

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Odjel za kemiju  
Odbor za izdavačku djelatnost

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera  
u Osijeku - ODJEL ZA KEMIJU

|                         |           |       |
|-------------------------|-----------|-------|
| Primljeno: 15.07.2016.  |           |       |
| Klasifikacijska oznaka: | Org. jed. |       |
| 612-10/16-02/06         |           |       |
| Urudžbeni broj:         | Prih.     | Vrij. |
| 242-60-20-20-16-02      |           |       |

U Osijeku, 15. srpnja 2016.

**PREDMET: Pozitivno izvješće recenzenata nastavnog materijala „Praktikum iz metodike nastave kemije, 1. dio“ autora doc. dr. sc. Elvire Kovač-Andrić i Ivane Balić.**

Recenzenti nastavnog materijala „Praktikum iz metodike nastave kemije, 1. dio“, prof.dr.sc. Ivan Vicković, Odjel za kemiju i doc. dr. sc. Berislav Marković, Odjel za kemiju, dostavili su Odboru za izdavačku djelatnost pozitivna izvješća navedenog nastavnog materijala autora doc. dr. sc. Elvire Kovač-Andrić i Ivane Balić. Stoga predlažemo Vijeću Odjela za kemiju da se navedeni nastavni materijal prihvati kao nastavni materijal na Odjelu za kemiju, te da se odobri objavljivanje navedenog nastavnog materijala na web-stranici Odjela za kemiju.

Doc. dr.sc. Martina Medvidović-Kosanović  
Predsjednik Odbora za izdavačku djelatnost

Martina Medvidović-Kosanović

Odjel za kemiju  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**PRAKTIKUM IZ METODIKE NASTAVE KEMIJE**  
**1. dio**

Interni nastavni radni materijal za studente diplomskog nastavničkog studija

Pripremile: Elvira Kovač-Andrić i Ivana Balić

Osijek

2016.

# SADRŽAJ

## UVOD

Upute za pisanje referata iz Praktikuma iz metodike nastave kemije  
Upoznavanje s radom u laboratoriju, mjere opreza i prva pomoć  
Priprema, kemijski sastav i karakteristike nekih indikatora  
Dobivanje i rukovanje plinovima

## VJEŽBA BR. 1 RAZDVAJANJE SMJESA

- 1.1. Sublimacija amonijeva klorida i joda
- 1.2. Flotacija
- 1.3. Izolacija kofeina iz čaja
- 1.4. Razdvajanje smjese kromatografijom na papiru
- 1.5. Razdvajanje smjese ekstrakcijom
- 1.6. Razdvajanje smjese destilacijom

## VJEŽBA BR. 2. OSNOVNI KEMIJSKI ZAKONI

- 2.1. Zakon o očuvanju mase – reakcija taloženja
- 2.2. Gay – Lussacov zakon spojenih volumena
- 2.3. Dokaz Boyle – Mariotteovog zakona
- 2.4. Dokaz Charles – Gay – Lussacova zakona
- 2.5. Zakon stalnih omjera masa
- 2.6. Određivanje toplinskog koeficijenta rastezanja zraka
- 2.7. Redukcija bakrovog(II) oksida amonijakom

## VJEŽBA BR. 3. VODIK I VODA

- 3.1. Pojednostavljeni Kippov aparat za razvijanje vodika
- 3.2. Razvijanje vodika u rupičastoj epruveti
- 3.3. Redukcija metalnih oksida vodikom
- 3.4. Vodikov praskavac
- 3.5. Razvijanje vodika uzajamnim djelovanjem željeza i vode
- 3.6. Voda kao otapalo
- 3.7. Napetost površine vode

## VJEŽBA BR. 4. KISIK I OZON

- 4.1. Dobivanje kisika iz kalijevog permanganata
- 4.2. Dobivanje kisika iz kalijevog klorata uz katalizator
- 4.3. Dobivanje kisika iz kalijevog permanganata i vodikovog peroksida
- 4.4. Oksidativno djelovanje kalijevog nitrata
- 4.5. Oksidacijsko djelovanje ozona
- 4.6. Ozonizator

## VJEŽBA BR. 5. KLOR

- 5.1. Dobivanje klora iz kalijevog permanganata i klorovodične kiseline
- 5.2. Gorenje svijeće u kloru
- 5.3. Gorenje terpentina u kloru

- 5.4. Reakcije klora s metalima i nemetalima
- 5.5. Reakcija klora i natrija
- 5.6. Klorna voda i natrijev hipoklorit
- 5.7. Dobivanje klora elektrolizom otopine natrijevog klorida
- 5.8. Dobivanje klorovodika i njegovo otapanje u vodi

#### VJEŽBA BR. 6. SUMPOR

- 6.1. Dobivanje rompskog sumpora
- 6.2. Dobivanje monoklinskog sumpora
- 6.3. Fizička svojstva sumpora
- 6.4. Dobivanje koloidnog sumpora
- 6.5. Dobivanje sumporovodika iz sumpora i parafinskog ulja
- 6.6. Dobivanje sumporovog(IV) oksida žarenjem pirita
- 6.7. Kontaktni postupak dobivanja sumporne kiseline
- 6.8. Svojstva sumporne kiseline

#### VJEŽBA BR. 7. DUŠIK

- 7.1. Dobivanje dušika iz amonijevog klorida i natrijevog nitrita
- 7.2. Dobivanje i svojstva amonijaka
- 7.3. Sagorijevanje amonijaka u kisiku
- 7.4. Dobivanje amonijevog klorida
- 7.5. Dobivanje dušične kiseline katalitičkom oksidacijom amonijaka (Pokus po Ostwaldu)

#### VJEŽBA BR. 8. ELEKTROKEMIJA

- 8.1. Krumpir kao elektrokemijski indikator
- 8.2. Elektroliza s topljivom anodom
- 8.3. Elektroliza s netopljivom anodom
- 8.4. Elektroliza otopine olovnog(II) acetata
- 8.5. Anodna oksidacija olova - AKUMULATOR
- 8.6. Konduktometrijska titracija otopine klorovodične kiseline i natrijevog hidroksida
- 8.7. Priprema galvanskog članka
- 8.8. Daniellov članak

#### VJEŽBA BR. 9. ZAGAĐENOST ZRAKA

- 9.1. Razvijanje i dokazivanje sumporovog(IV) oksida
- 9.2. Dokazivanje produkata gorenja kamenog ugljena
- 9.3. Dokazivanje ugljikova(IV) oksida nastalog sagorijevanjem organske tvari
- 9.4. Dokazivanje ugljikovog(IV) oksida u zraku
- 9.5. Dokazivanje produkata gorenja cigarete
- 9.6. Dokazivanje ugljikovih oksida u ispušnim automobilskim plinovima
- 9.7. Dokazivanje benzenskih para u zraku
- 9.8. Aktivni ugljen ne adsorbira ugljikov(II) oksid

#### VJEŽBA BR. 10. ZAGAĐENOST VODE

- 10.1. Vizualno određivanje boje vode
- 10.2. Dokazivanje i polukvantitativno određivanje klorida
- 10.3. Dokazivanje sulfata i polukvantitativna procjena količine sulfata u vodi

- 10.4. Kvalitativno dokazivanje ukupnog željeza u vodi
- 10.5. Dokazivanje nitrata pomoću željezovog(II) sulfata
- 10.6. Dokazivanje nitrata difenilaminom
- 10.7. Dokazivanje nitrata u prisutnosti nitrita
- 10.8. Kvalitativno dokazivanje slobodnog kisika u vodi
- 10.9. Kvantitativno određivanje slobodnog kisika u vodi
- 10.10. Aproximativno određivanje količine primjesa u otpadnim vodama pomoću utroška kalijevog permanganata

VJEŽBA BR. 11. FAKULTATIVNA VJEŽBA

VJEŽBA BR. 12. FAKULTATIVNA VJEŽBA

LITERATURA

## UPUTE ZA PISANJE REFERATA IZ PRAKTIKUMA IZ METODIKE NASTAVE KEMIJE

---

Kemijski pokus obuhvaća kognitivne procese opažanja (percepcije), znanstvene komunikacije (prikazivanje, objašnjenje i analizu rezultata) te donošenje zaključka. S obzirom na to zadatci Praktikuma iz metodike nastave kemije su:

- razvijanje kreativne sposobnosti i usavršavanje vještine rada u laboratoriju
- razvijanje vještine improvizacije pokusa u neprilagođenoj sredini
- razvijanje navike uočavanja promjena i sistematskog promatranja promjena
- razvijanje navike bilježenja rezultata
- razvijanje navike donošenja zaključaka iz rezultata mjerenja
- razvijanje navike iznošenja rezultata opažanja i mjerenja
- ponavljanje i utvrđivanje znanja stečenih tijekom studija
- samostalno i metodički ispravno izvođenje pokusa iz kemije

Stjecanjem vještina i navika tijekom nastave iz ovog kolegija studenti, budući nastavnici kemije, moći će samostalno kreirati nastavni proces te razvijati kemijske spoznaje kod svojih učenika. Jedan od važnih zadataka je i pisanje referata koji mogu biti budućim nastavnicima od velike pomoći prilikom pripreme nastavnog sata. Za pisanje referata iz Praktikuma metodike nastave kemije potrebno je pridržavati se uputa:

- referate pisati na papir formata A4
- istaknuti naslov poglavlja vježbi
- istaknuti naslov svake pojedine vježbe

*Referat za pojedinu vježbu sadrži:*

- Pribor i kemikalije
- Opasnosti i mjere sigurnosti
- Postupak izvođenja vježbe
- Crtež koji je opisan (obilježiti na crtežu korištene kemikalije i njihova agregatna stanja)
- Opažanje
- Objašnjenje opažanja (tekst s pripadnim jednadžbama kemijskih reakcija)
- Rezultati i obrada mjerenih podataka (s pripadnim tablicama rezultata mjerenja)
- Zaključak (uloga izvedenog pokusa u nastavnom procesu)

**Primjer:**

Ime i prezime: \_\_\_\_\_

datum: \_\_\_\_\_

## VJEŽBA BR. 1 RAZDVAJANJE SMJESA

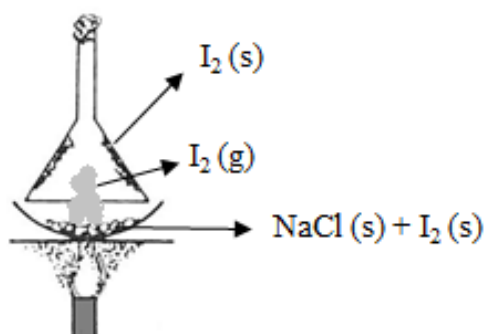
### 1.1. Sublimacija

**Pribor i kemikalije:**

**Opasnosti i mjere sigurnosti:**

**Postupak:**

**Crtež:**



**Opažanje:**

**Obrazloženje:**

**Zaključak:**

# UPOZNAVANJE S RADOM U LABORATORIJU, MJERE OPREZA I PRVA POMOĆ

---

## 1. Opća pravila reda i rada u praktikumu

Prilikom rada u laboratoriju mora se poštivati mjere opreza:

- u praktikumu mora biti red i tišina, zabranjeno je konzumiranje jela i pića
- za vrijeme rada studenti su dužni nositi zaštitne naočale, rukavice i zaštitnu kutu
- prema Zakonu o zaštiti na radu (»Narodne novine«, broj 71/14, 118/14 i 154/14), zaštitne naočale i rukavice se nose kada je na kemikaliji izražen piktogram.
- potrebno je imati papirnate ubruse (za brisanje ruku i laboratorijskog stola) i kutiju šibica
- na početku vježbe preuzima se radno mjesto s inventarom
- zajednički inventar nakon upotrebe odmah se vraća na za to određeno mjesto
- nakon vaganja vagu treba počistiti, a utege uredno složiti u kutiju
- na bocama za reagense čep nakon upotrebe treba odmah vratiti na bocu i zatvoriti (paziti da ne dođe do zamjene čepova)
- tekuće kemikalije koje nisu iskorištene ne smiju se vraćati u bocu za reagense
- ukoliko količina reagensa nije navedena, uzeti što manju količinu
- **krute otpatke i upotrijebljeni filter-papir baciti u kantu za smeće**
- **otpadne otopine koje sadrže koncentrirane kiseline ili lužine, kao i sve otopine kemikalija, treba prethodno dobro razrijediti ulijevanjem u vodu, uz miješanje, a tek tada izliti u izljev**
- **otpatke alkalijskih metala preliterati etanolom kako bi prešli u etokside**
- **otrovne i zagušljive tvari izliti u izljev u digestoru**
- **organska otapala izliti u bocu za otpadna organska otapala**
- **ostatke žive, natrija i fosfora vratiti u posebne, za to određene posude**
- **student mora znati gdje i kako koristiti aparat za gašenje požara te gdje je kutija s pijeskom i ormarić za prvu pomoć**
- prije i po završetku vježbe neophodno je oprati ruke
- prije rada u praktikumu student polaže kolokvij, za vrijeme rada vodi laboratorijski dnevnik, a nakon toga piše referat o izvršenoj vježbi

## 2. Najčešće nezgode pri izvođenju pokusa

### a) MEHANIČKE OZLIJEDE:

– ogrebotine i posjekotine najčešće nastaju prilikom rezanja staklenih cijevi, bušenja čepova, stavljanja staklenih cijevi, termometara ili lijevaka za dokapavanje u čepove i izvlačenja navedenog iz čepa, prilikom sastavljanja i rastavljanja aparatura te uslijed eksplozija

### b) OPEKLINE:

– mogu nastati od kontakta s plamenom, kada se rukom uzimaju vrući predmeti kao što su staklene cijevi, plinski plamenici, željezni tronošci i ostali laboratorijski pribor koji se zagrijava  
– mogu nastati od kemikalija (koncentrirane kiseline i lužine, natrij, brom, fosfor)

### c) TROVANJA:

– najčešća su trovanja kemikalijama ili plinovima koji se razvijaju tijekom izvođenja pokusa  
– prema otrovnosti kemikalije se svrstavaju u 3 skupine:

| 1. skupina                     | 2. skupina         | 3. skupina                        |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| <b>Arsen i njegovi spojevi</b> | Brom i fluorovodik | Kalij, kalijev hidroksid          |
| <b>Fosfor</b>                  |                    | Natrij, natrijev hidroksid        |
| <b>Živa i njeni spojevi</b>    |                    | Jod                               |
| <b>Cijanovodik</b>             |                    | Spojevi: Ba, Pb, Fe, Cu, Zn       |
| <b>Kalijev cijanid</b>         |                    | Anorganske i organske kiseline    |
|                                |                    | Konc. lužine i lužnate otopine    |
|                                |                    | Benzen, eter, ugljikov(IV) sulfid |

### d) EKSPLOZIJE:

– mogu nastati izvođenjem nekih pokusa, a neke kemikalije same ili u smjesi sa zrakom imaju eksplozivna svojstva U nastavku su navedeni samo neki primjeri uzroka eksplozije. Zato je dobro svakom pokusu pristupiti tako kao da je to potencijalni uzročnik eksplozije ili požara. Naime, zbog neznanja ili nedovoljnog opreza, ponekad i bezazleni pokus može biti opasan! O području koncentracija u kojem su neki plinovi i pare zapaljivi pogledati [11].

#### 1. Neki pokusi kod kojih može doći do eksplozija:

– razvijanje i paljenje nekih plinova (vodik, metan, eten, etin, ugljikov(II) oksid)  
– demonstracija eksplozivnih smjesa (vodikov i klorni praskavac)

- neke reakcije su pod utjecajem topline i svjetlosti eksplozivne (supstitucija vodika u metanu klorom i sinteza klorovodika)

2. *Neke eksplozivne tvari:*

- zemni i butan-plin u smjesi sa zrakom su eksplozivni
- pare: etera, benzena, benzina i ugljikovog(IV) sulfida u smjesi sa zrakom su eksplozivne
- smjesa kalijevog klorata i zapaljive tvari je eksplozivna

3. *Primjeri uzroka eksplozije:*

- nepravilno sastavljena aparatura ( začepljena odvodna cijev, nepravilno sastavljena ispiralica itd)
- nepropisno vođenje tijeka kemijske reakcije: prebrzo zagrijavanje, prebrzo dodavanje reagensa, dodavanje reagensa tijekom reakcije
- nepropisno rukovanje s komprimiranim plinovima
- bacanje ostataka natrija, kalcijevog karbida, benzina, benzena, etera u vodu i izljev ili u kantu za smeće

e) **POŽARI:**

- mogu nastati od lako upaljivih tvari koje se po stupnju upaljivosti dijele na dvije skupine:
  - a)** tvari koje se samo djelomično ili uopće ne miješaju s vodom, kao što su eter; benzin; benzen; petrolej i toluen
  - b)** tvari koje se s vodom miješaju u svakom omjeru, a takve su metanol; etanol; aceton
- većina pokusa može izazvati požar: ekstrakcija ulja; dobivanje i gorenje plina, pokusi s bijelim fosforom; natrijem; eterom; benzenom
- svaki izvor topline može izazvati požar: plin, špiritne grijalice, izvori električne struje

### 3. Mjere opreza

Tijekom rada u svakom laboratoriju mogu se dogoditi ozljede i nezgode, ali će se svesti na najmanju moguću mjeru ukoliko se brine o mjerama opreza i zaštite.

- zaštitnim naočalama, rukavicama i kutom štite se oči, ruke i odjeću od prskanja kemikalija
- usta, nos i lice nikada ne stavljati iznad otvora reakcijske posude, čaše, epruvete i sličnog
- kiselost ili lužnatost kemikalija treba utvrditi reagensima, miris usmjeravanjem pare ili plinova zamahom ruke prema nosu, a sadržaj posude promatrati sa strane odnosno kroz staklo
- eksperimente u kojima se razvijaju zagušljivi i otrovni plinovi izvoditi u digestoru s uključenom ventilacijom i do polovine spuštenim prozorom kako bi lice bilo zaštićeno
- pri zagrijavanju epruvete, otvor se ne smije okrenuti prema sebi niti prema susjedu zbog mogućeg nekontroliranog prskanja tekućine, zagrijavati se smije samo posuđe od tankog i vatrostalnog stakla, a nikako odmjerno posuđe
- lako upaljive tvari ne zagrijavati na otvorenom plamenu ili u otvorenoj posudi, već na vodenoj ili parnoj kupelji s povratnim hladilom, lako upaljive tvari nikada ne držati blizu plamena
- pri miješanju tekućina potrebno je koristiti stakleni štapić i potrebno je paziti da se uvijek ulijeva kiselina u vodu, a ne obratno
- boce s reagensima uzimati tako da dlan pokriva etiketu, jer ju eventualno zaostale kapljice mogu oštetiti
- prilikom korištenja različitih reagensa najbolje je čep držati u ruci kako ne bi došlo do zamjene, a po završetku operacije bocu odmah začepiti
- vruće predmete i laboratorijski pribor uzimati laboratorijskim kliještama, pincetom ili krpom
- prilikom dodavanja reagensa kapalicom: kapalica se nikada ne smije uroniti u ispitivanu otopinu, već se prislanja uz rub epruvete; jedna se kapalica koristi za dodavanje samo jedne otopine, u protivnom se i kapalica i gumica moraju oprati običnom i destiliranom vodom
- kod sastavljanja i rastavljanja aparature ne smije se koristiti sila, a ako se cijev uvlači i izvlači iz čepa mora se držati krpom kako bi se spriječile posjekotine ukoliko cijev pukne
- ukoliko se razbije živin termometar sva prolivena živa se pospe prahom cinka ili sumpora, jer su pare žive vrlo otrovne
- kod izvođenja eksperimenata s električnom strujom treba paziti da ruke ne budu mokre ili znojne, kao i bez prstenja, narukvice i sličnog te ne dodirivati izravno rukom vodiče koji su pod naponom
- svi vodiči i pomoćni električni pribor moraju biti izolirani, a struja se uključuje kada je cijela aparatura sastavljena i isključuje odmah po završetku eksperimenta
- prije napuštanja radnog mjesta i laboratorija **provjeriti** jesu li ugašeni svi plinski plamenici; zatvoren dovod plina i vode; isključeni električni grijači i drugi uređaji; spremljeni reagensi na radno mjesto i obrisani radni stol
- kako bi se spriječile zabune i naglasile opasnosti, u laboratoriju se koriste **piktogrami opasnosti**:

## PIKTOGRAMI OPASNOSTI (OZNAČAVANJE OPASNIH KEMIČALIJA)

### 1) VRSTE FIZIKALNE OPASNOSTI KEMIČALIJA

Eksplzivnost – GHS01



Zapaljivost – GHS02



Oksidirajuće – GHS03



Plinovi pod tlakom – GHS04



Nagrizajuće za metal – GHS05



Opasne kemikalije prepoznajemo prema piktogramima opasnosti navedenim na ambalaži.

### 2) VRSTE OPASNOSTI ZA ZDRAVLJE LJUDI

Akutna otrovnost – GHS06



Opasnost niže razine – GHS07



Opasnost po zdravlje – GHS08



Nagrizajuće za kožu;  
teška ozljeda oka – GHS05



Uz piktograme se navode oznake opasnosti (riječi kojima se označava relativna razina opasnosti);  
OPASNOST – viša razina opasnosti;  
UPOZORENJE – niža razina opasnosti.

### 3) VRSTE OPASNOSTI ZA OKOLIŠ

Opasnost za okoliš – GHS09



Opasnost za ozonski sloj – GHS07



Prikazani piktogrami propisani su Uredbom (EU) Br.1272/2008., koja je obavezujući propis na cijelom području Europske unije, a koja se temelji na UN-ovom GHS-u (Globalno harmoniziranom sustavu).



## Pružanje prve pomoći

Prilikom bilo koje nesreće u laboratoriju nužno je utvrditi čime je i na koji način došlo do nje, a zatim treba procijeniti i veličinu nesreće. To je potrebno kako bismo unesrećenomu pružili prvu pomoć, odnosno zatražili liječničku pomoć.

### a) MEHANIČKE OZLJEDE (posjekotine prstiju i ruku)

- prije pružanja prve pomoći potrebno je izvaditi komadiće stakla, drva ili metala, ako je manja ozljeda dezinficirati ju (sprej za dezinfekciju) i pokriti flasterom ili previti sterilnom gazom.
- kapilarno krvarenje zaustavlja se samo po sebi, ukoliko je potrebno zaustavlja se lokalnim pritiskom
- kod većih mehaničkih ozljeda zaustavlja se krvarenje pomoću kompresivnog zavoja ili podvezivanjem gumenom cijevi ili tkaninom između rane i srca, uputiti liječniku

### b) OPEKLINE

- svaku opeklinu potrebno je prvo intenzivno rashladiti ledenom vodom ili vodom pod pipom deset do petnaest minuta. Nakon toga opeklinu dezinficirati 3 %-tnim vodikovim peroksidom (samo plitke rane), te na kraju staviti na opeklinu sterilnu gazu namočenu mašću protiv opekline za bržu epitelizaciju. NE PREPORUČA SE KORISTITI: alkohol za dezinfekciju, vatu umjesto sterilne gaze, jestivo ulje umjesto masti protiv opekline, kako bi se smanjila vjerojatnost dodatnog inficiranja.
- ukoliko je manja opekline; koža je ostala cijela, ranu se može previti gazom natopljenom kalijevim permanganatom (prije pojave plika)
- ukoliko je opekline nastala diranjem vrućeg predmeta koristiti mast za opekline te na opeklinu staviti sterilnu gazu
- u slučaju većih opekline potrebno je zatražiti liječničku pomoć
- ako je uzrok opekline kiselina: ranu isprati vodom, zatim 5 % otopinom natrijevog hidrogenkarbonata te ponovo vodom
- izuzetak je sumporna kiselina: pri razrjeđivanju sumporne kiseline vodom razvija se velika količina topline što može izazvati još veću opeklinu, zato kiselinu prvo pokupiti s rane krpom ili papirom, a zatim kožu isprati s mlazom hladne vode i neutralizirati zasićenom otopinom natrijevog hidrogenkarbonata
- fluoridna kiselina i njezine pare vrlo brzo difundiraju kroz kožu te poliveno mjesto dugotrajno natapati 5 % otopinom natrijevog hidrogenkarbonata
- ukoliko je uzrok opekline lužina: ranu isprati vodom, zatim 3 % otopinom octene kiseline i ponovo vodom
- jače opekline od lužina i kiselina: staviti mast za opekline, zatim sterilnu gazu i uputiti liječniku
- opekline od natrija: prije pružanja prve pomoći odstraniti ostatke natrija pincetom, isprati opečeno mjesto alkoholom, zatim isprati vodom, nakon toga 3 % otopinom octene kiseline te na kraju staviti na opeklinu sterilnu gazu namočenu mašću za opekline
- opekline od bijelog fosfora: prvo opeklinu isprati vodom, a zatim 5 % otopinom natrijevog hidrogenkarbonata

- rastaljeni sumpor: prvo opeklinu isprati bakrovim(II) sulfatom ( $w(\text{CuSO}_4) = 2\%$ ) ili natrijevim hidrogenkarbonatom ( $w(\text{NaHCO}_3) = 5\%$ )
- opekline bromom: prvo opeklinu isprati otopinom natrijevog hidrogenkarbonata ( $w(\text{NaHCO}_3) = 5\%$ ), zatim lakim benzinom ili petroleterom te na opečeno mjesto namazati mast za opekline
- ukoliko kiselina dospije u oko: oko isprati prvo vodom, a zatim 1 % otopinom natrijevog hidrogenkarbonata
- ukoliko lužina dospije u oko: oko prvo isprati vodom, a zatim 1 % otopinom borne kiseline
- nakon pružanja prve pomoći obavezan pregled kod specijalista za oči

### c) TROVANJA

- ukoliko je neka kruta ili tekuća tvar u ustima, a nije progutana, treba ju odmah izbaciti, usta dobro isprati više puta vodom i zatim piti mlijeko
- ukoliko je progutana tvar, hitno pozvati liječnika, a unesrećenom u međuvremenu pružiti prvu pomoć
- ukoliko je progutana kiselina: usta isprati vodom, zatim popiti vapnenu vodu ili magnezijev oksid (75 g MgO u 500 mL vode), *bez izazivanja povraćanja*
- ukoliko je progutana lužina: usta isprati vodom, zatim popiti sok od limuna ili naranče (ili 5 % otopina octene kiseline), *bez izazivanja povraćanja*
- ukoliko je progutana tvar fosfor: izazvati povraćanje i popiti 1 % otopinu modre galice
- ukoliko je progutana tvar brom: izazvati povraćanje i popiti 5 % natrijevog hidrogenkarbonata, zatim popiti mlijeko
- ukoliko je progutana tvar sol teških metala: popiti mlijeko ili bjelanjak (4 bjelanjka u 1 litri vode)
- *opći protuotrov*: koristi se ukoliko tvar koja je izazvala trovanje nema specifični protuotrov ili se ne zna čime je uzrokovano trovanje:

2 masena djela aktivnog ugljena + 1 dio magnezijevog oksida  
ili

2 djela aktivnog ugljena + 1 dio tanina + 1 dio magnezijevog oksida  
(jedna žličica na čašu vode)

- ukoliko su uzrok trovanja plinovi: unesrećenog izvesti na svježi zrak, otkopčati ovratnik (ukoliko je potrebno dati umjetno disanje i uputiti liječniku)
- ukoliko su uzrok trovanja pare klora ili pare broma: inhalirati pare amonijaka ili alkohola
- ukoliko su uzrok trovanja pare amonijaka ili pare alkohola: inhalirati pare vrele vode

#### 4. Gašenje požara

Sredstva za gašenje požara u laboratoriju su: pijesak, krpa-deka, aparat za gašenje požara s ugljikovim(IV) oksidom. Aparati za gašenje s prahom dobro će ugasiiti manji požar, ali će pri tome jako isprljati i one uređaje i dijelove prostorije koji nisu bili gašeni, pa se stoga ne preporuča korištenje ovakvih aparata u laboratoriju.

U laboratoriju se ne koriste voda i vatrogasni aparati s pjenom, jer mogu izazvati još veću štetu prilikom gašenja električnih instalacija. Na otvorenom prostoru se mogu koristiti i voda i vatrogasni aparati s pjenom.

Manje požare gasiti samostalno pri čemu se gase plamenici i uklanja sve što je upaljivo, a za veće požare zvati vatrogasce (193 i 112 za bilo kakvu pomoć)

Ukoliko gori:

- drvo ili slična tvar: vatru gasiti aparatom za gašenje požara s ugljikovim(IV) oksidom
- alkohol, aceton, terpentini: koristiti aparat za gašenje požara s ugljikovim(IV) oksidom
- benzen i benzin: vatru gasiti pijeskom ili aparatima s ugljikovim(IV) oksidom
- eter i druga organska otapala: vatru gasiti pijeskom
- natrij i kalij: vatru gasiti aparatima s ugljikovim(IV) oksidom ili suhim pijeskom. Pri tome treba jako dobro razlikovati suhi pijesak od pijeska koji nije sasvim suh, jer vlaga iz pijeska može pojačati ovakav požar
- magnezij: vatru gasiti suhim pijeskom
- sumpor: vatru gasiti pijeskom ili aparatima s ugljikovim(IV) oksidom
- fosfor: vatru gasiti vlažnim pijeskom

Ukoliko nekome gori radna kuta ili odijelo, osoba ne smije trčati, jer se tada pojačava plamen.

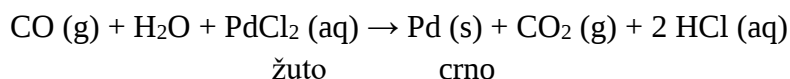
## PRIPREMA, KEMIJSKI SASTAV I KARAKTERISTIKE NEKIH INDIKATORA

---

### 1. INDIKATORI ZA DOKAZIVANJE UGLJIKOVOG(II) OKSIDA

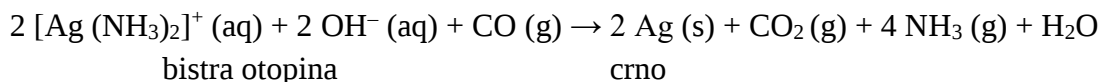
#### a) otopina paladijevog(II) klorida

- *priprema*: 0,44 g  $\text{PdCl}_2$  otopiti u 250 mL razrijeđene klorovodične kiseline (10 mL koncentrirane  $\text{HCl}$  u 1000 mL vode), otapanje je sporo, pa je najbolje ostaviti da se reakcija odvija preko noći
- *primjena*: žuto obojena otopina paladijevog(II) klorida u reakciji s ugljikovim(II) oksidom pocrni od izlučenog elementarnog paladija:



#### b) amonijačna otopina srebrovog nitrata

- *priprema*: pomiješati 1 mL otopine srebrovog nitrata ( $w(\text{AgNO}_3) = 2\%$ ), 1 mL otopine amonijevog hidroksida ( $w(\text{NH}_4\text{OH}) = 25\%$ ), 5 mL otopine kalijevog hidroksida ( $w(\text{KOH}) = 10\%$ ) i 10 mL destilirane
- *primjena*: dobiveni reagens se koristi za dokazivanje ugljikovog(II) oksida pri čemu nastaje crni talog od izlučenog srebra:

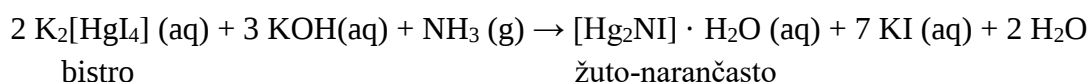


- amonijačna otopina srebrovog nitrata sadrži diaminsrebrov(I) kation i naziva se Tollensov reagens
- Tollens-ov reagens može biti indikator za aldehide:



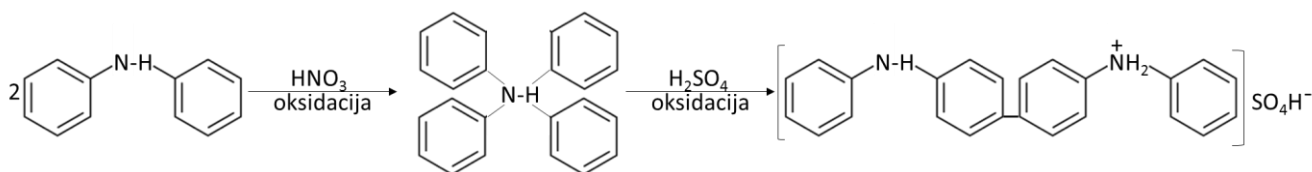
## 2. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE AMONIJAKA, Nessler-ov reagens:

- *priprema*: 50 g kalijevog jodida otopiti u 35 mL destilirane vode, tome dodati zasićenu otopinu živinog(II) klorida do pojave taloga, nakon toga dodati 400 mL otopine natrijevog hidroksida ili kalijevog hidroksida koncentracije 9 mola/dm<sup>3</sup> i dopuniti destiliranom vodom do 1000 mL. Priređeni reagens se ostavi razbistriti, a zatim se dekantira. Bistra otopina je Nesslerov reagens koji se čuva u tamnoj boci
- *primjena*: Nesslerov reagens služi za dokazivanje amonijaka pri čemu nastaje žutonarančasto obojenje. Boja se mijenja ovisno o količini uvedenog amonijaka:



## 3. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE DUŠIČNE KISELINE, difenilamin ((C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>NH)

- *priprema*: 0,5 g difenilamina otopiti u smjesi od 100 mL koncentrirane sumporne kiseline i 20 mL destilirane vode. Otopina mora biti bistra i bezbojna, te svježe pripravljena.
- *primjena*: difenilamin se koristi za dokazivanje dušične kiseline pri čemu se otopina oboji modro:



## 4. KISELO-BAZNI INDIKATORI

### a) Fenolftalein

- *priprema*: 1 g fenolftaleina otopiti u 70 mL etanola i dopuniti vodom do 100 mL, pH područje u kojem fenolftalein mijenja boju je od 8,3 – 10,5, iz bezbojne prelazi u ljubičastu boju

### b) Metiloranž

- *priprema*: 0.2 g metiloranža otopiti u malo vode, a zatim dopuniti vodom do 100 mL, mijenja boju u području pH 3,1 – 4,4, iz narančaste prelazi u crvenu boju

5. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE ŠKROBA, Lugolova otopina:

- *priprema*: 2 g joda + 4 g kalijevo jodida otopiti u 94 mL vode
- *primjena*: Lugolova otopina sa škrobom reagira mijenjajući boju iz smeđe u modro, pri tome ne nastaje neka specifična kemijska reakcija između joda i škroba, već adsorpcija joda na koloidne čestice škroba, a modra boja potječe od adsorpcijskog spoja. Povišenjem temperature modra boja nestaje, ali se hlađenjem vraća ( ioni  $I_5^-$  ulaze u spiralni dio molekule škroba → modro obojenje)

6. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE KLORA:

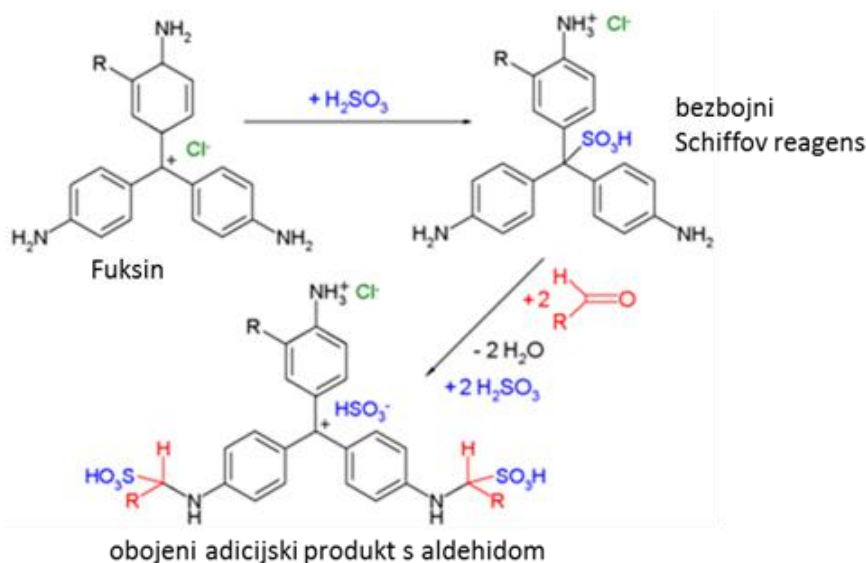
- bezbojna otopina KJ i škroba koja u reakciji s klorom pomodri

7. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE SUMPOROVOG(IV) OKSIDA, Fuksin

- tamno zelena zrnca fuksina otopiti u vodi pri čemu otopina postaje tamno crvena, a u reakciji sa  $SO_2$  postaje bezbojna otopina. Fuksin se također naziva i rozanilinsko (trifenilmetansko) bojilo.

8. INDIKATOR ZA DOKAZIVANJE ALDEHIDA (Schiffov reagens):

- *priprema*: 1g fuksina otopiti u 60 mL vruće vode, ohlađenu otopinu pomiješati s otopinom od 2,5g natrijevog sulfita i 10 mL vode, te miješajući dodati 1 mL koncentrirane klorovodične kiseline, ostaviti 2 sata i nakon toga filtrirati. Reagens treba biti blago obojen žućkasto ili zelenkasto, ali ne smije biti ružičast, čuvati na tamnom i hladnom.
- *primjena*: u reakciji s aldehydom bezbojni Schiffov reagens pocrveni:

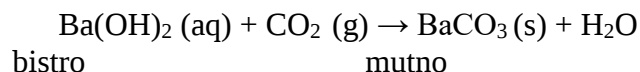


## 9. INDIKATORI ZA DOKAZIVANJE UGLJIKOVOG(IV) OKSIDA:

a) baritna voda :

– *priprema*: 9 g barijevog hidroksida otopiti u 100 mL vode, ostaviti mirovati 1 sat, a zatim dekantirati, bistru otopinu čuvati u boci zatvorenoj s gumenim čepom.

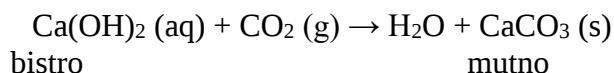
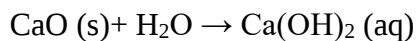
– *primjena*: baritna voda je bezbojna vodena otopina barijevog hidroksida, koja u reakciji s ugljikovim(IV) oksidom daje bijeli barijev karbonat od kojeg se otopina zamuti:



b) vapnena voda:

– *priprema*: 1-2g kalcijevog oksida otopiti u 100-200 mL vode, miruje 1 sat, dekantirati i bistru otopinu čuvati u boci zatvorenoj s gumenim čepom

– *primjena*: vapnena voda je po kemijskom sastavu kalcijev hidroksid, koja u reakciji s ugljikovim(IV) oksidom daje kalcijev karbonat pa se bistra vapnena voda zamuti:



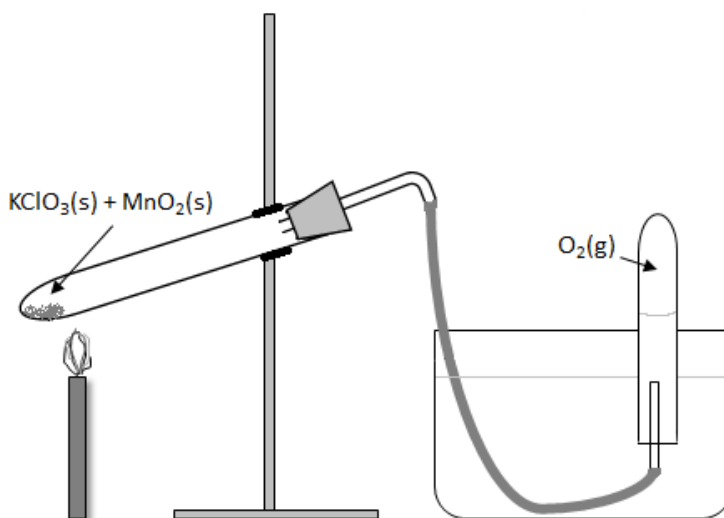
## DOBIVANJE PLINOVA I RUKOVANJE PLINOVIMA

---

### 1. Dobivanje plinova

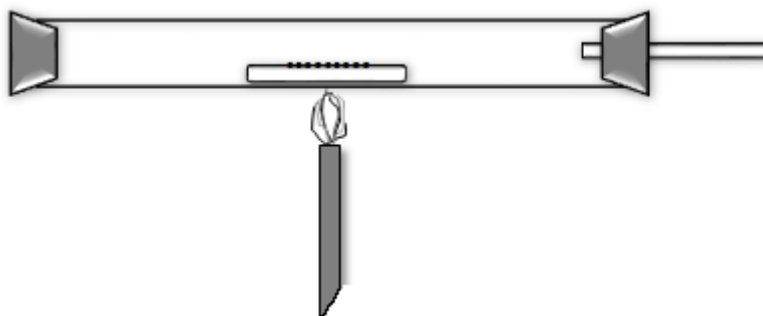
a) Dobivanje plinova zagrijavanjem **čvrstih tvari** u epruveti, retorti ili reakcijskoj tikvici (slika 1).

Dobivanje kisika :  $2 \text{KClO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{MnO}_2(\text{s})} 2\text{KCl}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$



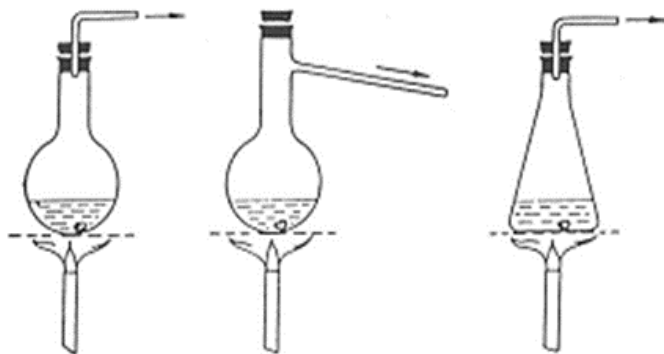
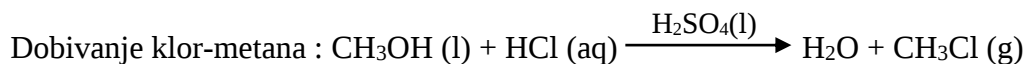
Slika 1. Aparatura za dobivanje kisika

– ukoliko se plin razvija zagrijavanjem čvrste tvari na visokoj temperaturi čvrstu tvar zagrijavati u porculanskoj ladici smještenoj u željeznoj ili kvarcnoj cijevi (slika 2).



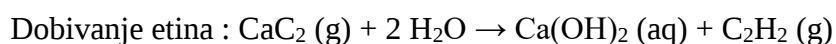
Slika 2. Zagrijavanje čvrste tvari u kvarcnoj cijevi

b) Dobivanje plinova zagrijavanjem **tekućine** u tikvici s okruglim dnom, tikvici za destilaciju ili Erlenmayerovoj tikvici (slika 3).

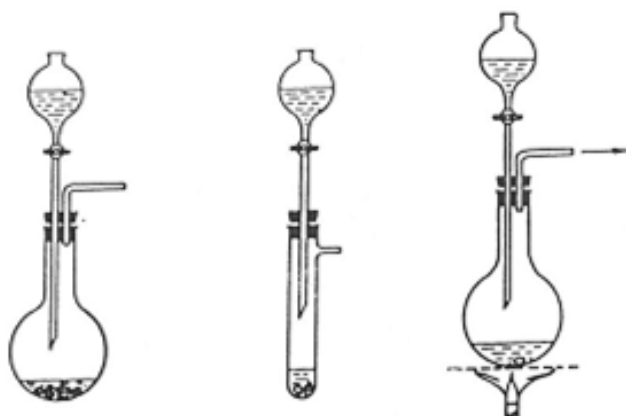


Slika 3. Aparatura za razvijanje plina zagrijavanjem tekućine

c) Dobivanje plinova dokapavanjem **tekućine na čvrstu tvar** ili **tekućine na tekućinu** (slika 4).



Reaktante dokapavati iz lijevka za dokapavanje u tikvicu s okruglim dnom, epruvetu za odsisavanje ili tikvicu za destilaciju.



Slika 4. Aparatura za razvijanje plina dokapavanjem tekućine na čvrstu tvar ili drugu tekućinu

Za dobivanje većih količina plinova ili stalan protok plina koristi se (slika 5a) **Kipp-ov aparat**. To je staklena dvojna posuda debljih stjenki. Sastavljen je od dva dijela:

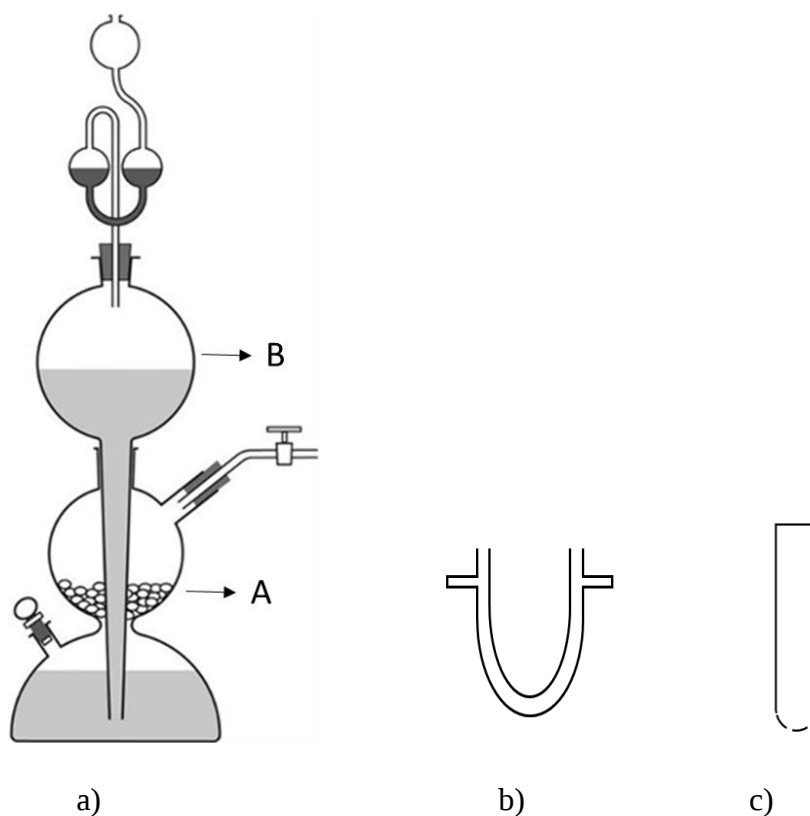
- (A) kruškasti dio koji sadrži čvrstu tvar. U gornjem je dijelu kruškaste posude cijev s pipcem za odvod plina
- (B) loptasti lijevak koji sadrži tekućinu (kiselina).

Rad s Kipp-ovim aparatom:

Otvaranjem pipca, kiselina istječe iz loptastog lijevka (B) u kruškasti dio (A), pri čemu razina u posudi (A) raste i dolazi u kontakt s čvrstom tvari. Pri reakciji se razvija plin koji ispuni srednju kuglu, odnosno gornji dio posude (A) te izlazi kroz pipac. Zatvaranjem pipca prekida se izlaz plina, ali reakcija dalje teče. Oslobođeni plin se skuplja u srednjoj kugli i svojim pritiskom vraća kiselinu u loptasti lijevak.

Pipac se mora uvijek postepeno otvarati kako kiselina ne bi došla u nagli kontakt s čvrstom tvari, jer bi se zbog velike količine plina mogla razbiti posuda.

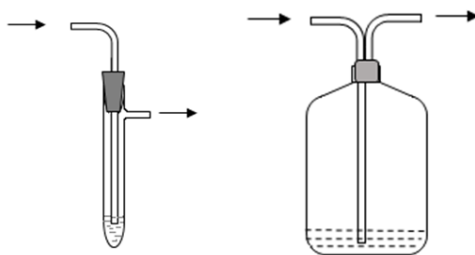
U školskim laboratorijima često se koriste modificirane aparature Kipp-ovog aparata, npr. (slika 5b) „U” cijev ili rupičasta epruveta (slika 5c).



Slika 5. a) Kippov aparat (izumio Petrus Jacobus Kipp (1804-1864)), b) „U” cijev, c) rupičasta epruveta

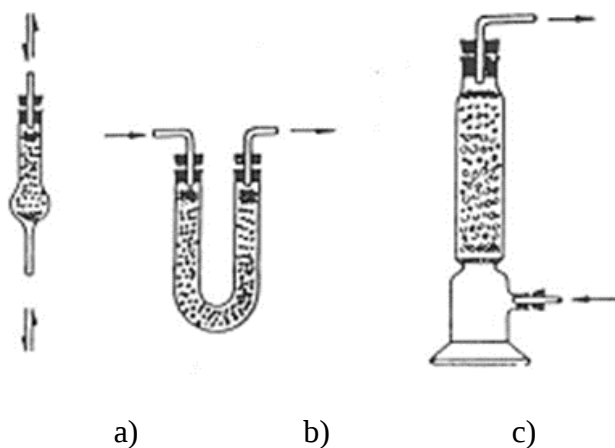
## 2. Čišćenje i sušenje plinova

Plinovi dobiveni na neki od opisanih načina često su onečišćeni vodenom parom ili kapljicama kiseline upotrijebljene za razvijanje plina. Da bi plin postao suh i čist, što je često potrebno, propušta ga se kroz ispiralicu, tornjić za sušenje ili cijev kao što je „U“ cijev ili klor-kalcijevu cijev ispunjenu odgovarajućim sredstvom za čišćenje, odnosno sušenje. Ukoliko nema ispiralice može ju se zamijeniti epruvetom za odsisavanje ili reagens bocom (slika 6).



Slika 6. Različite izvedbe ispiralice za sušenje i čišćenje plinova

Ukoliko je sredstvo za sušenje u krutom stanju koristi se tornjić za sušenje, a može se improvizirati pomoću „U“ cijevi ili klor-kalcijevu cijevi (slika 7).



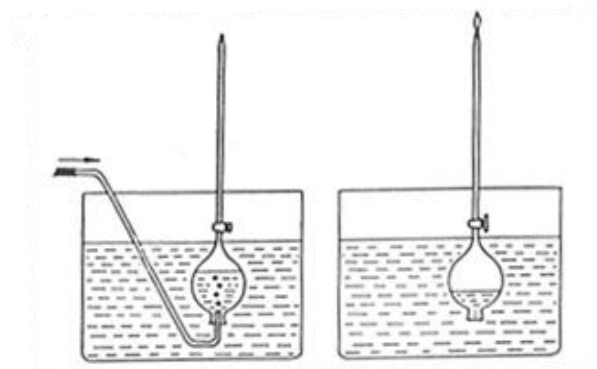
Slika 7. Čvrsta sredstva za sušenje plinova stavljaju se u (a) klor-kalcijevu cjevčicu; (b) „U“ cijevi; (c) tornjiće za sušenje plinova

### 3. Sakupljanje i čuvanje plinova

Plinove se najčešće sakuplja istiskivanjem zaporne tekućine. Ukoliko je zaporna tekućina voda, koristi se pneumatsku kadu napunjenu vodom, te epruvete, tikvice ili cilindre koje se pod vodom začepe gumenim čepom ili staklenom pločicom.

Pri izvođenju demonstracijskih pokusa koristi se pneumatsku kadu, koja može imati viseći most, a na njega se stavlja stakleni cilindar ili tikvicu.

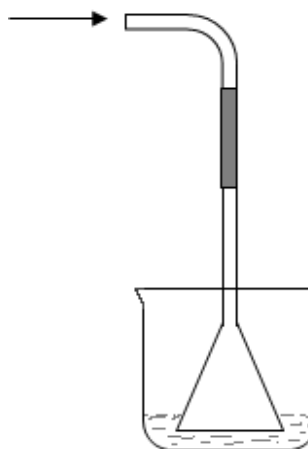
Za sakupljanje zapaljivih plinova, koje se želi ispitati samo na gorenje, praktično je upotrijebiti lijevak za dokapavanje kojem se na vrat gumenom cjevčicom doda kapilarno suženu staklenu cjevčicu (slika 8). Otvaranjem pipca lijevka voda iz kade potiskuje plin sakupljen u kruški lijevka.



Slika 8. Skupljanje plina u lijevku za dokapavanje

Plinove koji **reagiraju s vodom** ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  i dr.), sakuplja se na isti način, ali iznad dibutil-ftalata (u kadi je dibutil-ftalat). Otapanje plinova u vodi najbolje je demonstrirati pomoću okrenutog staklenog lijevka uronjenog u čašu vode (slika 9).

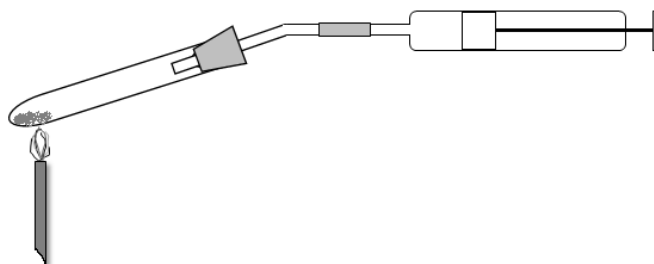
Slika 9. Prikaz topljivosti plina u vodi. U čašu naliti malo vode, razina vode u lijevku raste sve do polovice visine stožastog dijela lijevka i tada u lijevak počinje ulaziti zrak.



Najbolja zaporna tekućina je živa, ali njeno korištenje u nastavi je zabranjeno. Plinove se može sakupljati i istiskivanjem zraka. Plin se hvata u otvoreni cilindar pri čemu cijev za odvod plina mora dosegnuti dno cilindra. Plinove čija je relativna molekulska masa manja od relativne molekulske mase zraka sakuplja se u cilindru s otvorom prema dolje, a obrnuto s otvorom prema gore.

**Kopp-ov broj  $\approx 29$** , ako je relativna molekulska masa plina manja od 29 plin je lakši od zraka ( $M_r(\text{NH}_3) = 17$ ); ( $M_r(\text{Cl}_2) = 70$ ).

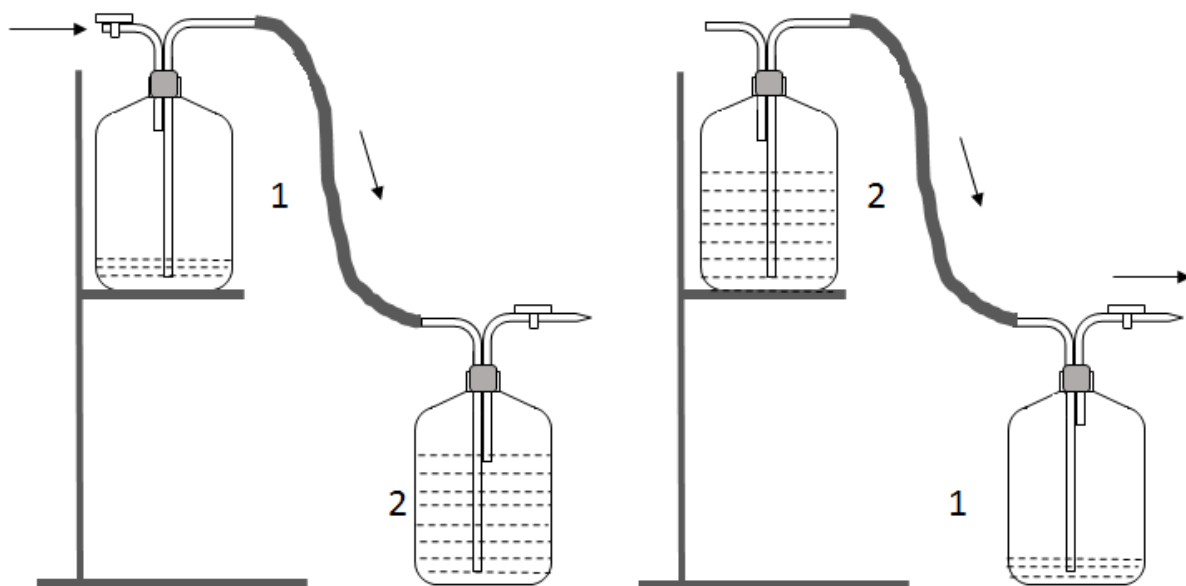
Za sakupljanje i kvantitativno mjerenje u pokusima s plinovima jako su prikladne staklene medicinske injekcijske šprice s malim trenjem klipa (slika 10).



Slika 10. Sakupljanje plina u injekcijsku špricu

Za čuvanje plina koristi se vodeni aspirator (gazometar). Ima ih različitih izvedbi, a najpraktičniji je aspirator s dvije boce (slika 11).

Punjenje aspiratora: bocu br.1. napunjenu vodom do čepa sa staklenim pipcem postavi se na višu policu, a praznu bocu br.2. na nižu. Plin potiskuje vodu iz gornje boce u donju. Kada je boca br.1. napunjena plinom zatvori se pipac na dovodu plina, a bocama se zamijene mjesta. Sada voda iz boce br.2. koja je na višoj razini potiskuje plin iz boce 1. Otvaranjem i zatvaranjem pipca na boci 1. Regulira se potrebnu količinu ili brzinu strujanja plina.

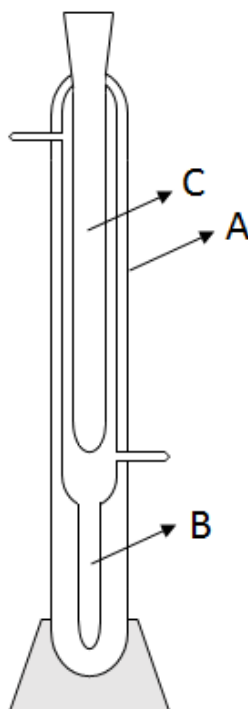


Slika 11. Punjenje i pražnjenje gazometra plinom

Za pokuse se ne smije sakupljati plinove koji sa zrakom stvaraju eksplozivne smjese. Prije punjenja potrebno je uvijek uliti svježu vodu, jer u prethodno korištenoj vodi može zaostati otopljenog plina. Na aspirator se mora nalijepiti etiketa s natpisom koji je plin u njemu i datum punjenja. Puni se neposredno iz generatora plina ili čelične boce s komprimiranim plinom.

#### 4. Likvefakcija (ukapljivanje) plinova

Temperatura pri kojoj plin prelazi u tekuće stanje ovisi o tlaku. Pri istom tlaku temperatura ukapljivanja je različita za različite plinove, obično su to niske temperature. Za pokuse se koristi plinove koje se može prevesti u tekućinu pri običnom atmosferskom tlaku i pri temperaturama koje se mogu postići uobičajenim rashladnim smjesama. Pribor za ukapljivanje plinova: cijev za kondenzaciju i aparat za demonstraciju likvefakcije plinova (slika 12).



Slika 12. Uređaj za likvefakciju plinova sastoji se od tri dijela: A – izolacijski plašt, B – rezervoar za ukapljeni plin, C – uložak za punjenje rashladne smjese. Suhi plin se uvodi kroz donju cijevčicu. Plin se pomoću rashladne smjese ukapluje i skuplja u cijevi B. Za ukapljivanje plinova najčešće se koriste rashladne smjese navedene u tablici 1.

Tablica 1. Rashladne smjese

| Temperatura | Sredstvo za hlađenje                                                                  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| do 0 °C     | sitnjeni led                                                                          |
| do -20 °C   | mjesa od 3 težinska dijela leda i 1 dijela NaCl                                       |
| do -35 °C   | mjesa od 2 težinska dijela leda i 3 dijela $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ |
| do -70 °C   | aceton (etanol) + komadi suhog leda (čvrsti $\text{CO}_2$ )                           |
| do -100 °C  | hladni led u metanolu                                                                 |

## 5. Rad s komprimiranim plinovima

Čelične boce s komprimiranim plinovima najčešći su izvor većih količina plinova u laboratoriju, ali i u industriji. Plinovi s kritičnom temperaturom (*temperatura iznad koje se plin ne može prevesti u tekućinu*) ispod sobne temperature nalaze se u čeličnim bocama u plinovitom stanju i pod visokim tlakom (150-200 bara). Plinovi s kritičnom temperaturom iznad sobne temperature u bocama su u tekućem stanju, a tlak u boci ovisi samo o temperaturi i ostaje nepromijenjen sve dok u boci ima tekuće faze. Sadržaj boca označava se obojenim prstenom u gornjem dijelu:

**PLAVA** → kisik,

**ZELENA** → dušik,

**CRVENA** → vodik i svi **zapaljivi** plinovi

**ŽUTOZELENA** → klor,

**ŽUTA** → amonijak,

**BIJELA** → etin,

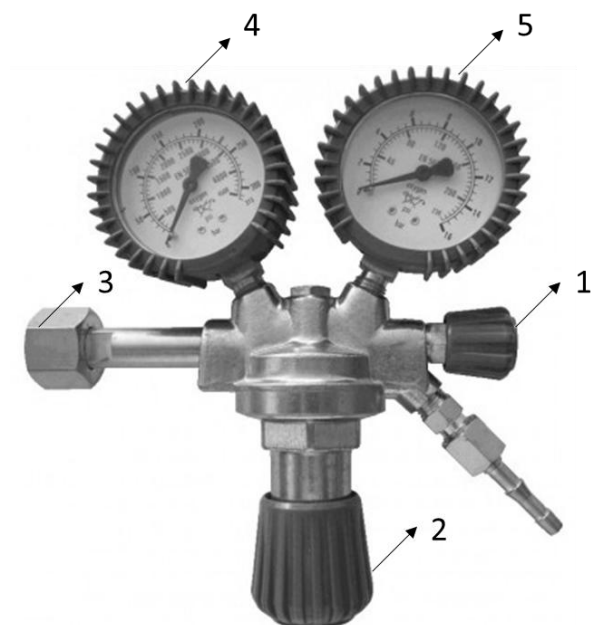
**SMEĐA** → svi **nezapaljivi** plinovi.

Svaka boca ima ventil za punjenje odnosno pražnjenje plina preko kojeg se stavlja zaštitna čelična kapa. Za **nezapaljive** plinove zaštitna kapa ima normalan desni navoj, a za **zapaljive** lijevi. Na ispust svakog ventila stavlja se zaštitnu maticu, koja sprječava slučajno ispuštanje plina za vrijeme transporta, ona ima lijevi navoj ako je u boci zapaljivi plin.

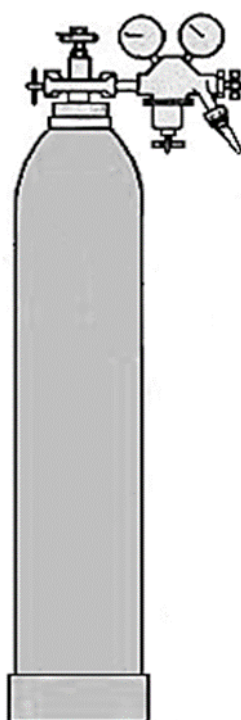
### Redukcijski ventil

Nakon provjere je li ventil na boci zatvoren, viličastim ključem se skine zaštitnu maticu i postavlja se redukcijski ventil (slike 13 i 14). On služi za **redukciju**, odnosno *smanjenje visokog tlaka plina u boci na niži, obično atmosferski tlak*. Ventile za zapaljive plinove ne može se postaviti na boce s nezapaljivim plinovima i obrnuto. Maticu i dijelove redukcijskog ventila ne smije se podmazivati. Sve neispravne dijelove potrebno je slati na popravak u ovlaštenu radionicu.

Kada je redukcijski ventil (Slika 13.) dobro pričvršćen na čeličnu bocu potrebno je ponovno provjeriti je li ventil za zatvaranje redukcijskog ventila (1) potpuno zatvoren i je li navoj za reduciranje tlaka (2) do kraja potpuno izvijen. Tek tada je dozvoljeno lagano otvarati ventil na čeličnoj boci (3). Na manometru bližem čeličnoj boci (4) može se očitati tlak u boci. Pritezanjem navoja za redukciju postiže se željenu vrijednost reduciranog tlaka, koju se može pročitati na desnom manometru (5). Preko ventila za zatvaranje plin se pomoću gumenog crijeva pušta u aparaturu, obično kroz ispiralicu zbog čišćenja ili kontrole protoka.



Slika 13. Redukcijski ventil



Slika 14. Redukcijski ventil na čeličnoj boci za plin

### RASTAVLJANJE HOMOGENIH I HETEROGENIH SMJESA

Homogene i heterogene smjese može se odgovarajućim operacijama rastaviti na čiste tvari od kojih su sastavljene, a to su postupci dekantiranja, filtriranja, sublimacije, flotacije, destilacije, kromatografije, ekstrakcije i dr.

*Dekantiranje* je odlijevanje bistre tekućine iznad taloga nakon mehaničkog taloženja čvrstih dispergiranih čestica u njoj.

*Filtriranje* je postupak odvajanja čvrste tvari od tekućine propuštanjem suspenzije kroz filter. Na filteru zaostaje talog, a kroz filter prolazi filtrat. Filtrirati se može i plinske heterogene smjese.

*Sublimacija* je prijelaz tvari iz čvrstog izravno u plinovito stanje bez prethodnog prijelaza u tekućinu. To svojstvo pokazuju suhi led (smrznuti CO<sub>2</sub>), jod, amonijev klorid, naftalen, kamfor i dr.

*Flotacija* je postupak odjeljivanja hidrofobne čvrste tvari od hidrofilnih pomoću mjehurića zraka. Propuhivanjem zraka kroz suspenziju, u koju su dodane tvari za lakše stvaranje pjene, stvaraju se mjehurići zraka koji se hvataju na hidrofobnu tvar i iznose je na površinu.

*Destilacija* je postupak koji služi za odjeljivanje ili pročišćavanje komponenti iz njihovih smjesa. Tekućina se zagrijava do temperature vrelišta, a nastale se pare provode kroz hladilo, gdje se ponovno kondenziraju u tekućinu, i prikupljaju kao destilat. Destilacija se temelji na svojstvu tekućina da pri povišenoj temperaturi prelaze u plinovito stanje zbog slabih privlačnih sila između molekula. To se događa pri vrelištu. Vrelište je temperatura pri kojoj tlak para tekućine postaje jednak atmosferskom (101 325 Pa) te su tekućina i njezine pare u ravnoteži. Sastav pare u pravilu je različit od sastava otopine. Vrelište tekućine mijenja se s promjenom tlaka.

Frakcijska destilacija je postupak parcijalnog odjeljivanja hlapljivih komponenata iz otopine te postupno sakupljanje frakcija u određenim temperaturnim intervalima. Napredovanjem frakcijske destilacije mijenja se sastav tekućine i sastav pare. Pare su bogatije hlapljivim komponentama nižeg vrelišta, a temperatura destilacije postupno raste.

Vakuumska destilacija je destilacija pri sniženom tlaku. Snižavanjem tlaka snižava se temperatura vrelišta pa je moguća destilacija tvari koje bi se razgradile pri povišenoj temperaturi.

*Kromatografija* je metoda odvajanja koja se zasniva na različitoj raspodjeli komponenti uzorka između dvije faze od kojih je jedna nepokretna (stacionarna) a druga pokretna (mobilna). Stacionarna faza može biti čvrsta ili tekuća, a mobilna tekuća (tekućinska kromatografija) ili plinovita (plinska kromatografija). Komponente se pod utjecajem mobilne faze kreću kroz stacionarnu fazu različitom brzinom i tako se razdvajaju.

Kromatografija u koloni (na stupcu) je metoda kod koje se mobilna faza, pod utjecajem tlaka ili gravitacije, kreće kroz usku cijev koja je ispunjena stacionarnom fazom. Kolonska kromatografija najčešće se koristi za separiranje uzorka, kako bi se izdvojila željena komponenta iz smjese. Stacionarna faza može biti čvrsta ili tekuća, a mobilna tekuća (tekućinska kromatografija) ili plinovita (plinska kromatografija). Ovisno o agregatnom stanju mobilne faze razlikuju se plinska (eng. *gas chromatography*, GC) i tekućinska kromatografij (eng. *liquid chromatography*, LC).

Papirna kromatografija je tip planarne kromatografije kod koje se kao stacionarna faza koristi filter papir. Mobilna faza (otapalo ili smjesa otapala) u koju je uronjen rub filter papira kapilarnim silama širi se prema vrhu papira. Pojedini sastojci smjese putuju različitim brzinama u smjeru širenja otapala kroz filter papir.

Tankoslojna kromatografija (TLC) je tehnika koja služi za odvajanje komponenti iz smjese na temelju njihovog različitog polariteta. Kap uzorka stavi se na ravan list presvučen silicijevom kiselinom. Otapalo koje natapa list nosi uzorak prema rubu lista. Različite komponente prijeći će različitu udaljenost. TLC se koristi za provjeru prisutnosti droge u urinu.

*Ekstrakcija* je izdvajanje tvari iz homogenih smjesa na osnovi njene različite topljivosti u različitim otapalima koja se međusobno ne miješaju. Kada se otopina neke tvari dovede u kontakt s drugim otapalom otopljena tvar će se zbog različite topljivosti raspodijeliti između njih. Ekstrakcija je učinkovita i brza metoda razdvajanja i koncentriranja tvari. Ekstrakciju je bolje izvesti više puta s manjom količinom otapala.

Ekstrakcija se opisuje Nernstovim zakonom razdjeljenja:

$$K = \frac{c(A)}{c(B)}$$

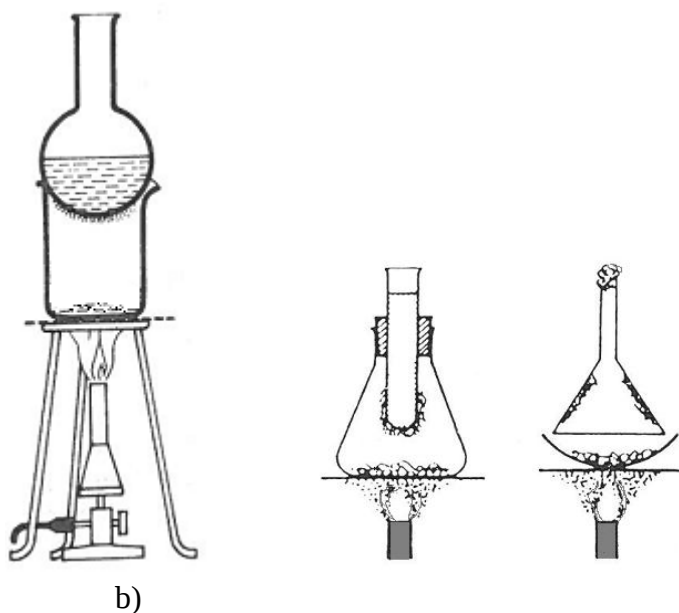
gdje je  $K$  koeficijent razdjeljenja,  $c(a)$  i  $c(B)$  su ravnotežne (množinske ili masene) koncentracije tvari između dva otapala. U brojniku se nalazi koncentracija otapala koje je manje gustoće. Koeficijent razdjeljenja je jednak omjeru topljivosti tvari u oba otapala pri određenoj temperaturi.

## POKUSI:

### 1.1. Sublimacija amonijeva klorida ili joda

**Pribor i kemikalije:** Okrugla tikvica od 100 mL, čaša od 100 mL, tronog, azbestna mrežica, plamenik, amonijev klorid, natrijev klorid, jod.

**Postupak:** U suhu i čistu čašu stavite smjesu natrijevog klorida i amonijevog klorida. U okruglu tikvicu ulijte do polovice vode i postavite na čašu. Lagano zagrijavajte sadržaj čaše preko azbestne mrežice (slika 1.1). Na hladnom dnu okrugle tikvice stvorit će se bijeli sloj amonijeva klorida, dok natrijev klorid ne sublimira. Isti pokus možete načiniti i sa smjesom natrijevog klorida i nekoliko kristalića joda. U tom slučaju morate raditi u digestoru jer su pare joda otrovne.



Slika 1.1. a) Aparatura za sublimaciju b) jednostavni pribor za sublimaciju

### 1.2. Flotacija

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, čep, parafinsko ulje, minij, pijesak, voda.

**Postupak:** Stavite u epruvetu malo smjese minija i pijeska. Na to dodajte 5 do 10 mL vode te 1mL parafinskog ulja. Začepite i žestoko promućkajte. Smjesu odložite u stalak za epruvete i pričekajte da se slojevi odijele.

### 1.3. Izolacija kofeina iz čaja

**Pribor i kemikalije:** 2 čaše od 250 mL, 2 satna stakla, lijevak za odjeljivanje, porculanska zdjelica, menzura od 50 mL, vodena kupelj, analitička vaga, metilen-klorid ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), bezvodni natrijev sulfat, natrijeva lužina,  $c(\text{NaOH}) = 6 \text{ M}$ , destilirana voda.

**Postupak:** U čaši ugrijati 100 mL vode i u kipuću vodu staviti tri vrećice indijskog čaja (oko 6,3 g). Vrećice treba miješati i natapati u vodi oko 1 minutu. Budući da je kofein vrlo dobro topljiv u vrućoj vodi, on će prijeći u vodeni sloj, dok će veći dio tanina ostati u filter-vrećicama. Nakon 1 minute treba izvaditi vrećice, te natrag u čašu istisnuti što više čaja kojeg su upile. Za to će dobro poslužiti dva satna stakla između kojih treba stisnuti vrećicu po vrećicu. Iz dobivene se otopine mora ekstrahirati kofein u lijevku za odjeljivanje. Ekstrakcija se provodi tri puta s po 20 mL metilen-klorida. Lijevak se smije blago protresati pri čemu kofein prelazi u donji sloj. Ekstrahirani kofein (oko 60 mL otopine) treba isprati dva puta s po 20 mL hladne natrijeve lužine i jednom s 20 mL hladne destilirane vode. Nakon toga sloj metilen-klorida suši se preko bezvodnog  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  i dobivenu otopinu preostaje još samo upariti do suha na vrućoj ploči vodene kupelji u prethodno izvaganoj porculanskoj zdjelici. U zdjelici zaostaje bijeli talog kofeina mase 28-29 mg.

Pokus se može na brzinu izvesti i samo s jednom vrećicom čaja, pažljivom ekstrakcijom u kloroformu i bez ispiranja kloroformnog sloja lužinom ili vodom. Uparivanjem se dobije bijeli talog s blago zelenkastim slojem klorofila. Masa taloga je oko 12 mg.

#### Napomene:

- treba izbjegavati dodir metilen-klorida s kožom
- odmah nakon potresanja sadržaja lijevka mora se maknuti stakleni čep radi izjednačenja tlaka
- veća količina otapala uparava se u digestoru
- za ekstrakciju može poslužiti kloroform, ali u tom slučaju pri jačem protresanju u lijevku za odjeljivanje nastaje sloj emulzije koji se teško razdvaja

### 1.4. Razdvajanje smjese kromatografijom na papiru

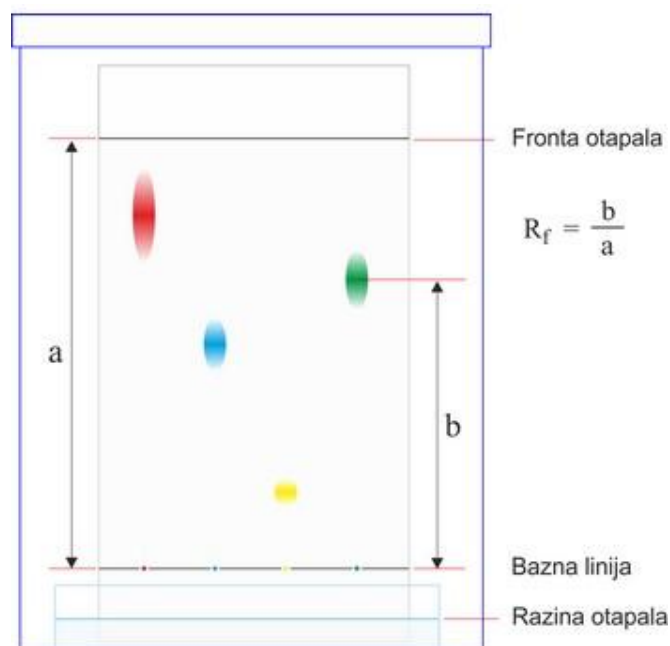
**Pribor i kemikalije:** 2 visoka široka staklena cilindra, pluteni čep prema otvoru staklenog cilindra- presječen popola, 5 kapilara, papir za kromatografiju Whatman No 1, metanol, koncentrirana klorovodična kiselina, otopina natrij- hidroksida,  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/L}$ , koncentrirana otopina amonijaka, otopine indikatora: metilcrveno, metiloranž, bromtimol plavo i univerzalni.

**Postupak:** Izrežite traku kromatografskog papira dimenzija 4,5 cm x 22 cm. Na visini 2 cm od donjeg ruba papira povucite običnom olovkom tanku vodoravnu crtu. Na toj crti na jednakim razmacima označite pet jedva vidljivih točaka. Na te točke kapilarnim cjevčicama nanesite po jednu kap otopine indikatora, i to redom: metilrot, metiloranž, univerzalni indikator, bromtimol plavo.

U stakleni cilindar ulijte razvijач, smjesu od 10 volumnih dijelova otopine natrijeva hidroksida i jednog volumnog dijela metanola. Sloj razvijачa ne treba biti viši od 2 cm. Kada se kapi uzoraka nanesenih na filter papir osuše, traku uhvatite između dvije polovice plutenog čepa i stavite u komoru za razvijanje kromatograma. Pazite da vodoravna crta na kojoj su naneseni uzorci bude oko 1 cm iznad razine otapala. Čep mora dobro brtviti tako da se u cilindru uspostavi stalan tlak para otapala. Potpuno razvijanje kromatograma traje oko sat i pol. Prekinite nakon 60 minuta.

Izvadite kromatogram iz komore i tankom olovkom označite frontu otapala. Na kromatogramu se vide obojene mrlje koje pripadaju odgovarajućim indikatorima u lužnatoj sredini. Izračunajte pripadne  $R_f$  vrijednosti (vidi sliku 1.2). Univerzalni indikator ostavlja trag od nekoliko mrlja na različitim  $R_f$  – vrijednostima koje odgovaraju njegovom sastavu.

Stavite traku u cilindar na čijem je dnu nekoliko kapi koncentrirane klorovodične kiseline. Mrlje će poprimiti pripadnu boju pojedinog indikatora u kiseloj sredini. Nakon toga traku s kromatogramom stavite u cilindar iznad koncentrirane otopine amonijaka pa će mrlje ponovno poprimiti boju koja pripada pojedinom indikatoru u lužnatoj sredini. Ustanovite sadrži li otopina univerzalnog indikatora neki od nanesenih uzoraka indikatora.



Slika 1.2. Shema za uzlaznu kromatografiju na papiru

### 1.5. Razdvajanje smjese ekstrakcijom

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, Erlenmeyerova tikvica, čvrsti jod, tetraklorugljik, pluteni čep.

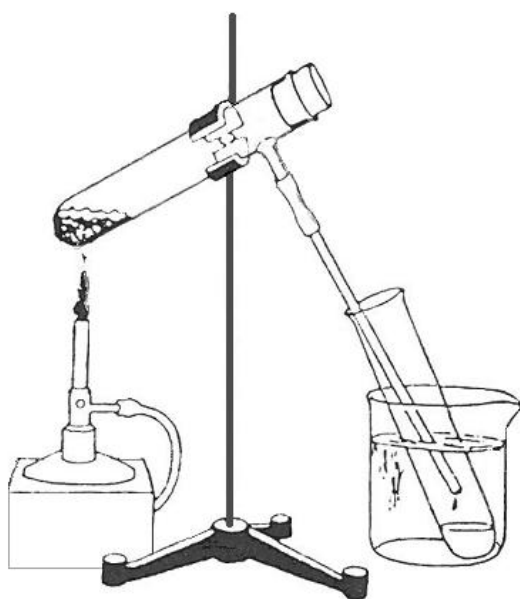
**Opasnosti:** Klorirani ugljikovodici djeluju štetno na jetru i bubrege. Radite u digestoru!

**Postupak:** Zrnce joda stavite u Erlenmeyerovu tikvicu od 100 mL i dodajte oko 50 mL vode. Začepite plutenim čepom i žestoko promućkajte dok otopina ne poprimi svijetložutu boju (pripremljena količina otopine dovoljna je za desetak učenika). Odlijte oko 5 mL otopine u čistu epruvetu. Otopini dodajte oko 0,5 mL tetraklorugljika, začepite plutenim čepom i žestoko promućkajte. Odložite epruvetu u stalak i pustite da se slojevi odijele. Gustoća tetraklorugljika veća je od gustoće vode pa će se slojevi ubrzo odijeliti. Usporedite boju vodene otopine zasićene jodom i otopine ekstrahirane tetraklorugljikom. Uočite boju otopine joda u tetraklorugljiku.

### 1.6. Razdvajanje smjese destilacijom

**Pribor i kemikalije:** Okrugla tikvica od 100 mL, gumena cjevčica, visoka čaša od 500 mL, staklena cjevčica duljine oko 20 cm, obična epruveta, stativ, hvataljka, kamenčići za vrenje, otopina modre galice, led, otopina amonijaka.

**Postupak:** Sastavite pojednostavljenu aparaturu za destilaciju kao što prikazuje slika 1.3. U epruvetu za odsisavanje stavite oko 10 mL otopine modre galice i 3-4 kamenčića za vrenje. Običnu epruvetu, koja služi kao predloška, hladite smjesom vode i leda. Destilirajte otopinu modre galice dok ne dobijete oko 2 mL destilata. Uvjerite se da destilat ne sadrži otopljenih soli nekom od reakcija na bakrove(II) ione.



Slika 1.3. Jednostavni pribor za destilaciju

## VJEŽBA BR 2. OSNOVNI KEMIJSKI ZAKONI

---

### ZAKONI KEMIJSKOG SPAJANJA PO MASI

1. **Zakon o održanju mase** otkrio je potkraj 18. stoljeća francuski kemičar Antoine Laurent de Lavoisier. On glasi: *ukupna masa svih tvari koje sudjeluju u nekoj kemijskoj reakciji se ne mijenja*. Općenito rečeno, u nekoj kemijskoj reakciji materija se ne može ni stvoriti ni uništiti. Zbog toga je još nazvan i zakonom o neuništivosti materije.
2. **Zakon stalnih omjera masa** otkrio je 1799. godine francuski kemičar Joseph Louis Proust. On glasi: *elementi se spajaju u spojeve u stalnim omjerima masa*.
3. **Zakon umnoženih omjera masa** otkrio je 1802. godine engleski kemičar John Dalton. On glasi: *kad se dva elementa spajaju tako da mogu tvoriti više različitih spojeva, onda su mase jednog elementa u jednostavnim umnoženim omjerima s masom drugog elementa s kojim se spaja*.
4. **Zakon spojnih masa** otkrio je 1789. godine njemački kemičar Jeremias Benjamin Richter. On glasi: *mase dvaju elemenata (ili višekratnici tih masa) koje reagiraju s jednakom masom nekog trećeg elementa reagiraju i međusobno, a isto tako i s određenom masom nekog četvrtog elementa*. Mase elemenata koje ulaze u međusobne kemijske reakcije nazivaju se spojnim masama ili ekvivalentnim masama. Ekvivalentna masa vodika uzima se kao jedinica.

### ZAKON KEMIJSKOG SPAJANJA PO VOLUMENU I AVOGADROV ZAKON

1. **Gay-Lussacov zakon spojnih volumena** otkrio je 1805. francuski kemičar Joseph Louis Gay-Lussac. On glasi: *volumeni plinova koji međusobno reagiraju ili nastaju kemijskom reakcijom stoje u omjeru malih cijelih brojeva, pri stalnom tlaku i temperaturi*.
2. **Avogadrov zakon** je jedan od plinskih zakona. Nazvan je prema talijanskom fizičaru Amedeu Avogadru (puno ime je grof Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quaregna e di Cerreto) koji je 1811. godine iznio pretpostavku (Avogadrova hipoteza o molekulama) da se u jednakim volumenima svih plinova pri istim uvjetima temperature i tlaka nalazi isti broj čestica (molekula). Dakle, broj molekula u određenom volumenu plina ne ovisi o njihovoj veličini ili masi.  
Talijanski kemičar Stanislao Cannizzaro primijenio je Avogadrovu hipotezu na određivanje atomske mase pa se hipoteza može smatrati Avogadrovim zakonom iz kojeg slijede 2 važna zaključka:
  - a) Ako plinovi istog volumena sadrže isti broj molekula, onda se mase plinova jednakog volumena odnose kao mase molekula tih plinova, odnosno kao relativne molekulske mase tih plinova.
  - b) Ako različiti plinovi jednakog volumena sadrže isti broj molekula, onda, obratno, isti broj molekula bilo kojeg plina zauzima u identičnim fizičkim uvjetima jednaki volumen. Kako se mase istog broja molekula plinova odnose kao relativne molekulske mase tih plinova, mase plinova izraženih jedinicom gram, brojčano jednakih (ili proporcionalnih) relativnim

molekulskim masama zauzimaju jednaki volumen. Taj volumen iznosi 22,4 L/mol (pri 0°C i 101 325 Pa) i naziva se molarnim volumenom ( $V_m$ ). Drugim riječima, 1 mol bilo kojeg plina zauzima pri standardnim uvjetima volumen od 22,4 L.

## PLINSKI ZAKONI

1. **Boyle-Mariotteov zakon** otkrili su 1662. godine, neovisno jedan o drugome, Robert Boyle i Edmé Mariotte. On glasi: *volumen plina pri stalnoj temperaturi obrnuto je proporcionalan s tlakom ( $pV = \text{konstanta}$ ).*

2. **Charles – Gay-Lussacov zakon** definirao je 1787. godine francuski fizičar Jacques Charles prema kojemu se volumen različitih plinova povećava za isti iznos uz isti porast temperature. Joseph Louis Gay-Lussac je 1802. ustanovio zakonitost prema kojoj *pri stalnom tlaku i stalnoj množini plina volumen plina raste (ili pada) za 1/273,15 volumena koji ta množina plina zauzima pri 0°C, kada temperatura poraste (ili padne) za 1°C ( $V/T = \text{konstanta}$ ).*

3. **Zakon parcijalnih tlakova** otkrio je 1801. godine britanski kemičar i fizičar John Dalton. Miješanjem dvaju uzoraka plina pod istim tlakovima ne mijenja se volumen nastale smjese te je na osnovi toga postavio zakon koji glasi: *u plinskoj smjesi svaka vrsta molekula plina tlači kao kad bi bila sama, a ukupni tlak je zbroj tlakova svakog pojedinog plina u smjesi.*

## POKUSI:

### 2.1. Zakon o očuvanju mase – reakcija taloženja

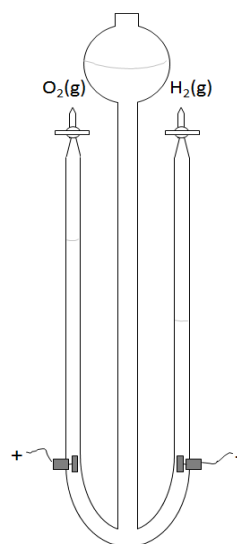
**Pribor i kemikalije:** Erlenmeyerova tikvica, pinceta, gumeni čep, mala epruveta (semimikro epruveta), otopina barijevog klorida  $c(\text{BaCl}_2) = 2\text{M}$ , otopina kalijevog kromata  $c(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 2\text{M}$ .

**Postupak:** u Erlenmeyerovu tikvicu stavite oko 5 mL otopine barijevog klorida. U semimikro epruvetu ulijte oko 5 mL otopine kalijevog kromata. Pomažući se pincetom spustite epruveticu u Erlenmeyerovu tikvicu. Pazite da se pri tome otopine ne pomiješaju. Erlenmeyerovu tikvicu dobro začepite gumenim čepom i sve zajedno izvažite na analitičkoj vagi. Vagu zakočite i ne skidajte utege. Nagnite tikvicu tako da se otopine izmiješaju. Nastaje talog barijevog kromata. Proverite vagom je li došlo do promjene mase. Objasnite!

### 2.2. Gay – Lussacov zakon spojnih volumena

**Pribor i kemikalije:** Hofmannov aparat, čaša od 400 mL, ispravljač, 2 žice s banana utikačima i krokodil-štikaljkama, sumporna kiselina,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$ .

**Postupak:** Hofmannov aparat (slika 2.1) napunite sumpornom kiselinom i priključite na ispravljač. Tijekom elektrolize više puta ustanovite međusobni omjer volumena plinova što se izlučuju na elektrodama Hofmannovog aparata. Ovisi li taj omjer o vremenu trajanja elektrolize? Obrazložite!



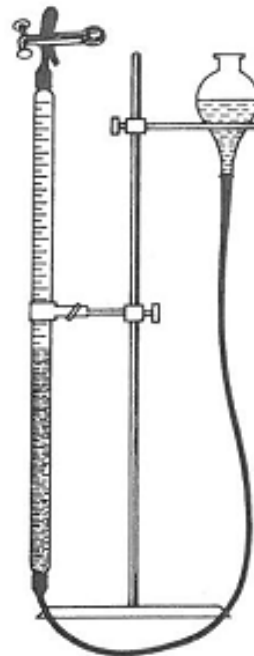
Slika 2.1. Hoffmanov aparat (izumio August Wilhelm von Hofmann, 1866.)

### 2.3. Dokaz Boyle – Mariotteovog zakona

**Pribor i kemikalije:** dav visoka stalka, željezni prsten, hvataljka, odmjerna cijev sužena na oba kraja, dugačka gumena cijev, kratka gumena cijev, nivo – posuda, stezaljka.

**Postupak:** Sastavite aparaturu kao na slici 2.2. Otvorite stezaljku na odmjernoj cijevi, a kroz lijevak ulijevajte vodu dok ne napuni odmjernu cijev do polovice. Zatvorite stezaljku i zapišite razinu vode u cijevi. Izračunajte volumen zraka u odmjernoj cijevi. Nivo-lijevak podignite jedan metar i ponovo zapišite razinu vode u cijevi, te izračunajte volumen zraka u cijevi. Postupak ponovite tako da nivo-posudu spustite jedan metar. Ponovo zapišite razinu vode u odmjernoj cijevi i izračunajte volumen zraka u njoj. Pokus ponovite 10 puta. Rezultat izrazite na dva načina:

- (1) pomoću srednje vrijednosti i maksimalne pogreške i
- (2) pomoću srednje vrijednosti i standardne devijacije.



Slika 2.2. Aparatura za dokaz Boyle – Mariotova zakona

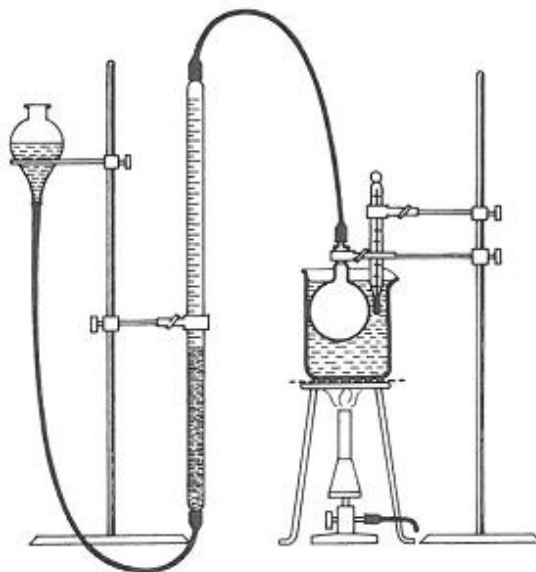
### 2.4. Dokaz Charles – Gay – Lussacova zakona

**Pribor i kemikalije:** 2 visoka stalka, željezni prsten, hvataljka, staklena odmjerna cijev na krajevima sužena, tikvica okruglog dna od 250 mL, čaša od 500 mL, termometar do 100°C, tronog, plamenik, običan lijevak, gumeno crijevo, azbestna mrežica.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 2.3. Tikvica ostaje prazna, a kroz lijevak ulijte vodu do polovice odmjernje cijevi. Očitajte razinu vode. U čašu s vodom stavite termometar i izmjerite temperaturu.

Voda se zagrije za 10 K i očita se promijenjena razina vode u odmjernoj cijevi. Voda se zagrije za još 10 K i ponovo očita promijenjena razina vode u odmjernoj cijevi. Na osnovi dobivenih rezultata treba izračunati koliko se promijenio volumen zraka pri promjeni temperature za 1 K. Pokus ponovite 10 puta. Rezultat izrazite na dva načina:

- (1) pomoću srednje vrijednosti i maksimalne pogreške i
- (2) pomoću srednje vrijednosti i standardne devijacije.



Slika 2.3. Aparatura za dokaz Charles - Gay-Lussacova zakona

## 2.5. Zakon stalnih omjera masa

**Pribor i kemikalije:** porculanski lončić, eksikator, plamenik, tronog, trokut za žarenje, vaga, sumpor u prahu, bakar u prahu.

**Postupak:** Čisti porculanski lončić žarite oko pola sata. U eksikatoru ohladite, a zatim izvažite i zapišite masu lončića u gramima. Potom u lončiću izvažite oko 1 g bakra u prahu i oko 6 g sumpora u prahu. Lončić sa smjesom bakra i sumpora stavite na tronog i trokut za žarenje te poklopite poklopčićem. U početku žarite lagano, a zatim intenzivno. Dolazi do spajanja bakra i sumpora u bakrov(II) sulfid, a suvišak sumpora prelazi u paru koja se zapali i izgori plavkastim plamenom. Kad se plamen ugasi, žarite još do 2 minute. Lončić ohladite u eksikatoru i izvažite. Odbijte masu lončića i dobili ste masu bakrovog(II) sulfida.

Vježbu ponovite tri puta i izračunajte srednju vrijednost i standardnu devijaciju izmjerenih podataka te usporedite s teorijskom vrijednosti mase bakrovog(II) sulfida.

A = masa lončića

B = masa lončić + bakar

C = masa lončić + bakrov(II) sulfid

B – A = masa bakra

C – A = masa bakrova(II) sulfida

Bakar : sumpor = 2:1

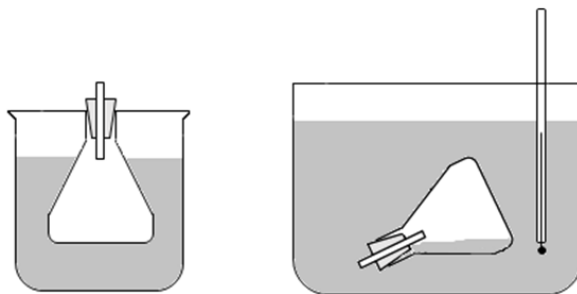
## 2.6. Određivanje toplinskog koeficijenta rastezanja zraka

**Pribor i kemikalije:** Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, probušeni gumeni čep sa staklenom cjevčicom, čaša od 600 mL, staklena kada, menzura od 25 mL, termometar.

**Postupak:** Suhu Erlenmeyerovu tikvicu začepite gumenim čepom kroz koji prolazi kratka staklena cijev. Uronite tikvicu u čašu s kipućom vodom (slika 2.4). Nakon izvjesnog vremena, dok zrak u tikvici poprimi temperaturu od  $100^{\circ}\text{C}$ , zatvorite prstom otvor na staklenoj cjevčici, izvucite tikvicu iz čaše s kipućom vodom i uronite u kadu s hladnom vodom, ali tako da se otvor staklene cjevčice i cijela tikvica nađu pod vodom. Oslobodite otvor staklene cjevčice. U tikvicu će ući malo vode.

Izmjerite temperaturu hladne vode. Izmjerite menzurom volumen vode koja je ušla u tikvicu. Napunite tikvicu vodom sve do čepa i izmjerite njen volumen. Vježbu ponovite tri puta te izračunajte srednju vrijednost izmjerenih podataka i standardnu devijaciju. Na osnovi dobivenih podataka izračunajte termički koeficijent rastezanja zraka.

Pokažite na primjerima kako ćete na osnovi rezultata ovog mjerenja dokazati ili objasniti još neke (i koje) pojave i zakonitosti?



Slika 2.4. Postupak pri određivanju toplinskog koeficijenta rastezanja zraka

## 2.7. Redukcija bakrovog(II) oksida amonijakom

**Pribor:** široka epruveta od teško taljivog stakla, čep s 2 otvora za široku epruvetu, ravna i koljenasta staklena cjevčica, gumena cjevčica, klor-kalcijeva cijev, probušeni čep za klor-kalcijevu cijev, staklena cjevčica i čep za običnu epruvetu od teško taljivog stakla, porculanska lađica, bakrov(II) oksid, amonijev klorid, izmrvljeni kalcijev oksid.

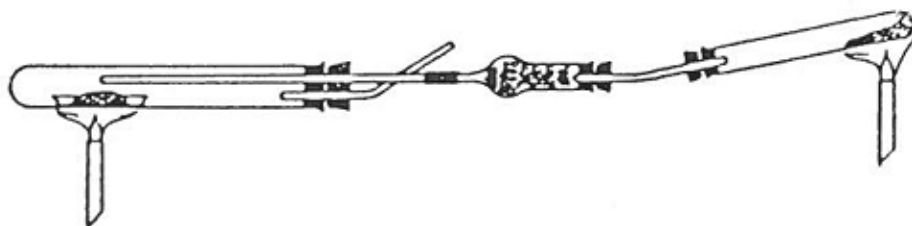
**Postupak:** Složite aparaturu za redukciju bakrovog(II) oksida prema slici 2.5.

Izvažite čistu i suhu porculansku lađicu. Uspite u lađicu 0,5 g bakrovog(II) oksida. Ponovo izvažite lađicu i zabilježite masu bakrovog(II) oksida. Lađicu smjestite u široku epruvetu od teško taljivog stakla. U drugu epruvetu stavite smjesu od 5 g amonijevog klorida i 4 g izmrvljenog kalcij-oksida. Epruvete spojite preko klor-kalcijeve cijevi napunjene kalcij-oksidom. (Zašto se u ovom slučaju klor-kalcijeva cijev ne puni kalcijevim kloridom?)

Zagrijavajte najprije smjesu amonijevog klorida i kalcijevog oksida. Razvija se amonijak, koji struji kroz cjevčicu s kalcijevim oksidom, gdje se suši i prelazi u epruvetu s bakrovim(II) oksidom. Kada pretpostavite da je široka epruveta ispunjena amonijakom zagrijte lađicu s bakrovim(II) oksidom. Amonijak reducira bakrov(II) oksid u metalni bakar. Pustite da se lađica ohladi u atmosferi amonijaka. Ohlađenu lađicu ponovo izvažite.

Obrazložite postupak i rezultate mjerenja. Kako objašnjavate činjenicu da se bakrov(II) oksid može reducirati amonijakom? Izračunajte maseni i molni udio elemenata u spoju i formulu istraživanog oksida bakra! Napišite pripadne jednačbe reakcija!

Na osnovi rezultata mjerenja izračunajte relativnu atomsku masu bakra uz pretpostavku da vam je poznata relativna atomska masa kisika. Obrazložite postupak. Navedite još neki primjer iz literature (udžbenik).



Slika 2.5. Aparatura za redukciju bakrovog(II) oksida amonijakom

### VODIK

Vodik je prvi u nizu elemenata periodnog sustava elemenata. Unatoč elektronskoj konfiguraciji ( $1s^1$ ) ne pripada niti prvoj niti sedamnaestoj skupini elemenata. Posebna svojstva vodika posljedica su izvanredno malih dimenzija njegova atoma. Vodik se spaja gotovo sa svim elementima, a jedan je od značajnih sastojaka ukupnog okoliša.

Tablica 3.1. Pojedina svojstva vodika

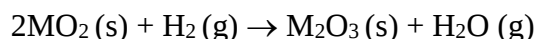
| Atomski<br>radijus<br>/pm | Energija<br>ionizacije<br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Koeficijent<br>elektronegativnosti | Energija<br>veze H <sub>2</sub><br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Redoks<br>potencijal<br>/ V | Talište<br>/ K | Vrelište<br>/ K |
|---------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| 68                        | 1311                                            | 2,2                                | 435,1                                                    | 0,0                         | 14,1           | 20,4            |

Molekulu vodika čine dva atoma vodika povezana vrlo jakim kovalentnom vezom (najjača veza te vrste). Za kidanje te veze potrebno je utrošiti energiju od 435,1 kJmol<sup>-1</sup>.

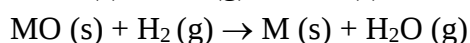
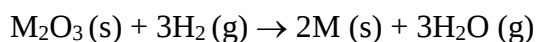
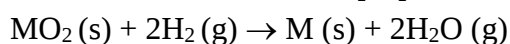
Vodik pri niskim temperaturama nije reaktivan. Atomski vodik je puno reaktivniji, jer nije potrebna energija za kidanje veze među molekulama. Lako je zapaljiv plin te gori plavkastim plamenom.

U smjesi s kisikom vodik tvori *vodikov praskavac* (eksplozivna smjesa H<sub>2</sub> : O<sub>2</sub> = 2 : 1). Pri radu s vodikom potrebno je izvesti *probu na praskavac*. Proba se izvodi u semimikroepruveti koja se napuni vodikom. Zatim se semimikroepruvetu prinese plamenu te ako se čuje prasak ili fijuk, znači da u epruveti ima još zraka. Proba se više puta ponovi, a svaki put se uzima druga semimikroepruveta. Ukoliko se čuje čisti zvuk paljenja plamena nije potrebno više raditi probu na praskavac.

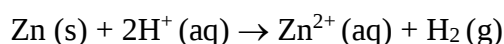
Pri povišenim temperaturama vodik reducira mnoge metalne okside (MO) do nižih oksidacijskih stanja:



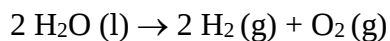
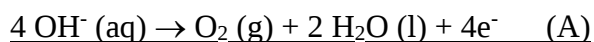
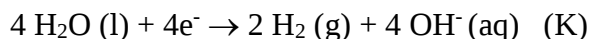
Vodik se često koristi i za potpunu redukciju metalnih oksida:



U laboratoriju se vodik najčešće dobiva u Kippovom aparatu reakcijom cinka i razrijeđene klorovodične ili sumporne kiseline:



U laboratoriju se često vodik dobiva elektrolizom vode:

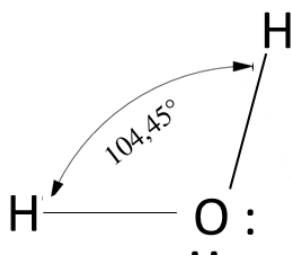


Volumen razvijena vodika dva puta veći od volumena kisika.

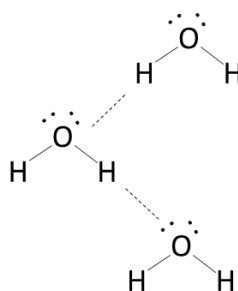
## VODA

Najvažniji od svih oksida, a možda i od svih spojeva uopće je voda. Molekula vode ima trokutastu strukturu u kojoj kut između dvije OH veze iznosi  $104,45^\circ$ . 1784. godine engleski kemičar Cavendish je otkrio da se vodik i kisik spajaju u volumnom omjeru 2 : 1, pri čemu nastaje voda (slika 3.1.).

Zbog velike razlike u koeficijentu elektronegativnosti između kisika i vodika, molekula vode je izrazito dipolnog karaktera. Zbog toga pozitivan pol jedne molekule vode privlači negativan pol druge molekule vode te nastaje *vodikova veza* što dovodi do asocijacije molekula vode i u tekućem i u čvrstom stanju (slika 3.2). U kristalnoj strukturi leda najuočljivije je postojanje vodikove veze.



Slika 3.1. Raspored atoma u molekuli vode



Slika 3.2. Molekule vode povezane vodikovom vezom

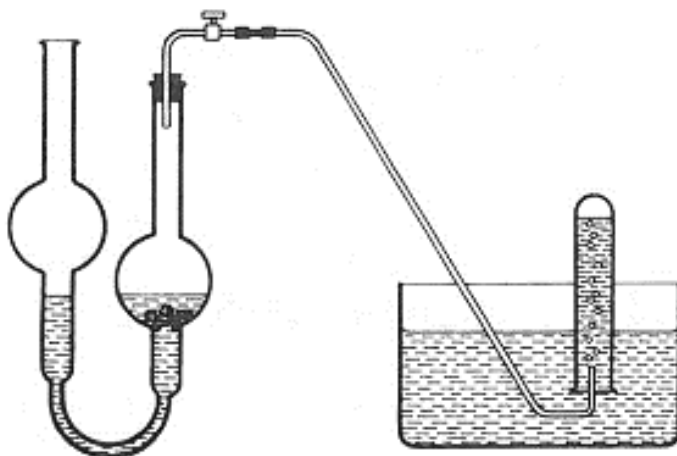
### 3.1. Pojednostavljeni Kippov aparat za razvijanje vodika

**Pribor i kemikalije:** Uređaj za razvijanje vodika, stakleni cilindar od 200 mL ili epruveta, pneumatska kada, klorovodična kiselina  $W(\text{HCl}) = 20\%$ , granulirani cink, otopina ili čvrsti bakrov(II) sulfat.

**Postupak:** Sastavite uređaj prema slici 3.3. U kuglasto proširenje cijevi uređaja, na kojoj je pričvršćena savijena odvodna cijev s pipcem ili stezaljkom, stavite sloj staklene vune, a zatim granule cinka. U drugi otvor cijevi ulijte otopinu klorovodične kiseline s malo bakrovog (II) sulfata. Nastali vodik potisnut će kiselinu i spriječiti daljnji kontakt kiseline i cinka. Kad se pipac otvori, kiselina i cink ponovo dolaze u doticaj i započinje razvijanje vodika. Razvijeni vodik sakupljajte u staklenom cilindru ili epruveti pod vodom u pneumatskoj kadi.

Pri reakciji nekog metala s kiselinom nastalo je 120 mL vodika, koji je sakupljen iznad vode pri  $25^\circ\text{C}$  i 95 kPa. Koliki volumen ima suhi vodik pri n.u.?  $p(\text{H}_2\text{O}, 25^\circ\text{C}) = 3,169 \text{ kPa}$ .

**Napomena:** Ako su kemikalije analitički čiste, vodik se sporo razvija. Reakcija se može ubrzati dodavanjem nekoliko kapi otopine bakrovog(II) sulfata.



Slika 3.3. Aparatura za pojednostavljeni Kippov aparat za dobivanje vodika

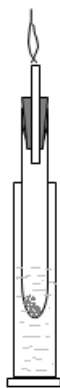
### 3.2. Razvijanje vodika u rupičastoj epruveti

**Pribor i kemikalije:** Epruveta s rupičastim dnom, 2 staklena cilindra od 200 mL, staklena cjevčica sužena na jednom kraju, čaša od 100 mL, probušeni čep, granulirani cink, otopina ili čvrsti bakrov(II) sulfat, klorovodična kiselina w (HCl) = 20 %.

**Opasnost:** Smjesa vodika i zraka je eksplozivna.

**Postupak:** U jedan stakleni cilindar stavite vodu, a u drugi klorovodičnu kiselinu i nekoliko kapi otopine bakrovog(II) sulfata. U epruvetu s rupičastim dnom stavite nekoliko granula cinka. Začepite epruvetu gumenim čepom kroz koji prolazi staklena cjevčica sužena na jednom dijelu koji će se naći izvan epruvete. Ako se epruveta uroni zajedno s cinkom u cilindar s klorovodičnom kiselinom, razvija se vodik (slika 3.4). Reakciju se može prekinuti ako se epruvetu s cinkom premjesti u drugi cilindar koji sadrži vodu.

Pustite da se vodik razvija neko vrijeme. Kad ste potpuno sigurni da je istisnut sav zrak (proba na praskavac), zapalite vodik na suženom dijelu cjevčice.



Slika 3.4. Pribor za razvijanje vodika u rupičastoj epruveti

### 3.3. Redukcija metalnih oksida vodikom

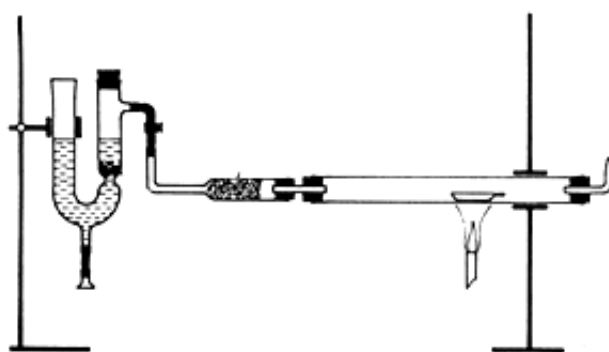
**Pribor i kemikalije:** Kippov aparat, ispiralica, cijev za redukciju, savijena staklena cijev, stakleni valjak, epruveta, satno staklo, plamenik, bakrov(II) oksid, bezvodni bakrov(II) sulfat, konc. sumporna kiselina, klorovodična kiselina W(HCl) = 20%, granulirani cink.

**Opasnost:** Smjesa vodika i zraka je eksplozivna.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 3.5. U cijev za redukciju stavite malo bakrovog(II) oksida. Ulijte u ispiralicu konc. sumpornu kiselinu. Koljenasto savijenu cijev na izlaznim dijelu

aparature okrenite otvorom prema gore. Pustite da vodik lagano struji iz Kippovog aparata kroz ispiralicu preko bakrovog(II) oksida (4 do 5 mjehurića u sekundi). Nakon nekoliko minuta načinite probu na praskavac.

Kad ste uvjereni da je aparatura ispunjena čistim vodikom, koljenasto savijenu cijev na izlaznom dijelu aparature okrenite otvorom prema dolje i uronite do dna suhe epruvete hladene vodom u staklenom cilindru. Zagrijavajte bakrov(II) oksid plamenikom. Crni bakrov(II) oksid poprima boju metalnog bakra, a u epruveti se skuplja voda. Nakon što je sav bakrov(II) oksid reduciran, prekinite zagrijavanje i pustite da se aparatura ohladi pod laganom strujom vodika. Prisustvo vode dokažite tako da nakon dovršene redukcije u epruvetu dodate malo bezvodnog bakrovog(II) sulfata koji poplavi.



Slika 3.5. Aparatura za redukciju metalnih oksida vodikom

### 3.4. Vodikov praskavac

**Pribor i kemikalije:** Staklena boca za prah od 500 mL, probušeni gumeni čep, koljenasto savijena staklena cijev, elektrode od spiralno savijene željezne žice, tanko gumeno crijevo, staklena cjevčica, porculanska zdjelica, ispravljač, šibice, otopina natrijeva hidroksida 2M, sapunica ili tekući detergent.

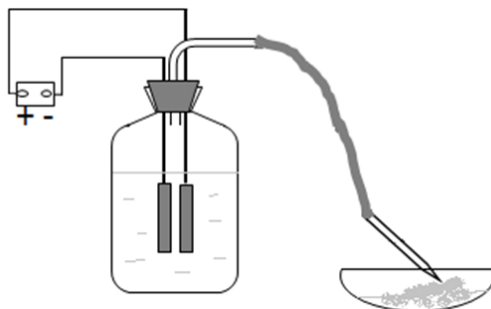
**Opasnost:** Smjesa vodika i zraka je eksplozivna.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 3.6. Bocu za prah napunite do tri četvrtine otopinom natrijeva hidroksida. U porculansku zdjelicu ulijte sapunicu ili otopinu detergenta. Uključite izvor istosmjernje struje napona 6V. Mjehurići sapunice se pune praskavcem. Porculansku zdjelicu s mjehurićima praskavca udaljite nekoliko metara od aparature u kojoj ste razvijali praskavac.

Ubacite upaljenu šibicu u zdjelicu s mjehurićima praskavca. Čuje se jak prasak.

Preporuča se otvoriti usta u trenutku paljenja praskavca. Iznenadni snažan zvuk može uzrokovati redukciju sluha. Otvaranjem usta (također zijevanjem i gutanjem) dolazi do pomicanja vratnih mišića, što otvara Eustahijeva cijev. Otvorena cijev omogućava izjednačavanje tlaka u srednjem uhu s atmosferskim tlakom, što u vrijeme zaglušujućeg praska štiti od gubitka sluha.

Što je vodikov praskavac po kemijskom sastavu?



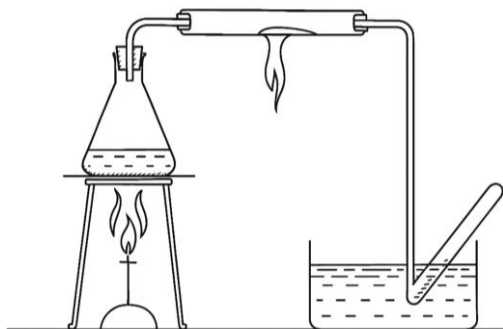
Slika 3.6. Aparatura za razvijanje vodikova praskavca

### 3.5. Razvijanje vodika uzajamnim djelovanjem željeza i vode

**Pribor i kemikalije:** Erlenmeyerova tikvica od 250 mL, staklena cijev od teško taljivog stakla s probušenim gumenim čepovima, dvije koljenasto savijene staklene cijevi, epruveta, pneumatska kada, tronog, azbestna mrežica, 2 plamenika, željezni prah i voda.

**Postupak:** Stavite u staklenu cijev 5 g željeznog praha. Jedan kraj cijevi spojite s tikvicom u kojoj je voda, a drugi kraj s epruvetom koja je smještena u pneumatsku kadu. Istovremeno žarite željezni prah u staklenoj cijevi i grijte vodu u tikvici (slika 3.7.). U reakciji vodene pare i užarenog željeznog praha oslobađa se vodik uz nastajanje željeznog oksida.

Jedan od načina dobivanja vodika je i reakcija vodene pare s užarenim ugljikom. Produkt reakcije je vodeni plin (smjesa ugljikovog(II) oksida i vodika). Koliki je volumen vodene pare, pri temperaturi od 184 °C i tlaku 1,53 bara, potrebne za proizvodnju 100 L vodenog plina pri temperaturi 820 °C i tlaku 1,02 bara?



Slika 3.7. Aparatura za dobivanje vodika uzajamnim djelovanjem željeza i vode

### 3.6. Voda kao otapalo

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, staklo samljeveno u prah, plamenik, destilirana voda, otopina fenolftaleina (0,1 g fenolftaleina u 100 mL etanola).

**Postupak:** Stavite u epruvetu malo stakla u prahu. Dodajte destilirane vode i dvije kapi otopine fenolftaleina. Zagrijte do vrenja. Pojavljuje se ljubičasto obojenje. Objasnite pojavu na osnovi znanja o kemijskom sastavu i strukturi stakla, svojstvima vode i dr.

### 3.7. Voda kao ligand

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, stakleni štapić, papir za filtriranje, azbestna mrežica, pinceta, plamenik, kobaltov(II) klorid heksahidrat, eter, amilni alkohol.

**Opasnost:** Smjesa para etera sa zrakom je eksplozivna. Ugasite plamenik!

**Pokus 1:** Pripremite oko 4 mL razrijeđene otopine kobaltovog(II) klorida 0,5 M. Umočite stakleni štapić u priređenu otopinu i njime nešto napišite na papiru. Tragovi pisanja ne mogu se uočiti, osobito ako se upotrijebi ružičasti papir. Međutim, zagrijavanjem papira iznad azbestne mrežice pojavit će se plavo obojena slova.

**Pokus 2:** Ulijte u epruvetu oko 2 mL otopine kobaltovog(II) klorida i dodajte još 2 mL konc. klorovodične kiseline. Usporedite boju dobivene otopine s izvornom otopinom kobaltovog(II) klorida u čistoj vodi. Dobivenu smjesu kobaltovog(II) klorida i klorovodične kiseline razdijelite u dvije epruvete. Jednu stavite u čašu s ledom, a drugu u čašu s kipućom vodom. Uočite promjene boje otopina.

**Pokus 3:** Otopini kobaltovog(II) klorida, preostaloj iz prethodnih pokusa, dodajte 1 do 2 mL etera i kap amilnog alkohola. Žestoko promućkajte i pričekajte da se slojevi odijele. Što uočavate?

### 3.8. Napetost površine vode

**Pribor i kemikalije:** 4 Petrijeve zdjelice, papar, dječji puder, britvica, igla, novčić, papirnati ubrus, kapalica, čaša, otopina detergenta.

**Postupak:** Napunite do polovine 4 Petrijeve zdjelice destiliranom vodom. U prvu Petrijevu zdjelicu posipajte malo papra. U drugu Petrijevu zdjelicu posipajte malo dječjeg pudera. U treću Petrijevu zdjelicu pažljivo stavite britvicu koju ste prethodno protrljali među prstima da se zamasti. U četvrtu Petrijevu zdjelicu pažljivo stavite iglu koju ste prethodno protrljali među prstima da se zamasti. Stavite novčić na papirnati ubrus i kapnite nekoliko kapi vode na novčić. Dodajte kap otopine detergenta u svaku Petrijevu zdjelicu i na novčić. Uočite promjene.

## VJEŽBA BR. 4. KISIK I OZON

### KISIK

Kisik se nalazi u 16. skupini periodnog sustava elemenata koja se često naziva i halkogena skupina (oni koji tvore rude). Kisik je najrasprostranjeniji element Zemljine kore (49,5%), a velike količine slobodnog kisika prisutne su i u atmosferi.

Tablica 4.1. Pojedina svojstva kisika

| Atomski<br>radijus /pm | Prva energija<br>ionizacije<br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Koeficijent<br>elektronegativnosti | Energija veze O <sub>2</sub><br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Redoks<br>potencijal<br>/ V | Talište<br>/ K | Vrelište<br>/ K |
|------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| 73                     | 1314                                                 | 3,5                                | 494                                                   | 1,23                        | 54,8           | 90,2            |

Pri sobnoj temperaturi kisik je plin bez mirisa i boje. Ne gori, ali podržava gorenje. Spaja se s gotovo svim elementima u periodnom sustavu elemenata. Molekula mu je dvoatomna, a u drugoj alotropskoj modifikaciji pojavljuje se i kao troatomna molekula, *ozon* (slika 4.1 ).



Slika 4.1. Molekula ozona

Ozon je plin modre boje i karakterističnog mirisa. Njegova molekula je dipolna za razliku od dvoatomne molekule kisika. Poslije fluora ozon je najjače oksidacijsko sredstvo.

Kisik se laboratorijski najčešće dobiva zagrijavanjem klorata pri čemu se kao katalizatori upotrebljavaju oksidi MnO<sub>2</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ili usitnjeni natrijev klorid. Reakcija se odvija prema kemijskoj jednadžbi:



## POKUSI:

### 4.1. Dobivanje kisika iz kalijevog permanganata

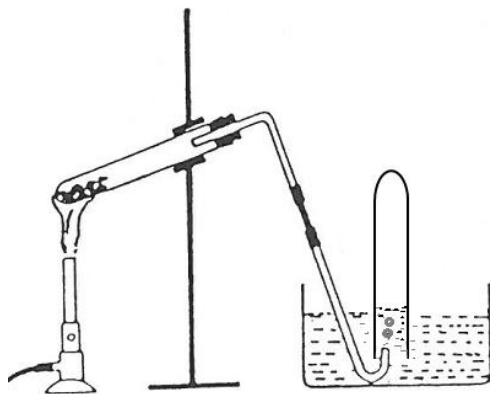
**Pribor i kemikalije:** Veća epruveta od teško taljivog stakla, odvodna cijev, dvije epruvete, dvije čaše od 100 mL, pneumatska kada, pluteni čep ili staklena pločica, željezni stativ, hvataljka, plamenik, drvena treščica, kalijev permanganat, razrijeđeni natrijev hidroksid i razrijeđena sumporna kiselina.

**Postupak:** Stavite u epruvetu od teško taljivog stakla 1g kalijevog permanganata. Ta je količina kalijevog permanganata dovoljna da se dobije oko 70 mL kisika. Postavite aparaturu kao što je prikazano na slici 4.2. Pneumatsku kadu napunite do polovine vodom. Obje epruvete napunite do vrha vodom, otvor pokrijte staklenim poklopcem ili začepite plutenim čepom. Preokrenute epruvete unesite u kadu s vodom te odčepite ili odmaknite poklopac i postavite ih u jedan od uglova kade. Odvodnu cijev epruvete s kalijevim permanganatom uronite u kadu. Epruvetu s kalijevim permanganatom zagrijavajte lagano da bi istjerali dio zraka, a zatim bez prekidanja zagrijavanja postavite preokrenutu epruvetu iznad odvodne cijevi i sakupljajte razvijeni kisik. Nastavite lagano grijati sadržaj epruvete dok se sav kalijev permanganat ne raspadne.

Kada je sva voda iz prve epruvete istisnuta, zamijenite je s drugom, a prvu epruvetu pod vodom začepite, izvadite je iz kade i ostavite u uspravnom položaju. Ponovite to i s drugom epruvetom. Ne prekidajući zagrijavanje, hvataljku zajedno s epruvetom i odvodnom cijevi postavite u viši položaj na stativu. Tako će se otvor odvodne cijevi naći iznad razine vode i voda neće ući u užarenu epruvetu kad prekinete zagrijavanje. Ako nije izreagirao sav kalijev permanganat nastavite još kratko zagrijavati i ostavite da se sadržaj epruvete ohladi.

Tinjajućom treščicom dokažite da ste dobili kisik. Uzmite manju količinu hladnog sadržaja zaostalog termičkim raspadom kalijevog permanganata i uspite u čašu s razrijeđenom otopinom natrijevog hidroksida (oko 10 mL). Nakon miješanja, otopina poprima smaragdno zeleno boju od kalijeva manganata(VI), a na dnu sedimentira crni manganov(IV) oksid. Dio te otopine prelijte u drugu čašu i zakiselite sumpornom kiselinom. Dolazi do promjene zelene boje u ružičastu zbog reakcije disproporcioniranja.

Koliko se mL kisika, pri standardnim uvjetima, može dobiti termičkim raspadom 10 g kalijevog permanganata?



Slika 4.2. Aparatura za dobivanje kisika iz kalijevog permanganata

#### 4.2. Dobivanje kisika iz kalijevog klorata uz katalizator

**Pribor i kemikalije:** Epruveta od teško taljivog stakla, željezni stativ s hvataljkom, plamenik, drvena treščica, špatula, kalijev klorat, manganov(IV) oksid.

**Opasnosti:** Kalijev klorat je eksplozivan! **ORGANSKE TVARI NE SMIJU DOSPJETI U RASTALJENI KALIJEV KLOMAT!!!**

**Postupak:** Stavite u epruvetu oko 0,5 g kalijevog klorata i zagrijavajte dok se ne rastali (talište  $356^{\circ}\text{C}$ ). Ako se u epruvetu iznad rastaljenog kalijevog klorata unese tinjajuća treščica ona se neće zapaliti. Pustite da se talina malo ohladi, pa zatim dodajte na vrh noža manganovog(IV) oksida. Ponovo ugrijte do taljenja. Talina se pjeni što ukazuje na razvijanje kisika. Dokažite kisik tinjajućom treščicom. Obrazložite opažanja. Napišite pripadne jednadžbe reakcija.

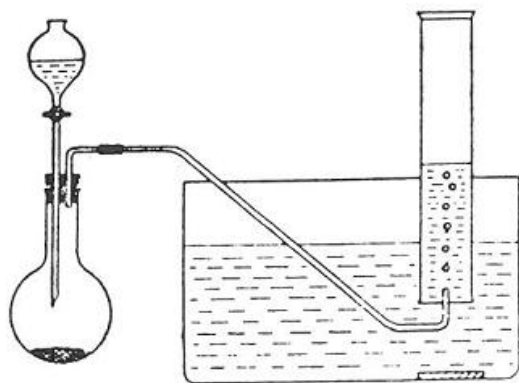
#### 4.3. Dobivanje kisika iz kalijevog permanganata i vodikovog peroksida

**Pribor i kemikalije:** Okrugla tikvica od 250 mL, lijevak za dokapavanje, gumeni čep, stakleni cilindar stativ, hvataljke, plamenik, drvce, gumena cijev, staklena cijev, kalijev permanganat, otopina vodikovog peroksida ( $w(\text{H}_2\text{O}_2) = 20\%$ ), razrijeđena sumporna kiselina

**Opasnosti:** Vodikov peroksid nagriza kožu.

**Postupak:** Ova se metoda dobivanja kisika koristi najčešće u slučajevima kada su potrebne veće količine kisika. Zato najprije predvidite potrebnu količinu kisika za izvođenje pokusa. Napišite jednadžbu reakcije kalijevog permanganata s vodikovim peroksidom u kiselj otopini. Na osnovi jednadžbe reakcije izračunajte potrebne količine reaktanata: kalijevog permanganata, sumporne kiseline i vodikovog peroksida.

Sastavite aparaturu prema slici 4.3. Uspite u tikvicu izračunatu masu kalijevog permanganata i dodajte odgovarajući volumen razrijeđene sumporne kiseline. U lijevak za dokapavanje stavite potrebnu količinu otopine vodikovog peroksida  $w$  ( $H_2O_2 = 20\%$ ). Iz lijevka za dokapavanje dodavajte kap po kap otopinu vodikovog peroksida. Razvija se kisik, koji je najbolje hvatati u cilindre ili epruvete pod vodom na već opisani način.



Slika 4.3. Aparatura za dobivanje kisika iz kalijevog permanganata i vodikovog peroksida

#### 4.4. Oksidativno djelovanje kalijevog nitrata

**Pribor i kemikalije:** Epruveta od teško taljivog stakla, stativ s hvataljkom, plamenik, pinceta, azbestna ploča, kalijev nitrat (čvrsti), drveni ugljen, sumpor.

**Opasnosti:** Opasnost od prskanja taline.

**Postupak:** U epruvetu od teško taljivog stakla uspite 2 g kalijevog nitrata. Učvrstite epruvetu u vertikalnom položaju hvataljkom na stativ. Ispod epruvete postavite cement-azbestnu ploču ili veću keramičku pločicu da bi se radni stol zaštitilo od eventualnog izlivanja kalij-nitrata.

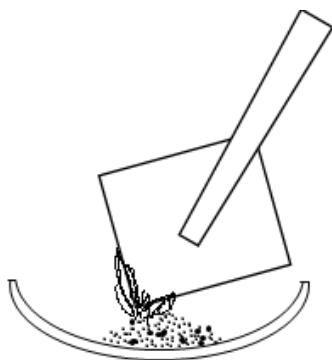
Zagrijavajte sadržaj epruvete do taljenja. Nakon što se kalijev nitrat rastali uklonite plamenik i ubacite u epruvetu komadić užarenog drvenog ugljena. Ugljen intenzivno izgara uslijed djelovanja kisika nastalog termičkom disocijacijom kalijevog nitrata. Kada ugljen izgori ubacite u rastaljeni kalij-nitrat zrnce sumpora i sumpor će se zapaliti i gorjeti kao u čistom kisiku. Obrazložite pojavu i napišite pripadne jednadžbe reakcija.

#### 4.5. Oksidacijsko djelovanje ozona

**Pribor i kemikalije:** Porculanska zdjelica, pinceta, filter-papir, kalijev permanganat, koncentrirana sumporna kiselina, etanol.

**Postupak:** Stavite u porculansku zdjelicu kalijev permanganat (1-2 male žlice), i na njega dokapajte 2-3 kapi konc. sumporne kiseline. Za kratko vrijeme osjeća se prijatan miris ozona. Pincetom namočite papir za filtriranje u alkohol, te rubom papira dodirnite kalijev permanganat (slika 4.4). Već pri samom dodiru zapali se alkohol kojim je nakvašen papir za filtriranje.

Napišite parcijalne jednačbe i konačnu redoks-jednačbu dobivanja ozona iz kalijevog permanganata u kiselom mediju.



Slika 4.4. Oksidacijsko djelovanje ozona

#### 4.6. Ozonizator

**Pribor i kemikalije:** induktor, ozonizator (Liebigovo hladilo, od 40-50 cm), gazometar, spirala od bakrene žice, dugačka bakrena žica, gumene cijevi, čaša od 50 mL, razrijeđena otopina kalijevog jodida, razrijeđena sumporna kiselina, svježe pripremljena otopina škroba.

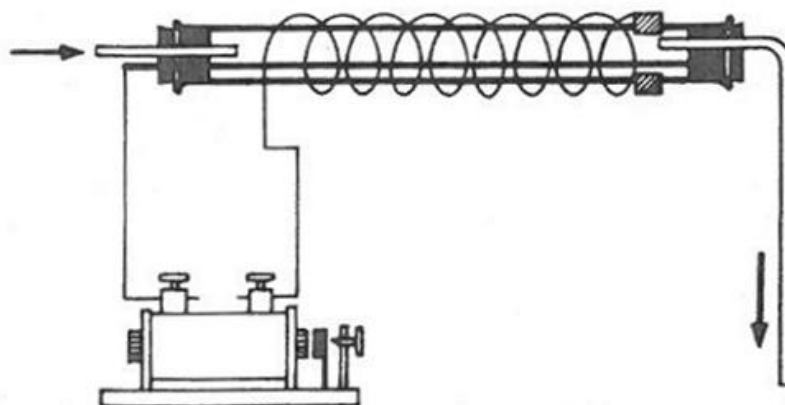
*Induktor* je električni uređaj, koji istosmjernu struju niskog napona pretvara u izmjeničnu struju visokog napona. On se sastoji od izvora istosmjerne struje, mehaničkoga ili elektroničkog prekidača te transformatora. Induktor je bio važan u začetku elektrotehnike, a danas se najviše koristi za dobivanje visokog napona od nekoliko tisuća volti potrebnih za proizvodnju iskre na svjećicama benzinskih motora.

##### Opasnosti: Opasnost od visokog napona!

**Postupak:** Napravite ozonizator koristeći Liebigovo hladilo. Oko hladila namotajte spiralu od bakrene žice i priključite ju na jedan pol induktora. U hladilo uvucite ravnu bakrenu žicu i priključite je na drugi pol induktora. Spojite jedan kraj ozonizatora s izvorom kisika, gazometrom, a na drugi kraj stavite gumenu cijev s nastavkom i njega uronite u čašu u koju ste dodali nekoliko mililitara razrijeđene otopine kalijevog jodida, nekoliko mililitara sumporne kiseline i otopinu škroba (slika 4.5). Propustite struju kisika. Regulirajte protok kisika tako da kroz otopinu kalijevog jodida prolazi vrlo lagana struja, mjehurić po mjehurić kisika, zatim uključite induktor.

Nastajanje ozona dokazuje se promjenom boje otopine u čaši. U razrijeđenoj otopini kalijevog jodida u reakciji s ozonom jodid se oksidira u jodat ion, a zakiseljavanjem sumpornom kiselinom oslobađa se elementarni jod. Otopina škroba s nastalim elementarnim jodom daje modro obojenje. Kad otopina poprimi modru boju, nastavite s pokusom još kratko vrijeme i onda isključite induktor.

Prikažite Lewisovim simbolima molekulu kisika i molekulu ozona. Pokazuju li molekula kisika i molekula ozona dipolni karakter?



Slika 4.5. Ozonizator

### KLOR

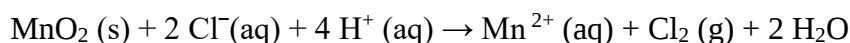
Klor pripada 17. skupini elemenata periodnog sustava. Ovoj skupini pripadaju još i fluor, brom, jod, astat i ununseptij, a zajedno se nazivaju halogeni elementi (s metalima daju soli). U elementarnom stanju elementi ove skupine su dvoatomne molekule u kojima su atomi povezani kovalentnom vezom. Veze između pojedinih molekula su slabe i uzrokovane su slabim van der Waalsovima silama. S obzirom da u 17. skupini volumen atoma raste prema dolje tj. s porastom atomskog broja, jednako tako rastu i van der Waalsove sile. Ove sile su najjače između molekula joda, a najslabije kod fluora te je jod pri sobnoj temperaturi čvrsta tvar, brom tekućina, a klor i fluor su plinovi. Također unutar skupine rastu prema dolje vrijednosti tališta i vrelišta. Elektronegativnost halogenih elemenata opada unutar skupine prema dolje, tj. s porastom atomskog broja.

Tablica 5.1. Pojedina svojstva halogenih elemenata

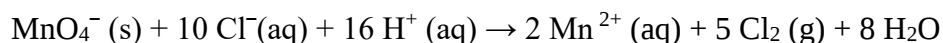
| Simbol elementa | Atomski radijus /pm | Prva energija ionizacije / kJmol <sup>-1</sup> | Koeficijent elektronegativnosti | Molarna en. veze / kJmol <sup>-1</sup> | Redoks potencijal / V | Talište / K | Vrelište / K |
|-----------------|---------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------|
| F               | 72                  | 1681                                           | 4,0                             | 156,9                                  | 2,87                  | 53,55       | 85,05        |
| Cl              | 100                 | 1256                                           | 3,0                             | 242,6                                  | 1,36                  | 172,15      | 238,55       |
| Br              | 114                 | 1143                                           | 2,8                             | 193,0                                  | 1,09                  | 265,95      | 331,93       |
| I               | 133                 | 1009                                           | 2,5                             | 151,0                                  | 0,54                  | 386,65      | 457,55       |
| At              | (140)               | (926)                                          | 2,2                             | -                                      | 0,2                   | 575,15      | 610,15       |
| Uus             | -                   | -                                              | -                               | -                                      | -                     | -           | -            |

U prirodi nema slobodnog klora, već je on prisutan u obliku klorida. Klor je otrovan žutozeleni plin, oštrog i nadražujućeg mirisa. *Pokuse s klorom (i ostalim halogenim elementima) treba obavezno izvoditi u digestoru. Nakon završenih pokusa korištenu aparaturu rastaviti i čistiti u digestoru, kao sve ostalo posuđe koje je korišteno u pokusima s klorom.*

U laboratoriju klor se može dobiti oksidacijom kloridnog iona prikladnim oksidacijskim sredstvima (MnO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub>,...), a izvor kloridnih iona je koncentrirana klorovodična kiselina:



ili



## POKUSI:

### 5.1. Dobivanje klora iz kalijevog permanganata i klorovodične kiseline

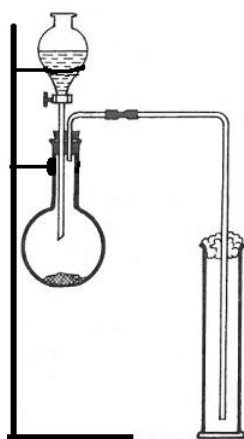
**Pribor i kemikalije:** tikvica s okruglim dnom, lijevak za dokapavanje, 4 koljenasto savijene staklene cjevčice, 2 gumene cjevčice, ispiralica, stakleni cilindar, staklena pločica, vata, stalak, hvataljka, tronog, azbestna mrežica, plamenik, kalijev permanganat, konc. klorovodična kiselina.

**Opasnosti:** Klor je vrlo korozivan i otrovan plin. U prvom svjetskom ratu upotrijebljen je kao bojni otrov. Sve reakcije s klorom izvode se u digestoru!

**Postupak:** Složite aparaturu prema slici 5.1. U tikvicu stavite 2-3 žlice (oko 3 g) kalijevog permanganata. U ispiralicu stavite oko 10 mL otopine kalijevog permanganata 1 M. U lijevak za dokapavanje ulijte 25 mL konc. klorovodične kiseline. S ovim količinama reagensa proizvest ćete oko 1 L klora. Dokapavajte kiselinu kap po kap. Razvija se žutozeleni plin. Ako se klor razvija presporo, blago zagrijte tikvicu da bi ubrzali reakciju. Klorom napunite 4 staklena cilindra ili Erlenmeyerove tikvice od 200 mL sa širokim grlom. Da biste spriječili izlaženje klora u atmosferu, na grlo cilindra ili tikvice stavite vatu natopljenu natrijevim hidroksidom. Napunjene cilindre ili tikvice pokrijte satnim staklom. Klor ima veću gustoću od zraka. Nakon što ste prikupili dovoljnu količinu klora, završetak staklene cijevi kroz koju izlazi klor spojite na ispiralicu koja je do trećine napunjena vodom. Na ovu ispiralicu se nadovezuje druga ispiralica s otopinom kalijevog hidroksida. Klor se otapa u vodi pa se dobije tzv. klorna voda.

Pri temperaturi od 20°C i tlaku od 1 atmosfere otapa se 2,3 L klora u 1 L vode. Klorna voda se može upotrebljavati kod izvođenja pokusa s klorom umjesto plinovitog klora. Čuva se u tamnim bocama. Ispiralica s kalijevim hidroksidom služi za apsorbiranje viška klora. Pustite da klor struji kroz otopinu natrijevog hidroksida sve dok se ne istroše svi reaktanti.

Napišite kemijsku jednadžbu dobivanja klora iz kalijevog permanganata i klorovodične kiseline. Koliko se grama klora može dobiti iz 10 g kalijevog permanganata?



Slika 5.1. Aparatura za dobivanje klora

## 5.2. Gorenje svijeće u kloru

**Pribor i kemikalije:** cilindar napunjen klorom, parafinska svijeća na žičanom držaču, stakleni lijevak, papir za filtriranje, epruvete, otopine: srebrovog nitrata ( $c(\text{AgNO}_3) = 0,05 \text{ mol/L}$ ), amonijaka ( $c(\text{NH}_3) = 2 \text{ mol/l}$ ), dušične kiseline ( $c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ mol/L}$ ).

**Postupak:** U stakleni cilindar napunjen klorom unesite upaljenu parafinsku svijeću pričvršćenu na žicu. Upaljena svijeća u kloru gori crvenim plamenom. Ulijete u cilindar malo destilirane vode, začepite i promućkajte. Dobivenu otopinu profiltrirajte, a filtratu dodajte otopinu  $\text{AgNO}_3$ . Nastaje bijeli talog  $\text{AgCl}$ . Talog otopite u razrijeđenoj otopini amonijaka, a zatim ponovo istaložite dodavanjem dušične kiseline. Napišite pripadne jednadžbe reakcija.

## 5.3. Gorenje terpentina u kloru

**Pribor i kemikalije:** Cilindar napunjen klorom, pinceta, papir za filtriranje, parafinsko ulje.

**Postupak:** Komadić papira za filtriranje natopite terpentinskim uljem i pincetom ga unesite u cilindar s klorom. Terpentin se sam od sebe zapali i sagorijeva čađavim plamenom.

Samozapaljenje terpentinskog ulja objašnjava se egzotermnom reakcijom klora i nezasićenih ugljikovodika (terpena) čije se molekule sastoje od  $\text{C}_5\text{H}_8$  jediniki.

## 5.4. Reakcije klora s metalima i nemetalima

**Pribor i kemikalije:** Uređaj za dobivanje klora ili 3 cilindra napunjena klorom i poklopljena satnim staklom, plitka metalna ili plastična posuda (pladanj), nož, metalna špatula, papir za filtriranje, plamenik, pinceta, bakarna žica, željezne strugotine, antimon u prahu, bijeli fosfor.

**Opasnosti:** Bijeli fosfor je otrovan i lako zapaljiv. Režite ga pod vodom.

**POKUS 1.** Užarite jedan kraj dugačke bakrene žice i uronite u prvi cilindar s klorom. Kad se žica ohladi u atmosferi klora, izvadite ju i ponovo užarite u plamenu plinskog plamenika. Plamen će se obojiti zeleno.

**POKUS 2.** Pincetom uhvatite mali smotuljak željezne vune, užarite u plamenu plinskog plamena i još užarenu vunu unesite u prvi cilindar s klorom. Dolazi do burne reakcije pri čemu se razvija mrki dim.

**POKUS 3.** U žlici za demonstracijske pokuse zagrijte malo antimona u prahu, zatim ga istresite u drugi cilindar s klorom. Čestice antimonovog praha zasvijetle.

**POKUS 4.** U plastičnom pladnju s vodom odsijecite komadić bijelog fosfora, ne veći od zrna graška. Ostatak fosfora odmah vratite natrag u bocu s vodom, a bocu odmah odnesite na njeno mjesto. Na papiru za filtriranje osušite odrezani komadić fosfora, a zatim ga pomoću žličice za demonstracijske pokuse unesite u drugi cilindar s klorom. Pojavljuje se bijeli dim.

Ostatak neizreagiranog fosfora prelijte otopinom bakrovog(II) sulfata.

Napišite jednadžbe kemijske reakcije bakra, željeza, antimona i fosfora s klorom.

## 5.5. Reakcija klora i natrija

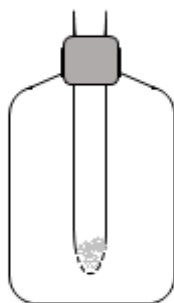
**Pribor i kemikalije:** uređaj za razvijanje klora, rupičasta epruveta, reagens boca, papir za filtriranje, čep, plamenik, nož, pinceta, čaša od 50 mL, plitka plastična ili metalna posuda (pladanj), petrolej, natrij, boca s otpadnim natrijem.

**Opasnosti:** Natrij jako nagriza kožu.

**Postupak:** Napunite klorom reagens bocu od 250 mL i začepite staklenim čepom. U pladanj uliti petroleja toliko da prekrije njegovu površinu. U pladnju s petrolejom odrežite komadić natrija, ne veći od zrna graška. Bocu s natrijem spremite na njeno mjesto. Očistite komadić natrija tako da nožem odrežete površinski sloj hidroksida i karbonata. Očišćeni komadić natrija prenesite u čašicu koja je do trećine svog volumena napunjena petrolejom. Otpatke natrija zajedno s petrolejom presipajte iz pladnja u bocu s otpadnim natrijem. Spremite bocu na odgovarajuće mjesto.

Komadić očišćenog metalnog natrija uhvatite pincetom, obrišite suhim papirom za filtriranje i stavite u rupičastu epruvetu. Užarite epruvetu s natrijem i gurnite u reagens bocu napunjenu klorom (slika 5.2). Natrij gori u kloru, a kad se reakcija dovrši, vidi se bijeli prah natrijeva klorida. Reakcija spajanja natrija i klora je egzoterman proces.

Napišite kemijske jednadžbe dobivanja natrijevog klorida elektrolize taline natrijevog klorida.



Slika 5.2. Gorenje natrija u kloru

## 5.6. Klorna voda i natrijev hipoklorit

**Pribor i kemikalije:** 2 staklena cilindra ili Erlenmeyerove tikvice napunjene klorom, crveni i plavi lakmus-lapapir, zeleni list, plavi cvijet, obojana tkanina, tinta, otopina natrijevog hipoklorita, tetraklorugljik.

**Opasnosti:** Tetraklorugljik je otrovan i djeluje štetno na jetru i bubrege. RADITE U DIGESTORU!

**Pokus 1.** U manju Erlenmeyerovu tikvicu ispunjenu klorom ubacite komadić vlažnog plavog i komadić crvenog lakmus-papira, komadić papir za filtriranje uprljan tintom, komadić obojene tkanine i sl. Promatrajte i obrazložite promjene

**Pokus 2.** U drugu tikvicu ili cilindar s klorom dodajte nekoliko mL vode. Mućkajte sadržaj tikvice da se što više klora otopi u vodi, tj. da se dobije klorna voda. Dodajte nekoliko kapi klorne vode u epruvetu s malo otopine kalijevog bromida. Otopina se oboji žuto. Dodajte u tu otopinu 0,5 do najviše 1 mL tetraklorugljika, začepite je i dobro promućkajte. Pustite da se slojevi razdvoje. Gustoća tetraklorugljika je veća od gustoće vode. Uočite promjenu boje vodene otopine i tetraklorugljika.

**Pokus 3:** Ponovite posljednji pokus u cijelosti, ali s otopinom kalijevog jodida.

**Pokus 4.** Ponovite pokus s kalijevim bromidom i kalijevim jodidom, ali tako da umjesto klorne vode dodate otopinu natrijevog hidroksida kroz koju ste propuštali suvišak razvijenog klora (VJEŽBA 5.1).

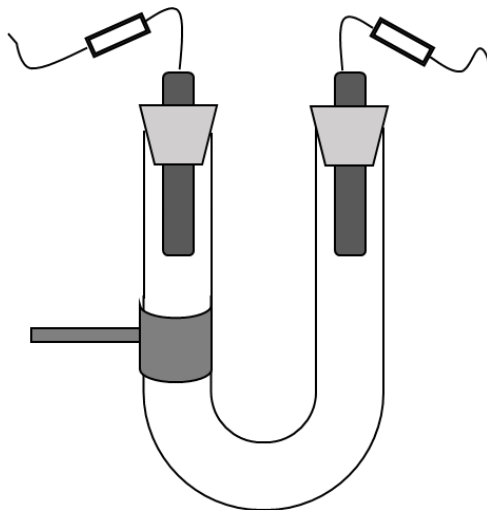
Otopina natrijevog hipoklorita  $\text{NaOCl}$  služi kao sredstvo za izbjeljivanje, a u kućanstvu je poznata pod nazivom „Varikina“. Napišite kemijsku jednadžbu dobivanja natrijevog hipoklorita. Koliki je oksidacijski broj klora u  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$  ionu?

## 5.7. Dobivanje klora elektrolizom otopine natrijevog klorida

**Pribor i kemikalije:** U-cijev, 2 ugljena štapića iz baterije, 2 žlice s banana-utikačima, 2 krokodil-štikaljke, izvor istosmjerne struje 6 V, zasićena otopina natrij-klorida, otopina kalijevog jodida,  $c(\text{KI})=2 \text{ mol/L}$ , otopina  $c(\text{NaHSO}_3)=2 \text{ mol/L}$ , fenolftalein, otopina škroba u vodi

**Postupak:** Napunite U-cijev zasićenom otopinom natrij-klorida. U svaki kraj U-cijevi dodajte nekoliko kapi otopine kalijevog jodida, otopine škroba i otopine fenolftaleina. Priključite izvor istosmjerne struje (slika 5.3). Promatrajte i obrazložite opažene promjene. Napišite pripadne jednadžbe reakcija.

Nakon provedenog pokusa iskorištenu otopinu bacite. Ugljene elektrode potopite na neko vrijeme u otopinu natrijevog hidrogensulfita. Upotrijebljenu otopinu natrijevog hidrogensulfita vratite natrag u bocu.



Slika 5.3. Aparatura za elektrolizu otopine natrijevog klorida

## 5.8. Dobivanje klorovodika i njegovo otapanje u vodi

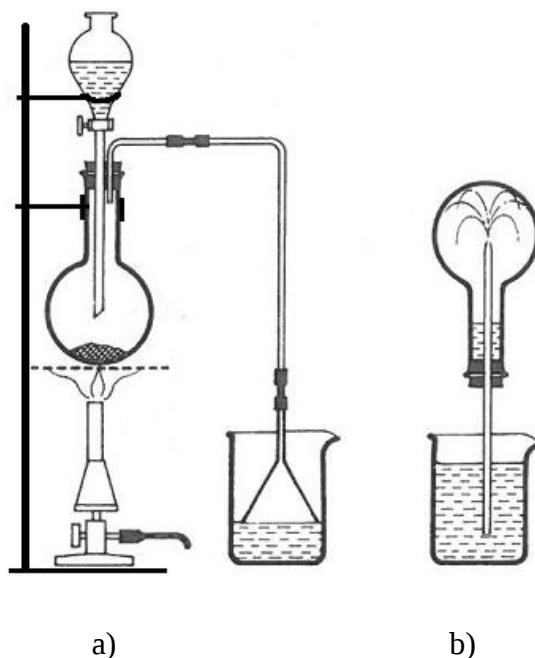
**Pribor i kemikalije:** tikvica za frakcioniranje od 250 mL s gumenim čepom i cijevi, ispiralica s koncentriranom sumpornom kiselinom, tikvica s ravnim dnom od 250 mL s gumenim čepom kroz koji prolazi staklena cjevčica izvučena na strani manje baze čepa, svinuta staklena cijev, laboratorijska žlica, čaša od 600 mL, stativ s klemom za tikvicu i prstenom, azbestna mrežica, plamenik, čvrsti natrijev klorid, sumporna kiselina (volumnog omjera  $V(\text{H}_2\text{SO}_4):V(\text{H}_2\text{O}) = 9:1$ ), destilirana voda i metiloranž.

**Napomena:** Vježba se izvodi u digestoru!

**Postupak:** U čašu od 600 mL ulijte destilirane vode i nekoliko kapi metiloranža da otopina postane narančasta.

Sastavite aparaturu prema slici 5.10 a. U tikvicu za frakcioniranje stavite 15 g NaCl i oko 25 mL otopine  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Sadržaj tikvice za frakcioniranje zagrijava se dok se ne počne pjeniti, a kroz bocu s ispiralicom počnu prolaziti mjehurići plina. Smjesa se zagrijava tako dugo dok se na grlu tikvice s ravnim dnom ne pojavi bijeli dim. Prekinite grijanje i odmah prekinite vezu između tikvice za frakcioniranje i ispiralice, kako ne bi koncentrirana sumporna kiselina iz boce ispiralice ušla u tikvicu za frakcioniranje.

Tikvicu s razvijenim klorovodikom začepiti čepom kroz koji prolazi cjevčica i uroniti u vodu s metiloranžom (vidi sliku 5.10 b). Voda najprije ulazi u tikvicu polako, a zatim naglo, u oblike vodoskoka. Objasnite uočene promjene (vodoskok) te napišite kemijsku jednadžbu dobivanja klorovodika. Promjena boje u tikvici dokaz je da je nastala kiselina.



Slika 5.4. a) Aparatura za dobivanje klorovodika i b) „vodoskok“

**SUMPOR I SPOJEVI SUMPORA**

Sumpor se u prirodi nalazi u elementarnom stanju te u mnogim sulfidnim i sulfatnim mineralima. Kao i svi elementi 16. skupine periodnog sustava i sumpor u elementarnom stanju dolazi u više alotropskih modifikacija, koje se međusobno razlikuju u kristalnom obliku.

Tablica 6.1. Pojedina svojstva sumpora

| Atomski<br>radijus /pm | Prva energija<br>ionizacije<br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Koeficijent<br>elektronegativnosti | Energija veze<br>/ kJmol <sup>-1</sup> | Redoks<br>potencijal<br>/ V | Talište<br>/ K | Vrelište<br>/ K |
|------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| 103                    | 999                                                  | 2,5                                | 264                                    | 0,14                        | 392,15         | 717,85          |

**Rompski** sumpor je alotropska modifikacija stabilna pri sobnoj temperaturi. Njegova molekula sastoji se od osam atoma povezanih u prsten. Netopljiv je u vodi, teško topljiv u organskim otapalima, a lako se otapa u sumporougljiku. Zagrijavanjem rompskog sumpora nastaje drugi kristalni oblik; **monoklinski** sumpor. On je stabilan iznad 96,5°C, a njegovim hlađenjem ispod navedene temperature monoklinski sumpor prelazi u rompski. Ovo je tipičan primjer za *enantiotropiju*. Monoklinski sumpor također gradi molekulu od osam atoma povezanih u prsten, ali s razlikom u jediničnoj ćeliji. Jedinična ćelija rompskog sumpora sastoji se od 16 molekula S<sub>8</sub>, dok se jedinična ćelija monoklinskog sastoji od 6 molekula S<sub>8</sub>. U rastaljenom stanju pri temperaturi iznad 120 °C sumpor posjeduje *dinamičku alotropiju*.

Sumpor je reaktivan element. Već kod umjereno povišene temperature izravno se spaja s gotovo svim elementima, osim s jodom, dušikom, telurijem, iridijem, zlatom, platinom i plemenitim plinovima. Najviše elementarnog sumpora (oko 90% svjetske proizvodnje) upotrebljava se za proizvodnju sumporne kiseline koja je polazna sirovina za dobivanje brojnih drugih kemikalija i proizvoda.

*Pojedini spojevi sumpora:*

- **sumporovodik** (H<sub>2</sub>S) otrovan je plin neugodna mirisa po trulim jajima koji otapanjem u vodi daje sulfidnu (sumporovodičnu) kiselinu
- **sumporov(IV) oksid** (SO<sub>2</sub>) plin je neugodna, bockava mirisa koji nastaje gorenjem sumpora ili njegovih spojeva u zraku ili kisiku
- **sumporov(VI) oksid** (SO<sub>3</sub>) otapanjem u vodi daje sumpornu kiselinu (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) koja ima izuzetnu kemijsko-tehnološku primjenu
- **sumporna kiselina** (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) bezbojna je uljasta tekućina i jedan od najvažnijih proizvoda kemijske industrije.

## POKUSI:

### 6.1. Dobivanje rompskog sumpora

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, pluteni čep, stakleni lijevak, papir za filtriranje, satno staklo, stakleni štapić, stativ, klema s kolutom, sumpor, ugljikov(IV) sulfid.

**Opasnosti:** Ugljikov(IV) sulfid je otrovan! RADITE U DIGESTORU!

**Postupak:** Stavite u epruvetu oko 0,5 g sumpora. Dodajte oko 2 mL ugljikovog(IV) sulfida, začepite plutenim čepom i promućkajte. Kada se sumpor više ne otapa, dobivenu otopinu profiltrirajte na satno staklo. Pustite da otopina sama od sebe polagano ispari. Isparavanjem ugljikovog disulfida dolazi do kristalizacije sumpora u obliku rompskih kristala. Pogledajte kristale pod lupom, a njihov oblik predložite crtežom.

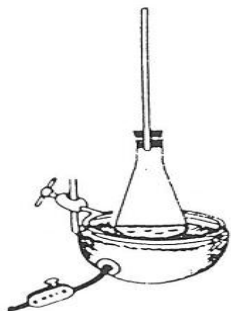
Opišite građu molekula i kristalnu strukturu rompskog sumpora. Koje su vam još vrste molekula sumpora poznate? Kakve međumolekulske sile djeluju među molekulama sumpora u kristalu? Kako objašnjavate dobru topljivost sumpora u ugljikovom(IV) sulfidu?

### 6.2. Dobivanje monoklinskog sumpora

**Pribor i kemikalije:** Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, čep, staklena cijev duljine oko 70 cm, grijača kapa ili neka druga električna grijalica, stativ s hvataljkom, sumpor, toluen.

**Opasnosti:** Toluen je upaljiv i otrovan. RADITE U DIGESTORU!!!

**Postupak:** oko 2 g sumpora stavite u Erlenmeyerovu tikvicu od 100 mL i prelijte s oko 15 mL toluena. Tikvicu zatvorite probušenim čepom kroz koji je provučena staklena cijev. Zagrijavajte tikvicu električnom grijalicom sve dok se sav sumpor ne otopi (slika 6.1). Iz vruće otopine kristalizira monoklinski sumpor u obliku tankih iglica. Monoklinska forma sumpora kristalizira iznad 95,5°C. Toluen vrije pri 110°C pa će monoklinski sumpor kristalizirati iz vruće zasićene otopine u toluenu. Pokus možete izvesti i tako da sumpor otopite u maslinovom ulju. Zbog daleko višeg vrelišta maslinovog ulja i višeg plamtišta u odnosu na toluen, epruvetu s maslinovim uljem i sumporom možete zagrijavati na otvorenom plamenu.



Slika 6.1. aparatura za dobivanje monoklinskog sumpora. Toluen, kao i sva ostala organska otapala smiju se zagrijavati samo pomoću električnih grijača u tikvici s povratnim hladilom.

### 6.3. Fizička svojstva sumpora

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, drvena štipaljka, čaša, plamenik, sumpor.

**Postupak:** Sumporom u prahu napunite epruvetu do polovice. Uхватите epruvetu drvenom štipaljkom i grijte vrlo polagano, visoko iznad plamena, sve dok se sav sumpor ne rastali. Morate dobiti žućkastu lako pokretnu tekućinu. Uočite njen viskozitet i boju.

Nastavite zagrijavanje sumpora i promatrajte promjenu boje i viskoziteta. U jednom trenu sumpor će poprimiti boju trešnje i skrutnuti se. Uočite da sumpor ne teče ako se epruveta okrene otvorom prema dolje.

Nastavite sa zagrijavanjem sve dok sumpor ne provrije. Pratite promjene boje. Kipući sumpor izlijte u tankom mlazu u hladnu vodu. Provjerite elastična i plastična svojstva dobivenog sumpora. Mijesite plastični sumpor među prstima. Pratite kako mu se mijenjaju plastična i elastična svojstva.

### 6.4. Dobivanje koloidnog sumpora

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, 2 čaše od 100 mL, stakleni lijevak, papir za filtriranje, stakleni štap, stativ, klema s kolutom, natrijev tiosulfat, koncentrirana klorovodična kiselina.

**Postupak:** Razrijeđenoj otopini natrijevog tiosulfata u vodi dodajte nekoliko kapi koncentrirane otopine klorovodične kiseline. Otopina se zamuti od izlučenog koloidnog sumpora. Profiltrirajte otopinu.

### 6.5. Dobivanje sumporovodika od sumpora i parafinskog ulja

**Pribor i kemikalije:** Epruveta, papir za filtriranje, plamenik, stativ s hvataljkom, sumpor, parafinsko ulje, olovni(II) acetat.

**Postupak:** Stavite u epruvetu na vrh noža sumpora u prahu i dodajte nekoliko kapi parafinskog ulja. Zagrijavajte epruvetu, a na otvor epruvete prislonite papir za filtriranje navlažen otopinom olovnog(II) acetata.

Pokus možete izvesti tako da smjesu sumpora i parafinskog ulja zagrijavate u maloj porculanskoj zdjelici preko azbestne mrežice.

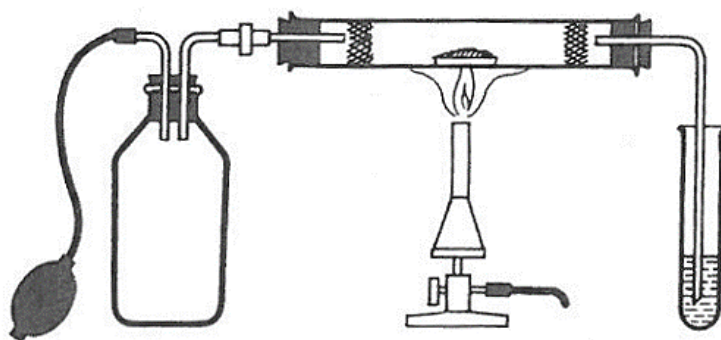
Obrazložite uočene promjene! Napišite pripadne jednačbe reakcija.

## 6.6. Dobivanje sumporovog(IV) oksida žarenjem pirita

**Pribor i kemikalije:** staklena cijev od teško taljivog stakla s probušenim gumenim čepovima i staklenim cjevčicama, epruveta, porculanska lađica, 3 koljenasto savijene staklene cijevi, stezaljka, staklena boca od 2 L, gumena pumpica, stativ, hvataljka, tarionik, staklena vuna, plamenik, plavi lakmus-papir, pirit, razrijeđena otopina joda u kalijevom jodidu kojoj ste dodali malo škroba.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 6.2. U cijev od teško taljivog stakla, između dva sloja staklene vune, stavite porculansku lađicu s usitnjenim piritom. U epruvetu ulijte 1 do 2 mL tamnomodre otopine kalijev jodid – jod – škroba (škrob mora biti svježije pripremljen). Pritegnite stezaljku između boce i reakcijske cijevi. Pomoću gumene loptice, dok je stezaljka pritegnuta, napumpajte zrak u bocu.

Zagrijavajte cijev na onom mjestu gdje se nalazi lađica s piritom. Najprije zagrijavajte laganim, a zatim jakim plamenom uz istovremeno otpuštanje stezaljke, tako da se iznad lađice uspostavi lagana struja zraka. Razvija se sumporov(IV) oksid koji reagira s jodom, zbog čega se indikator obezboji. Suvišak sumporovog(IV) oksida možete ukloniti uvođenjem u vodu ili u otopinu natrijeva hidroksida. Brz dokaz nastalog produkta je i promjena boje navlaženog plavog lakmus-papira prislonjenog na odvodnu cijev.



Slika 6.2. Aparatura za dobivanje sumporovog(IV) oksida žarenjem pirita

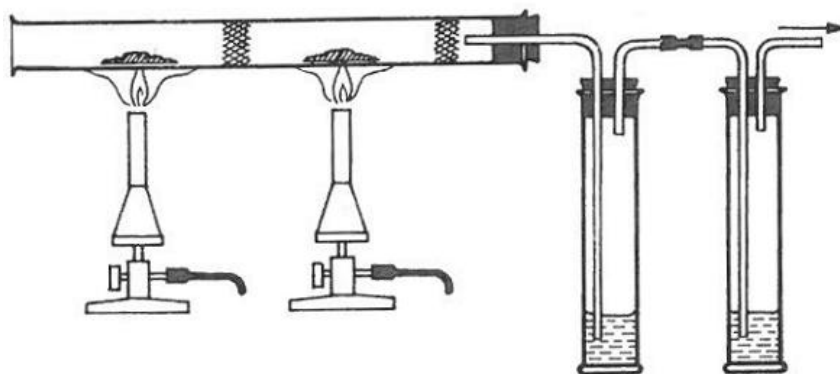
### 6.7. Kontaktni postupak dobivanja sumporne kiseline

**Pribor i kemikalije:** Staklena cijev od teško taljivog stakla ( $l=30$  cm,  $d=20$  mm) s probušenim gumenim čepovima i staklenim cjevčicama, 2 ispiralice, vodena sisaljka, stativ s hvataljkom, 2 plamenika, pirit, željezov(III) oksid, koncentrirana sumporna kiselina.

**Opasnosti:** Koncentrirana sumporna kiselina nagriza kožu i tkanine.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 6.3. U cijev od teško taljivog stakla između smotuljaka staklene vune stavite porculansku lađicu s piritom (lijeva lađica na slici) i porculansku lađicu sa željezovim(III) oksidom (desna lađica na slici). U prvu ispiralicu ulijte destiliranu vodu (ispiralica direktno spojena na cijev od teško taljivog stakla), a u drugu koncentriranu sumpornu kiselinu. Uključite vodenu sisaljku tako da dobijete laganu struju zraka kroz reakcijsku cijev. Protok zraka kontrolirajte u ispiralicama.

Zagrijte najprije željezov(III) oksid, a zatim započnite zagrijavati i pirit. U prvoj ispiralici opazite bijelu maglu koja nastaje reakcijom vodene pare i sumporovog(VI) oksida.



Slika 6.3. Aparatura za kontaktni postupak dobivanja sumporne kiseline

## 6.8. Svojstva sumporne kiseline

**Pribor i kemikalije:** 3 satna stakla, kapalica, visoka čaša od 100 mL, tikvica s okruglim dnom, eksikator, tehnička vaga i utezi, porculanska zdjelica, termometar, epruvete, stakleni štapić, koncentrirana sumporna kiselina, kristali bakrovog(II) sulfata pentahidrata (modra galica), konzumni šećer, koncentrirana klorovodična kiselina, koncentrirana otopina amonijaka.

**Opasnosti: Koncentrirane kiseline i lužine nagrizažu kožu i tkanine.**

**Pokus 1.** Na komadić papira ili tkanine na satnom staklu stavite kap koncentrirane sumporne kiseline. Ostavite da kiselina djeluje dulje vrijeme. Ako tkanina ostane cijela pokušajte dio nakvašen sumpornom kiselinom isprati vodom. Uočite i obrazložite pojave!

**Pokus 2.** U visokoj čaši od 100 mL otopite 10 g konzumnog šećera u 10 mL vode i oprezno podlijte s 20 mL koncentrirane sumporne kiseline. Nakon kratkog vremena otopina potamni, a zatim se čaša ispuni spužvastom crnom masom uz razvijanje plinova. Pokušajte ustanoviti da li se razvija neki plin karakteristična mirisa. Obrazložite djelovanje koncentrirane sumporne kiseline na ugljikohidrate. Napišite jednadžbe reakcija!

**Pokus 3.** U tikvicu s okruglim dnom stavite nekoliko većih kristala modre galice i prelijte koncentriranom sumpornom kiselinom. Obratite pozornost na boju kristala! Obrazložite promjenu i potkrijepite odgovor kemijskom jednadžbom !

**Pokus 4.** U mali čisti eksikator stavite satno staklo s koncentriranom sumpornom kiselinom i satno staklo s jednom kapi vode. Obratite pozornost na nestajanje vode sa satnog stakla. Može li se sumporna kiselina koristiti kao sredstvo za sušenje u eksikatoru? Koje se vrste spojeva mogu sušiti iznad koncentrirane sumporne kiseline?

**Pokus 5.** Na jedan krak tehničke vage stavite porculansku zdjelicu s 3-4 mL koncentrirane sumporne kiseline. Istarirajte vagu! Nakon nekog vremena ustanovite je li vaga još u ravnoteži! Obrazložite pojavu!

**Pokus 6.** U čašu s vodom, u koju je uronjen termometar, podlijte nekoliko mililitara koncentrirane sumporne kiseline. Promiješajte termometrom i ustanovite je li došlo do promjene temperature. Obrazložite pojavu!

**Pokus 7.** Ulijte u epruvetu 1-2 mL koncentrirane klorovodične kiseline i jednak volumen vode. Prinesite otvoru epruvete stakleni štapić prethodno uronjen u konc. otopinu amonijaka. Ustanovite pojavljuje li se bijeli dim amonijevog klorida.

Pažljivo, uz stjenku epruvete, podlijte 2 do 3 mL konc. sumporne kiseline. Otvoru epruvete ponovo prinesite stakleni štapić prethodno uronjen u koncentriranu otopinu amonijaka. Opaža li se sada bijeli dim amonijevog klorida. Obrazložite pojavu! Napišite kemijsku jednadžbu dobivanja amonijevog klorida. Što se događa kada koncentrirana sumporna kiselina dođe u dodir s kožom? Hoćete li ozljedu isprati vodom?

### DUŠIK I SPOJEVI DUŠIKA

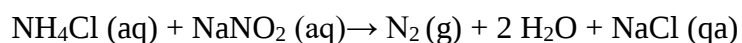
Dušik je element 15. skupine periodnog sustava. On je bezbojan plin bez mirisa i okusa, nešto lakši od zraka te slabo topljiv u vodi. U prirodi se dušik pojavljuje pretežno (99%) u elementarnom stanju u sastavu zraka, a vezan dolazi u obliku nitrata (npr. u čilskoj salitri) i nitrita, u amonijaku i amonijevim solima, a najčešće u mnogim organskim spojevima, osobito u životinjskim i biljnim bjelanjčevinama. Molekula dušika ( $\text{:N}\equiv\text{N:}$ ) je izrazito stabilna i odgovorna je za kemijsku inertnost dušika.

Tablica 7.1. Pojedina svojstva dušika

| Atomski<br>radijus<br>/pm | Prva energija<br>ionizacije<br>/ $\text{kJmol}^{-1}$ | Koeficijent<br>elektronegativnosti | Energija veze<br>/ $\text{kJmol}^{-1}$ | Redoks<br>potencijal<br>/ V | Talište<br>/ K | Vrelište<br>/ K |
|---------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| 75                        | 1402                                                 | 3,0                                | 944,7                                  | 1,25                        | 63,15          | 77,3            |

Dušik se teško spaja s drugim elementima, ne gori niti podržava gorenje iako se u pogodnim uvjetima može spojiti s kisikom u dušikov oksid, s vodikom u amonijak i s nekim metalima u nitride.

U laboratoriju se dušik najčešće dobiva reakcijom zasićenih otopina amonijevog klorida i natrijeva nitrita prema kemijskoj jednadžbi:



*Pojedini spojevi dušika:*

- **dušična kiselina** ( $\text{HNO}_3$ ) je bezbojna tekućina koja izložena svjetlosti otpušta dušikov(IV) oksid i poprima smeđu boju. Zbog toga ova kiselina se čuva u tamnim bocama
- **amonijak** ( $\text{NH}_3$ ) je pri sobnoj temperaturi bezbojan plin, bockava i neugodna mirisa, lakši od zraka i dobro topljiv u vodi. Molekula amonijaka posjeduje dipolni karakter
- **dušikov(I) oksid** ( $\text{N}_2\text{O}$ ), u kombinaciji s kisikom djeluje na živčani sustav kao sedativ, u 19. stoljeću korišten je kao jedan od prvih anestetika, izaziva nekontrolirano smijanje, zastarjeli nazivi su plin smješakavac, dušikov oksidul, dušikov suboksid i rajski plin. Inhaliranjem većih količina, osoba može pasti u komu. Plin bez boje i mirisa, sladunjava okusa;
- **dušikov(II) oksid** ( $\text{NO}$ ), plin bez boje, mirisa i okusa, nastaje od elemenata na visokoj temperaturi električnog luka kao i sagorijevanjem amonijaka; s kisikom se oksidira na dušikov dioksid ( $\text{NO}_2$ ) pa je stoga međuprodukt pri proizvodnji dušične kiseline od atmosferskog dušika;
- **dušikov(IV) oksid** ( $\text{NO}_2$ ) je tamnocrveni plin čije se molekule pri nižim temperaturama po dvije spajaju dajući bezbojan plin

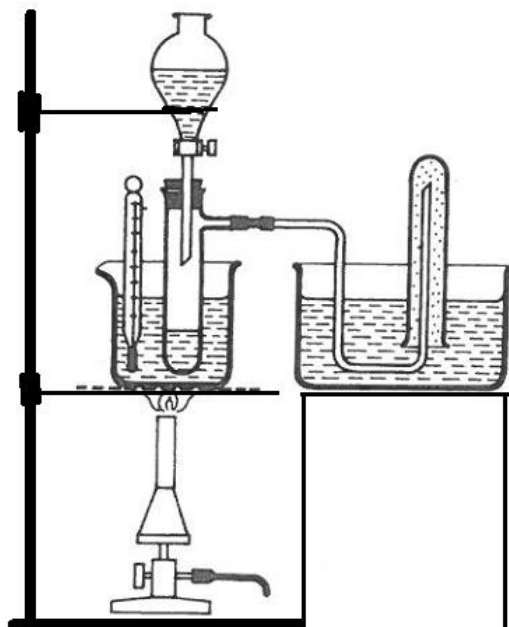
## POKUSI:

### 7.1. Dobivanje dušika od amonijevog klorida i natrijevog nitrita

**Pribor i kemikalije:** Okrugla tikvica ili tikvica za frakcijsku destilaciju od 250 mL, lijevak za dokapavanje od 50 mL, savijena staklena cijev, probušeni čep, čaša od 400 mL, termometar, pneumatska kada, stakleni cilindar, stativ s hvataljkom, plamenik, drveni štapić, špatula, zasićena otopina natrijevog nitrita, zasićena otopina amonijevog klorida.

**Postupak:** U tikvicu za frakcijsku destilaciju ulijte otopinu 10 g amonijevog klorida u 30 mL vode. U lijevak za dokapavanje ulijte otopinu 12,5 g natrijevog nitrita u što manje vode. Složite aparaturu prema slici 7.1. U zasićenoj otopini amonijevog klorida, zagrijanu na vodenoj kupelji do  $70^{\circ}\text{C}$ , dodajte iz lijevka za dokapavanje zasićenu otopinu natrijevog nitrita. Razvijeni dušik sakupite u stakleni cilindar u pneumatskoj kadi. Zapaljenim drvenim štapićem provjerite da li dušik podržava gorenje.

Objasnite jednadžbama reakcije za dobivanje dušika u provedenom pokusu. Koja se onečišćenja javljaju u provedenom pokusu? Opišite druge laboratorijske metode dobivanja dušika. Opišite postupke čišćenja i sušenja dušika. Kako se dušik proizvodi i transportira u industrijskim razmjerima. Gdje elementarni dušik nalazi primjenu?



Slika 7.1. Aparatura za dobivanje dušika iz amonijevog klorida i natrijevog nitrita

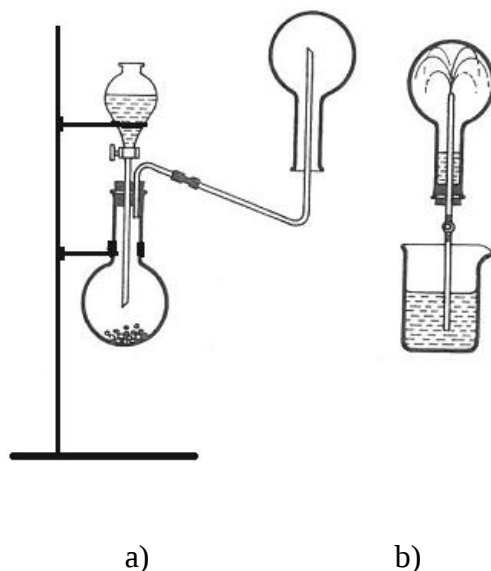
## 7.2. Dobivanje i svojstva amonijaka

**Pribor i kemikalije:** okrugla tikvica od 500 mL, okrugla tikvica ili tikvica za frakcijsku destilaciju od 250 mL, lijevak za dokapavanje od 50 mL, 2 koljenasto savijene staklene cijevi, gumena cijev, čaša od 500 mL, staklena cijev duljine 30 cm, 2 probušena čepa, stativ s hvataljkom, koncentrirana otopina amonijaka, natrijev hidroksid, fenoftalein, crveni lakmus-papir.

**Opasnosti: Natrij-hidroksid jako nagriza kožu.**

**Postupak:** Čašu od 500 ili 1000 mL napunite skoro do vrha vodom. U vodu dodajte nekoliko kapi otopine fenolftaleina. Složite aparaturu prema slici 7.2. U tikvicu od 250 mL s okruglim dnom, ili tikvicu za frakcijsku destilaciju stavite oko 10 g granula natrijevog hidroksida. U lijevak za dokapavanje ulijte 25 mL koncentrirane otopine amonijaka. Oslobađa se plinoviti amonijak koji hvatajte u veću tikvicu s okruglim dnom, okrenutu otvorom prema dolje. Otvoru tikvice prinesite navlaženi crveni lakmus-papir. Kad papir poplavi, tikvicu zatvorite čepom kroz koji je provučena staklena cijev sužena na jednom kraju. Suženi vrh cijevi treba da je u središtu okrugle tikvice.

Uronite vrh staklene cijevi u čašu s vodom kojoj je dodano nekoliko kapi fenolftaleina. Voda iz čaše naglo, poput vodoskoka, ulazi u tikvicu. Objasnite nastalu pojavu i napišite jednadžbe kemijskih reakcija. Ako se to ipak ne dogodi, nego samo malo vode uđe u staklenu cijev, začepite cijev prstom ispod vode, okrenite tikvicu tako da se voda iz cijevi pretoči u tikvicu, a zatim ponovo uronite vrh cijevi u vodu i otpustite prst. Ako je u tikvici bilo imalo amonijaka mora se pojaviti vodoskok. Kakav je karakter veze N – H u molekuli amonijaka?



Slika 7.2. a) Aparatura za dobivanje amonijaka i b) „vodoskok“

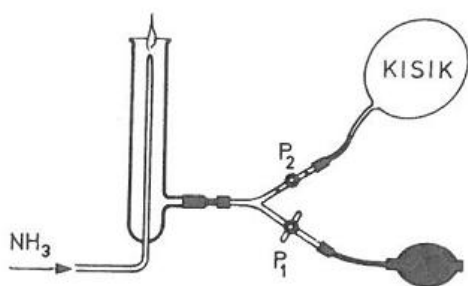
### 7.3. Sagorijevanje amonijaka u kisiku

**Pribor i kemikalije:** Aparatura za dobivanje amonijaka iz pokusa 7.2, gumeni balon, gumena pumpica, Daniellov plamenik, "Y" cijev s 2 pipca, gumena cijev, stativ, hvataljka, gazometar.

**Postupak:** Složite aparaturu prema slici 7.3. Na jedan krak "Y" cijevi, sa zatvorenim pipcem, spojite gumeni balon s kisikom. Na drugi krak "Y" cijevi, sa zatvorenim pipcem, spojite gumenu pumpicu za upuhivanje zraka. Učvrstite Daniellov plamenik na stativ. Vanjsku cijev plamenika, plašt, pripojite na slobodan krak "Y" cijevi.

Kroz unutrašnju cijev plamenika propustite laganu struju amonijaka. Otvorite pipac  $P_1$  i pomoću gumene loptice upuhajte zrak. Pokušajte upaliti amonijak u struji zraka.

Zatvorite pipac  $P_1$  i pomalo otvarajte pipac  $P_2$  tako da se uspostavi lagana struja kisika kroz Daniellov plamenik. Ponovo pokušajte upaliti amonijak. Da li amonijak gori u struji čistog kisika? Pokušajte ustanoviti koji produkti nastaju gorenjem amonijaka u kisiku! Napišite jednadžbe reakcija! Navedite i obrazložite primjere ili postupke u kojima se iskorištava gorenje amonijaka!



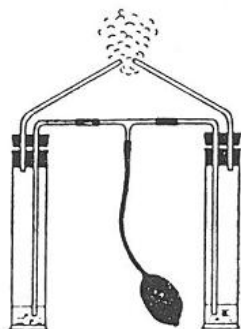
Slika 7.3. Aparatura za pokus „Gorenje amonijaka u kisiku“

### 7.4. Dobivanje amonijevog klorida

**Pribor i kemikalije:** 2 ispiralice, 2 koljenasto savijene staklene cijevi, 2 gumene cijevčice, gumena pumpica, "T" cijev, koncentrirana otopina amonijaka, koncentrirana klorovodična kiselina.

**Opasnosti:** Otopine koncentriranih kiselina i lužina jako nagrizažu kožu.

**Postupak:** Ulijte u jednu ispiralicu malo klorovodične kiseline, a u drugu isto toliko koncentrirane otopine amonijaka. Ispiralice spojite gumenom pumpicom preko "T" cijevi. Pomoću pumpice upuhajte zrak u ispiralice (slika 7.4). Oko odvodnih cijevi stvara se bijeli dim amonijevog klorida. Pokus možete brže izvesti tako da kapnete na satno staklo nekoliko kapi klorovodične kiseline i pokraj nje nekoliko kapi konc. otopine amonijaka. Bijeli dim amonijeva klorida dugo se zadržava u prostoriji.



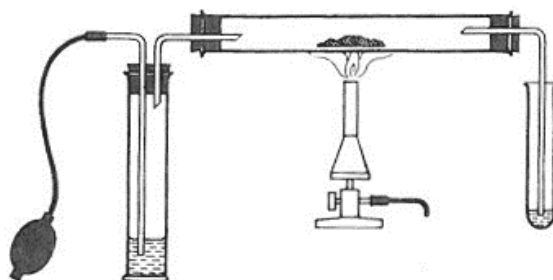
Slika 7.4. Aparatura za dobivanje amonijevog klorida

### 7.5. Dobivanje dušične kiseline katalitičkom oksidacijom amonijaka (Pokus po Ostwaldu)

**Pribor i kemikalije:** Ispiralica s koncentriranom otopinom amonijaka, cijev od teško taljivog stakla duljine oko 30 cm i promjera oko 20 mm, 2 probušena čepa sa staklenim cjevčicama, gumene cjevčice, koljenasto savijena cijev, gumena pumpica, plamenik, stativ, hvataljka, bakrene strugotine, Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, difenilamin, konc. sumporna kiselina.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 7.5. U ispiralicu ulijte 20 mL koncentrirane otopine amonijaka. U Erlenmeyerovu tikvicu ulijte oko 10 mL otopine difenilamina u koncentriranoj sumpornoj kiselini. U staklenu cijev između dva smotuljka staklene vune stavite strugotine bakra. Zagrijavajte strugotine bakra i istovremeno pomoću gumene pumpice upuhujte zrak.

Otopina difenilamina u koncentriranoj sumpornoj kiselini poplavi što dokazuje da je došlo do oksidacije amonijaka u dušikove okside. Difenilamin služi za dokazivanje dušične kiseline, jer nastaje karakteristično plavo obojenje. Reagens se priprema otapanjem 0,5 g difenilamina u ohlađenoj smjesi od 100 mL sumporne kiseline i 20 mL vode. Prikažite kemijskim jednadžbama nastajanje dušične kiseline katalitičkom oksidacijom amonijaka.



Slika 7.5. Aparatura za dobivanje dušične kiseline katalitičkom oksidacijom amonijaka

### ELEKTROLIZA

Uključivanjem istosmjerne električne struje u sustav koji se sastoji od dvije elektrode i otopine elektrolita na elektrodama će doći do reakcija oksidacije i redukcije.

Istraživanjem električne vodljivosti u ovom sustavu uočeno je da se elektricitet prenosi pomoću pozitivnih i negativnih čestica, *iona*, koje se gibaju suprotnim smjerovima u otopini. Na negativnoj elektrodi, *katodi*, odvija se redukcija, a na pozitivnoj elektrodi, *anodi*, odvija se oksidacija. Prema tome, proces oksidacije i redukcije pod utjecajem električne struje naziva se *elektroliza*.

Prilikom elektrolize na elektrodama se uvijek odvija ona reakcija za koju je potreban manji utrošak energije. Ukoliko je anoda načinjena od metala koji prilikom elektrolize prelazi u kation (otapa se) dolazi i do oksidacije metala od kojeg je načinjena anoda, jer se odvija proces za koji je potrebna manja energija. Ovakva elektroliza se naziva *elektroliza s topljivom anodom*.

*Količina naboja*,  $Q$  koja proteče tijekom elektrolize proporcionalna je nastaloj množini ekvivalentnih jedinki tvari (npr. tvari X) na elektrodama:

$$Q = F n \left( \frac{1}{z} X \right)$$

gdje je  $F$  Faradayeva konstanta i iznosi  $F = 96\,485 \text{ C mol}^{-1} = 96\,485 \text{ A s mol}^{-1}$ .

Množine jedinki trebaju biti međusobno *ekvivalentne*:

$$n \left( \frac{1}{z} X \right) = \frac{m(X)}{M \left( \frac{1}{z} X \right)}$$

gdje je  $m$  masa tvari X koja nastaje elektrolizom na elektrodama.

Kako je jakost struje  $I = \frac{Q}{t}$ , odnosno  $Q = I t$  može se izračunati masa tvari X prema izrazu:

$$m(X) = \frac{I t M(X)}{F z}$$

Michael Faraday (1791-1867) proučavao je odnos između količine tvari nastale elektrolizom: protekle količine naboja, jakosti struje i vremena. Iz toga je formulirao dva zakona - *Faradayevi zakoni*:

*I. Količina tvari koja se pri elektrolizi izluči na bilo kojoj elektrodi, proporcionalna je količini elektriciteta koja je prošla kroz elektrolit.*

*II. Jednake količine elektriciteta izlučuju različite tvari u omjeru njihovih ekvivalentnih masa.*

Jedinica količine elektriciteta je *kulon* (C, coulomb), a odgovara količini elektriciteta (naboja) koja u jednoj sekundi prođe kroz poprečni presjek vodiča strujom od jednog ampera.

Ohmov zakon  $I = \frac{U}{R}$  može se primijeniti i na otopine elektrolita. U međunarodnom sustavu mjernih jedinica za električni otpor,  $R$ , koristi se mjerna jedinica om ( $\Omega$ , ohm), a za *električnu vodljivost*,  $G = \frac{1}{R}$  čija je mjerna jedinica siemens (S, siemens). Iz definicije za električnu vodljivost proizlazi da je  $S = \Omega^{-1}$ .

Otpor *elektrolitskog vodiča* ovisi o dimenzijama samog vodiča i računa se prema izrazu:

$R = \rho \frac{l}{A}$ , gdje je  $\rho$  *električna otpornost*, izražena u  $\Omega \text{ m}$ ,  $l$  je duljina vodiča u m, a  $A$  je presjek vodiča u  $\text{m}^2$ .

*Električna provodnost*,  $\kappa$ , jednaka je recipročnoj vrijednosti električne otpornosti  $\kappa = 1/\rho$  i izražava se u  $\text{S m}^{-1}$ .

## GALVANSKI ČLANAK

*Galvanski članak* je uređaj sastavljen od dvije elektrode uronjene u otopine svojih iona koje su međusobno povezane polupropusnom membranom. Svaka od elektroda i njezin elektrolit čine po jedan *polučlanak*. U galvanskom članku se kemijska energija redoks reakcije pretvara u električnu energiju. S obzirom da eksperimentalno određivanje elektrodnog potencijala jedne izolirane elektrode nije moguće, dogovorom je određeno da se elektrodni potencijali mjere prema *normalnoj (standardnoj) vodikovoj elektrodi*.

Dogovorno je uzeto da *potencijal redoks sustava*  $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2 (\text{g})$  bude jednak nuli. Normalna vodikova elektroda (NHE) sastoji se od platinske pločice presvučene spužvastom platinom, uronjene u otopinu klorovodične kiseline u kojoj je aktivitet vodikovih iona jedan ( $c(\text{HCl}) = 1,35 \text{ mol/L}$ ). Kroz otopinu struji vodik pod tlakom od 101325 Pa, a temperatura otopine je 25 °C.

Razlika potencijala galvanskog članka kod kojeg je jedna od elektroda NHE jednaka je elektrodnom potencijalu ispitivane elektrode. Potencijali svih elektroda koje daju elektrone NHE imaju predznak minus, a potencijali elektroda koje primaju elektrone imaju predznak plus.

*Standardni elektrodni potencijal* primjenjuje se na redoks sustavu napisanom u obliku: oksidirani oblik / reducirani oblik.

Ukoliko se kao galvanski članak koristi članak bakar – cink, tada je bakrena elektroda uronjena u otopinu bakrovog(II) sulfata, a cinkova elektroda je uronjena u otopinu cinkovog(II) sulfata. Ove su otopine odvojene polupropusnom membranom te takav galvanski članak se prikazuje shematski:



*Napon članka* ( $\Delta E^\circ$ ) računa se kao razlika elektrodnih potencijala između katode i anode:

$$\Delta E^\circ = E^\circ_{\text{k}} (\text{katode}) - E^\circ_{\text{a}} (\text{anode})$$

Zastarjeli izraz za „napon članka“, ali koji se još uvijek koristi je „elektromotorna sila“.

Tablica 8.1. Standardni elektrodni potencijali ( $\theta = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

|                              |          |                              |          |
|------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| $\text{K}^+ / \text{K}$      | -2,925 V | $\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$ | -0,250 V |
| $\text{Ba}^{2+} / \text{Ba}$ | -2,905 V | $\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$ | -0,126 V |
| $\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$ | -2,866 V | $\text{H}^+ / \text{H}$      | 0,000 V  |
| $\text{Na}^+ / \text{Na}$    | -2,714 V | $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ | 0,337 V  |
| $\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$ | -2,363 V | $2\text{I}^- / \text{I}_2$   | 0,536 V  |
| $\text{Al}^{3+} / \text{Al}$ | -1,663 V | $\text{Ag}^+ / \text{Ag}$    | 0,799 V  |
| $\text{Mn}^{2+} / \text{Mn}$ | -1,179 V | $\text{Hg}^{2+} / \text{Hg}$ | 0,854V   |
| $\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$ | -0,763 V | $2\text{Br}^- / \text{Br}_2$ | 1,087 V  |
| $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ | -0,440 V | $2\text{Cl}^- / \text{Cl}_2$ | 1,359 V  |
| $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}$ | -0,037 V | $\text{Au}^+ / \text{Au}$    | 1,498 V  |

### *Mjere opreza pri pokusu s električnom strujom*

Prilikom rada sa strujom ruke moraju biti sasvim suhe. Instrumenti i utičnice koje se koristi tijekom izvođenja pokusa moraju biti ispravni i uzemljeni. Vodiči moraju biti izolirani, a kontakti („krokodilke“ i ostale vrste spajalica) moraju biti očišćeni od korozije. Kada je sve pripremljeno za izvođenje pokusa te aparature sastavljene i provjerene, može se uključiti u struju.

Pokuse se ne izvodi pri naponu od 220 V, već se preko ispravljača, transformatora ili akumulatora struju snizi na 12 V (napon koji ne djeluje na čovjeka).

Prilikom izvođenja pokusa sa strujom posebno treba paziti da se istovremeno ne dodiruje vodovodne ili plinske instalacije s električnim vodovima. Vodovodne i plinske instalacije su ispod površine zemlje te se preko čovjeka (ruke i noge, ukoliko stoji na zemlji ili betonu i dodiruje neispravan električni instrument ) može zatvoriti strujni krug. Jako je opasno ukoliko se strujni krug zatvori preko ruku ili preko lijeve ruke i noge, jer tada struja prolazi kroz srce. Naponi od 50 V i više su vrlo opasni za ljudski život.

## POKUSI:

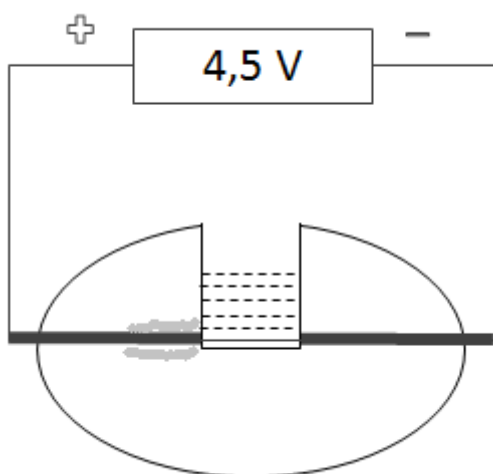
### 8.1. Krumpir kao elektrokemijski indikator

**Pribor i kemikalije:** Krumpir, bušilica za čepove, 2 elektrode od deblje bakrene žice, izvor istosmjerne struje od 6 V, 2 žice s banana utikačima, 2 krokodil-štikaljke, otopina kalijeva jodida,  $c(KI) = 1\text{ mol/L}$ , otopina fenolftaleina.

**Postupak:** Kuhajte krumpir da bude napola skuhan. Bušačem za čepove promjera 10 do 15 mm izbušite udubljenje u krumpiru. S obje strane udubljenja utaknite po jednu elektrodu (bakrena žica) i spojite s izvorom istosmjerne struje (slika 8.1). U udubljenje u krumpiru ulijte otopinu kalijeva jodida i pustite da struja teče. Nakon nekoliko minuta iskopčajte struju, izlijte otopinu kalijeva jodida. Krumpir prerežite duž bakrenih elektroda. Oko pozitivne elektrode javlja se plavo obojenje. Kapnite nekoliko kapi otopine fenolftaleina na dio krumpira gdje je bio priključen negativni pol izvora struje.

Elektrolizom kalijeva jodida na anodi se izlučuje elementarni jod koji sa škrobom u krumpiru daje karakteristično plavo obojenje. Kakve promjene opažate u dijelu krumpira gdje je bio priključen negativan pol izvora struje?

Napišite pripadne jednadžbe reakcija!



Slika 8.1. Shema pokusa „Krumpir kao elektrokemijski indikator“

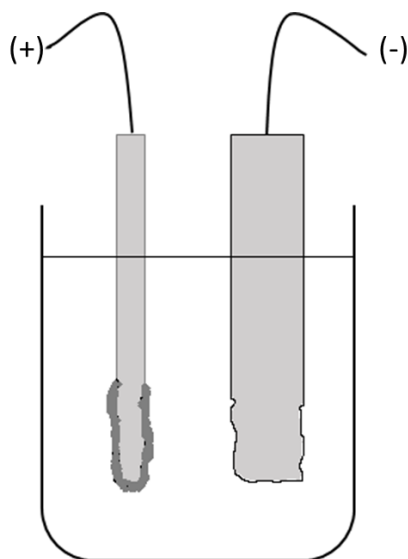
## 8.2. Elektroliza s topljivom anodom

**Pribor i kemikalije:** Čaša od 100 mL, ispravljač od 6 V, ugljeni štapić iz baterije, traka od bakrenog lima, 2 izolirana vodiča s utikačima i krokodil-štikaljkama, razrijeđena otopina dušične kiseline, otopina sumporne kiseline  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol/L}$ .

**Postupak:** U čašu od 100 mL ulijte oko 30 mL razrijeđene sumporne kiseline. Učvrstite ugljenu i bakrenu elektrodu u poklopac s priključnicama i uronite ih u otopinu sumporne kiseline. Ugljeni štapić spojite na minus pol, a bakrenu elektrodu na plus pol izvora istosmjerne struje (slika 8.2). Promatrajte što se događa na elektrodama. U početku se na katodi izlučuju mjehurići vodika, a u okolini anode se pojavi plava boja od iona  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ .

Kad se plavo obojenje proširi na cijelu otopinu vodik će se prestati izlučivati na katodi, a umjesto njega će početi izlučivanje bakra. Izlučeni bakar se može prepoznati po karakterističnoj crvenoj boji.

Objasnite pojave zapažene u početku i tijekom elektrolize. Napišite pripadne jednadžbe reakcija. Nakon dovršenog eksperimenta otopite bakar s ugljenog štapića u razrijeđenoj dušičnoj kiselini (raditi u DIGESTORU) i štapić dobro isperite tekućom vodom.



Slika 8.2. Shema pokusa „Elektroliza s topljivom anodom“

### 8.3. Elektroliza s netopljivom anodom

**Pribor i kemikalije:** U-cijev, 2 elektrode od ugljena, kapalica s gumicom, epruveta, vodene otopine: 0,5 M  $\text{CuCl}_2$ , 2 M  $\text{NaCl}$ , 0,1 M  $\text{KI}$ , 2 M  $\text{HNO}_3$ , 2 M  $\text{HCl}$ , 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 0,5 M  $\text{NaHSO}_3$ , fenolftalein, škrob.

#### A. Elektroliza otopine bakrova (II) klorida

**Postupak:** Ulijte u U-cijev 0,5 M otopinu bakrova (II) klorida. Stavite u oba otvora U-cijevi ugljene elektrode. Spojite elektrode na izvor istosmjerne struje (ispravljač) i propuštajte struju tijekom nekoliko minuta. Isključite struju. Izvadite elektrode iz U-cijevi i uvjerite se da se na katodi izlučio bakar. Oprezno pomirišite elektrodu koja je služila kao anoda. Po karakterističnom mirisu klora lako ćete zaključiti da se tijekom elektrolize na anodi izlučivao klor.

Po završetku eksperimenta uronite elektrodu koja je služila kao katoda, na 3 do 5 min u 2M otopinu dušične kiseline (raditi u DIGESTORU) i zatim je dobro isperite vodom. Elektrodu koja je služila kao anoda uronite na 3 do 5 minuta u 1 M otopinu kalijeva ili natrijeva hidrogensulfita.  $\text{KHSO}_3$  i zatim isperite vodom. Otopinu bakrova (II) klorida izlijte iz U-cijevi u posebnu za tu svrhu namijenjenu posudu. U-cijev operite vodom.

Obrazložite svoja opažanja i napišite jednadžbe katodne i anodne reakcije. Da li se na elektrodama odvijala samo jedna ili više različitih reakcija. Napišite jednadžbe reakcija koje su se dogodile kad ste nakon završene elektrolize ugljeni štapić koji je služio kao katoda uronili u otopinu dušične kiseline. Zašto ste ugljeni štapić koji se služio kao anoda uronili u otopinu kalijeva hidrogensulfita. Napišite jednadžbu reakcije.

#### B. Elektroliza otopine natrijeva klorida

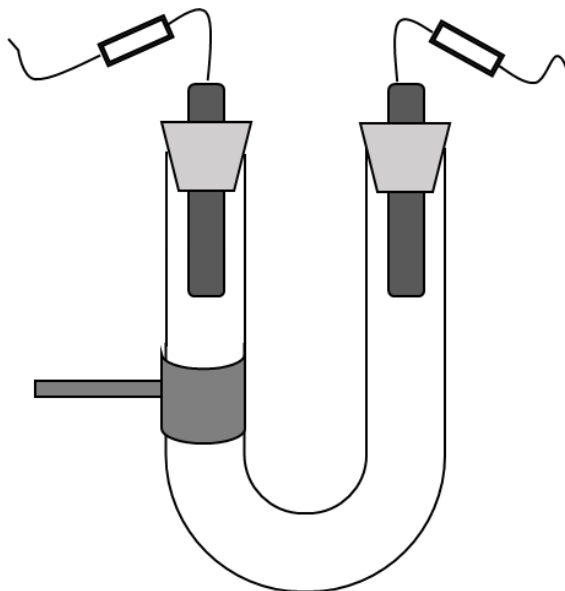
**Postupak:** Ulijte u U-cijev 2 M otopinu natrijeva klorida kojoj ste dodali 2-3 kapi otopine fenolftaleina. Stavite u oba kraka U-cijevi ugljene elektrode. Uključite struju i propuštajte je tijekom nekoliko minuta. Uočite izlučivanje mjehurića plina na katodi i uočite promjenu boje u okolini katode. U anodni prostor dodajte kapalicom 2-3 kapi 0,1 M otopine kalijeva jodida. Uočite promjenu boje elektrolita u okolini anode nakon dodatka otopine kalijeva jodida. Čistom kapalicom uzmite iz anodnog prostora nekoliko kapi žute otopine, prenesite je u epruvetu i razrijedite destiliranom vodom do slabo žute boje. U epruvetu dodajte 2-3 kapi otopine škroba. Uočite promjenu.

Nakon završenog pokusa elektrodu koja je služila kao katoda uronite na 3-5 minuta u 2 M otopinu klorovodične kiseline. Elektrodu koja je služila kao anoda uronite u 1 M otopinu kalijeva ili natrijeva hidrogensulfita. Obje elektrode dobro isperite vodovodnom vodom. Otopinu iz U-cijevi bacite, a cijev temeljito isperite. Obrazložite svoja opažanja i napišite pripadne jednadžbe reakcija. Na osnovi rezultata pokusa i tablice standardnih elektrodnih potencijala sve ione i elemente koji dolaze u ovom pokusu poredajte prema porastu njihovih oksidacijskih svojstava.

Napišite jednađbe koje nastaju kad se ugljeni štapić koji je služio kao katoda uroni u otopinu klorovodične kiseline, a štapić koji je služio kao anoda uroni u otopinu natrijeva ili kalijeva hidrogensulfita.

### C. Elektroliza otopine natrijeva sulfata

**Postupak:** Ulijte u U-cijev 0,5 M otopinu natrijeva sulfata, kojoj je dodano 3-4 kapi otopine fenolftaleina. Uronite elektrode u otopinu (slika 8.3). Elektrolizirajte otopinu istosmjernom strujom 5-10 minuta. Uočite izdvajanje mjehurića plina na obje elektrode i promjenu boje otopine. Nakon završenog pokusa elektrodu koja je služila kao anoda uronite na 3-5 minuta u 2 M otopinu klorovodične kiseline, a zatim isperite vodom. Anodu je dovoljno samo isprati vodom. Otopinu iz U-cijevi bacite, a cijev isperite vodom. Jednađbama reakcija obrazložite opažanja.

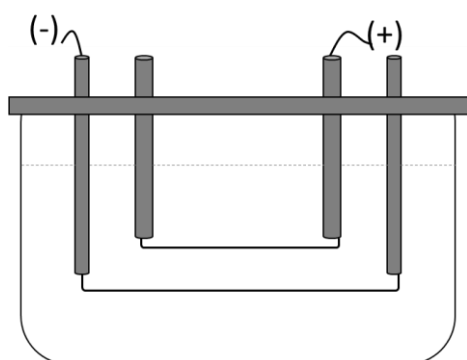


Slika 8.3. Aparatura za elektrolizu s netopljivom anodom

#### 8.4. Elektroliza otopine olovnog(II) acetata

**Pribor i kemikalije:** pneumatska kada, olovna i bakrena elektroda, spojne žice, ispravljač, čaša, lijevak, papir za filtriranje, štapić, olovni(II) acetat, destilirana voda.

**Postupak:** U destiliranoj vodi otopite malo olovo(II)-acetata. Zbog hidrolize će se istaložiti nešto olovnog(II) hidroksida, zato je potrebno dodati nekoliko kapi octene kiseline i otopinu profiltrirati. Tako priređenu otopinu olovo(II) acetata ulijte do polovine pneumatske kade. Uronite elektrode u otopinu i spojite preko ispravljača na izvor struje (slika 8.4). Pazite da kod spajanja bakrena elektroda bude katoda, a olovna anoda. Ubrzo će se na katodi početi izlučivati olovo ("olovno drvo"). Napišite kemijsku jednadžbu elektrolize otopine olovnog(II) acetata.



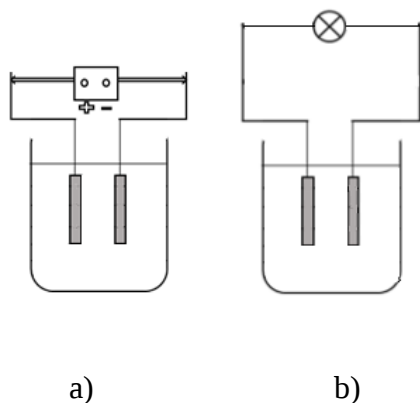
Slika 8.4. Aparatura za elektrolizu otopine olovnog(II) acetata

#### 8.5. Anodna oksidacija olova - AKUMULATOR

**Pribor i kemikalije:** 2 olovne ploče, čaša od 250 mL, 2 žice s banana-utikačima, 2 krokodil-štipaljke, ispravljač, otopina sumporne kiseline,  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20\%$

**Postupak:** U čašu od 250 mL ulijte otopinu sumporne kiseline. Od olovnog lima izrežite dvije elektrode približno 4 x 8 cm. Uronite elektrode u otopinu sumporne kiseline i spojite na izvor istosmjerne struje (slika 8.5). Regulirajte jakost struje tako da se na elektrodama razvijaju plinovi. Kad zamijetite smeđi talog na anodi (nakon 5-10 min) prekinite elektrolizu, odspojite izvor struje. Nastanak smeđeg taloga na anodi znači da je akumulator napunjen. Na elektrode dobivenog akumulatora priključite žarulju. Žarulja svijetli, a akumulator se prazni.

Napišite jednadžbe kemijskih reakcija na elektrodama u toku punjenja i pražnjenja akumulatora. Kako se mijenja koncentracija sumporne kiseline? Obrazložite konstrukciju i svojstva akumulatora kakvi se upotrebljavaju u automobilima. Zašto zimi akumulator teže pokreće automobilski motor?



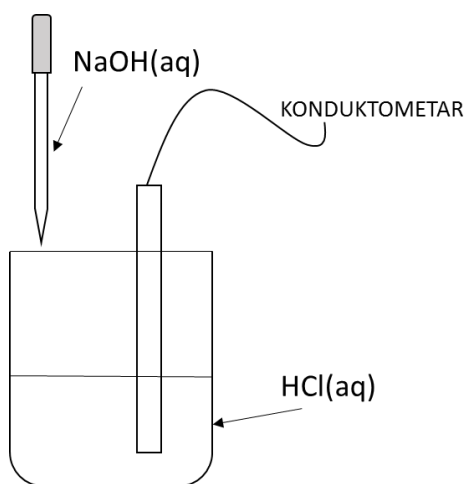
Slika 8.5.(a) Punjenje i (b) pražnjenje olovnog akumulatora

## 8.6. Konduktometrijska titracija otopine klorovodične kiseline i natrijevog hidroksida

**Pribor i kemikalije:** Čaša od 250 mL, kapalica s gumicom, konduktometar, koncentrirana kloridna kiselina, otopina natrijevog hidroksida,  $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L}$ , fenolftalein.

**Postupak:** Pripremite razrijeđenu otopinu klorovodične kiseline dodavanjem 7 kapi konc. klorovodične kiseline u 100 mL destilirane vode. Ovoj otopini dodajte nekoliko kapi fenolftaleina. U mikrobiretu ulijte otopinu natrij-hidroksida. Uronite elektrodu konduktometra u otopinu klorovodične kiseline i izmjerite provodnost (slika 8.6). Dodajte kap otopine NaOH iz kapalice, dobro promiješajte i ponovno izmjerite provodnost. Ponavljajte postupak pri svakom dodavanju otopine NaOH. Produžite postupak i nakon što se pojavi karakteristična boja fenolftaleina, tako da dobijete još 3 vrijednosti pripadne provodnosti.

Nacrtajte grafikon tako da na ordinatu nanesete provodnost, a na apscisu broj dodanih kapi NaOH. Odredite grafički točku ekvivalencije.



Slika 8.6. Shema pokusa „Konduktometrijska titracija“

## 8.7. Priprema galvanskog članka

**Pribor i kemikalije:** visoka čaša od 100 mL, rezervoari plastičnih medicinskih šprica od 5 mL, kartonski poklopac s dva otvora, elektrode od bakra i olova, vodene otopine  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  i  $\text{NaCl}$  koncentracije 0,1 M, digitalni voltmetar.

**Postupak:** Čašu od 100 mL napunite do polovice otopinom  $\text{NaCl}$  (služi kao elektrolitni most). Poklopite čašu kartonskim poklopcem s dva otvora.

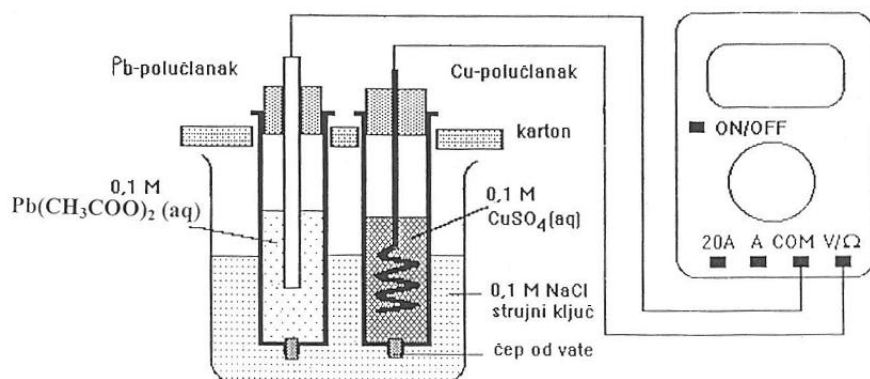
Polučlanak  $\text{Cu(s)}|\text{CuSO}_4(\text{aq})$  pripremite na sljedeći način:

U otvor rezervoara plastične medicinske šprice od 5mL, na koji se inače postavlja igla, ugurajte mali smotuljak vate. Bakrenu elektrodu izradite tako da komadić očišćene bakrene žice promjera 0,7 do 1 mm smotate na jednom kraju u malu spiralu. Drugi kraj provucite kroz gumeni čep odgovarajućeg promjera tako da se može postići dobro brtvljenje velikog otvora rezervoara injekcijske šprice od 5 mL. Rezervoar napunite do polovice 0,1 M otopinom  $\text{CuSO}_4$ .

Gumenim čepom s bakrenom elektrodom čvrsto začepite otvor rezervoara s otopinom bakrova sulfata tako da istisnete nekoliko kapi otopine. Održavajući pritisak na gumeni čep, ugurajte polučlanak kroz otvor kartonskog poklopca u otopinu natrijeva klorida. Tek kad vrh polučlanka bude uronjen u otopinu natrijeva klorida, popustite pritisak na gumeni čep. Tako ćete izbjeći stvaranje mjehurića zraka u malom otvoru injekcijske šprice, što bi onemogućilo protok struje kroz elektrolit.

Polučlanak  $\text{Pb(s)}|\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{aq})$  pripremiti jednakim postupkom kao i polučlanak s bakrom. Rezervoar plastične injekcije napunite 0,1 M otopinom olovo(II) acetata. Gumeni čep s olovnom elektrodom ugurajte u otvor rezervoara. Polučlanak s olovom postavite u otvor kartonskog poklopca (slika 8.7).

Digitalnim voltmetrom izmjerite razliku potencijala među elektrodama galvanskog članka. Odredite na kojoj se elektrodi događa oksidacija, a na kojoj redukcija. Napišite pripadne jednadžbe kemijskih reakcija.



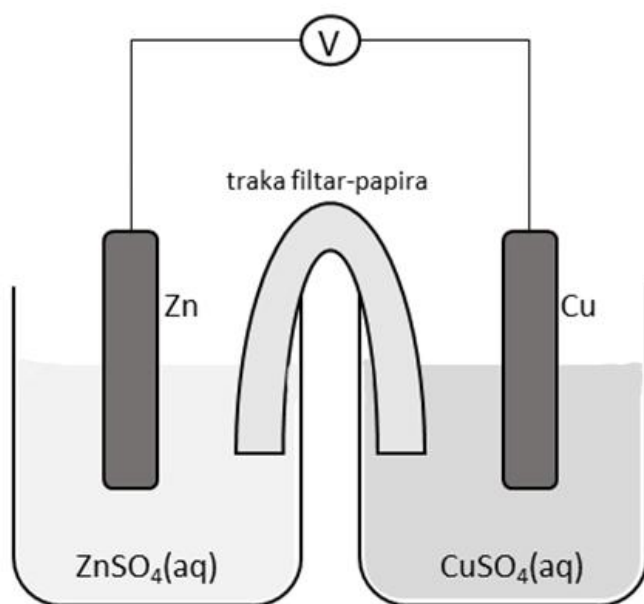
Slika 8.7. Shema za pripremu galvanskog članka

### 8.8. Daniellov članak

**Pribor i kemikalije:** čaša od 200 mL (2 komada), pločica bakra, pločica cinka, voltmetar, traka papira za filtriranje, vodiči za spajanje (2 komada), bakrov(II) sulfat ( $c = 1 \text{ mol/L}$ ), cinkov(II) sulfat ( $c = 1 \text{ mol/L}$ ).

**Postupak:** U jednu čašu ulijte otopinu bakrovog(II) sulfata i uronite bakrenu pločicu. U drugu čašu ulijte otopinu cinkovog(II) sulfata i uronite pločicu od cinka. Elektrode spojite vodičima s voltmetrom. Voltmetar ne pokazuje otklon, jer strujni krug nije uspostavljen. Izrežite traku papira za filtriranje i uronite ju u obje otopine (Slika 8.8). Tek kada papir za filtriranje upije elektrolite, uspostavi se strujni krug i voltmetar pokazuje otklon.

Objasnite na kojoj se elektrodi odvija oksidacija, a na kojoj redukcija. Napišite pripadne jednažbe kemijskih reakcija.



Slika 8.8. Shema pokusa „Daniellov članak“

## VJEŽBA BR. 9. ZAGAĐENOST ZRAKA

---

Atmosferska onečišćenja u graničnome sloju atmosfere (donji sloj atmosfere u kontaktu sa Zemljinom površinom visine do 2 km) imaju značajan utjecaj na cjelokupni život na Zemlji. Razvojem tehnologije i urbanizacijom raste i zagađenost okoliša. Onečišćujuće tvari u zraku predstavljaju ozbiljnu prijetnju za zdravlje ljudi i vegetaciju, a nerijetko oštećuju i materijalna dobra. Najčešće mjerena atmosferska zagađivala su lebdeće čestice (PM, eng. Particulate Matter), ozon, ugljikov monoksid, ugljikov dioksid, dušikov dioksid, sumporov dioksid i benzen. Atmosferski onečišćivači najčešće dolaze u atmosferu sagorijevanjem tvari, a neke, poput ozona, nastaju nizom kemijskih reakcija iz drugih onečišćivača.

Prema načinu kako ulaze u atmosferu onečišćivači se dijele na primarne i sekundarne onečišćivače. Primarni onečišćivači direktno ulaze u atmosferu, a sekundarni nastaju iz primarnih kemijskim ili fotokemijskim reakcijama u atmosferi. Nadalje, atmosferski onečišćivači prema podrijetlu se dijele na antropogene i prirodne (biogene), a prema agregatnom stanju mogu biti plinovi, pare ili aerosoli. Onečišćivači u atmosferi zadržavaju se ovisno o izvoru zagađenja, meteorološkim uvjetima ili mehanizmu odvodnje iz atmosfere.

## POKUSI:

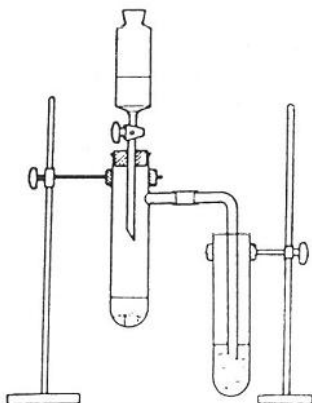
### 9.1. Razvijanje i dokazivanje sumporovog(IV) oksida

**Pribor i kemikalije:** Epruveta za odsisavanje, 4 epruvete, lijevak za dokapavanje, stalak s hvataljkom, probušeni čep, koljenasta cijev, gumena cijev, natrijev sulfit, natrijev hidroksid, amonijev acetat, konc. sumporna kiselina, otopina fuksina ( $w = 0,25 \%$ ), otopina joda u kalijevom jodidu sa škrobom, otopina cinkova nitroprusida.

**Priprema otopina:** Otopina joda u kalijevom jodidu sa škrobom mora biti svježije pripremljena. Najprije priredite otopinu joda u kalijevom jodidu. To je tzv. Lugolova otopina. Priređuje se tako da 2 g kalijeva jodida otopite u 4 mL dest. vode, do 300 mL dopunite vodom i dodate 1 g joda. Zatim priredite otopinu škroba ( $w = 1 \%$ ) i obje otopine pomiješajte. Time dobijete modroljubičastu obojenu otopinu jer jod sa škrobom daje tamnomodro obojenje. Kalijev jodid se dodaje otopini da se poveća topljivost joda u vodi.

**Postupak:** U epruvetu za odsisavanje stavite malo natrijeva sulfita, a u lijevak za dokapavanje konc. sumporne kiseline. Otvor epruvete gumenom cijevi spojite s koljenastom cijevi, čiji slobodni kraj uronite u epruvetu u kojoj je vrlo razrijeđena otopina fuksina (slika 9.1.). Dokapavanjem konc. sumporne kiseline u natrijev sulfit razvija se sumporov(IV) oksid. Ako sumporov(IV) oksid uvodite u vrlo razrijeđenu otopinu fuksina, ljubičasto obojena otopina fuksina se obezboji. Nastala bezbojna otopina je tzv. Schiffov reagens. Zatim plin uvodite u epruvetu s otopinom joda u kalijevu jodidu, kojoj je dodano nešto otopine škroba (tamnomodra otopina). Ubrzo modra boja nestane. Nakon toga plin uvodite u epruvetu s otopinom cinkova nitroprusida  $\text{Zn}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ . Nastane tamnocrveno obojenje, ovisno o koncentraciji sumporova(IV) oksida. Ako se plin i dalje razvija, uvodite ga u epruvetu s natrijevom lužinom da se više ne zagađuje atmosfera. Višak sumporova(IV) oksida možete uvoditi i u destiliranu vodu i tako dobiti sulfitnu kiselinu koja može poslužiti za neke druge pokuse.

Objasnite uočene promjene uz pripadne jednačbe reakcija.

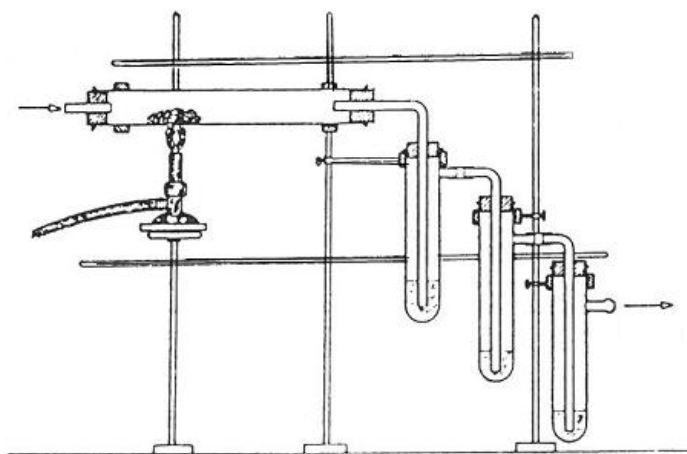


Slika 9.1. Aparatura za razvijanje i dokazivanje sumporovog(IV) oksida

## 9.2. Dokazivanje produkata gorenja kamenog ugljena

**Pribor i kemikalije:** 3 epruvete za odsisavanje, cijev od teško taljivog stakla, stalak s hvataljkama, 4 probušena čepa, 3 koljenaste cijevi, vodena sisaljka, plamenik, kameni ugljen, vapnena voda, otopina paladijevog(II) klorida ( $W = 1\%$ ), Lugolova otopina sa škrobom, cinkov nitroprusidni papir, gumene cijevi.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 9.2. U prvu epruvetu za odsisavanje stavite vapnenu vodu, u drugu otopinu paladijevog(II) klorida, a u treću Lugolovu otopinu sa škrobom. Na kraj teško taljive staklene cijevi stavite malo smrvljenog kamenog ugljena. Uključite vodenu sisaljku i u reakcijskoj smjesi zagrijavajte kameni ugljen, u početku slabijim, a kasnije sve jačim plamenom. Nakon kratkog vremena vapnena voda se zamuti, a otopina paladijevog(II) klorida posmeđi, odnosno potamni. Lugolova otopina sa škrobom se obezboji. Objasnite reakcije u pojedinim epruvetama.



Slika 9.2. Aparatura za dokazivanje produkata gorenja kamenog ugljena

## 9.3. Dokazivanje ugljikova(IV) oksida nastalog sagorijevanjem organske tvari

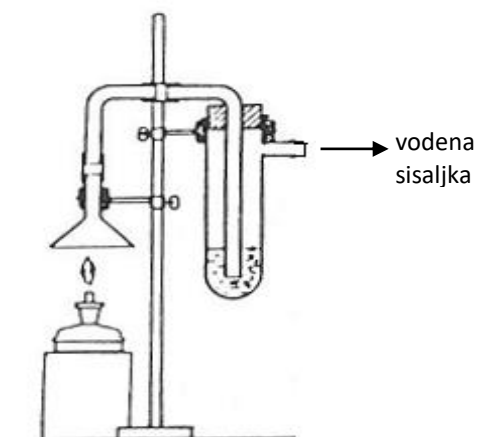
**Pribor i kemikalije:** Epruveta za odsisavanje, boca od 1 L, stakleni lijevak, probušeni gumeni čep, 5 koljenastih cijevi, gumene cijevi, špiritna grijalica, pneumatska kada, vapnena voda, stezaljka, vodena sisaljka.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema slici 9.3 a. U epruvetu za odsisavanje ulijte vapnenu vodu te spojite na vodenu sisaljku. Ispod staklenog lijevka stavite zapaljenu špiritnu grijalicu, u epruvetu s vapnenom vodom ulaze produkti gorenja i vapnena voda se zamuti.

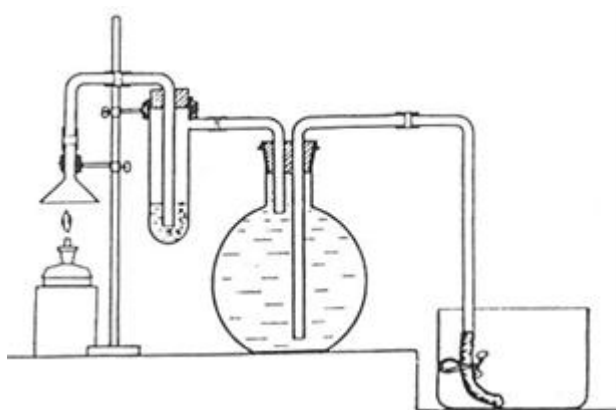
U nedostatku vodene sisaljke, pokus se može improvizirati pomoću boce, gumene cijevi, pneumatske kade i stezaljke (slika 9.3 b). Bocu do vrha napunite vodom. Kroz slobodni kraj dulje cijevi isišete ustima zrak tako da počne izlaziti voda koja teče u niže postavljenu pneumatsku kadu. Tijekom izlaska vode u boci nastane podtlak zbog čega se preko staklenog

lijevka usisava zrak. Tada gumenu cijev da voda ne opaženo i napišite reakcije.

stezaljkom zatvorite  
istječe. Objasnite



a)



b)

Slika 9.3. Aparatura za dokazivanje ugljikova(IV) oksida nastalog sagorijevanjem organskih tvari

#### 9.4. Dokazivanje ugljikovog(IV) oksida u zraku

##### Pokus A

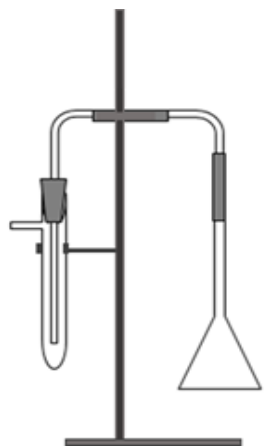
**Pribor i kemikalije:** čaša, vapnena ili baritna voda.

**Postupak:** U čašu stavite malo vapnene ili baritne vode i ostavite neko vrijeme na zraku. Već nakon nekoliko minuta vapnena voda (baritna voda) se zamuti.

##### Pokus B

**Pribor i kemikalije:** stakleni lijevak, 2 koljenaste cijevi, gumena cijev, stalak, vodena sisaljka i vapnena voda.

**Postupak:** Epruvetu za odsisavanje začepite probušenim čepom. Kroz njega prolazi koljenasta cijev koja se spoji sa staklenim lijevkom. Nastavak epruvete spojite na vodenu sisaljku (slika 9.4). U epruvetu za odsisavanje ulijete malo vapnene vode, a zatim uključite vodenu sisaljku. Nakon nekog vremena vapnena voda se zamuti zbog ugljikova(IV) oksida iz zraka.

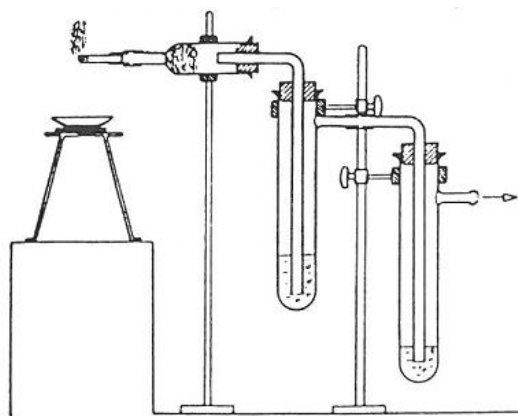


Slika 9.4. Aparatura za dokazivanje ugljikova(IV) oksida u zraku

#### 9.5. Dokazivanje produkata gorenja cigarete

**Pribor i kemikalije:** klor-kalcijeva cijev, 2 epruvete za odsisavanje, 2 koljenaste cijevi, stalak s hvataljkom, 3 probušena čepa, vodena sisaljka, satno staklo, cigareta, voda, otopina paladijevog(II) klorida ( $w = 1\%$ ).

**Postupak:** Sastavite uređaj prema slici 9.5. U prvu epruvetu za odsisavanje ulijte 5 mL vapnene vode, a u drugu 1 do 2 mL otopine paladijevog(II) klorida. U klor-kalcijevu cijev stavite malo vate, a na slobodni kraj utaknete cigaretu. Ispod cigarete podmetnete satno staklo. Epruvetu s otopinom paladijevog(II) klorida spojite s vodenom sisaljkom. Zatim uključite vodenu sisaljku i zapalite cigaretu. Ubrzo se vapnena voda zamuti, a otopina paladijevog(II) klorida malo kasnije posmeđi. Vata u klor-kalcijevoj cijevi potamni. Volumni udio ugljikovog(II) oksida u dimu cigarete je oko 2% ili 20 000 ppm. Stoga krv pušača redovito sadrži karboksihemoglobin. Obrazložite uočene promjene na vati i u obje epruvete za odsisavanje.



Slika 9.5. Aparatura za dokazivanje produkata gorenja cigarete

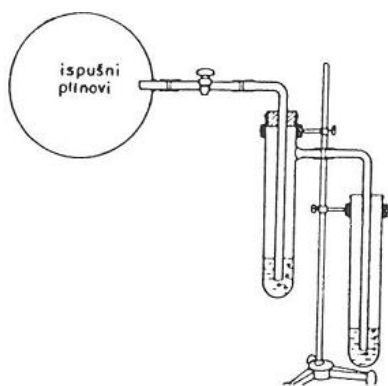
## 9.6. Dokazivanje ugljikovih oksida u ispušnim automobilskim plinovima

**Pribor i kemikalije:** Stalak s hvataljkom, epruveta za odsisavanje, obična epruveta, probušeni čep, 2 koljenaste cijevi, gumene cijevi, gazometar za uzimanje i spremanje zraka, ispušni plinovi, vapnena voda, otopina paladijevog(II) klorida ( $W = 1\%$ ).

**Postupak:** Dječji balon ili gazometar napunite ispušnim automobilskim plinovima i priključite uređaj prema slici 9.6. U epruvetu za odsisavanje ulijte vapnenu vodu, a u drugu epruvetu otopinu paladijevog(II) klorida. Otvorite pipac na gazometru ili balonu tako da ispušni plinovi prolaze najprije kroz vapnenu vodu, a zatim i kroz otopinu paladijevog(II) klorida. Vapnena voda se zamuti, a otopina paladijevog(II) klorida nakon nekog vremena postane smeđa. Ako je koncentracija ugljikova(II) oksida manja, smeđa boja se pojavi kasnije.

Uzorkovanje ispušnih automobilskih plinova: Na otvor dječjeg balona pričvrstite staklenu cijev s pipcem, a na kraj cijevi stavite dvostruko probušeni čep promjera približno jednakog promjeru ispušne cijevi automobila. Čep stavite u otvor ispušne cijevi (ali ne čvrsto), otvorite pipac i uključite motor (motor radi na prazno), pri čemu ispušni plinovi ulaze u balon. Kada balon napunite, zatvorite pipac i izvadite čep iz ispušne cijevi.

Napišite kemijske jednadžbe dokazivanja ugljikovih oksida u ispušnim automobilskim plinovima.



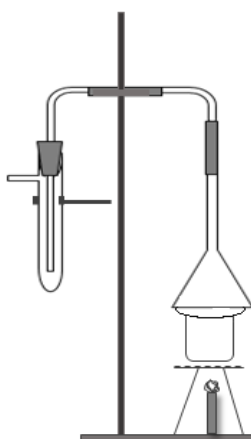
9.6. Aparatura za dokazivanje ugljikovih oksida u ispušnim automobilskim plinovima

### 9.7. Dokazivanje benzenskih para u zraku

**Pribor i kemikalije:** Vodena kupelj, epruveta za odsisavanje, 5 koljenastih cijevi, dvostruko probušeni gumeni čep za bocu, probušeni gumeni čep za epruvetu, gumene cijevi, stezaljka, stalak s hvataljkom, 2 menzure od 10 mL, boca od 1 L, stakleni lijevak, pneumatska kada, porculanska zdjelica, konc. sumporna kiselina, otopina formaldehida ( $W = 40\%$ ), benzen.

**Postupak:** Sastavite uređaj prema slici 9.7. U epruvetu za odsisavanje stavite 9,5 mL konc. sumporne kiseline i 5 mL otopine formaldehida ( $w = 40\%$ ) te dobro pomiješajte. Bocu do vrha napunite vodom. Kroz slobodni kraj boce isišite zrak tako da se voda cijedi u niže postavljenu kadu. Na taj način u boci nastane podtlak koji povlači zrak iz staklenog lijevka. Ako u zraku ima benzenskih para, u epruveti će nastati smeđe do crvenosmeđe obojenje.

Pokus možete izvesti tako da pod staklenim lijevkom kratko vrijeme držite 2 do 3 mL benzena u porculanskoj zdjelici na prethodno ugrijanoj vodenoj kupelji, i na taj način simulirate onečišćenu atmosferu. Obojenje koje se pojavi potječe od p-kinoidnog produkta nastalog reakcijom benzena s formaldehidom i konc. sumpornom kiselinom.



Slika 9.7. Aparatura za dokazivanje benzenskih para u zraku

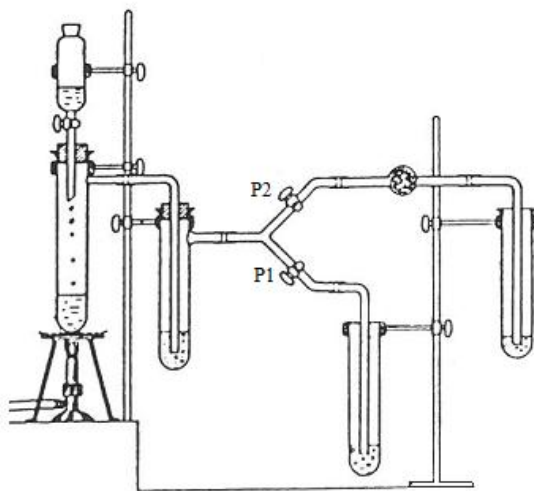
### 9.8. Aktivni ugljen ne adsorbira ugljikov(II) oksid

**Pribor i kemikalije:** 3 epruvete za odsisavanje, obična epruveta, lijevak za dokapavanje, klor-kalcijeva cijev, 2 koljenaste cijevi, odvodna cijev s 2 kraka i 2 pipca, 3 probušena gumena čepa, gumene cijevi, stalci s hvataljkom i željeznim prstenom, mravlja kiselina, sumporna kiselina, otopina natrijeva hidroksida ( $w = 33\%$ ), otopina paladijevog(II) klorida ( $w = 1\%$ ), aktivni ugljen.

**Napomena:** Vježba se izvodi u digestoru!

**Postupak:** Sastavite uređaj prema slici 9.8. U prvoj epruveti za odsisavanje zagrijavanjem smjese mravlje i konc. sumporne kiseline razvijate ugljikov(II) oksid. Odmah u početku pokusa otvorite pipac P1, a zatvorite P2. Nastali ugljikov(II) oksid u drugoj ispiralici s natrijevom lužinom čisti se i suši te ulazi u treću epruvetu za odsisavanje s otopinom paladijevog(II) klorida. Zatim otvorite pipac P2, a zatvorite pipac P1. Tada ugljikov(II) oksid prolazi kroz klor-kalcijevu cijev ispunjenu aktivnim ugljenom, a u običnoj je epruveti otopina paladijevog(II) klorida. Otopina paladijevog(II) klorida oboji se smeđe u obje epruvete.

Objasnite opažanja!



Slika 9.8. Aparatura za pokus „Aktivni ugljen ne adsorbira ugljikov(II) oksid“

## **VJEŽBA BR. 10. ZAGAĐENOST VODE**

---

Voda, jedan od osnovnih uvjeta života, može se zagađiti na različite načine; kemijskim ili biološkim putem te promjenom fizičkih svojstava vode (temperatura, prozirnost, miris, radioaktivnost). Biološki (organski) zagađena voda može se pročistiti prirodnim putem, što se naziva samopročišćavanje ili autopurifikacija vode. No, razvojem industrije, osim biološkog zagađivanja raste i kemijsko zagađivanje vode (npr. teškim metalima). Povećana koncentracija organskog otpada onemogućava proces samopročišćavanja. Jednako tako, ukoliko ne postoji primjereno rješenje za uklanjanje zagađivala u vodi oni se gomilaju bez obzira na podrijetlo.

Posljedice onečišćenja vode obuhvaćaju sav živi svijet.

Osim industrijskog onečišćenja vode izvori onečišćenja mogu biti atmosferske oborine i erozija tla. Tijekom iskišnjavanja ispiru se polutanti iz atmosfere te se može povećati koncentracija sulfata i nitrata u vodi (smanjenje pH vrijednosti vode). Jednako tako može se povećati koncentracija metalnih iona u vodi. Korištenjem umjetnih gnojiva i njihovim redovitim ispiranjem u vodotokove u vodu mogu dospjeti spojevi fosfora i dušika koji se koriste u poljoprivredi.

Analizom kvalitete vode te otklanjanjem uzroka onečišćenja, smanjuje se zagađenost vode.

## POKUSI:

### 10.1. Vizualno određivanje boje vode

**Pribor i kemikalije:** 2 čaše od 250 mL, uzorak vode iz potoka ili močvare i destilirana voda.

**Postupak:** Uzmite dvije čaše od 250 mL. Jednu napunite uzorkom vode iz potoka ili močvare, a drugu destiliranom vodom. Čašu stavite na bijelu podlogu (papir) i boju vodenih uzoraka promatrajte odozgo. Prema vrsti boje procijenite nijansu boje promatrane vode u čaši (tablica 10.1)!

**Tablica 10.1.** Nijanse boja vode

|            |
|------------|
| Bezbojna   |
| Žućkasta   |
| Žuta       |
| Žutosmeđa  |
| Smeđa      |
| Žutozelena |
| Zelenkasta |
| Zelena     |
| Sivožuta   |
| Sivocrvena |

### 10.2. Dokazivanje i polukvantitativno određivanje klorida

**Pribor i kemikalije:** epruveta, koncentrirana dušična kiselina, vodovodna i onečišćena (potočna) voda, otopina srebro-nitrata  $w(\text{AgNO}_3) = 5\%$ .

**Postupak:** Ulijte do jedne trećine epruvete vodovodnu ili onečišćenu vodu, dodajte nekoliko kapi dušične kiseline i 1 do 2 kapi otopine srebrovog nitrata. Nastaje slabo zamućenje ili bjelkasti talog srebrovog klorida.

**Tablica 10.2.** Aproximativno određivanje klorida

| Masena koncentracija<br>$\gamma(\text{AgCl})/\text{mgL}^{-1}$ | Opažanja               |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|
| 2-10                                                          | Opalescira             |
| 10-15                                                         | Opalescentno zamućenje |
| 15-20                                                         | Slabo zamućenje        |
| 20-30                                                         | Srednje zamućenje      |
| 30-80                                                         | Jače zamućenje         |
| 80-150                                                        | Jako zamućenje         |
| 150-300                                                       | Pahuljasti talog       |
| Iznad 300                                                     | Bijeli sirasti talog   |

Iz intenziteta zamućenja, odnosno količine taloga odredite količinu klorida u vodi prema tablici 10.2.

### 10.3. Dokazivanje sulfata i polukvantitativna procjena količine sulfata u vodi

**Pribor i kemikalije:** epruveta, klorovodična kiselina  $w(\text{HCl}) = 5\%$ , otopina barijevog klorida  $w(\text{BaCl}_2) = 5\%$ , vodovodna ili onečišćena voda.

**Postupak:** U epruvetu ulijte nešto vodovodne ili onečišćene vode, dodajte nekoliko kapi klorovodične kiseline i otopine barijevog klorida. Nastaje slabo zamućenje bijele boje. Obrazložite nastajanje taloga pripadnom jednažbom. Prema stupnju zamućenja zaključite kolika je približna masena koncentracija sulfata u vodi prema tablici 10.3.

**Tablica 10.3.** Aproximativno određivanje sulfata

| Masena koncentracija<br>$\gamma (\text{BaSO}_4)/\text{mgL}^{-1}$ | Opažanja                         |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 20                                                               | Slaba opalescencija              |
| 30                                                               | Slabo zamućenje                  |
| 50                                                               | Jako zamućenje                   |
| 100                                                              | Zamućenje s malo taloga          |
| 200                                                              | Jako zamućenje s talogom         |
| 500                                                              | Odmah se stvara talog            |
| 1000                                                             | Talog koji se odvaja od tekućine |

### 10.4. Kvalitativno dokazivanje ukupnog željeza u vodi

**Pribor i kemikalije:** menzure od 10 i 100 mL, Erlenmeyerova tikvica od 200 mL, plamenik, željezni stalak s prstenom, azbestna mrežica, vodovodna voda, riječna voda, dušična kiselina 25%, klorovodična kiselina 10%, otopina kalijevog tiocijanata 5%.

**Postupak:** Menzuru od 100 mL napunite vodom neposredno iz vodovodne cijevi i prelijte u Erlenmeyerovu tikvicu te dodajte 1 mL dušične kiseline. Dobivenu smjesu zagrijavajte desetak minuta uz lagano vrenje. Nakon što se smjesa ohladi, prelijte ju u menzuru i nadopunite destiliranom vodom do 100 mL. Uzmite od te količine 10 mL i dodajte 1 mL klorovodične kiseline i 1 mL otopine kalijevog tiocijanata. Ako nastane crveno obojenje, znači da su u vodi prisutni  $\text{Fe}^{3+}$  ioni. Taj postupak ponovite i s riječnom vodom.

### 10.5. Dokazivanje nitrata pomoću željezovog(II) sulfata

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, menzura od 10 mL, kapalica, vodovodna voda, otpadna voda, otopina kalijevog nitrata  $w(\text{KNO}_2) = 1\%$ , otopina željezovog(II) sulfata  $w(\text{FeSO}_4) = 10\%$ , otopina kalijevog nitrata  $w(\text{KNO}_3) = 1\%$ , koncentrirana sumporna kiselina.

**Postupak:** U 4 epruvete ulijte redom po 1-2 mL vodovodne vode, otpadne vode, otopine kalijevog nitrita i otopine kalijevog nitrata. Zatim u svaku epruvetu dodajte po 1 mL otopine željezovog(II) sulfata i 1-2 mL konc. sumporne kiseline. Kiselinu dodajete kap po kap po stjenkama epruvete.

U epruvete s otopinom kalijevog nitrata na granici dviju faza nastaje smeđi prsten. U vodovodnoj vodi ne nastaje smeđi prsten, što znači da nitrati nisu prisutni. U epruveti s nitritom nastaje smeđe obojenje (gornji sloj se oboji smeđe).

Opažanja objasnite pripadnim jednadžbama reakcija!

#### 10.6. Dokazivanje nitrata difenilaminom

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, menzura od 10 mL, kapalica, vodovodna voda, otpadna voda, otopina kalijevog nitrata  $w(\text{KNO}_3) = 1\%$ , otopina kalijevog nitrita  $w(\text{KNO}_2) = 1\%$ , otopina difenilamina.

**Priprema otopine difeniamina:** 10 mg difenilamina stavite u epruvetu, dodajte 1 mL sumporne kiseline  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 25\%$ , a zatim 9 mL koncentrirane sumporne kiseline.

**Postupak:** U 4 epruvete ulijte redom do 1/3 volumena epruvete vodovodnu vodu, otpadnu vodu iz potoka, otopinu kalijevog nitrata i otopinu kalijevog nitrita. U svaku epruvetu dodajte oko 1 mL otopine difenilamina. Difenilamin dodajete oprezno kap po kap po stjenkama epruvete. U epruveti s otopinom kalijevog nitrata na granici dviju tekućina nastaje plavkasti prsten.

U vodovodnoj vodi ne nastaje plavkasti prsten, pa u njoj nisu prisutni nitrati. Ako je kao otpadna voda uzeta voda u kojoj je nekoliko dana stajalo cvijeće, reakcija je pozitivna. Prema potrebi ta voda se prije pokusa filtrira. Tu reakciju daju i nitriti, samo kod nitrita ne nastaje plavkasti prsten, već se otopina oboji plavkasto.

Objasnite uočene promjene pripadnim kemijskim jednadžbama!

#### 10.7. Dokazivanje nitrata u prisutnosti nitrita

**Pribor i kemikalije:** 5 epruveta, 2 menzure od 10 mL, plamenik, 2 kapalice, konc. sumporna kiselina, zasićena otopina uree, otopina kalijevog nitrata  $w(\text{KNO}_3) = 1\%$ , otopina kalijevog nitrita  $w(\text{KNO}_2) = 1\%$ , otpadna voda, otopina indola u apsolutnom etanolu.

**Priprema otopine indola:** 0,2 g indola stavite u odmjernu tikvicu od 250 mL i otopite u 100 mL apsolutnog etanola, a nakon toga dodajte etanol do 250 mL. Nakon tjedan dana stajanja u mraku otopina se može upotrijebiti. Ako je otopina obojena žutosmeđe, dodajte aktivnog ugljena, promućkajte i filtrirajte.

**Postupak:** U epruvetu ulijte 2 mL otpadne vode koja sadrži nitrata i nitrite (ustajala voda iz vaze s cvijećem). U drugu epruvetu ulijte ukupno oko 2 mL smjese kalijevog nitrata i kalijevog nitrita. U obje epruvete dodajte po 1 mL otopine indola i 1-2 kapi koncentrirane sumporne kiseline. Odmah nastaje crveno obojenje. To je dokaz da su u obje epruvete prisutni nitriti. Međutim i

nitriti mogu s otopinom indola dati ružičasto obojenje ako su prisutni u većim količinama. u tom slučaju morate nitrite ukloniti iz smjese i nakon toga dokazati sadržaj nitrata u vodi.

Kako se uklanjaju nitriti iz smjese?

Uzmite treću epruvetu u koju ulijete 1 mL otopine kalijevog nitrata i 1 mL otopine kalijevog nitrita i dodajte oko 2 mL zasićene otopine uree i 1 mL koncentrirane sumporne kiseline. Nastane burna reakcija, uz šumljenje i razvijanje plina. Kada se reakcija malo smiri, reakcijsku smjesu pažljivo zagrijavajte dok ne prestane pjenjenje u epruveti, tj. dok se plin više ne razvija. Kada se smjesa ohladi, uzmite 1 mL reakcijske smjese, dodajte 1 mL indola i nekoliko kapi sumporne kiseline. Ne nastaje crveno obojenje, što znači da više nisu prisutni nitriti, no nastaje lagano ružičasto obojenje, što upućuje na prisutnost nitrata. Pokus uklanjanja nitrita ponovite i s otpadnom vodom.

Dokažite odsutnost nitrita u dobivenoj otopini i testirajte je na nitrate. Prikažite kemijskom jednadžbom uklanjanje nitrita iz reakcijske smjese.

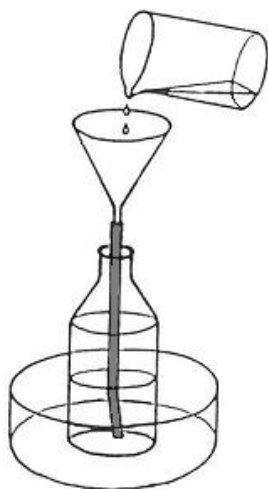
### 10.8. Kvalitativno dokazivanje slobodnog kisika u vodi

**Pribor i kemikalije:** Winklerova boca, 2 pipete, stakleni lijevak, gumena cijev, otopina manganovog(II) sulfata  $w(\text{MnSO}_4) = 30 \%$ , natrijeva lužina  $w(\text{NaOH}) = 32\%$ , vodovodna voda, otpadna voda.

**Postupak:** Winklerovu bocu (ili staklenu bocu od 100 mL) napunite otpadnom vodom. Bocu napunite tako da vodu ulijevate u stakleni lijevak na koji pričvrstite gumenu cijev koja seže do dna boce (slika 10.1). Vodu prestanete ulijevati kada u boci više nema mjehurića zraka. Zatim polagano izvlačite cijev iz boce, tako da nakon vađenja cijevi boca ostane do vrha puna vodom. Nakon toga pomoću pipete dodajte u bocu 1 mL otopine manganovog(II) sulfata, a pomoću druge pipete 1 mL natrijeve lužine. Te otopine dodajete tako da pipetu uronite gotovo do dna boce i polagano otpuštate otopinu po stijenci boce. Pri ispuštanju otopine pipetu lagano izvlačite prema grlu boce, dok se višak vode prelijeva iz boce.

Bocu začepite čepom tako da je malo nagnete i čep polagano stavljate u grlo boce. Nakon toga bocu okrenete s čepom prema dolje (ne smije se mućkati). Ponovite prevrtanje boce bez mućkanja 2 do 3 puta. Nastaje bijeli talog koji uskoro postaje žuto do smeđe obojen, ovisno o količini kisika u vodi.

Napišite jednadžbe kemijskih reakcija koje se odvijaju tijekom određivanja slobodnog kisika u vodi. Količina nastalog manganovog(IV) dihidroksid oksida proporcionalna je intenzitetu obojenja. Što je boja taloga tamnija, veća je količina kisika u vodi. Ukoliko nije došlo do oksidacije manganovog hidroksida, bijeli talog se ne mijenja, u vodi nema slobodnog kisika ili je voda siromašna kisikom.



Slika 10.1. Shema punjenja Winklerove boce vodom

### 10.9. Kvantitativno određivanje slobodnog kisika u vodi

**Pribor i kemikalije:** Winklerova boca, Erlenmeyerova tikvica od 250 mL, menzura od 10 mL, bireta, 2 pipete, otopina manganovog(II) klorida  $w(\text{MnCl}_2) = 30\%$ , otopina natrijevog hidroksida  $w(\text{NaOH}) = 32\%$ , kalijev jodid, klorovodična kiselina  $w(\text{HCl}) = 25\%$ , otopina natrijevog tiosulfata  $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01 \text{ mol/L}$ , otopina škroba, destilirana voda i otpadna voda.

**Postupak:** Specijalnu bocu za određivanje kisika po Winkleru poznatog volumena napunite do vrha otpadnom vodom na isti način kao u vježbi 10.8. Zatim dodajte pipetom 1 mL otopine manganovog(II) klorida, a drugom pipetom isto toliko otopine natrijevog hidroksida. Otopine dodajete na isti način kao u prethodnom pokusu. Također pažljivo zatvorite bocu, tako da se ne stvaraju mjehurići zraka ispod čepa. Zatim bocu okrećete da se sadržaj što bolje izmiješa i međusobno izreagira. Pri tom nastaje smeđe zamućenje.

Bocu ostavite stajati 5 do 10 minuta da se smeđi talog što više slegne. Nakon toga sadržaj Winklerove boce prebacite u Erlenmeyerovu tikvicu od 250 mL, a Winklerovu bocu isperite 2 do 3 puta s malo destilirane vode da biste prenijeli sav talog u tikvicu. Zatim u tikvicu dodajte 0,5 g kalijevog jodida u prahu i 2 mL klorovodične kiseline i smjesu ostavite stajati 10 minuta. (Ako uzorak vode sadrži željezo, tada umjesto klorovodične dodajte 2 mL konc. fosforne kiseline). Ako ima još taloga, sadržaj tikvice malo promućkajte. Smjesa se oboji narančastosmeđe, a boja potječe od izlučenog elementarnog joda. Izlučeni jod tada titirajte otopinom tiosulfata dok otopina ne požuti. Tada dodajte 1 do 2 mL otopine škroba. Nastaje modro obojenje. Nastavite titirati oprezno dodajući kap po kap otopine tiosulfata do obezbojenja. Očitajte volumen utrošene otopine tiosulfata.

Napišite jednadžbe kemijskih reakcija koje se odvijaju tijekom određivanja slobodnog kisika u vodi. Izračunajte masenu koncentraciju slobodnog kisika u ispitivanom uzorku.

#### 10.10. Aproximativno određivanje količine primjesa u otpadnim vodama pomoću utroška kalijevog permanganata

**Pribor i kemikalije:** 3 epruvete, menzura od 10 mL, plamenik, hvataljka za epruvetu, 2 kapalice, sumporna kiselina  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30\%$ , otopina kalijevog permanganata  $c(\text{KMnO}_4) = 0,002 \text{ mol/dm}^3$ , otpadna, vodovodna i destilirana voda.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 10 mL otpadne vode, dodajte 5 kapi sumporne kiseline, 3 kapi otopine kalijevog permanganata i dobro promućkajte. Nastaje slabo ružičasto obojenje. Ostavite stajati 5 minuta. Voda se obezbojila. Ako se nakon 5 minuta voda ne obezboji, tada oprezno zagrijavati do vrenja i nakon toga ostaviti hladiti. Ako se voda obezboji pri sobnoj temperaturi već nakon nekoliko minuta, tada je utrošak kalijevog permanganata veći od 30 mg/L. Ako se voda obezboji nakon grijanja, tada je utrošak 12 do 20 mg/L. Ako se voda ne obezboji ni duljim stajanjem nakon zagrijavanja, tada je utrošak manji od 12 mg/L. Isti pokus ponovite s destiliranom i vodovodnom vodom.

Objasnite uočene promjene u ispitivanim uzorcima vode i njihovu važnost. Što je KPK?

Za provedbu zaštite voda u Republici Hrvatskoj temeljni dokumenti su Zakon o vodama Republike Hrvatske (Uredba o standardu kakvoće voda), Državni plan za zaštitu voda te Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama [12,13,14].

Potražite tablice publicirane u navedenim dokumentima te napišite granične vrijednosti KPK u površinskim i otpadnim vodama.

## **VJEŽBA BR. 11. FAKULTATIVNA VJEŽBA**

---

Student izvodi vježbu koju može odabrati samostalno pretražujući izvore ili iz navedenog literaturnog popisa [15-23].

## **VJEŽBA BR. 12. FAKULTATIVNA VJEŽBA**

---

Student samostalno izabire vježbu u kojoj se mora izračunati pravac regresije.

## LITERATURA:

1. [http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/web\\_Sikirica/e-POKUSI.html](http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/web_Sikirica/e-POKUSI.html) (preuzeto 18.08.2016.)
2. M. Sikirica, Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
3. V. Mayer, Eksperimentalna nastava kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
4. M. Sikirica, D. Mrvoš-Sermek, V. Mayer, Praktikum iz metodike nastave kemije, 1. dio, Skripta za internu upotrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2000.
5. I. Filipović, S. Lipanović, Opća i anorganska kemija, 2. dio, Školska knjiga, Zagreb, 1995.
6. F.A. Cotton, G. Wilkinson, P.L. Gaus, Basic Inorganic Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995.
7. M. Sikirica, B. Korpar-Čolig, Praktikum iz opće kemije, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
8. B. Bach-Dragutinović, B. Mayer, Praktikum opće i anorganske kemije, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
9. Piktogrami opasnosti (označavanje opasnih kemikalija), Profil u suradnji s Hrvatskim zavodom za toksikologiju i antidoping, Profil, Zagreb, 2012.
10. D. R. Lide (ur.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2008.
11. <https://www.mathesongas.com/pdfs/products/Lower-%28LEL%29-&-Upper-%28UEL%29-Explosive-Limits-.pdf> (preuzeto 18.08.2016.)
12. <http://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama> (preuzeto 18.08.2016.)
13. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/269955.html> (preuzeto 18.08.2016.)
14. <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/340850.html> (preuzeto 18.08.2016.)
15. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Chem\\_p101.shtml](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_p101.shtml) (preuzeto 25.08.2016.)
16. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Chem\\_p093.shtml#summary](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_p093.shtml#summary) (preuzeto 25.08.2016.)
17. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Chem\\_p090.shtml#procedure](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_p090.shtml#procedure) (preuzeto 25.08.2016.)
18. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/HumBio\\_p043.shtml#procedure](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/HumBio_p043.shtml#procedure) (preuzeto 25.08.2016.)

19. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Chem\\_p008/chemistry/paper-chromatography.shtml#procedure](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_p008/chemistry/paper-chromatography.shtml#procedure) (preuzeto 25.08.2016.)
20. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/FoodSci\\_p006/food-science/candy-chromatography.shtml#procedure](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/FoodSci_p006/food-science/candy-chromatography.shtml#procedure) (preuzeto 25.08.2016.)
21. [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/EnvEng\\_p022.shtml](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/EnvEng_p022.shtml) (preuzeto 25.08.2016.)
22. <http://www.scholastic.com/teachers/article/40-cool-science-experiments-web> (preuzeto 25.08.2016.)
23. <http://www.ift.org/knowledge-center/learn-about-food-science/k12-outreach/food-science-experiments/mini-experiments.aspx> (preuzeto 25.08.2016.)