvetama

KEMIKA LIJE: NaCl, čvrst

Naftalen (C₁₀H₈)

Etanol (C₂H₅OH)

Tetraklormetan (CCl₄)

POSTUPAK:

U tri epruvete staviti po oko 1 g NaCl. Zatim u svaku epruvetu staviti po 5 cm³ odgovarajućeg otapala: u prvu destiliranu vodu, u drugu etanol i u treću tetraklormetan. Sadržaj svake od epruveta dobro promiješati i protresti.

U druge tri epruvete staviti po oko 1 g C₁₀H₈. Ponoviti postupak otapanja, kao kod NaCl.

Promatrati otapanje NaCl i C₁₀H₈ u navedenim otapalima. Podatke (otapa se; slabo se otapa; ne otapa se) unijeti u tablicu:

Otapalo	otapanje NaCl	otapanje naftalena
Voda		
Etanol		
Tetraklormetan		

NAPOMENA: Voda je polarno, etanol slabo polarno, a tetraklor metan nepolarno otapalo.

ZADATAK:

1. Na temelju podataka o topljivosti, odgovorite kakav je spoj (kovalentni ili ionski) NaCl, a kakav $C_{10}H_8$?

EKSPERIMENT 18. Otapanje kapljevine u kapljevinama

PRIBOR: Stalak s epruvetama

KEMIJE: Etanol (C_2H_5OH)

Eter ($C_4H_{10}O$)

Ulje

POSTUPAK:

U tri epruvete staviti po oko 5 cm^3 destilirane vode. U prvu dodati 3 cm^3 etanola i promiješati i protresti. Pogledati da li se te dvije kapljevine miješaju.

U drugu epruvetu dodati 3 cm^3 etera, te promiješati i protresti. Pogledati što se desilo.

U treću epruvetu dodati 3 cm^3 ulja, te opet protresti i promiješati i zabilježiti opažanje.

ZADATAK:

1. Kako je već navedeno, kod otapanja kapljevine u kapljevinama moguća su tri slučaja.
2. Napisati koji se od ta tri slučaja odnosi na, u eksperimentu navedeni, pojedini par kapljevine.

EKSPERIMENT 19. Otapanje plinova u kapljevinama

PRIBOR: Epruveta

Gumeni čep

Čaša od 250 cm^3

Staklena cijev.

KEMIKA LIJE: Otopina amonijaka, koncentrirana

Crveni lakmus papir

POSTUPAK

Čašu ispuniti do $\frac{2}{3}$ volumena vodom. Staviti u epruvetu oko 5 cm^3 otopine amonijaka i začepiti čepom kroz koji prolazi staklena cijev. Zagrijati otopinu amonijaka sve dok crveni lakmus papir, stavljen na vrh cijevi, ne dobije plavu boju - dokaz da se amonijak razvija!

Epruvetu preokrenuti (za 180°) i uroniti je u čašu s vodom. Hlađenjem se otapa amonijak u vodi pa uslijed nastalog podtlaka voda ulazi u epruvetu - "vodoskok".

EKSPERIMENT 20. Henryjev zakon

PRIBOR: Epruveta

Staklena cijev.

KEMIKA LIJE: Otopina amonijaka, razrijeđena

Fenolftalein

POSTUPAK:

U epruvetu staviti oko 4 cm^3 **vrlo razrijeđene** otopine amonijaka. Dodati 2 kapi fenolftaleina i protresti. Otopina se oboji ljubičasto. Staklenu cijev uroniti gotovo do dna epruvete i puhati zrak kroz nju. Postepeno se gubi ljubičasta boja. Propuhivanjem sa zrakom (plin koji se slabo otapa u vodi) uklanja se iz otopine amonijak (plin koji se dobro otapa u vodi). Naime, smanjuje se parcijalni tlak amonijaka iznad vode i otapa njegova topljivost u vodi.

4.9.2. OTOPI NE ELEKTROLITA

Tvari koje provode električnu struju pomoću iona, kada se otopljene u vodi ili rastaljene, jesu *elektroliti*. Sve ostale tvari koje ne provode struju uz iste uvjete jesu *neelektroliti*.

S. Arrhenius (Arenius) postavio je teoriju *elektrolitske disocijacije*: Otapanjem u vodi elektroliti disociraju (raspadaju) na ione.

Ioni su električki nabijene čestice koje u električnom polju putuju prema elektrodama.

Negativno nabijeni ioni putuju prema anodi i nazivaju se anioni.

Pozitivno nabijeni ioni putuju prema katodi i nazivaju se kationi.

Anoda je elektroda na kojoj se uvijek odvija oksidacija.

Katoda je elektroda na kojoj se uvijek odvija redukcija.

Razlikuju se dvije vrste elektrolita:

- Elektroliti koji u vodenim otopinama potpuno disociraju na ione. Njihove otopine dobro provode električnu struju i takvi elektroliti nazivaju se jaki elektroliti.
- Elektroliti koji u vodenim otopinama samo djelomično disociraju na ione. Njihove otopine slabo vode električnu struju i takvi elektroliti nazivaju se slabi elektroliti.

EKSPERIMENT 21. Ilustracija putovanja iona prema elektrodama

PRIBOR: Krumpir

Bušać za čepove

Petrijeva zdjelica

Dva komada deblje bakrene žice

Dva "krokodila"

Izvor istosmjerne struje (ispravljač) s priključnim žicama.

KEMIJE: Otopina kalijeva jodida (KI), koncentrirana

POSTUPAK:

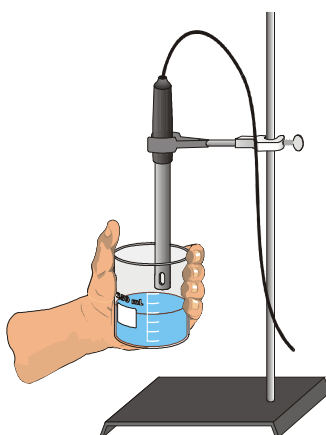
Krumpir prokuhati u kipućoj vodi (oko 5 minuta). Bušaćem za čepove napraviti udubinu u krumpiru. Krumpir položiti u Petrijevu zdjelicu s udubinom prema gore. Sa dvije strane krumpira utaknuti pojedinu bakrenu žicu (služe kao elektrode). Bakrene žice, pomoću krokodila i priključnih žica, spojiti s izvorom istosmjerne struje. U udubinu sipati kalijev jodid. Zatim narinuti napon od 5 V i pustiti da struja prolazi kroz krumpir. Nakon nekoliko minuta isključiti struju. Prerezati krumpir uzduž bakrene anode. Oko anode je vidljivo modro obojenje, što je dokaz da je na anodu doputovao I^- ion. Naime, I^- ion je oksidacijom na anodi dao I_2 . Jod je zatim reagirao sa škrobom iz krumpira i dao modro obojenje.

ZADATAK:

1. Napisati jednadžbu anodne oksidacije jodid iona u elementarni jod!

EKSPERIMENT 22. Električna vodljivost otopina

U ovom eksperimentu vidjet ćete neke osobine jakih elektrolita, slabih elektrolita i neelektrolita promatrajući ponašanje ovih tvari u vodenim otopinama. Odredit ćete te osobine koristeći *Senzor vodljivosti* ili *Probu vodljivosti*. Kada je senzor stavljen u otopinu koja sadrži ione, a oni imaju svojstvo vođenja struje i električni krug je potpuno zatvoren između elektroda u otopini koje su postavljene s obje strane (jedna nasuprot druge), odnosno s obje strane otvora, koji se nalazi blizu dna senzora (vidi Slika 54). Ovo rezultira vrijednostima vodljivosti koje mogu biti očitane na računalu. Jedinica vodljivosti u ovom eksperimentu je mikrosimens ili μS .



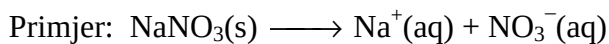
Slika 54

Vrijednost vodljivosti (veličina vodljivosti) ovisi o sposobnosti vodene otopine da vodi struju. Jaki elektroliti proizvode veliki broj iona, što rezultira velikim vrijednostima vodljivosti. Slabi elektroliti rezultiraju niskom vrijednošću vodljivosti, a neelektroliti ne pokazuju svojstvo vodljivosti. U ovom eksperimentu ćete promatrati neke faktore koji određuju hoće li neka otopina voditi struju ili ne, i ako hoće, određivat ćete relativnu magnitudu vodljivosti. Ovaj jednostavni eksperiment omogućava vam učenje velike razlike među tvarima i njihovim otopinama.

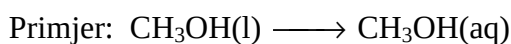
U svakom dijelu eksperimenta promatrat ćete različite osobine elektrolita. Promatrat ćete tri tipa tvari i njihove vodene otopine:

Ionski spojevi

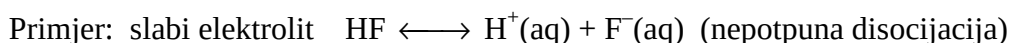
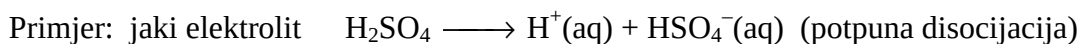
Najčešće su to jaki elektroliti i može se reći da disociraju u potpunosti u vodenim otopinama.

**Molekulski spojevi**

Najčešće su to neelektroliti. Ne disociraju u formi iona. Rezultat je nevodljivost otopine.

**Molekulske kiseline**

Ovo su tvari koje mogu djelomično ili potpuno disocirati, ovisno o jakosti kiseline.

**PRIBOR I KEMIČALIJE**

Power Macintosh or Windows PC

Vernierovo sučelje ili *Lab Pro* uređaj

Vernierova proba vodljivosti ili *Senzor vodljivosti*

Čaša, 250 ml

Ispiralice ili boca štrcaljka s destiliranom vodom

Papirnati ručnici

Stativ, Hvataljke

H₂O (destilirana), H₂O (vodovodna)

0,05 mol dm⁻³ NaCl

0,05 mol dm⁻³ CaCl₂

0,05 mol dm⁻³ AlCl₃

0,05 mol dm⁻³ HC₂H₃O₂

0,05 mol dm⁻³ H₃PO₄

0,05 mol dm⁻³ H₃BO₃

0,05 mol dm⁻³ HCl

0,05 mol dm⁻³ CH₃OH (metanol)

0,05 mol dm⁻³ C₂H₆O₂ (etilen - glikol) (zamjena je glicerol)

POSTUPAK:

Dat u prilogu na kraju skripte

TABLICA PODATAKA

Otopina	Vodljivost (μS)	Intenzitet žaruljice	Vrsta elektroilita
A - CaCl_2			
A - AlCl_3			
A - NaCl			
B - $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$			
B - HCl			
B - H_3PO_4			
B - H_3BO_3			
C - $\text{H}_2\text{O}_{\text{destilirana}}$			
C - $\text{H}_2\text{O}_{\text{tap}}$			
C - CH_3OH			
C - $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$			

ZADATAK

1. Temeljem vrijednosti vodljivosti grupe A zaključiti jesu li molekularni spojevi, ionski spojevi ili molekulske kiseline? Mislite li hoće li one djelomično disociirati, potpuno disociirati ili ne disociiraju uopće?
2. Zašto spojevi grupe A, svi s istom koncentracijom ($0,05 \text{ mol dm}^{-3}$), imaju tako velike razlike u vrijednostima vodljivosti? Napisati jednačbe disocijacije svih otopina. Objasniti razlike vodljivosti.
3. U grupi B jesu li sve četiri tvari molekularni spojevi, ionski spojevi ili molekulske kiseline? Klasificirajte ih kao jake i slabe elektrolite i poredajte ih od najjačeg prema najslabijem, temeljem vrijednosti vodljivosti.
4. Napisati jednačbe disocijacije svih otopina grupe B. Koristi $\longrightarrow$ za jake; $\longleftrightarrow$ za slabe.
5. Za H_3PO_4 i H_3BO_3 je li broj vodika "3" u ove dvije formule daje isti rezultat pojedinačnih iona (adiranih iona) kao u otopinama grupe A? Objasniti.

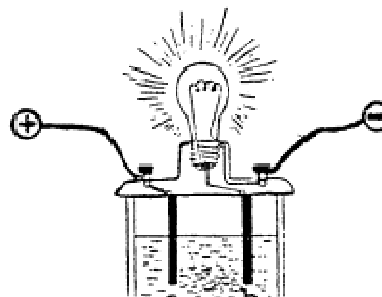
6. U grupi C, jesu li sve četiri tvari molekulski spojevi, ionski spojevi ili molekulske kiseline? Temeljem odgovora očekujete li disocijaciju ovih tvari?
7. Kako objašnjavate relativno visoku vodljivost vodovodne vode u usporedbi s nevodljivošću destilirane vode?
8. Je li akvatizirani metanol, CH_3OH , pokazuje neke vrijednosti vodljivosti kao akvatizirani etilene glikol, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$? Objasniti.

DODATAK

Jedan od načina provjere vodljivosti je pomoću žaruljice spojene s otopinom u električni krug. Ako otopina vodi struju, žaruljica u aparaturi svijetli. Slabi elektroliti su kada žaruljica slabo svijetli, jaki elektroliti kada žaruljica dobro svijetli, a neelektroliti kada žaruljica ne svijetli.

Između grafitnih elektroda spojiti u seriju i unimetar (ampermetar) i mjeriti jakost struje (I/A). Intenzitet žaruljice proporcionalan je jakosti struje. Vrijednosti unijeti u tablicu.

VAŽNO: Grafitne elektrode prije svakog uranjanja dobro isprati destiliranom vodom. Za mjerenje jakosti struje važno je da elektrode u svim otopinama budu uronjene do iste visine, odnosno nivo svih elektrolita mora biti isti.



4.6. KEMIJSKE REAKCIJE

4.6.1. VRSTE KEMIJSKIH REAKCIJA

Sve kemijske reakcije anorganske kemije mogu se svrstati u tri grupe:

1. Redoks-reakcije su reakcije kod kojih dolazi do promjene stupanja oksidacije reaktanata.

Oksidacija je povećanje stupanja oksidacije, tj. otpuštanje elektrona.

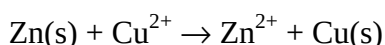
Redukcija je smanjenje stupnja oksidacije, tj. primanje elektrona.

Prigodom redoks reakcije dolazi, dakle, do prijenosa elektrona. Svaki proces oksidacije prati proces redukcije, tj. nema oksidacije bez redukcije i obratno. Zato se takve reakcije skraćeno nazivaju redoks-reakcije.

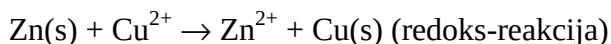
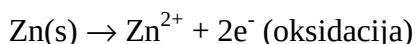
Tvar koja prima elektrone i time se reducira jest oksidans (oksidacijsko sredstvo), jer oksidira onu tvar koja daje elektrone.

Tvar koja daje elektrone i time se oksidira jest reducens (redukcijsko sredstvo), jer reducira tvar koja prima elektrone.

PRIMJER:



Ova redoks-reakcija može se raščlaniti na reakciju oksidacije i reakciju redukcije:



Cink je ovdje reducens, a bakrov(II) kation je oksidans.

2. Kompleksne reakcije su reakcije kod kojih dolazi do promjene liganada, odnosno koordinacijskog broja reaktanata.

(Kompleksni spojevi su spojevi u kojima su skupine atoma povezane u manje ili više stabilne jedinice. Javljaju se u sva tri agregatna stanja. Kompleksni spoj sastoji se od centralnog atoma i liganada. Broj liganada vezanih na centralni atom zove se koordinacijski broj).

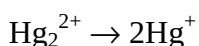
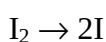
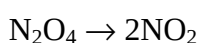
Kompleksne reakcije dijele se na:

a) Kompleksne reakcije u užem smislu, tj. reakcije nastajanja i raspadanja kompleksa (reakcije adicije i eliminacije) i reakcije izmjene liganada (reakcije supstitucije).

b) Protolitičke (kiselinsko-bazne) reakcije su reakcije kod kojih dolazi do prijenosa protona. Baza je tvar koja posjeduje slobodan elektronski par, a kiselina je tvar koje se zbog nedostatka elektrona može vezati na taj slobodan elektronski par. (Lewisova definicija)

c) Reakcije taloženja i otapanja

3. Reakcije disocijacije i asocijacije su reakcije kod kojih dolazi do disocijacije i asocijacije molekula, atoma i iona. Npr.



Kemijska reakcija ne mora pripadati samo jednoj od tih triju grupa, već može biti složena reakcija od tih grupa.

EKSPERIMENT 23. Redoks-reakcija sumpora i kisika (iz zraka)

PRIBOR: Željezni lim

KEMIJE: Sumpor

POSTUPAK

Zapaliti na zraku malo sumpora. Sumpor gori plavičastim plamenom i nastaje sumporov(IV) oksid. Eksperiment izvoditi u digestoru, zbog otrovnosti sumporova(IV) oksida!

ZADATAK:

1. Napišite redoks-reakciju koja se odvija između sumpora i kisika, uz naznaku stupnjeva oksidacije svih atoma.

Koja je tvar (element) u ovoj reakciji oksidans, a koja reducens? Obrazložite odgovor.

EKSPERIMENT 24. Reakcija raspadanja i nastajanja kompleksa

PRIBOR: Porculanska zdjelica

azbestna mrežica

tronog, plamenik

KEMIKA LIJE: Bakrov(II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$)

POSTUPAK:

Kristale $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ smrviti u tarioniku. Prah lagano zagrijati u porculanskoj zdjelici, preko azbestne mrežice. Bakrov(II) sulfat pentahidrat gubi boju i prelazi u bakrov(II) sulfat (raspad kompleksa), što se poznaje po promjeni boje iz modre u bijelu.

Ostaviti da se zdjelica sa sadržajem ohladi. Ohlađenom bakrovom(II) sulfatu dodavati kap po kap vode. Sol postaje ponovo modra zbog nastanka kompleksa bakrovog(II) sulfata pentahidrata.

ZADATAK:

1. Napisati reakciju raspadanja i nastajanja kompleksa $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$.

EKSPERIMENT 25. Reakcija supstitucije liganada

PRIBOR: Stalak s epruветama

KEMIKA LIJE: Otopina $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

Otopina amonijaka

POSTUPAK:

U epruветu staviti 2 cm³ otopine $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$. Otopina je plave boje od iona $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$. Otopini dodavati, kap po kap, otopinu amonijaka. Otopina pomodri, jer zbog izmjene (supstitucije) šest akva liganada s četiri ammin liganada nastaje $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ion.

ZADATAK:

1. Napisati reakciju supstitucije liganada u ovom pokusu.

EKSPERIMENT 26. Protolitička reakcija (kiselinsko-bazna titracija)**PRIBOR:** BiretaErlenmeyerova tikvica od 300 cm³.**KEMIKA LIJE:** Otopina NaOH, nepoznate koncentracijeOtopina HCl, $c(\text{HCl}) = 0.1 \text{ mol dm}^{-3}$

Indikator metil-orange

POSTUPAK:

U Erlenmeyerovu tikvicu staviti određeni volumen otopine NaOH nepoznate koncentracije i razrijediti destiliranom vodom na oko 25 cm³. Time se količina (množina) baze nije promijenila! Otopini dodati 2 kapi metil-orangea i protresti - otopina ima žutu boju. Sada otopinu NaOH titrirati otopinom HCl. Titriranje se izvodi ispuštanjem otopine HCl, kap po kap, iz birete, uz protresivanje Erlenmeyerove tikvice. Kad otopina, nakon protresivanja, promijeni boju iz žute u crvenu titracija je završena. U cilju boljeg opažanja promjene boje preporuča se pod Erlenmeyerovu tikvicu podmetnuti bijelu podlogu (papir ili slično).

Natrijev hidroksid reagira u protolitičkoj reakciji neutralizacije sa kloridom kiselinom prema jednadžbi (stehiometrijski napisano):



Znači, svaka reagirajuća jedinka od HCl ekvivalentna je jednoj jedinki od NaOH.

Prikazano množinama jedinki, jest:

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) \quad (2)$$

Za koncentracije vrijedi:

$$c(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH})/V(\text{NaOH}) \quad (3)$$

$$c(\text{HCl}) = n(\text{HCl})/V(\text{HCl}) \quad (4)$$

Ako se jednadžbe 3 i 4 uvrste u jednadžbu 2 dobije se:

$$c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) = c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl}) \quad (5)$$

ZADATAK:

1. Na temelju podataka dobivenih eksperimentom i jednadžbe (5) izračunati koncentraciju otopine NaOH.

DODATAK:**EKSPERIMENT 27.** Određivanje pH**a) Približno određivanje vrijednosti pH pomoću indikatora**

PRIBOR: Stalak s epruvetama

Stakleni štapić (ili kapaljka)

KEMIČKE: Otopine: CH_3COOH , NaOH , NH_3 , KNO_3 , K_2CO_3 , NaHCO_3 ,
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ZnCl_2 , koncentracije $c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$

Univerzalni indikator papiri

POSTUPAK:

I Uporaba indikator papira određenog pH područja ovisi o otopini koja se ispituje.

Staviti, pomoću štapića ili kapaljke, kap otopine na komadić indikator papira. Usporedbom dobivene boje s etalonima odrediti približnu vrijednost pH za svaku od navedenih otopina. (Boju usporediti odmah nakon nastanka!)

II Odrediti približnu vrijednost pH nepoznatoj otopini (X). Prije određivanja pH, lakmus papirom ispitati je li nepoznata otopina kisela ili lužnata, te u ovisnosti o tome upotrijebiti univerzalni indikator papir određenog pH područja.

ZADATAK:

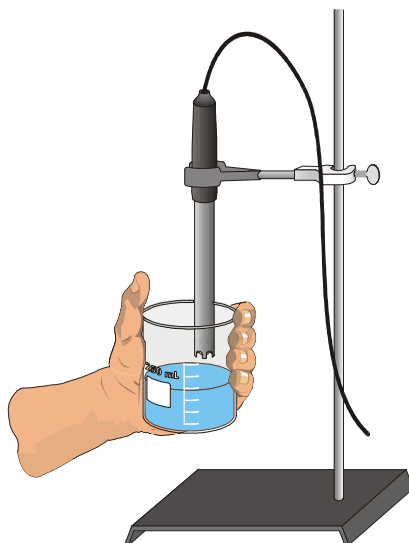
1. Na temelju rezultata eksperimenta ispuniti tablicu:

b) Određivanje vrijednosti pH pomoću Vernierovog pH senzora

Mnoge jednostavne otopine pokazuju svojstva kiselina ili lužina. Kiselo-bazni indikatori, kao što je lakmus-papir ili sok crvenog kupusa, mijenjaju boju kiseloj ili lužnatoj otopini. Mogu se koristiti i za određivanje kiselosti ili lužnatosti neke otopine i bez reakcije. Kiseline mijenjaju boju plavog lakmus-papira u crvenu, a lužine crveni lakmus-papir u plavi. Kiselost se izražava

pomoću pH skale. Kiseline imaju vrijednosti pH manje od 7, a lužine pH više od 7. Neutralne otopine imaju vrijednost pH jednaku 7.

U ovom eksperimentu koristit ćete lakmus-papir i računalo s priključenim *Logger Pro* uređajem i pH senzorom za određivanje pH vrijednosti serije otopina. Poslije dodatka soka crvenog kupusa u otopinu, ustanovit ćete promjenu boje indikatora ovisno o kiselosti otopine za područja pH.



Slika 56

PRIBOR: Osobno računalo

Logger pro uređaj

Vernier pH senzor

Originalna otopina za senzor

Ispiralice

Stativ, hvataljke

Otopine

7 epruveta sa stalkom

Crveni i plavi lakmus-papir

Papirnati ručnici

Stakleni štapić

Sok crvenog kupusa ili metil-oranž

Čaša 250 cm³

POSTUPAK:

Dati u prilogu na kraju skripte

TABLICA PODATAKA

Broj epruvete	Otopina	Plavi lakmus-papir	Crveni lakmus-papir	Sok crvenog kupusa (može metil oranž)	pH
1	Octena kiselina				
2	Amonijak				
3	Klorovodična kiselina				
4	Lagani napitak (sok)				
5	Sredstvo za čišćenje (NaOH)				
6	Deterdžent				
7	Soda bikarbona (NaHCO ₃)				

OBRADA PODATAKA

1. Koje od otopina su kiseline? Kako ste zaključili?
2. Koje od otopina su lužine? Kako ste zaključili?
3. Koje je boje sok crvenog kupusa kao indikator u kiselinama? U lužinama?
4. Može li se sok crvenog kupusa koristiti za određivanje jačine kiselina i lužina? Objasniti.
5. Nabrojte prednosti i nedostatke lakmus-papira i soka crvenog kupusa kao indikatora.
(Umjesto soka crvenog kupusa možete uzeti metil-oranž)