

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera  
u Osijeku - ODJEL ZA KEMIJU

Odbor za izdavačku djelatnost  
Odjel za kemiju  
Ulica cara Hadrijana 8A  
Osijek, 02. rujan 2021.

Primljeno: 02.09.2021.		
Klasifikacijska oznaka:	Org. jed.	
003-06/21-01/11		
Urudžbeni broj:	Pril.	Vrij.
1158-60-60-20-21-02		

Vijeće Odjela za kemiju

**PREDMET:** Objavljivanje nastavnog teksta „Praktikum iz metodike nastave kemije 2“ na web-stranici Odjela za kemiju.

Odbor za izdavačku djelatnost zaprimio je dana 3. prosinca 2020. godine nastavni tekst pod naslovom „Praktikum iz metodike nastave kemije 2“ autorica doc. dr. sc. Elvire Kovač-Andrić i Ivane Balić. Za recenzente nastavnog teksta imenovani su:

1. Izv. Prof. dr.sc. Dajana Gašo-Sokač, Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek
2. Doc. dr. sc. Aleksandar Sečenji, Odjel za kemiju, Osijek

Oba recenzenta dostavila su pozitivna izvješća navedenog nastavnog teksta Odboru za izdavačku djelatnost, stoga predlažem Vijeću Odjela za kemiju da prihvati objavu nastavnog teksta „Praktikum iz metodike nastave kemije 2“ na web-stranici Odjela za kemiju.

Predsjednik Odbora za  
izdavačku djelatnost

Aleksandar Sečenji

**Odjel za kemiju**  
**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**

**PRAKTIKUM IZ METODIKE NASTAVE KEMIJE**

**2. dio**

**Interni nastavni radni materijal za studente diplomskog nastavničkog studija**

**Pripremile: Elvira Kovač-Andrić i Ivana Balić**

**Osijek**

**2020.**

## Sadržaj:

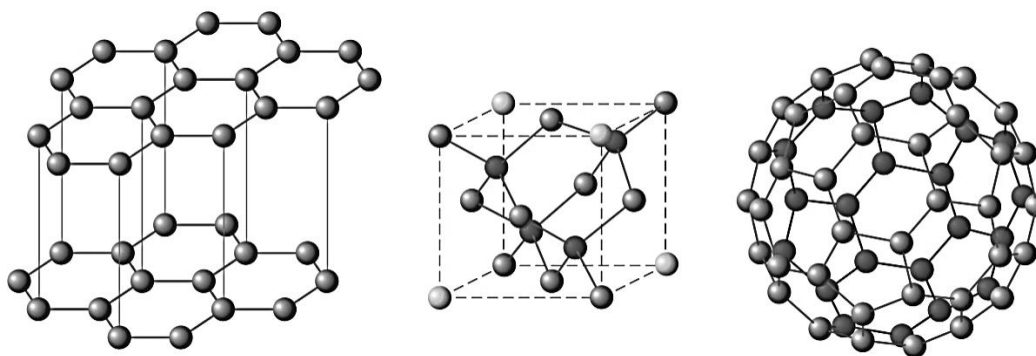
1.	VJEŽBA: UGLJIK .....	6
1.1.	Adsorpcija boje i mirisa na aktivnom ugljiku.....	7
1.2.	Adsorpcija plinova na aktivnom ugljenu .....	7
1.3.	Suha destilacija kamenog ugljena .....	7
1.4.	Redukcija metalnih oksida ugljikovim(II) oksidom .....	8
1.5.	Dobivanje ugljikova(IV) oksida razlaganjem natrijeva hidrogenkarbonata.....	9
1.6.	Svojstva ugljikova(IV) oksida .....	9
1.7.	Uređaj za gašenje požara .....	10
2.	VJEŽBA: ZASIĆENI I NEZASIĆENI UGLJKOVODICI .....	12
2.1.	Dobivanje metana iz bezvodnog natrijevog acetata i natronskog vapna .....	13
2.2.	Svojstva metana .....	14
2.3.	Dobivanje etana elektrolizom natrijevog acetata .....	15
2.4.	Supstitucija alkana.....	15
2.5.	Dobivanje etena dehidracijom etanola.....	16
2.6.	Dobivanje i svojstva etina.....	17
2.7.	Razvijanje etina u rupičastoj epruveti .....	18
3.	VJEŽBA: AROMATSKI UGLJKOVODICI .....	19
3.1.	Dobivanje benzena iz benzojeve kiseline .....	20
3.2.	Svojstva benzena .....	20
3.3.	Nitriranje benzena.....	22
3.4.	Nezasićenost stirena.....	22
3.5.	Polimerizacija stirena .....	22
4.	VJEŽBA: ALKOHOLI, ALDEHIDI I KETONI .....	24
4.1.	Dobivanje apsolutnog alkohola .....	25
4.2.	Pripremanje antifrizna.....	25
4.3.	Dobivanje metanala iz metanola.....	25
4.4.	Dobivanje etanala (acetaldehida) .....	25
4.5.	Dokazivanje aldehida Fehlingovim reagensom .....	26
4.6.	Dokazivanje aldehida Tollensovim reagensom .....	26
4.7.	Polimerizacija metanala i etanala.....	27
4.8.	Dobivanje acetona.....	27
4.9.	Svojstva acetona.....	28
5.	VJEŽBA: KARBOKSILNE KISELINE I DERIVATI.....	29
5.1.	Dobivanje i svojstva mravlje kiseline.....	30
5.2.	Dobivanje octene kiseline oksidacijom etanola .....	31

5.3. Svojstva octene kiseline .....	32
5.4. Dobivanje amil-acetata.....	32
5.5. Dobivanje etil-acetata .....	33
5.6. Kondenzacija fenola s anhidridom ftalne kiseline.....	33
5.7. Svojstva karbamida.....	34
6. VJEŽBA: MASTI I ULJA.....	35
6.1. Dehidracija glicerola (akroleinska proba).....	36
6.2. Razlaganje masti.....	36
6.3. Dokazivanje nezasićenih kiselina u mastima i uljima .....	37
6.4. Dobivanje sapuna saponifikacijom masti .....	37
6.5. Određivanje gustoće ulja.....	38
7. VJEŽBA: SAPUNI I DETERGENTI.....	41
7.1. Dobivanje sapuna iz masnih kiselina .....	42
7.2. Svojstva sapuna .....	42
7.2.1. Hidroliza sapuna .....	42
7.2.2. Razlaganje sapuna pomoću kiselina .....	42
7.2.3. Dobivanje u vodi netopljivih sapuna .....	42
7.3. Dobivanje detergenta (natrijev dodecilsulfat) .....	43
7.4. Svojstva detergenta.....	43
7.5. Sapuni i detergentski su površinski aktivne tvari.....	44
7.6. Sapuni i detergentski vežu nečistoće.....	44
7.7. Bioaktivna sredstva za pranje.....	44
8. VJEŽBA: ŠEĆERI .....	45
8.1. Dokazivanje šećera Trommerovom reakcijom.....	46
8.2. Dokazivanje šećera Fehlingovom reakcijom .....	46
8.3. Dokazivanje šećera Tollensovom reakcijom.....	46
8.4. Reakcija za dokazivanje ketoza (Seliwanova reakcija) .....	46
8.5. Reducirajući disaharidi .....	47
8.6. Hidroliza saharoze .....	47
8.7. Dokazivanje šećera u nekim prirodnim i umjetnim tvarima .....	47
8.8. Oksidacija glukoze i fruktoze kalijevim hipojoditom .....	47
8.9. Ispitivanje škroba.....	48
8.10. Razgradnja celuloze - dobivanje pergament-papira.....	48
9. VJEŽBA: AMINOKISELINE, BJELANČEVINE I ENZIMI .....	49
9.1. Odvajanje i dokazivanje aminokiselina tankoslojnom kromatografijom .....	50
9.2. Dokazivanje dušika i sumpora u bjelančevinama.....	50

9.3. Dokazivanje bjelančevina - ksantoproteinska reakcija.....	51
9.4. Dokazivanje bjelančevina - biuretne reakcija.....	52
9.5. Dokazivanje bjelančevina - ninhidrinska reakcija.....	52
9.6. Svojstva bjelančevina .....	52
9.7. Millonova, nitroprusidna i Adamkiewiczzeva proba.....	52
9.8. Dokazivanje peptidnih veza u ureazi.....	53
9.9. Razgradnja uree pomoću ureaze.....	53
10. VJEŽBA: FAKULTATIVNA VJEŽBA.....	54
LITERATURA.....	55

## 1. VJEŽBA: UGLJIK

Ugljik je kemijski element 14. skupine periodnog sustava, osnova je organskih tvari i živog svijeta, a zastupljen je i u anorganskim spojevima. Ugljik se pojavljuje u više alotropskih modifikacija. Kubični dijamant, heksagonski grafit i fuleren su kristalne alotropske modifikacije ugljika, a amorfni ugljik, prisutan u prirodnom ugljenu (drveni, životinjski i aktivni ugljen, čađa i koks) ima manje uređenu strukturu koja je djelom mikrokristalična. Elementarni ugljik je polazna tvar za nastajanje mnogih industrijskih proizvoda koji su značajni za tehnološki razvoj, odnosno suvremenu civilizaciju. Ugljik, zahvaljujući svojoj elektronskoj konfiguraciji, gradi veliki broj spojeva te među kemijskim elementima zauzima posebno mjesto.



**Slika 1.1. Alotropske modifikacije ugljika: grafit, dijamant i fuleren [1].**

Organska kemija je prema suvremenoj definiciji kemija ugljikovih spojeva. Za razliku od većine kemijskih elemenata, ugljik tvori jake veze s drugim atomima ugljika i s velikim brojem drugih elemenata. Mogu se graditi lanci i prstenovi ugljikovih atoma do stvaranja beskrajne raznolikosti molekula. Upravo raznolikost ugljikovih spojeva pruža osnovu za život na Zemlji. Živa bića sastoje se uglavnom od složenih organskih spojeva koji imaju različite strukturne, kemijske ili genetske funkcije.

Organske spojevi imaju karakteristična svojstva po kojima ih se može razlikovati od anorganskih tvari, npr. svojstvo pougljenjivanja (karbonizacije), niska tališta u odnosu na anorganske tvari, zapaljivost i često lošu topljivost u vodi.

Aktivni ugljen (aktivni ugljik) dobiva se iz čvrstog materijala s visokim sadržajem ugljika. Kemijska priroda amornog ugljika i njegova velika aktivna površina omogućuju adsorpciju, odnosno uklanjanje različitih tvari iz vodenog ili plinovitog medija.

Ugljikov(II) oksid (ugljikov monoksid) je plin bez boje i mirisa, nastaje nepotpunim izgaranjem tvari koje sadrže ugljik. Izrazito je otrovan plin jer se veže ireverzibilno na hemoglobin u krvi i time sprječava prijenos kisika.

Ugljikov(IV) oksid (ugljikov dioksid) je plin bez boje i mirisa, nastaje potpunim izgaranjem tvari koje sadrže ugljik, ne gori i ne podržava gorenje, teži je od zraka, a u malim količinama nije otrovan [1-7].

### 1.1. Adsorpcija boje i mirisa na aktivnom ugljiku

**Pribor i kemikalije:** dvije čaše od 100 mL, lijevak, filter-papir, stakleni štapić, azbestna mrežica, tronožac, plamenik, Erlenmeyerova tikvica od 100 mL s čepom, aktivni ugljik, kolonjska voda, tinta.

#### POKUS 1.

U laboratorijskoj čaši obojite vodu s nekoliko kapi tinte. U tako obojenu vodu dodajte žličicu aktivnog ugljena i smjesu zagrijavajte do vrenja, a zatim vruće profilirajte kroz naborani filter-papir. Objasnite opažanja.

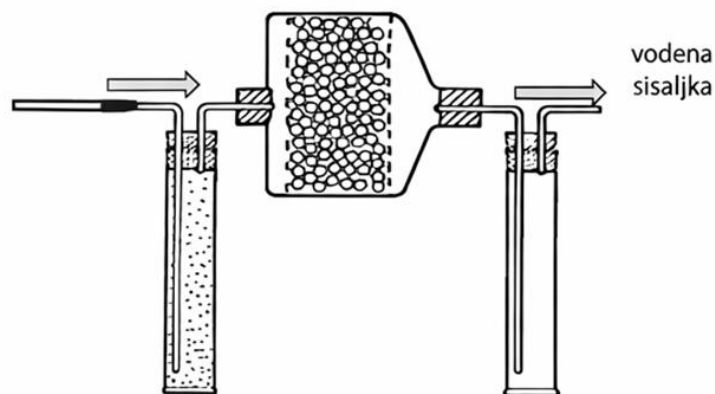
#### POKUS 2.

U Erlenmeyerovu tikvicu ulijte 10 mL kolonjske vode i uspite žličicu aktivnog ugljena, začepite i snažno mućkajte sadržaj tikvice. Nastalu otopinu profilirajte kroz naborani filter-papir. Objasnite opažanja.

### 1.2. Adsorpcija plinova na aktivnom ugljenu

**Pribor i kemikalije:** dvije ispiralice, plinska maska, vodena sisaljka, gumeno crijevo, cigareta.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema **Slici 1.2.** Prva ispiralica je spojena s ulaznim dijelom plinske maske, a druga s izlaznim dijelom plinske maske i vodenom sisaljkom. Cigaretu spojite kratkim gumenim crijevom sa slobodnom cijevi prve ispiralice. Uključite vodenu sisaljku i zapalite cigaretu. Objasnite princip rada plinske maske. Od kojeg plina iz reda ugljikovih spojeva plinska maska ne štiti? Navedite procese pri kojima se taj plin razvija.



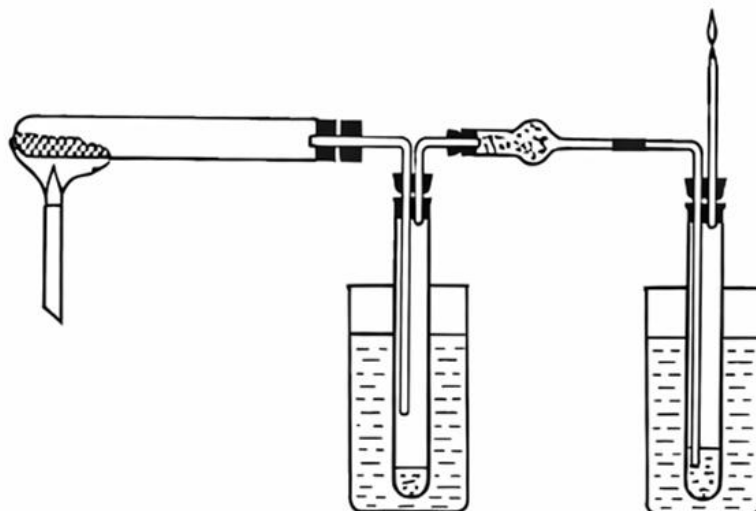
**Slika 1.2. Prikaz aparature za adsorpciju plinova na aktivnom ugljenu.**

### 1.3. Suha destilacija kamenog ugljena

**Pribor i kemikalije:** epruveta od teško taljivog stakla, 2 epruvete, trbušasta staklena cijev, 3 koljenasto savijene staklene cijevi, staklena cjevčica sužena na jednom kraju, 2 gumena čepa s dvije rupe, probušeni gumeni čep, 2 visoke laboratorijske čaše, plamenik, stativ s hvataljkom, vata, kameni ugljen, Nesslerov reagens (otopina živina(II) jodida u kalijevom jodidu i kalijevom hidroksidu).

**Opasnosti:** Radite u digestoru! Ohlađenu aparaturu rastavite i operite u digestoru te ju ostavite još neko vrijeme u digestoru!

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema **Slici 1.3**. U epruvetu od teško taljivog stakla stavite oko 20 g kamenog ugljena, a u trbušastu cijev rahli smotuljak vate. U krajnju epruvetu ulijte malo Nesslerova reagensa. Ne zaboravite epruvete hladiti vodom. Zagrijavajte kameni ugljen. Nakon nekog vremena, kad destilacija započne, pokušajte zapaliti plinove na suženom dijelu izlazne cjevčice. Objasnite zapažanja i potkrijepite ih pripadnim kemijskim jednadžbama.



**Slika 1.3.** Prikaz aparature za suhu destilaciju ugljena.

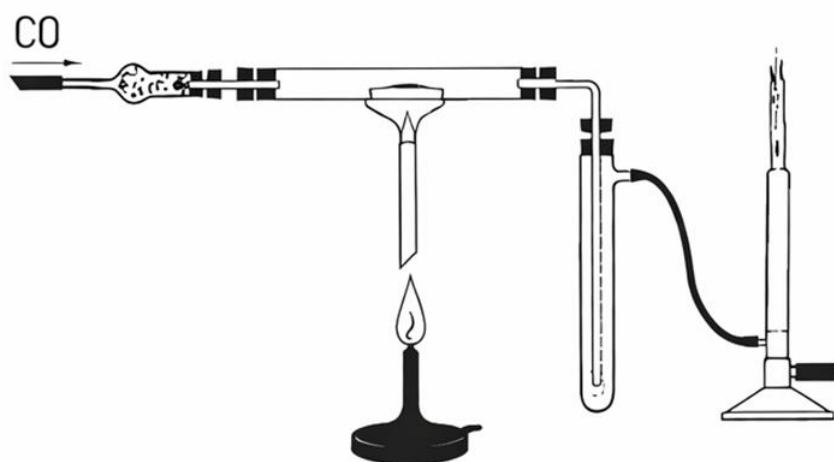
#### 1.4. Redukcija metalnih oksida ugljikovim(II) oksidom

**Pribor i kemikalije:** Claissenova tikvica od 100 mL, lijevak za dokapavanje, 5 probušenih gumenih čepova, azbestna mrežica, 2 plamenika, tronožac ili kolut-klema, modificirani Bunsenov plamenik, 2 stativa s hvataljkama, klor-kalcijeva cijev, epruveta za odsisavanje, cijev za redukciju, ravna staklena cijev, koljenasto savijena cijev, porculanska lađica za zagrijavanje, magnet, mravlja kiselina, koncentrirana sumporna kiselina, bakrov(II) oksid, željezov(III) oksid, bezvodni kalijev klorid, vapnena voda.

**Opasnosti:** Ugljikov(II) oksid je vrlo jak krvni otrov! Primijenite sve mjere opreza.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema **Slici 1.4**. U cijev za redukciju unesite porculansku lađicu u koju ste prethodno stavili na odvojene hrpice malo bakrova(II) oksida i željezova(II) oksida. Napunite klor-kalcijevu cijev suhim kalcijevim kloridom, a u epruvetu za odsisavanje ulijte vapnenu vodu. Priredite generator ugljikova(II) oksida tako da u okruglu tikvicu ulijete oko 20 mL koncentrirane sumporne kiseline, a u lijevak za dokapavanje oko 5 mL koncentrirane mravlje kiseline. U laboratoriju se ugljikov(II) oksid dobiva na način da se na ugrijanu koncentriranu sumpornu kiselinu (oko 70 °C) postepeno dokopava koncentrirana mravlja kiselina. Prije početka razvijanja ugljikova(II) oksida zapalite modificirani Bunsenov plamenik. Protok plina kontrolirajte

u ispiralici s vapnenom vodom (4 do 5 mjehurića u sekundi). Kad ste potpuno sigurni da je aparatura ispunjena ugljikovim(II) oksidom, započnite grijati sadržaj cijevi za redukciju. Oksidi se reduciraju u elementarno željezo i bakar. Po završetku reakcije ohladite aparaturu u slaboj struji plina, a rastavite je tek kad ste sigurni da je sav ugljikov(II) oksid izgorio. Provjerite magnetom jeste li dobili elementarno željezo. Napišite pripadne kemijske jednadžbe redukcije metalnih oksida, kao i kemijsku jednadžbu dobivanja ugljikova(II) oksida.



**Slika 1.4. Prikaz aparature za redukciju metalnih oksida ugljikovim(II) oksidom.**

#### 1.5. Dobivanje ugljikova(IV) oksida razlaganjem natrijeva hidrogenkarbonata

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, špatula, drvena trješčica, menzura od 10 mL, natrijev hidrogenkarbonat, koncentrirana klorovodična kiselina, razrijeđena sumporna kiselina, octena kiselina, vodena otopina limunske kiseline.

**Postupak:** Stavite u četiri epruvete po jednu špatulu natrijeva hidrogenkarbonata i redom dolijte po 10 mL navedenih kiselina. Ispitajte svojstva dobivenog plina paljenom drvenom trješčicom. Sve reakcije obrazložite pripadnim jednadžbama.

#### 1.6. Svojstva ugljikova(IV) oksida

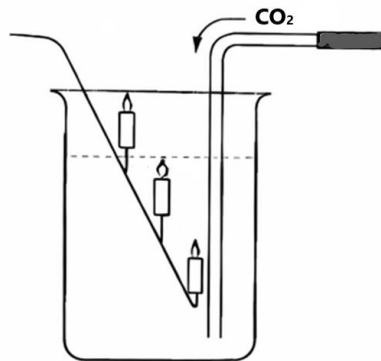
**Pribor i kemikalije:** filter-papir, Kippov aparat za CO<sub>2</sub>, visoka čaša od 1000 mL, žičani držač s 3 male svjećice, staklena cjevčica, fenolftalein, vapnena voda, otopina sapunice, slamka za sok.

##### POKUS 1.

Natopite filter-papir otopinom fenolftaleina i poprskajte ga vapnenom vodom. Javlja se ljubičasto-crveno obojenje. Ostavite filter-papir neko vrijeme na zraku. Obrazložite promjene.

##### POKUS 2.

Pripremite aparaturu prikazanu na **Slici 1.5.** i upalite svjećice. Ugljikov(IV) oksid iz Kippovog aparata uvodite na dno čaše ili cilindra. Obrazložite opažanja. Opišite postupak punjenja Kippovog aparata. Napišite jednadžbu reakcije dobivanja ugljikova(IV) oksida. Kako ćete prirediti čisti i suhi CO<sub>2</sub>?



**Slika 1.5. Prikaz aparature za određivanje svojstava CO<sub>2</sub>.**

### POKUS 3.

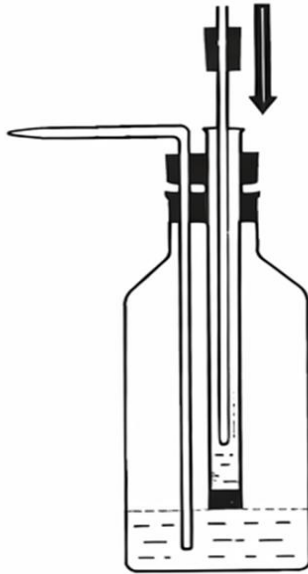
Napunite čašu od 1000 mL ugljikovim(IV) oksidom iz Kippovog aparata. Pomoću slamke za sok napužite balon od sapunice i nastojte ga zadržati na stjenci slamke. Uronite balon u čašu s CO<sub>2</sub>. Balon će se povećavati. Izvadite ga na zrak i on će se smanjivati. Pokus možete ponavljati dok balon ne pukne. Obratite pažnju na boju mjehurića od sapunice koja se mijenja prelaskom iz zraka u CO<sub>2</sub> i obrnuto. Svjetlo reflektirano na površini mjehurića interferira sa svjetlom reflektiranim na unutrašnjoj stjenki mjehurića. Objasnite zašto se mijenja boja i volumen mjehurića u odnosu na okolni medij (zrak ili CO<sub>2</sub>).

#### 1.7. Uređaj za gašenje požara

**Pribor i kemikalije:** boca za prah, čepovi, ravna staklena cijev, stakleni štapić, savijena staklena cijev, porculanska zdjelica, koncentrirana otopina natrijeva hidrogenkarbonata, koncentrirana klorovodična kiselina.

**Opasnosti:** Stavite zaštitne naočale. Postoji mogućnost prskanja kiseline uslijed povećanog tlaka.

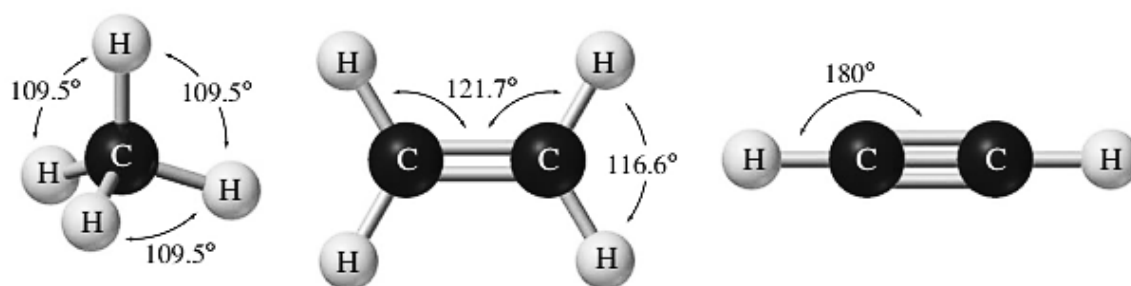
**Postupak:** Sastavite aparaturu prema **Slici 1.6.** U bocu za prah ulijte 50 mL koncentrirane vodene otopine natrijeva hidrogenkarbonata, a u ravnu staklenu cijev najviše 5 mL koncentrirane klorovodične kiseline. Pridržavajte lijevom rukom čep na boci za prah. Desnom rukom pažljivo izbijte staklenim štapićem donji čep na cijevi s klorovodičnom kiselinom, a istodobno zatvorite gornji otvor cijevi (vidi sliku). Ugasite improvizirani požar koji ste prethodno zapalili u porculanskoj zdjelici. Napišite jednadžbu kemijske reakcije i izračunajte približnu vrijednost tlaka pod kojim je otopina istisnuta iz boce.



**Slika 1.6. Prikaz uređaja za gašenje požara.**

## 2. VJEŽBA: ZASIĆENI I NEZASIĆENI UGLJIKOVODICI

Zahvaljujući međusobnom povezivanju ugljikovih atoma jednostrukim i višestrukim vezama nastaju mnogobrojni ravni i razgranati lanci te prsteni različitih ugljikovodika. Ugljikovodici su razvrstani u homologne skupine koje imaju zajedničku opću formulu i vrlo slična kemijska i fizikalna svojstva. Karakteristična reakcija zasićenih ugljikovodika je supstitucija, a nezasićenih supstitucija i adicija [1-7].



Slika 2.1. Strukture metana, etena i etina [1].

## 2.1. Dobivanje metana iz bezvodnog natrijevog acetata i natronskog vapna

**Pribor i kemikalije:** epruveta od teško taljivog stakla, savijena staklena cijev, probušeni čep, pneumatska kada, plamenik, željezni stalak s hvataljkom, tarionik, 3 epruvete s čepovima, bezvodni natrijev acetat i natronsko vapno.

**Priredivanje bezvodnog natrijevog acetata:** Kristalni natrijev acetat,  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , zagrijavajte u porculanskoj ili željeznoj zdjelici uz stalno miješanje sa staklenim štapićem.

Pri 75 °C sol se otopi u kristalnoj vodi (voda sadržana u kristalima određenih soli, uklanja se zagrijavanjem). Kada voda ispari sol postane kruta. Daljnjim, ali opreznim grijanjem, bezvodna sol se ponovo tali nakon čega očvrstne. Još toplu sol smrvite i čuvajte u dobro začepljenoj boci.

**U rastaljenu sol ne smijete sipati nove količine natrijevog acetata jer bi došlo do eksplozije.**

Umjesto natrijevog acetata možete upotrijebiti kalijev acetat ili kalcijev acetat, koji ne sadrže kristalnu vodu, pa upotrebom ovih kemikalija pojednostavljujete pokus dobivanja metana.

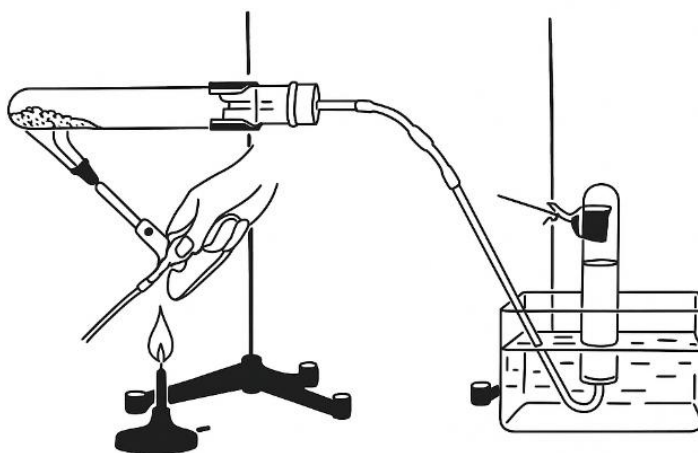
**Priredivanje natronskog vapna:** Pomiješajte u porculanskoj zdjelici kalcijev oksid i natrijev hidroksid u masenom omjeru 2:1 i dodajte malo vode. Zagrijavajte smjesu dok voda ispari, žarite je, a nakon hlađenja smrvite u tarioniku i spremite u dobro zatvorenu bocu. Kod razvijanja metana reagira samo natrijev hidroksid, a kalcijev oksid služi kao higroskopna tvar i tako sprječava vlaženje natrijevog hidroksida.

**Postupak:** U tarioniku dobro pomiješajte bezvodni natrijev acetat i natronsko vapno u masenom omjeru 1:1. Sastavite aparaturu prema **Slici 2.2.** Priređenom smjesom ispunite suhu epruvetu od teško taljivog stakla do 1/3 volumena epruvete. Epruvetu pričvrstite na željezni stalak i začepite čepom kroz koji prolazi savijena staklena cijev. Ulijte u pneumatsku kadu vodu, napunite 2 ili 3 epruvete vodom i okrenite ih otvorom prema dolje te učvrstite hvataljkama na željezni stalak. Pripremite čepove za epruvete. Sadržaj epruvete zagrijavajte, u početku slabije, dok izađe zrak iz epruvete, a kasnije sve jače. Zagrijavanjem smjese natrijevog acetata i natronskog vapna nastaje metan koji se skuplja u epruveti iznad vode u pneumatskoj kadi. Napunite 2 do 3 epruvete metanom i začepite ih pod vodom. Uzmite dvije epruvete napunjene metanom. Jednu okrenite otvorom prema dolje, a drugu otvorom prema gore i odčepite. Nakon kratkog vremena prinesite upaljenu šibicu otvoru jedne i druge epruvete. Što opažate? Ako se metan zapali uz prasak, znači da nije čist, pa pokušajte s trećom epruvetom. Metan će se zapaliti i gorjeti slabo plavkastim plamenom. Ohlađenom zaostalom produktu u epruveti od teško taljivog stakla dodajte nekoliko kapi klorovodične kiseline. Nastaje ugljikov(IV) oksid. Prikažite kemijskim jednadžbama reakcije dobivanja i gorenja metana.

**Opaske:** Reakcijsku smjesu za dobivanje metana možete obogatiti natrijevim hidroksidom. U tarioniku dobro smrvite i pomiješajte 1.6 g bezvodnog natrijevog acetata, 3.2 g natronskog vapna i 1.6 g natrijevog hidroksida. U natronskom vapnu ima vrlo malo natrijevog hidroksida (10 do 20 %) što nije dovoljno da reagira sav natrijev acetat. Zato se dodatkom određene količine natrijevog hidroksida i natronskog vapna oslobađa veća količina metana. Dodatkom samo jednog grama

natrijevog hidroksida dobije se 3 do 4 puta veća količina metana. Iz gore navedenih količina dobije se oko 300 mL metana. Osim toga, s obzirom da ima dovoljno natrijevog hidroksida, izreagira sav natrijev acetat pa se smanjuje i količina sporednih (nepoželjnih) produkata (eten, aceton).

Reakcijska smjesa za dobivanje metana može se prirediti i na treći način. U tarioniku se dobro smrve i pomiješaju 1,6 g bezvodnog natrijevog acetata i 3,2 g natronskog vapna, a zatim se doda 1,6 g cinka u prahu i ponovno se smjesa dobro promiješa. Ovim postupkom dobije se oko 400 mL metana. Metan dobiven katalitički sadrži više vodika, a manje acetona i nezasićenih ugljikovodika. Kao katalizator, osim cinka, upotrebljava se još željezo i nikal, kao i neki metalni oksidi (željezov(III) oksid, kromov(III) oksid i niklov(I) oksid), dok većina metala i metalnih oksida nemaju katalitičko djelovanje.



Slika 2.2. Aparatura za dobivanje metana.

## 2.2. Svojstva metana

**Pribor i kemikalije:** sve kao u pokusu 2.1., 3 epruvete, savijena staklena cijev, triješčica, bromna voda, otopina kalijevog permanganata, otopina natrijeva hidrogenkarbonata, vapnena ili baritna voda.

### POKUS 1.

Napunite dvije epruvete metanom. Jednoj dodajte bromne vode, a drugoj vodenu otopinu kalijevog permanganata zaluženu otopinom natrijeva hidrogenkarbonata. Odmah začepite epruvete i snažno promućkajte. Što opažate?

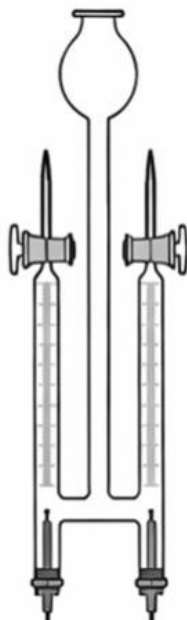
### POKUS 2.

Suhu staklenu epruvetu napunite metanom i prinesite otvoru epruvete goruću trješčicu. Stijenke epruvete će se orositi. Nalijte u epruvetu malo baritne vode ili vapnene vode. Obrazložite opažanja.

### 2.3. Dobivanje etana elektrolizom natrijeva acetata

**Pribor i kemikalije:** Hoffmanov aparat, izvor istosmjerne struje od 6-12 V, 2 izolirana bakrena vodiča s banana-utikačima, 2 krokodil-štikaljke, staklena vuna, stakleni štapić, klor-kalcijeva cjevčica, zasićena otopina natrijevog-acetata, barijevog hidroksid, natronsko vapno.

**Postupak:** Napunite Hoffmanov aparat (**Slika 2.3.**) zasićenom otopinom natrijevog acetata i priključite na ispravljač. Elektrolizu prekinite kad se razvije oko 15 mL plinovitih produkata u katodnom odnosno anodnom prostoru. Otvorite pipac na cijevi iznad anode i približite štapić navlažen otopinom barijeva hidroksida. Nakon toga na cijev iznad anode stavite klor-kalcijevu cjevčicu napunjenu natronskim vapnom. Ponovo otvorite pipac i zapalite plin koji izlazi. Na cijev iznad katode pričvrstite staklenu cjevčicu suženu na gornjem kraju, propustite oko 5 mL plina iz katodnog prostora i onda ga zapalite na vrhu cjevčice. Napišite jednadžbe elektrolize zasićene otopine natrijeva acetata.



**Slika 2.3. Hoffmanov aparat [7].**

### 2.4. Supstitucija alkana

**Pribor i kemikalije:** Conwayeva posudica sa staklenim poklopcem, grafo-folija, grafoskop, čaša od 50 mL, menzura od 10 mL, kapaljka, brom, *n*-heksan, metiloranž.

**Opasnosti:** Brom je otrovan i nagriza kožu. **Radite s rukavicama!** Digestor!

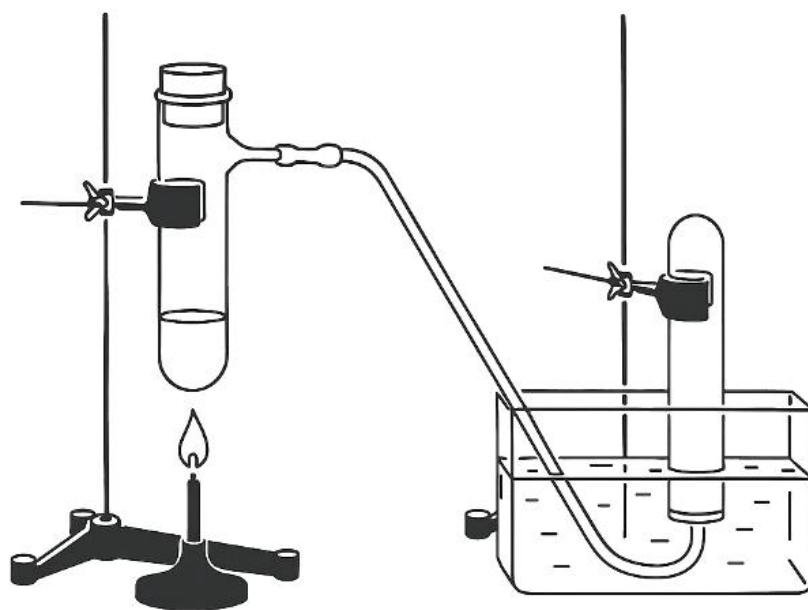
**Postupak:** Uz sve mjere opreza napunite u digestoru kapaljku s par kapi broma i odložite je u čašu. Na grafoskop stavite grafo-foliju i Conwayevu posudicu u čiji vanjski dio ulijete oko 3 mL *n*-heksana. U unutarnji dio posudice dodajte malo otopine metiloranža (ili otopine srebro-nitrata) i djelomično poklopite tako da ostavite samo mali otvor kroz koji ćete u *n*-heksan dodati 3 kapi broma iz kapalice. Brzo poklopite do kraja Conwayevu posudicu. Uočite i obrazložite nastale promjene. Umjesto *n*-heksana možete koristiti cikloheksan ili *n*-heptan.

## 2.5. Dobivanje etena dehidracijom etanola

**Pribor i kemikalije:** okrugla tikvica od 100 mL, epruveta za odsisavanje, menzura, gumene cjevčice za spajanje, 2 ispiralice, 4 epruvete, pneumatska kada, 2 željezna stalka s hvataljkama, kolut klema, azbestna mrežica, plamenik, čep, savijena staklena cjevčica, etanol ( $w = 0,95 \%$ ), pijesak, koncentrirana sumporna kiselina, bromna voda, otopina kalijevog permanganata, otopina natrijeva karbonata, otopina natrijeva hidroksida

**Opasnosti:** Rad s koncentriranom kiselinom. Upotrijebite **zaštitne naočale**.

**Postupak:** Složite aparaturu kao na **Slici 2.4.** U okruglu tikvicu stavite 1 do 2 žlice suhog pijeska (umjesto pijeska možete staviti bezvodni bakrov(II) sulfat ili bezvodni aluminijev(III) sulfat). Tome dodajte unaprijed priređenu smjesu od 10 mL 95 %-tnog etanola i 15 mL konc. sumporne kiseline. Smjesa se priredi opreznim dodavanjem sumporne kiseline etanolu uz neprestano miješanje i hlađenje. Začepite tikvicu. U prvu ispiralicu ulijte sumpornu kiselinu, a u drugu natrijevu lužinu. Zagrijavajte reakcijsku smjesu. Prve količine plina pustite u vodu. Nakon toga nekoliko epruveta napunite plinom kao u pokusu 2.1. Otvor jedne epruvete primaknite plamenu plamenika. Plin se zapali i gori svjetlećim plamenom. Drugoj epruveti s plinom dodajte par kapi bromne vode. Začepite epruvetu i promućkajte. Trećoj epruveti s plinom dodajte par kapi otopine kalijevog permanganata zalužene otopinom natrijevog karbonata. Epruvetu začepite i promućkajte. Zapažene promjene obrazložite jednadžbama reakcija. Nastali eten se provodi preko dvije ispiralice, sa sumpornom kiselinom i natrijevom lužinom, da se ukloni suvišni etanol, eter i drugi produkti (ugljkov(IV) oksid, ugljkov(II) oksid, sumporov(IV) oksid) koji nastaju prilikom reakcije. Objasnite ulogu sumporne kiseline u samoj reakciji. Možete ju zamijeniti i koncentriranom fosforom kiselinom.



Slika 2.4. Aparatura za dobivanje etena dehidracijom etanola.

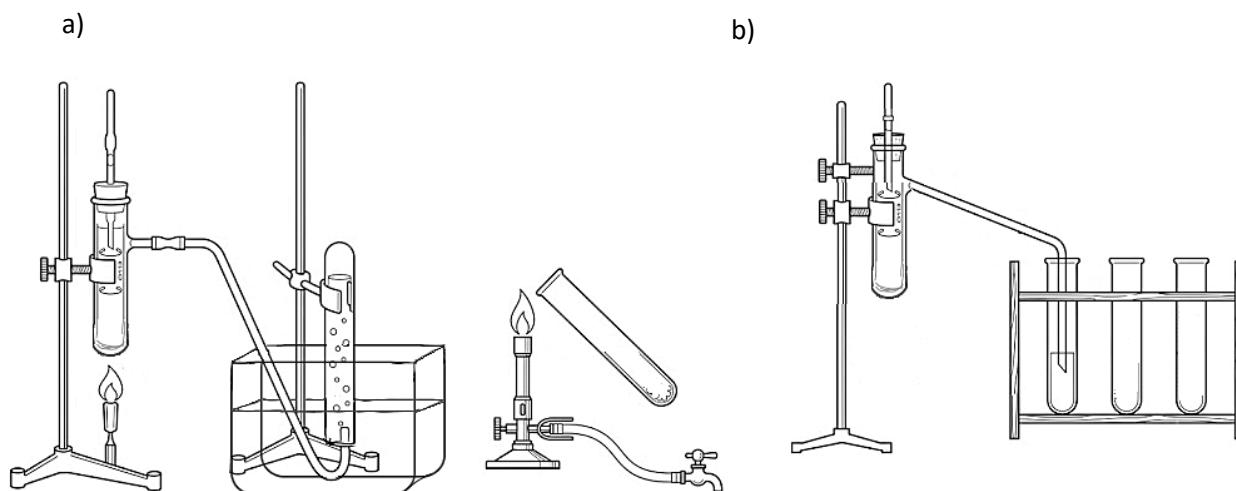
## 2.6. Dobivanje i svojstva etina

**Pribor i kemikalije:** epruveta za odsisavanje, kapaljka, pneumatska kada, koljenasto savijena cjevčica, porculanska zdjelica, 4 epruvete, kalcijev karbid, zasićena otopina natrijeva klorida, bromna voda, otopina kalijevog permanganata zalužena natrijevim karbonatom, otopina srebrova nitrata, koncentrirana otopina amonijaka, sapunica, kisik, aceton, klorovodična kiselina

**Postupak:** U epruvetu za odsisavanje stavite par komadića kalcijeva karbida, a u kapaljku zasićenu otopinu natrijeva klorida. Dokapavajte polagano otopinu. Pričekajte da etin istisne sav zrak iz aparature prikazane na **Slici 2.5a**). Plinom napunite dvije epruvete i začepite ih pod vodom. Nakon što prestane razvijanje plina, spriječite ulazak vode u epruvetu za odsisavanje. Epruvetu koju ste posljednju napunili etinom (druga epruveta) odčepite i, držeći otvor prema gore, zapalite etin. Oprez zbog praskavca! Ulijte u porculansku zdjelicu 3 do 5 mL acetona i prvu epruvetu odčepite ispod površine acetona. Držite epruvetu uspravno i lagano mućkajte pazeći da otvor epruvete bude stalno ispod površine acetona. Objasnite opažene promjene.

Preuredite aparaturu prema **Slici 2.5b**). Nastavite razvijati plin i uvodite ga u epruvetu s 1 mL razrijeđene bromne vode, a zatim u epruvetu s 1 do 2 mL otopine kalijevog permanganata zalužene s nešto natrijeva karbonata. Nakon što ste načinili pokus s kalijevim permanganatom, nastavite uvoditi etin u epruvetu s amonijakalnom otopinom srebrova nitrata (otopini srebrova nitrata dodajte amonijev hidroksid u suvišku). Nastaje bijeli talog srebrovog acetilida,  $\text{Ag}_2\text{C}_2$ . Ne zaboravite da je suhi srebrov acetilid eksplozivan na najmanji termički ili mehanički podražaj. Zato po završetku pokusa u epruvetu s talogom srebrovog acetilida dodajte malo klorovodične kiseline da razorite srebrov acetilid. Napišite jednadžbe kemijskih reakcija. Prikažite kemijskom jednadžbom i reakciju između klorovodične kiseline i srebrova acetilida. Objasnite mehanizam nastajanja acetilida iz etina.

Na kraju uvedite nešto etina u sapunicu u porculanskoj zdjelici i malo kisika iz gazometra. **Udaljite porculansku zdjelicu s praskavcem od generatora plina** i ubacite zapaljenu šibicu.



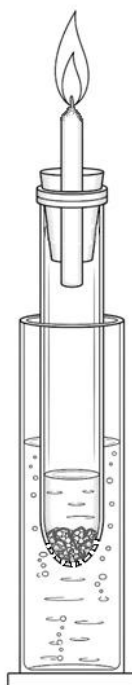
Slika 2.5. Aparatura za a) dobivanje i b) ispitivanje svojstava etina.

## 2.7. Razvijanje etina u rupičastoj epruveti

**Pribor:** epruveta s rupičastim dnom, visoka čaša od 200 mL, probušeni čep, staklena cjevčica sužena na jednom kraju, stalak sa semimikro epruветama, željezni stalak s hvataljkom, zasićena otopina natrijeva klorida, kalcijev karbid

**Opasnosti:** Smjesa etina i zraka je eksplozivna. **STAVITE ZAŠTITNE NAOČALE!**

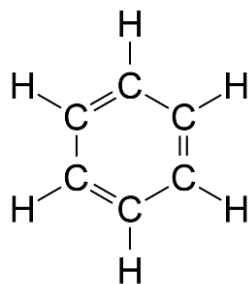
**Postupak:** U čašu sa zasićenom otopinom natrijeva klorida (reakcija je manje burna nego s vodom) uronite rupičastu epruветu s nekoliko komadića kalcijeva karbida. Kada ste potpuno sigurni da je istisnut sav zrak (**proba na praskavac**), zapalite etin na suženom dijelu cjevčice (Slika 2.6.). Pušite u plamen kroz cjevčicu izvučenu u obliku kapalice. Opažate li promjenu boje plamena? Reakciju prekidate izvlačenjem epruветe iz otopine natrijevog klorida. Napišite kemijsku jednadžbu nepotpunog i potpunog izgaranja etina.



Slika 2.6. Pribor za dobivanje etina u rupičastoj epruветi.

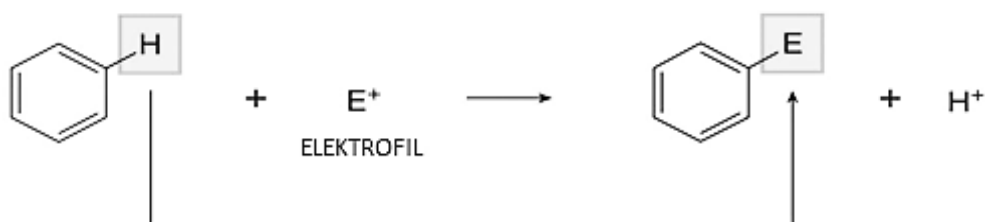
### 3. VJEŽBA: AROMATSKI UGLJIKOVODICI

Aromatski ugljikovodici ili areni su velika skupina nezasićenih cikličkih organskih spojeva izrazite kemijske postojanosti. Benzen je najjednostavniji aromatski spoj koji u svojoj građi ima jedan aromatski prsten.



Slika 3.1. Struktura benzena

Karakteristična reakcija aromatskih spojeva je elektrofilna aromatska supstitucija pri kojoj se vodikov atom iz aromatskog prstena zamjenjuje elektrofilnim atomom ili skupinom [1-7].



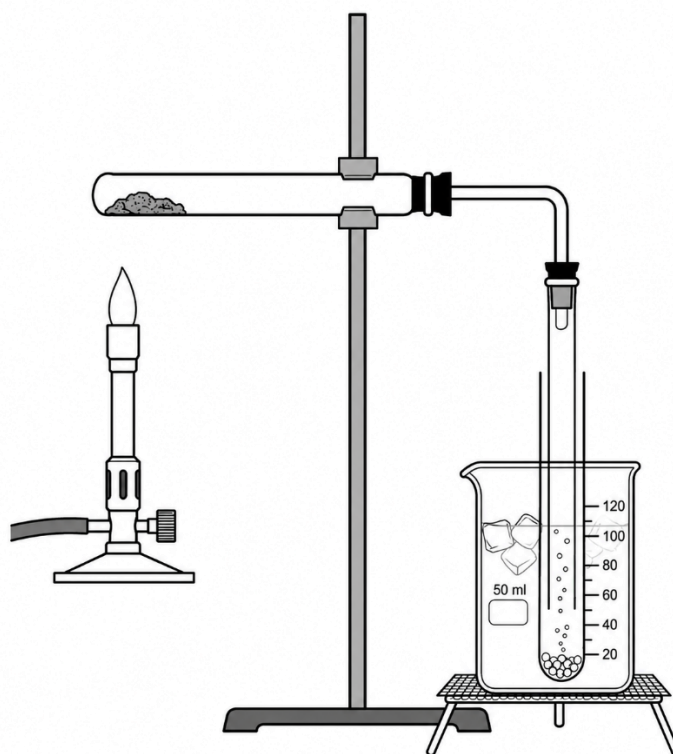
Slika 3.2. Elektrofilna aromatska supstitucija.

### 3.1. Dobivanje benzena iz benzojeve kiseline

**Pribor i kemikalije:** tarionik, epruveta od teško taljivog stakla, savijena staklena cijev, 2 čepa, probušena epruveta ili šira staklena cijev, epruveta, čaša, benzojeva kiselina, natrijev hidroksid, natronsko vapno ili živo vapno.

**Opasnosti:** Natrijev hidroksid jako nagriza kožu. Upotrijebite plastične zaštitne rukavice! **STAVITE ZAŠTITNE NAOČALE!**

**Postupak:** Usitnite i izmiješajte u tarioniku 5 g natrijeva hidroksida i 5 g benzojeve kiseline. Umjesto natrijeva hidroksida možete upotrijebiti i natronsko vapno ili živo vapno. Usitnjenu smjesu prespite u epruvetu od teško taljivog stakla. Složite aparaturu prema **Slici 3.3**. Zagrijavajte epruvetu sa smjesom benzojeve kiseline i natrijeva hidroksida. Destilat hvatajte u predlošku (epruveti) hladenoj smjesom vode i leda. Napišite jednadžbu kemijske reakcije i obrazložite uočene promjene.



**Slika 3.3.** Aparatura za dobivanje benzena iz benzojeve kiseline.

### 3.2. Svojstva benzena

**Pribor i kemikalije:** porculanska zdjelica, drvce, filter-papir, plamenik, laboratorijska kliješta, stakleni cilindar debelih stjenki, staklena pločica, stakleni lijevak, željezni stalak, kolut-klema promjera manjeg od promjera lijevka, gumena cjevčica, staklena cijev koljenasto savijena pri kraju i sužena pri vrhu, 3 epruvete, traka tamnog papira, vata, benzen, vapnena voda, bromna voda, otopina kalijevog permanganata.

**Opasnost:** Ne udišite pare benzena. Benzen i njegove pare su otrovni (karcinogeni) te lakozapaljivi. Pare benzena su teže od zraka i koncentriraju se u donjim dijelovima prostorije pa se takve prostorije teže provjetravaju. Može se dogoditi da ih ne identificirate mirisom, a smjesa zraka i para benzena je eksplozivna (područje eksplozivnosti leži između 1.5 i 8 %). **Pokuse s benzenom izvodite u digestoru ili dobro zračenoj prostoriji!**

#### POKUS 1.

U porculansku zdjelicu ulijte 2 do 3 kapi benzena. Upaljenu treščicu polako približite površini benzena. Benzen se upali i prije nego ga dotaknete plamenom. Kakvim plamenom gori benzen? Provjerite to još jednom tako da istodobno zapalite dva komada filter-papira od kojih ste jedan umočili u benzen. Filter-papire uhvatite laboratorijskim kliještima ili pincetama.

#### POKUS 2.

U suhi stakleni valjak ulijte 2 do 3 kapi benzena. Valjak pokrijte staklenom pločicom i više puta okrenite tako da se pare benzena i zrak u valjku dobro izmiješaju. Maknite pločicu i otvoru valjka prinesite zapaljeno drvce. Benzen se zapali. Promatrajte razinu plamena u odnosu na vrh valjka. Obrazložite opažanja! Zašto ne smijete staviti više benzena? Dokažite produkte gorenja benzena.

#### POKUS 3.

Složite aparaturu prema **Slici 3.4.** U lijevak stavite rahli smotuljak od malo vate navlažene benzenom (benzen se ne smije cijediti). Nakon pola minute zapalite pare na suženom dijelu savijenog vrata lijevka. Obrazložite svrhu ovog pokusa.



**Slika 3.4. Aparatura za određivanje svojstava benzena.**

#### POKUS 4.

Ulijte u epruvetu 1 do najviše 2 mL benzena i dodajte 2 do 3 mL bromne vode. Sadržaj epruvete dobro promućkajte. U drugu epruvetu ulijte istu količinu benzena i dodajte 2 do 3 ml otopine kalijevog permanganata. Dobro promućkajte. Usporedite boje otopina s bojom polaznih otopina bromne vode i kalijevog permanganata. Što primjećujete? Otapa li se brom u benzenu? Otapa li se benzen u vodi? Mijenja li se boja otopina bromne vode i kalijevog permanganata? Kolika je gustoća benzena u odnosu na vodu? Obrazložite opažanja!

### Pokus 5.

Navlažite izvana epruvetu i uzduž epruvete prilijepite usku traku crnog papira širine 1 do 2 mm. Ulijte u epruvetu nekoliko mL vode i 1 do 2 mL benzena. Držite epruvetu tako da traka papira bude na strani koja je okrenuta od vas. Promatrajte crnu traku kroz stupac tekućine u epruveti. Zamjećuje se prividno različita širina trake. Objasnite pojavu! Prisjetite se što ste u fizici učili o lomu svjetlosti. U odgovor uključite i jedan od rezultata iz pokusa 4!

#### 3.3. Nitriranje benzena

**Pribor i kemikalije:** epruveta, 2 menzure od 10 mL, čaša, kapaljka, koncentrirana sumporna kiselina, koncentrirana dušična kiselina.

**Opasnosti:** Upotrebljavate dvije jake oksid-kiseline razarajućeg djelovanja na tkivo. Nastali produkt, nitrobenzen, vrlo je otrovan i njegove pare lako difundiraju kroz kožu. **KORISTITE GUMENE ZAŠTITNE RUKAVICE I RADITE U DIGESTORU!** Ako nitrobenzen padne na kožu, to mjesto treba odmah isprati etanolom, zatim toplom vodom i sapunom.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 2 mL koncentrirane sumporne kiseline i postepeno uz potresanje dodajte 1 mL koncentrirane dušične kiseline. Dobivenu smjesu za nitriranje ohladite uranjanjem u čašu s hladnom vodom. Uz stalno i snažno mućkanje i povremeno hlađenje, smjesi dodajte kap po kap 1 mL benzena. Nastaje prolazno smeđe obojenje. **Oprez!** Reakcijsku smjesu mućkajte još 2 do 3 minute i nakon toga izlijte u čašu s hladnom vodom. Na dnu čaše skuplja se žućkasto obojena tekućina, mirisa po gorkim bademima. Objasnite kemijskom jednačinom i shemom mehanizam nitiranja benzena (elektrofilna aromatska supstitucija, nitronijev ion).

#### 3.4. Nezasićenost stirena

**Pribor i kemikalije:** epruvete, menzura, stiren, bromna voda, otopina kalijevog permanganata, otopina natrijeva karbonata.

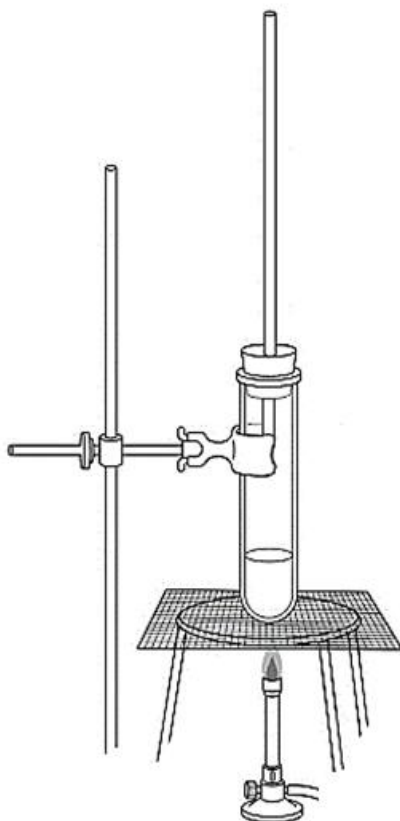
**Postupak:** Ulijte u epruvetu 1 do 2 mL stirena i dodajte jednaku količinu bromne vode. Sadržaj epruvete snažno promućkajte. U drugu epruvetu ulijte istu količinu stirena i dodajte otopinu kalijevog permanganata kojoj ste prije dodali par kapi otopine natrijeva karbonata (to je tzv. Bayerov test na nezasićenost). Dobro promućkajte. Objasnite opažanja i napišite pripadne jednačine kemijskih reakcija.

#### 3.5. Polimerizacija stirena

**Pribor i kemikalije:** epruveta, probušeni čep za epruvetu, ravna staklena cijev dužine oko 40 cm, željezni stalak s hvataljkom, azbestna mrežica, menzura, žlica, plamenik, stiren, benzoilperoksid.

**Opasnosti:** Benzoilperoksid inicira reakciju. Kao i svi drugi organski peroksidi i on se lako raspada, često uz eksploziju. Zato se uzimaju male količine peroksida (kao što je u propisu navedeno). Ako u toku pokusa dođe do burne reakcije, prekinite zagrijavanje i udaljite se. **OPREZ! ZAŠTITNE NAOČALE!**

**Postupak:** Složite aparaturu prema **Slici 3.5**. U čistu i suhu epruvetu stavite nekoliko zrnaca benzoilperoksida (50-100 mg) i tome dodajte 3 mL stirena. Sadržaj epruvete zagrijavajte polagano do vrenja i održavajte tu temperaturu 5 do 6 minuta. Tijekom zagrijavanja tekućina postaje ljepljiva, a nakon stanovitog vremena i gusta poput sirupa. Ostavite dobivenu masu da se hladi. Pripadnim kemijskim jednadžbama objasnite tijek reakcije. Navedite svojstva dobivenog produkta uključivši i prijedlog za pranje epruvete.

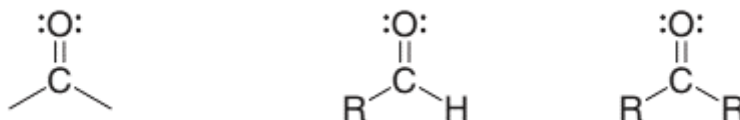


**Slika 3.5. Aparatura za polimerizaciju stirena.**

#### 4. VJEŽBA: ALKOHOLI, ALDEHIDI I KETONI

Osim ugljika i vodika, kisik je najčešći kemijski element u organskim spojevima. Ovisno o broju atoma ugljika, kisika i vodika te načinu njihovog međusobnog spajanja nastaju različite vrste organskih spojeva s kisikom (alkoholi, aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline, eteri, esteri). Alkohole karakterizira hidroksilna skupina, te se oni razlikuju prema broju i mjestu vezivanja hidroksilne skupine u molekuli. Aldehidi i ketoni pripadaju skupini karbonilnih spojeva ili karbonila.

Među karakteristične reakcije alkohola ubrajaju se: dehidratacija, oksidacija, redukcija, supstitucija i esterifikacija. Karakteristične reakcije aldehida i ketona su: oksido-redukcija, nukleofilna adicija na karbonilnu skupinu [1-7].



**Slika 4.1. Struktura karbonilne skupine, aldehida i ketona.**

#### 4.1. Dobivanje apsolutnog alkohola

**Pribor i kemikalije:** epruvete, stalak za epruvete, etanol, bezvodni bakrov(II) sulfat, kalcijev oksid.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu oko 5 mL kupovnog etanola ( $w = 96\%$ ), dodajte 0,1 do 0,2 g bezvodnog bakrova(II) sulfata i ostavite stajati neko vrijeme. U drugu epruvetu ulijte 6 do 8 mL 96 %-tnog etanola i dodajte 2-3 g živog vapna. Začepite epruvetu čepom i mućkajte nekoliko minuta. Odložite epruvetu u stalak i pričekajte da talog padne na dno. Pažljivim dekantiranjem odvojite dobiveni apsolutni alkohol kako bi ga iskoristili u slijedećem pokusu. Obrazložite opažanja. Što su azeotropne smjese?

#### 4.2. Pripremanje antifriza

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, čaša od 100 mL, glicerol, natrijev klorid, led.

**Postupak:** U jednu epruvetu ulijte vodu, a u drugu smjesu glicerola i vode u volumnom omjeru 1:1. Obje epruvete uronite u rashladnu smjesu od leda i natrijeva klorida. Obrazložite opažanja. Zašto se ceste zimi posipaju solju i sipinom?

#### 4.3. Dobivanje metanala iz metanola

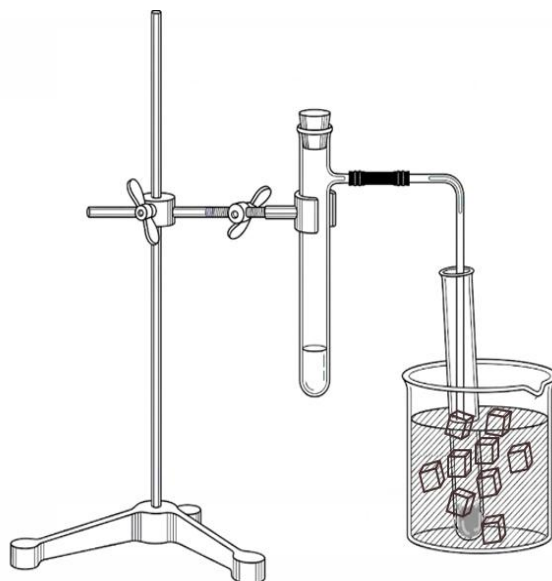
**Pribor i kemikalije:** epruveta, spirala od bakrene žice s drškom, plamenik, metanol, fuksinsumporasta kiselina ili Schiffov reagens (otopina fuksina obezbojena pomoću  $\text{SO}_2$ ).

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 1-2 mL metanola. U oksidacijskom plamenu plinskog plamenika užarite spiralu od bakrene žice i naglo uronite u metanol. Ponovite to nekoliko puta. Oprezno pomirišite sadržaj epruvete. Na što vas podsjeća miris? Ulijte u epruvetu malo fuksinsumporaste kiseline. Javlja se ljubičasto obojenje. Obrazložite opažene promjene!

#### 4.4. Dobivanje etanala (acetaldehida)

**Pribor i kemikalije:** epruveta za odsisavanje, čep, koljenasto savijena staklena cijev, obična epruveta, čaša, menzura, željezni stalak, hvataljka, plamenik, led, natrijev klorid, etanol, koncentrirana sumporna kiselina, kalijev bikromat (ili natrijev bikromat).

**Postupak:** Složite aparaturu prema **Slici 4.2.** na način da odvodna staklena cijev bude uronjena do dna epruvete hladene smjesom leda i soli. Pomiješajte oprezno 4 mL etanola i 3 mL koncentrirane sumporne kiseline i ulijte u epruvetu za odsisavanje. Otopite 6 g kalijevog bikromata u što manje vode i dodajte toj smjesi. Epruvetu za odsisavanje odmah začepite. Reakcija je burna i egzotermna te nastaje etanal. Budući da je njegovo vrelište vrlo nisko ( $21\text{ }^\circ\text{C}$ ) potrebno je izrazito hlađenje predloška jer će u protivnom većina etanala ishlapiti. Kada se reakcija umiri, smjesu još malo zagrijavajte kako bi sav etanal izdestilirao (oko 3 mL). Iskoristite dobiveni kondenzat za slijedeću vježbu. Napišite pripadnu kemijsku jednadžbu oksidacije etanola u etanal.



**Slika 4.2. Aparatura za dobivanje etanala.**

#### 4.5. Dokazivanje aldehida Fehlingovim reagensom

**Pribor i kemikalije:** epruveta, plamenik, čaša od 100 mL acetaldehid, otopina Fehling I i Fehling II reagensa.

**Priprema otopina:** Fehling I se priprema otapanjem 7 g bakrova(II) sulfata u 100 mL vode. Fehling II je otopina 35 g kalijevog natrijeva tartarata i 10 g natrijeva hidroksida u 100 mL vode.

**Postupak:** Ugrijte skoro do vrenja pola čaše vode. Ulijte u epruvetu jednake volumene (oko 1.5 mL) Fehling I i Fehling II otopine. Dodajte oko 1 mL acetaldehida i epruvetu uronite u vruću vodu. Epruvetu možete zagrijati i na slabom plamenu, ali je prvi način bolji, jer reakcija nije trenutna. Objasnite jednažbom pozitivan test s Fehlingovim reagensom. Sačuvajte vruću vodu za slijedeći pokus!

#### 4.6. Dokazivanje aldehida Tollensovim reagensom

**Pribor i kemikalije:** epruveta, čaša od 100 mL, vodena otopina metanala, otopina srebrova nitrata  $c(\text{AgNO}_3) = 0.1 \text{ mol/L}$ , razrijeđena otopina amonijaka.

**Postupak:** Operite epruvetu s malo koncentrirane dušične kiseline, a zatim isperite destiliranom vodom. Za uspješan ishod pokusa epruveta mora biti potpuno čista (odmašćena). Ulijte u odmašćenu epruvetu oko 2 mL razrijeđene otopine srebrova nitrata, dodajte jednu kap otopine natrijeva hidroksida i promućkajte, a zatim uz snažno mućkanje dokapavajte kap po kap razrijeđene otopine amonijaka samo toliko da se nastali smeđi talog otopi. U tako pripremljen Tollensov reagens ulijte 1 mL otopine metanala (formaldehida) i bez mućkanja zagrijavajte u čaši s vrućom vodom. Objasnite test pripadnim redoks reakcijama.

#### 4.7. Polimerizacija metanala i etanala

**Pribor i kemikalije:** satno staklo, 2 čaše, epruvete, plamenik, tronožac, azbestna mrežica, otopina metanala, etanal, koncentrirana sumporna kiselina.

**Opasnosti:** Radite u digestoru!

##### POKUS 1.

Zagrijte do vrenja malo vode u čaši. Na satno staklo, nešto veće od otvora čaše, stavite 1 do 2 mL metanala i uparite kao na vodenoj kupelji. Nastaje talog bijele boje. Objasnite ovo svojstvo metanala i prikažite kemijskom jednadžbom nastajanje polimera. Zaostali talog grijte u epruveti i pokušajte zapaliti izlazeće pare. Što opažate? Kako se to koristi u kemijskoj industriji?

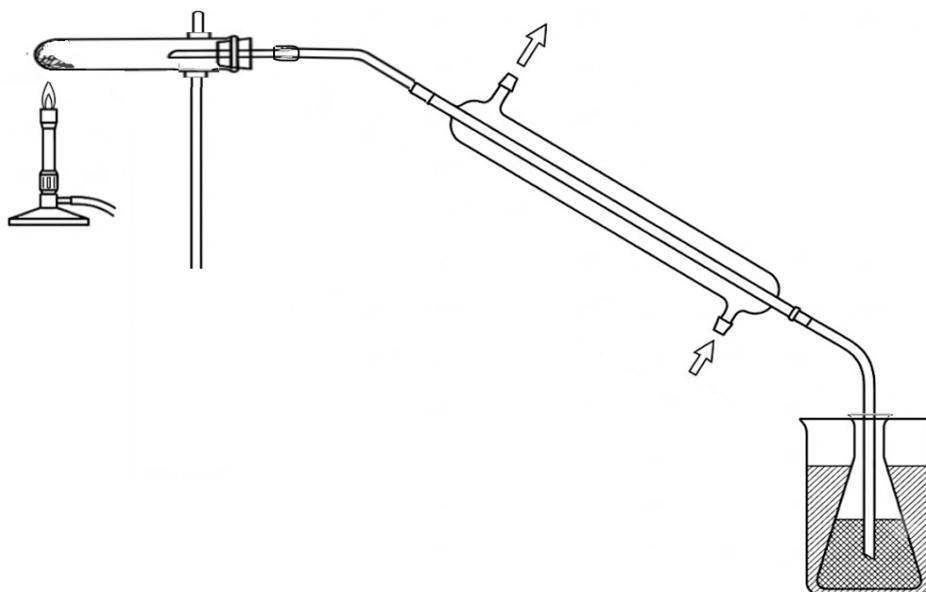
##### POKUS 2.

U epruvetu, prethodno ohlađenu u rashladnoj smjesi leda i soli, ulijte 1 do 2 mL etanala, oprezno dodajte dvije kapi koncentrirane sumporne kiseline i lagano miješajte (reakcija je žestoka). Sadržaj se malo ugrijao, ali nastali spoj više ne hlapi tako lako kao etanal (acetaldehyd monomer). Smjesu ponovo ohladite, dodajte 5-6 mL vode i promućkajte u lijevku za odjeljivanje. Dobiveni produkt odijelite od vode i ispitajte nekim od testova na aldehide. Koji je spoj nastao u opisanim uvjetima? Napišite strukturnu formulu spoja. Navedite opažena svojstva spoja.

#### 4.8. Dobivanje acetona

**Pribor i kemikalije:** epruveta od teško taljivog stakla, Erlenmeyerova tikvica od 50 mL, Liebigovo hladilo, čaša, probušeni čep, staklene cijevi, plamenik, željezni stalci s hvataljkama, porculanska zdjelica, kalcijev acetat, klorovodična kiselina, led.

**Postupak:** Sastavite aparaturu prema **Slici 4.3.** U suhu epruvetu od teško taljivog stakla stavite oko 10 g bezvodnog kalcijeva acetata. Sadržaj epruvete zagrijavajte, a destilat hvatajte u Erlenmeyerovu tikvicu hladenu u čaši s vodom i usitnjenim ledom. Čvrsti ostatak u epruveti, dobiven nakon destilacije, ispitajte dodavanjem par kapi klorovodične kiseline. Destilat zapalite u porculanskoj zdjelici. Objasnite opažanja jednadžbama kemijskih reakcija.



Slika 4.3. Aparatura za dobivanje acetona.

#### 4.9. Svojstva acetona

**Pribor i kemikalije:** porculanska zdjelica, čaša, 3 epruvete, aceton, otopina barijeva hidroksida, otopine Fehling I i Fehling II, Tollensov reagens, otopina natrijeva nitroprusida  $c(\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{NO})(\text{CN})_5]) = 0.1 \text{ mol/L}$ , razrijeđena otopina natrijeva hidroksida.

**Priprema otopina:** Tollensov reagens se mora uvijek pripremiti svjež prije upotrebe jer stajanjem može nastati srebrni nitrid koji je izrazito eksplozivni spoj. Epruveta za pripremu Tollensovog reagensa mora biti u potpunosti čista. U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine srebrnog nitrata  $c(\text{AgNO}_3) = 0.1 \text{ mol/L}$  i dodajte nekoliko kapi 10 %-tne otopine KOH, pri čemu nastaje tamnosivi talog. U otopinu s talogom potom se doda nekoliko kapi koncentriranog amonijaka, pri čemu dolazi do potpunog otapanja taloga.

##### POKUS 1.

Zapalite malo acetona u porculanskoj zdjelici, a nad plamenom držite suhu čašu. Ponovite postupak s čašom koju ste izvana navlažili otopinom barijeva hidroksida.

##### POKUS 2.

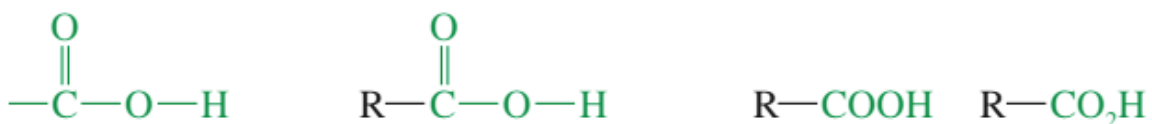
Ispitajte daje li aceton pozitivan test s Fehlingovim i Tollensovim reagensom.

##### POKUS 3.

Ulijte u epruvetu 5 mL vode i kap acetona pa dodajte malo svjež priređene 10 %-tne otopine natrijeva nitroprusida i 1 do 2 kapi razrijeđene otopine natrijeva hidroksida. Nastaje crveno obojena otopina nitrozil-pentacijanidnog kompleksa. Objasnite opažanja pripadnim jednadžbama kemijskih reakcija.

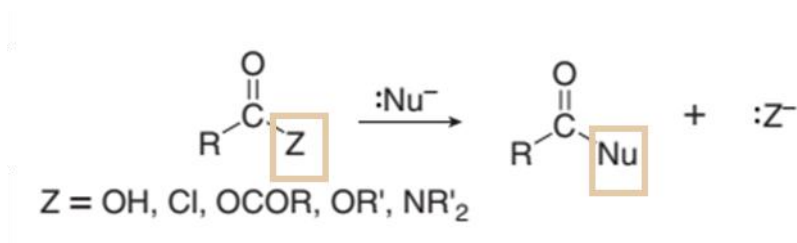
## 5. VJEŽBA: KARBOKSILNE KISELINE I DERIVATI

Karboksilne kiseline (organske kiseline) u svojoj molekuli sadrže jednu ili više karboksilnih funkcijskih skupina.



Slika 5.1. Struktura karboksilne skupine, karboksilne kiseline i kondenzirane strukture [1].

Zamjenom hidroksilne skupine u karboksilnoj skupini nastaju derivati karboksilnih kiselina. Najreaktivni derivati su kiselinski kloridi, zatim anhidridi, esteri i nitrili, a najmanje reaktivni su amidi. Derivati jednostavnim hidrolizom ponovno daju polazne karboksilne kiseline. Karakteristična reakcija derivata karboksilnih kiselina je reakcija nukleofilne supstitucije [1-7].



Slika 5.2. Nukleofilna supstitucija [1].

### 5.1. Dobivanje i svojstva mravlje kiseline

**Pribor i kemikalije:** tikvica za destilaciju ili Claissenova tikvica od 100 mL, termometar do 200 °C, Liebigovo hladilo, Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, nastavak za destilaciju (lula), 2 stalka, 2 hvataljke, tronožac ili kolut klema od 10 cm, azbestna mrežica, plamenik, čepovi, kamenčići za vrenje, bezvodni glicerol, oksalna kiselina, barijev hidroksid, natrijev formijat, sumporna kiselina, plavi lakmus-papir.

**Napomena:** Pri punjenju tikvice za destilaciju otopina ne smije dospjeti u odvodnu cijev! Oprez! Rad s kiselinama! Bezvodni glicerol možete prirediti zagrijavanjem običanog glicerola u epruveti iznad plamenika 5 minuta pri temperaturi od 175 do 180 °C. Radite u digestoru.

**Postupak A.** Sastavite aparaturu za destilaciju pri atmosferskom tlaku (**Slika 5.3.**). U tikvicu ulijte 5 mL glicerola i dodajte 5 g oksalne kiseline. Smjesu zagrijavajte do 110 °C. U predložak za destilaciju ulijte malo otopine barijeva hidroksida koja će se tijekom destilacije zamutiti. Reakcijskoj smjesi naknadno dodajte još 2.5 g oksalne kiseline i nastavite grijati. Čisti destilat hvatajte u suhu Erlenmeyerovu tikvicu (bez barijeva hidroksida). Obrazložite opažanja pripadnim jednadžbama kemijskih reakcija.

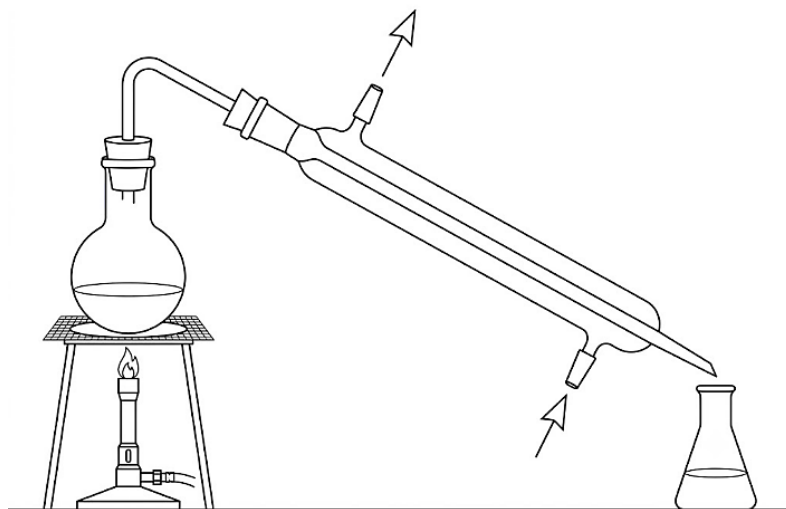
**Postupak B.** U tikvicu za destilaciju unesite 5 g natrijeva formijata i 10 mL vode te oprezno podlijte s 10 mL koncentrirane sumporne kiseline. Zagrijavajte reakcijsku smjesu. Odredite vrelište produkta destilacije pri atmosferskom tlaku. Sakupljeni destilat iskoristite za naredne pokuse.

#### POKUS 1.

U tri epruvete unesite redom vrlo malo magnezija u prahu, cinka u prahu i željeza u prahu. U svaku od epruveta dodajte nekoliko kapi destilata (mravlje kiseline). Obrazložite opažanja i napišite jednadžbe kemijskih reakcija.

#### POKUS 2.

Ulijte u epruvetu 1 do 2 mL razrijeđene otopine srebrova nitrata i dodajte nekoliko kapi destilata (mravlje kiseline). Javlja se bijeli talog. Zagrijavajte dobivenu smjesu. Obrazložite opažanja pripadnim jednadžbama kemijskih reakcija.



**Slika 5.3. Aparatura za dobivanje mravlje kiseline.**

## 5.2. Dobivanje octene kiseline oksidacijom etanola

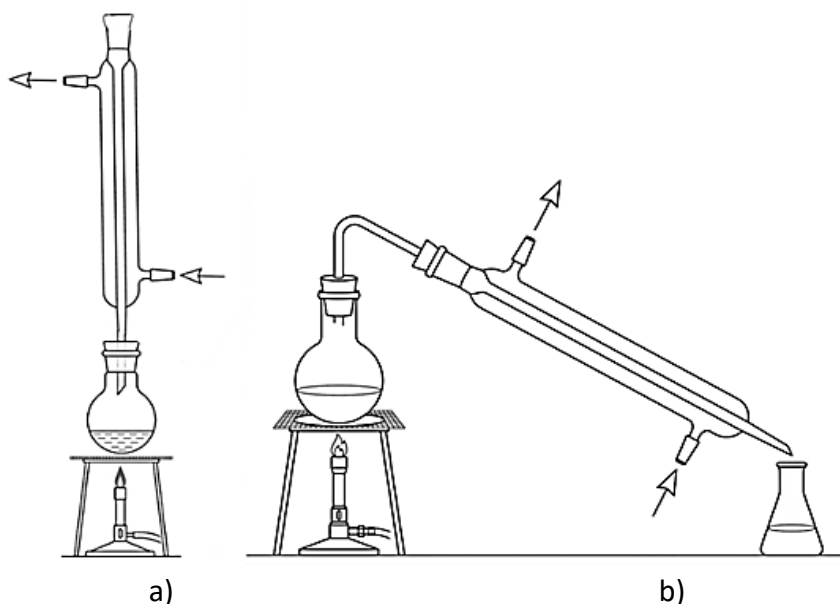
**Pribor i kemikalije:** tikvica za destilaciju ili Claissenova tikvica od 100 mL, tikvica s okruglim dnom od 100 mL, menzura, koljenasto savijena staklena cijev, termometar do 200 °C, Liebigovo hladilo, Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, nastavak za destilaciju (lula), 2 stalka, 2 hvataljke, tronožac ili kolut klema od 10 cm, azbestna mrežica, plamenik, čepovi, kamenčići za vrenje, etanol  $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 96 \%$ , otopina kalijevog permanganata ( $w = 6 \%$ ), koncentrirana sumporna kiselina, plavi lakmus-papir, kruti kalijev bikromat.

**Opasnosti:** Pri punjenju tikvice za destilaciju otopina ne smije dospjeti u odvodnu cijev! Oprez! Rad s kiselinama i jakim oksidansima!

**Postupak A.** Sastavite aparaturu za destilaciju (**Slika 5.4.b**). U tikvicu za destilaciju ulijte 30 mL otopine kalijevog permanganata, 1.5 mL etanola i podlijte s 2.5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Reakcijsku smjesu blago zagrijavajte do nestanka boje kalijevog permanganata, a zatim snažnije do početka destilacije. Zabilježite temperaturu početka destilacije. Ispitajte destilat plavim lakmus-papirom. Napišite pripadne redoks reakcije dobivanja octene kiseline.

**Postupak B.** U tikvicu s okruglim dnom unesite 5 g kalijevog bikromata i 5 mL vode. Sadržaj tikvice zagrijte toliko da se sav kalijev bikromat otopi. Na tikvicu s otopinom kalijevog bikromata postavite povratno hladilo (**Slika 5.3. a**). U Erlenmeyerovoj tikvici pripremite smjesu od 2 ml etanola i 5 mL vode i u nju oprezno dodajte 5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Ovu otopinu ulijte kroz povratno hladilo u okruglu tikvicu s otopinom kalijevog bikromata. Smjesu u tikvici zagrijavajte i potresajte nekoliko minuta.

Izmjeniti aparaturu tako da sadržaj tikvice možete predestilirati (**Slika 5.3. b**). Zagrijavajte tikvicu i hvatajte destilat. Napišite jednadžbu kemijske reakcije. Kako se octena kiselina može dobiti u većim količinama?



**Slika 5.4. Aparature za dobivanje octene kiseline.**

### 5.3. Svojstva octene kiseline

**Pribor i kemikalije:** pinceta, papir za filtriranje, octena kiselina, parafinsko ulje.

**Opasnosti:** Octena kiselina izaziva plikove na koži. Bakrov acetat je otrovan spoj. Oprez! Stavite zaštitne naočale!

#### POKUS 1.

Uronite bakrenu foliju u koncentriranu octenu kiselinu. Ona postaje sjajna. Provjerite nakon nekog vremena što se s njom dogodilo. Napišite jednadžbe kemijskih reakcija. Zapamtite da se u bakrenom posuđu ne drži octena kiselina i hrana koja sadrži octenu kiselinu.

#### POKUS 2.

Malo koncentrirane octene kiseline u metalnoj žlici zagrijte oprezno nad plamenom i prinesite zapaljeno drvce. Kiselina se zapali i prska.

#### POKUS 3.

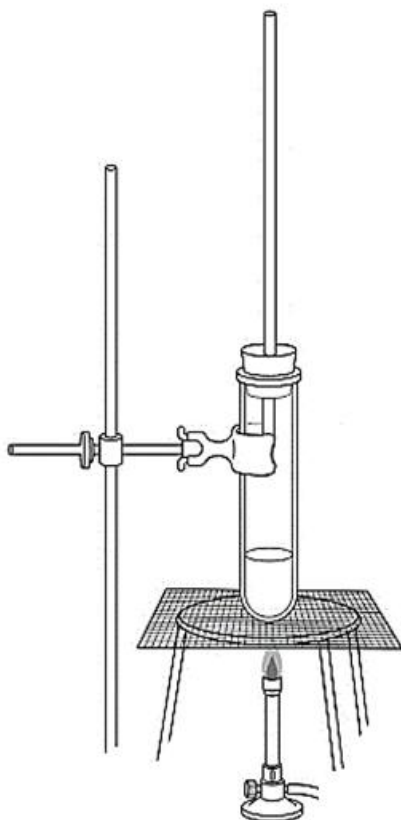
U tri epruvete unesite redom magnezij u prahu, željezo u prahu i olovljev(II) oksid, te dodajte octene kiseline. Opišite opažanja jednadžbama kemijskih reakcija.

### 5.4. Dobivanje amila-cetata

**Pribor i kemikalije:** epruveta za demonstraciju, probušeni gumeni čep, ravna staklena cijev od 40 cm, stativ s kolut-klemom i dvije hvataljke, menzura, čaša, plamenik, azbestna mrežica, amilalkohol, octena kiselina, koncentrirana sumporna kiselina, zasićena otopina natrijeva klorida.

**Bilješka:** Alkoholi s pet ugljikovih atoma obično se nazivaju amilalkoholi jer su prvi put dobiveni iz proizvoda fermentacije škroba (lat. amylos = škrob). Danas se za ove vrste alkohola koristi naziv po IUPAC-u pentanol.

**Postupak:** Složite aparaturu prema **Slici 5.5**. U epruvetu za demonstraciju stavite 2 mL amilnog alkohola ili pentanola, octene kiseline i 2 mL koncentrirane sumporne kiseline. Sadržaj epruvete oprezno i polagano zagrijavajte nekoliko minuta. Ostavite reakcijsku smjesu da se ohladi, a zatim je prelijte u čašu sa zasićenom otopinom natrijeva klorida. Nastaju dva sloja jer je dobiveni ester lakši i pliva na površini otopine. Pomirišite! Napišite jednadžbe kemijskih reakcija.



**Slika 5.5. Aparatura za dobivanje amilacetata.**

### 5.5. Dobivanje etila-cetata

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete za demonstraciju, dvije čaše od 50 mL, čaša od 250 mL, plamenik, azbestna mrežica, željezni tronožac, menzura, termometar, etanol, ledena octena kiselina, koncentrirana sumporna kiselina, zasićena otopina natrijeva klorida.

**Postupak:** U dvije epruvete za demonstraciju stavite po 2 mL etanola i 2 mL ledene octene kiseline. U prvu epruvetu postepeno i uz stalno potresanje sadržaja dodajete 2 mL koncentrirane sumporne kiseline. Objе epruvete stavite u čašu s vodom i zagrijavajte 5-8 minuta na temperaturi od 80 °C. Nakon tog izvadite epruvete i oprezno pomirišite otvor jedne i druge epruvete. Što osjećate? Hladne sadržaje epruveta prelijte u dvije čaše sa zasićenom otopinom natrijeva klorida. Je li dobiveni ester topljiv u zasićenoj otopini natrijeva klorida? Koja je uloga sumporne kiseline pri esterifikaciji? Napišite pripadnu jednadžbu kemijske reakcije.

### 5.6. Kondenzacija fenola s anhidridom ftalne kiseline

**Pribor i kemikalije:** epruveta, plamenik, vaga, drvena hvataljka, ftalna kiselina, fenol, koncentrirana sumporna kiselina, otopina natrijeva hidroksida  $w(\text{NaOH}) = 10\%$ .

**Postupak:** Na dno suhe epruvete stavite oko 0.2 g suhe ftalne kiseline i, držeći epruvetu vodoravno, zagrijavajte ftalnu kiselinu. Na hladnim dijelovima epruvete hvata se bijeli sublimat.

Ostavite da se epruveta ohladi. Pripremite oko 0.2 g fenola. Koso držeći epruvetu zagrijavajte sublimat. Anhidrid ftalne kiseline pada na dno epruvete. Kada se anhidrid ohladi, dodajte fenol i smjesu nakvasite s 2 do 3 kapi sumporne kiseline. Ponovo blago zagrijavajte smjesu oko 1 minutu. Kada se epruveta ohladi, dodajte u suvišku otopine natrijeva hidroksida. Nastaje crvenoljubičasto obojenje.

Ako ste dokazali da je konačni produkt fenolftalein, napišite pripadne jednadžbe kemijskih reakcija. Prikažite strukturnom formulom nedisocirani i disocirani oblik molekule fenolftaleina. Izračunajte pH pri kojem će ovaj indikator pokazivati prijelaz boje, ako znate njegovu konstantu disocijacije  $K_c = 1,58 \times 10^{-9}$  mol/L?

### 5.7. Svojstva karbamida

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, plamenik, drvena hvataljka, crveni lakmus-papir, karbamid, koncentrirana otopina natrijeva hidroksida, otopina bakrova(II) sulfata  $w(\text{CuSO}_4) = 10\%$ , otopina kalijevog hidroksida.

#### POKUS 1.

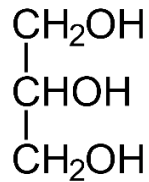
Uspite u epruvetu malo karbamida i dolijte koncentrirane otopine natrijeva hidroksida. Oprezno zagrijavajte. Ispitajte nastali plinoviti produkt crvenim lakmus-papirom i napišite jednadžbu kemijske reakcije.

#### POKUS 2.

Uspite u suhu epruvetu malo karbamida i zagrijavajte do taljenja. Na otvoru epruvete držite crveni lakmus-papir. Ohlađenoj talini dodajte destilirane vode, zatim kap 10 %-tne otopine bakrova(II) sulfata i otopinu kalijevog hidroksida. Snažno promućkajte smjesu. Pojavit će se ljubičasto obojenje. Ako dobijete plavu boju, znači da je koncentracija iona  $\text{Cu}^{2+}$  prevelika pa treba uzeti još razrijeđeniju otopinu bakrova(II) sulfata. Objasnite test pripadnim kemijskim jednadžbama i strukturnim formulama. Ovaj test dobiva ime upravo po izvedenoj reakciji i vrlo je koristan. Koje je to ime? Gdje se sve koristi ovaj test?

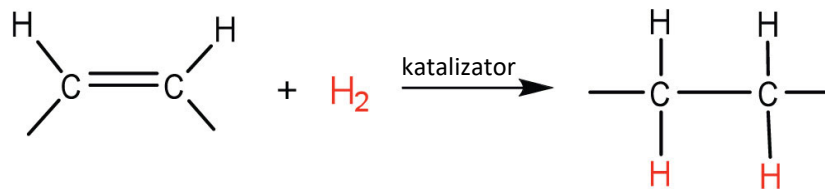
## 6. VJEŽBA: MASTI I ULJA

Masti i ulja po svom kemijskom sastavu pripadaju esterima glicerola i viših masnih kiselina. U mastima prevladavaju zasićene masne kiseline, a u uljima prevladavaju nezasićene masne kiseline.



Slika 6.1. Struktura glicerola.

Pri sobnoj temperaturi masti su u čvrstom stanju, a ulja u tekućem agregacijskom stanju. Prilikom reakcije katalitičkog hidrogeniranja ulja nastaje mast [1-7].



Slika 6.2. Hidrogenacija dvostruke veze.

### 6.1. Dehidracija glicerola (akroleinska proba)

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, žlica, plamenik, željezni stalak s hvataljkom, probušeni čep, tarionik, koljenasto savinuta staklena cijev, glicerol, kalijev hidrogensulfat, bromna voda, otopina kalijevog permanganata, fuksinsumporasta kiselina.

**Opasnosti:** Akrolein je otrovna, lako hlapljiva tekućina vrlo neugodnog i oštrog mirisa, jak je suzavac. On je uzrok mirisa para koje se javljaju kod pregrijanih masti. Zato kod ovog pokusa treba raditi pažljivo i vrlo oprezno identificirati miris.

**Postupak:** U suhu epruvetu stavite žlicu u prah smrvljenog kalijevog hidrogensulfata i dodajte oko 2 mL glicerola. Sadržaj epruvete zagrijavajte, najprije slabo dok ne ispari voda, a onda snažnije. Ako pažljivo pomirišete na otvoru epruvete, osjetit ćete miris para koje izazivaju suze. Pri tome izlazi hlapljiva tekućina neugodnog mirisa, akrolein. Da je akrolein nezasićeni aldehid, provjerite tako da epruvetu s glicerolom i kalijevim hidrogensulfatom zatvorite čepom kroz koji prolazi odvodna cijev i akrolein uvodite u bromnu vodu, a zatim i u otopinu kalijevog permanganata zaluzenu s nešto otopine natrijeva karbonata. Nakon toga uvodite akrolein u epruvetu s fuksinsumporastom kiselinom. Nastaje crvenoljubičasto obojenje. Napišite jednadžbu kemijske reakcije dehidracije glicerola i zabilježite opažanja. Akroleinska proba, odnosno stvaranje akroleina oduzimanjem vode glicerolu, služi za dokazivanje glicerola. Umjesto kalijevog hidrogensulfata kao dehidracijskog sredstva možete upotrijebiti i kromsumpornu kiselinu.

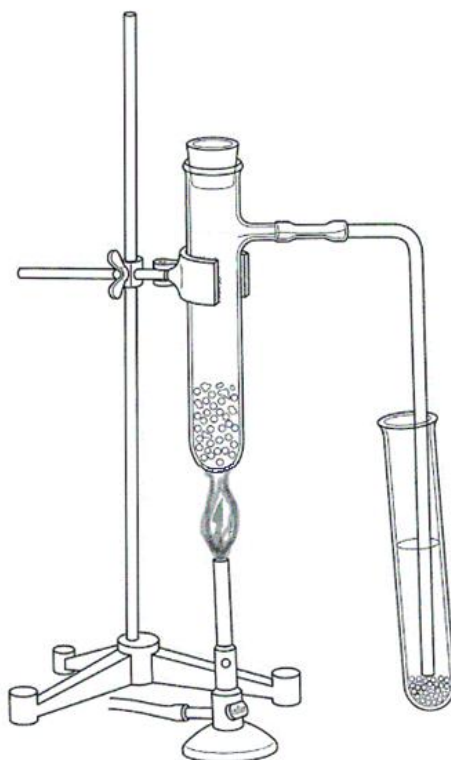
### 6.2. Razlaganje masti

**Pribor i kemikalije:** epruveta za demonstraciju, 3 obične epruvete, probušeni čep za demonstracijsku epruvetu, žlica, tarionik, odvodna staklena cijev, plamenik, željezni stalak s hvataljkom, jestivo ulje ili mast, kalijev hidrogensulfat, bromna voda, otopina kalijevog permanganata, otopina natrijeva karbonata, Schiffov reagens.

**Postupak:** U suhu epruvetu stavite žlicu smrvljenog kalijevog hidrogensulfata i oko 1 ml jestivog ulja ili istu količinu neke krute masti. Smjesu u početku pažljivo zagrijavate uz stalno potresanje, a zatim epruvetu pričvrstite na željezni stalak, zatvorite čepom kroz koji prolazi odvodna staklena cijev i nastavite zagrijavati jakim plamenom (**Slika 6.3.**). U epruveti se pojave guste bijele pare. Ako pažljivo pomirišete na otvoru staklene cijevi, osjetit ćete neugodan i oštar miris. Ponovite pokuse kao u prethodnoj vježbi:

- nastale pare uvodite u otopinu kalijevog permanganata s natrijevim karbonatom
- nastale pare uvodite u epruvetu s bromnom vodom,
- nastale pare uvodite u epruvetu sa Schiffovim reagensom.

Objasnite opažene promjene i napišite jednadžbe kemijskih reakcija.



**Slika 6.3. Aparatura za razlaganje masti.**

### 6.3. Dokazivanje nezasićenih kiselina u mastima i uljima

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, kruta mast, tetraklormetan, otopina broma u tetraklormetanu, otopina kalijev permanganata, otopina natrijeva karbonata.

**Postupak:** Stavite u jednu epruvetu nekoliko kapi jestivog ulja i otopite ga u tetraklormetanu. Otopinu ulja razdijelite na dva jednaka dijela. Prvom dijelu dodajte nekoliko kapi otopine broma u tetraklormetanu, a drugom otopinu kalijevog permanganata zaluženog otopinom natrijeva karbonata. Sadržaje obiju epruveta dobro promućkajte. Usporedite boju s izvornim otopinama broma i kalijevog permanganata. Ponovite isti test s otopinom masti u tetraklormetanu. Napišite pripadne jednadžbe kemijskih reakcija za oba testa.

### 6.4. Dobivanje sapuna saponifikacijom masti

**Pribor i kemikalije A:** porculanska zdjelica, vodena kupelj ili električna grijaća kapa, tronožac, azbestna mrežica, stakleni štapić, kapaljka, 2 epruvete, čaša, žlica, menzura, svinjska mast, etanol, otopina natrijeva hidroksida, zasićena otopina natrijeva klorida, destilirana voda.

**Opasnosti:** Rad s jakom lužinom. Nosite zaštitne naočale!

**Postupak A.** Stavite u porculansku zdjelicu oko 2 g svinjske masti ili nekoliko mL jestivog ulja i dodajte 3 do 4 mL otopine natrijeva hidroksida i jednaku količinu etanola. Etanol služi kao otapalo. Smjesu oprezno i lagano zagrijavajte u električnoj grijaćoj kapi ili na vodenoj kupelji. Neprekidno miješajte staklenim štapićem uz dodavanje otopine etanol-voda (1:1). Ovu otopinu dodavati oprezno zbog mogućnosti prskanja i samo toliko da reakcijska smjesa u zdjelici ne ostane suha zbog isparavanja. Kraj reakcije utvrdite tako da uzmete kap reakcijske smjese i stavite

je u epruvetu s toplom destiliranom vodom. Ako se smjesa otopi, reakcija je završena. Nakon toga vruću reakcijsku smjesu izlijte u čašu s 20 mL zasićene otopine natrijeva klorida i sve skupa zagrijavajte dok se ne izdvoji gusta masa. Uzmite malo te mase u epruvetu s 3 do 5 mL destilirane vode i dobro promućkajte. Ako ste sve ispravno učinili, nastaje pjena. Dobili ste sapun. Prikažite kemijskom jednadžbom hidrolizu masti i obrazložite ulogu zasićene otopine natrijeva klorida.

**Pribor i kemikalije B:** Epruveta za demonstraciju, obična epruveta, plemenik, kapaljka, jestivo ulje, koncentrirana otopina natrijeva hidroksida, destilirana voda.

**Postupak B.** U demonstracijsku epruvetu stavite malo ulja ili masti, dodajte dvostruku količinu zasićene otopine natrijeva hidroksida i kratko vrijeme zagrijavajte. Prenesite kapaljkom nekoliko kapi reakcijske smjese u epruvetu s 3 do 5 mL destilirane vode i snažno promućkajte. Nastaje pjena. Sapun možete izdvojiti isoljavanjem kao u prethodnom pokusu.

### 6.5. Određivanje gustoće ulja

**Pribor i kemikalije:** areometar, stakleni cilindar, tekućina/uzorak za određivanje gustoće

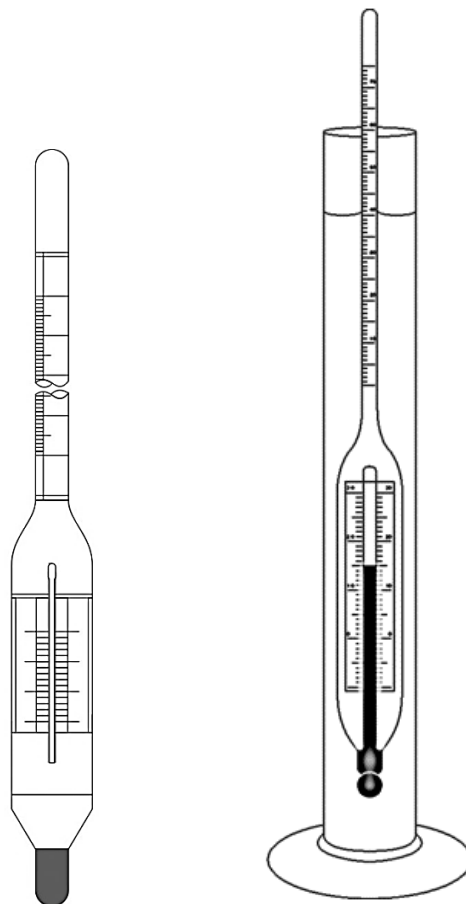
**Uvod:** Za brzo određivanje gustoće tekućina često se upotrebljavaju areometri. Areometar je zataljena staklena cijev sa širokim donjim dijelom - trbuhom, i vrlo uskim gornjim dijelom jednolikog presjeka - vratom, u kojem se nalazi skala (**Slika 6.4.**). Najdonji dio areometra - rezervoar - ispunjen je olovnom sačmom. Mjerenje se temelji na Arhimedovu zakonu. Što je gustoća ispitivane tekućine manja, to će areometar dublje potonuti u ispitivanu tekućinu. Zato je na skali areometra na najgornjem dijelu nanosena najmanja vrijednost gustoće. Što je gustoća ispitivane tekućine veća, to će areometar manje potonuti u tekućinu. Zato vrijednosti gustoće na skali areometra rastu odozgo prema dolje. Razmaci među brojevima podijeljeni su na još sitnije dijelove. Areometri se za različite potrebe izrađuju s različitim stupnjem točnosti. Oni najosjetljiviji imaju vrlo tanak vrat. Kako se jednim areometrom ne može točno odrediti mala i velika gustoća, od 0.6 do 2 g/mL, areometri se redovito prodaju u kompletima, a pojedini areometar iz kompleta pokriva jedno uže područje gustoće. Takav komplet areometara sadrži i jedan tzv. univerzalni areometar koji pokriva čitavo područje gustoća. On služi samo za približno određivanje gustoće, kako bi se moglo iz kompleta areometara odabrati samo jedan, onaj odgovarajući. Neki od areometara imaju ugrađen termometar, a općenito gustoća će biti točno određena samo pri temperaturi pri kojoj su areometri baždareni. Zato se pri određivanju gustoće tekućina areometrom (kao i Mohr-Westphalovom vagom) tekućina mora ugrijati ili ohladiti na temperaturu koja je označena na areometru, najčešće 20 °C.

#### Pokus 1.

Za određivanje gustoće areometrom, tekućina se nalije u stakleni cilindar, koji mora biti tako odabran da njegova visina bude oko 1.5 puta veća od visine, a promjer barem dva puta veći od promjera areometra. Cilindar ne treba napuniti do vrha jer će areometar istisnuti dio tekućine koja se ni u kojem slučaju ne smije preliti preko ruba. Najčešće se za ove svrhe upotrebljavaju cilindri s proširenjem na vrhu. Zatim se provjeri temperatura tekućine u cilindru i po potrebi napravi korekcija dodavanjem manje količine toplije ili hladnije tekućine. Prvo, približno određivanje gustoće tekućine izvodi se univerzalnim areometrom. Areometar treba u tekućinu pažljivo zaroniti i ne ispuštati ga iz ruku tako dugo dok ne bude očito da on može sam plivati.

Potrebno je postići da se dio areometra, koji se nalazi izvan tekućine, ne nakvasi tekućinom jer to utječe na točnost mjerenja. Areometar treba nadalje plivati u sredini cilindra i ne smije doticati stjenke, a pogotovo ne dno cilindra. Nakon što je areometar zauzeo ravnotežni položaj, potrebno je na skali očitati gustoću. Tekućina kvasi vrat areometra tako da se primjećuju dvije granice: gornja i donja. Ispravnu vrijednost gustoće pokazuje donja granica meniskusa koja se nalazi u istoj razini s tekućinom u cilindru. Odmah nakon određivanja gustoće areometar treba oprati, pažljivo obrisati i staviti na odgovarajuće mjesto u kutiji. Iz niza preciznih areometara sada se odabere onaj kojemu mjerno područje obuhvaća gustoću dobivenu univerzalnim areometrom. Očitavanje gustoće preciznim areometrom treba izvesti dva puta i uzeti srednju vrijednost. Zbog toga nije potrebno areometar vaditi i ponovo stavljati u tekućinu, već je dovoljno da ga se između dva očitavanja laganim dodiranjem prsta pomakne iz ravnotežnog položaja.

Ako se areometrom određuje gustoća u vodi netopljive tekućine, areometar je potrebno isprati odgovarajućim otapalom i obrisati filter-papirom ili krpom. Areometri moraju uvijek biti savršeno čisti, a u kutiji se moraju nalaziti poredani po rastućim vrijednostima mjernog područja. S areometrima treba vrlo pažljivo postupati jer se mogu lako razbiti, a naročito pri udaru areometra o dno cilindra. Do toga dolazi ako se odabere pretežak areometar ili ga se ispusti u tekućinu s prevelike visine. Areometri za posebne namjene imaju drugačije baždarenu skalu. Tzv. alkoholometri odmah pokazuju udio alkohola, laktometri pokazuju udio masti u mlijeku itd.

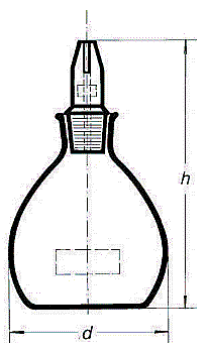


**Slika 6.4. Areometar [7].**

## POKUS 2.

**Pribor i kemikalije:** piknometar do 10 mL, graduirani ili obični cilindar sa staklenim čepom od 15 mL vaga, 3 kapalice, ulje, destilirana voda, etanol  $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.80$  i  $w(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.96$ .

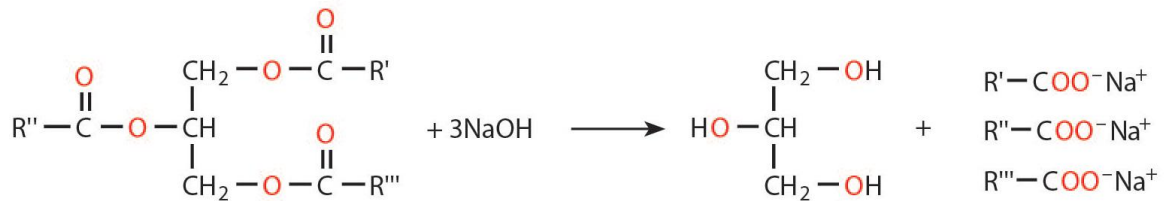
U graduirani ili obični cilindar sa staklenim čepom (**Slika 6.5.**) stavite 5 do 7 mL 80 %-tnog etanola i kap ulja koja će potonuti ili plivati na površini. Ovisno o slučaju dodavajte oprezno 96 %-tni etanol ili vodu dok ne postignete da kapljica ulja lebdi. Gustoću dobivene otopine odredite piknometrijski jer je to ujedno i gustoća ulja. Uzmite da je relativna gustoća etanola pri sobnim uvjetima 0.789. Zašto graduiran cilindar mora imati čep? Piknometar s otopinom vode i etanola važite brzo iz istog razloga.



**Slika 6.5. Piknometar [7].**

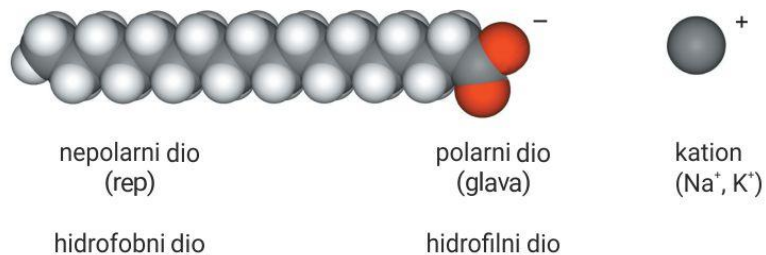
## 7. VJEŽBA: SAPUNI I DETERDŽENTI

Sapuni su smjese natrijevih ili kalijevih soli viših masnih kiselina, dobivaju se saponifikacijom masti ili ulja.



Slika 7.1. Reakcija saponifikacije [1].

Zahvaljujući strukturi svoje molekule sapuni smanjuju površinsku napetost vode te se primjenjuju kao sredstva za pranje.



Slika 7.2. Kalotni model sapuna [6].

Deterdženti su po svom kemijskom sastavu slični sapunima. Za razliku od sapuna, deterdženti u polarnom dijelu molekule sadrže sulfatnu, sulfonsku ili amonijevu skupinu [1-7].

## 7.1. Dobivanje sapuna iz masnih kiselina

**Pribor i kemikalije:** porculanska zdjelica, stakleni štapić, plamenik, stalak s kolut-klemom, azbestna mrežica, epruveta, menzura, žlica, razrijeđena otopina natrijevog hidroksida, stearinska kiselina, destilirana voda.

**Postupak:** Stavite u porculansku zdjelicu oko 2 g stearinske kiseline i 5 mL razrijeđene otopine natrijeva hidroksida i uz miješanje staklenim štapićem zagrijavajte reakcijsku smjesu nekoliko minuta. Prenesite nešto smjese u epruvetu i dodajte destilirane vode. Dobro promućkajte. Ako ne nastaje pjena, ponovite pokus. Prikažite dobivanje natrijeva stearata kemijskom jednadžbom.

## 7.2. Svojstva sapuna

### 7.2.1. Hidroliza sapuna

#### POKUS 1.

**Pribor i kemikalije:** 3 epruvete, 1 %-tna otopina sapuna, plavi i crveni lakmus-papir, alkoholna otopina fenolftaleina.

**Postupak:** Stavite u tri epruvete oko 1 ml 1 %-tne otopine sapuna. U jednu epruvetu stavite crveni, a u drugu plavi lakmus-papir. U treću epruvetu dodajte fenolftalein. Opišite promjene i obrazložite ih jednadžbom kemijske reakcije hidrolize.

#### POKUS 2.

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, alkoholna otopina sapuna, metanol, fenolftalein, destilirana voda.

**Postupak:** Stavite u epruvetu malo otopine sapuna u etanolu. Odlijte malo alkoholne otopine u drugu epruvetu, a zatim u obje epruvete dodajte nekoliko kapi fenolftaleina. U alkoholnoj otopini ne dolazi do hidrolize sapuna. Dodajte u prvu epruvetu malo destilirane vode, a u drugu metanola. Obrazložite opažanja.

### 7.2.2. Razlaganje sapuna pomoću kiselina

**Pribor i kemikalije:** stalak s 4 epruvete, vodena otopina sapuna ( $w = 1\%$ ), razrijeđena klorovodična kiselina, razrijeđena dušična kiselina, razrijeđena sumporna kiselina, razrijeđena octena kiselina.

**Postupak:** Ulijte u 4 epruvete po 1 mL 1 %-tne otopine sapuna. Dodajte redom u svaku epruvetu po jednu od navedenih razrijeđenih kiselina. U svim epruvetama redom nastaje zamućenje. Snažno promućkajte. Nastaje li pjena? Ostavite stanovito vrijeme epruvete u stalku i tada pogledajte površine otopina. Očito je da se sapuni ne mogu upotrebljavati u kiselim otopinama. Obrazložite jednadžbama kemijskih reakcija.

### 7.2.3. Dobivanje u vodi netopljivih sapuna

**Pribor i kemikalije:** stalak sa 6 epruveta, otopina sapuna ( $w = 1\%$ ), otopina kalcijeva klorida, otopina magnezijeva klorida, otopina olovljeva(II) acetata, otopina željezova(II) sulfata, destilirana i vodovodna voda.

**Postupak:** U 4 epruvete stavite jednake količine 1 %-tne vodene otopine sapuna. U svaku epruvetu dodajte par kapi otopine jedne od gore navedenih soli. U svim epruvetama nastaje

zamućenje, odnosno bijeli talog. Epruvete zatvorite prstom i dobro promućkajte. Ne nastaje pjena. Zašto? Napišite jednadžbe reakcija! U preostale dvije epruvete ulijte 1 do 2 mL otopine sapuna i dodajte u jednu epruvetu vodovodnu, a u drugu destiliranu vodu. Promućkajte. Što sada opažate? Ne preporuča se pranje sapunom u tvrdoj vodi. Napišite jednadžbu kemijske reakcije. Kako se može omekšati tvrdu vodu? Zašto se pri pranju u kišnici javlja obilje pjene?

### 7.3. Dobivanje deterdženta (natrijev dodecilsulfat)

**Pribor i kemikalije:** 4 epruvete, čaša od 250 mL, 2 kapaljke, menzura, tronožac, azbestna mrežica, plamenik, žlica, dodekanol, koncentrirana sumporna kiselina, natrijev hidroksid  $w(\text{NaOH}) = 0.10$ , fenolftalein.

**Postupak:** Zagrijte vodu u čaši. Stavite u epruvetu 1 do 2 g dodekanola ili nekog drugog višeg alkohola koji u molekuli sadrži 10 do 18 ugljikovih atoma. U drugu epruvetu ulijte 1 mL koncentrirane sumporne kiseline, a u treću 4 mL 10 %-tne otopine natrijeva hidroksida. Sve tri epruvete uronite u čašu s vodom ugrijanom gotovo do vrenja. Pričekajte da se rastali dodekanol. Tada u epruvetu sa sumpornom kiselinom dodajte oprezno 4 do 5 kapi dodekanola i dobro promućkajte, a zatim kapnite 1 do 2 kapi fenolftaleina. Nakon toga polagano kapaljkom dodajte 10 %-tnu otopinu NaOH dok se ne pojavi slabo ružičasto obojenje. Dio dobivene smjese prelijte u drugu epruvetu, dodajte malo destilirane vode i promućkajte. Nastaje pjena. Uzajamnim djelovanjem dodekanola i sulfatne kiseline nastaje kiseli ester,  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{OSO}_3\text{H}$ , dodecilhidrogensulfat i voda. Dodatkom natrijeva hidroksida neutralizira se kiseli ester sulfatne kiseline i dobije se sol topljiva u vodi, natrijev dodecilsulfat. To je deterdžent. Napišite pripadne jednadžbe kemijskih reakcija.

### 7.4. Svojstva deterdženta

#### POKUS 1.

**Pribor i kemikalije:** 2 epruvete, otopina deterdženta ( $w = 1\%$ ), crveni lakmus-papir, fenolftalein.

**Postupak:** U jednu epruvetu ulijte oko 1 mL 1 %-tne otopine deterdženta, a u drugu epruvetu isto toliko nekog drugog deterdženta. U obje epruvete stavite crveni lakmus-papir i fenolftalein. Zabilježite opažanja. Što na osnovu toga zaključujete?

#### POKUS 2.

**Pribor i kemikalije:** stalak s 5 epruveta, otopine različitih deterdženata ( $w = 1\%$ ), razrijeđene otopine klorovodične, dušične, sumporne i octene kiseline.

**Postupak:** U 5 epruveta stavite redom po 1 mL 1 %-tnih otopina različitih deterdženata. Zatim u svaku epruvetu dodajte par kapi neke od navedenih otopina kiseline. Promućkajte. Što ste opazili? U čemu je prednost pranja s deterdžentima u odnosu na sapune u slabo kiselom mediju?

#### POKUS 3.

**Pribor i kemikalije:** stalak sa 7 epruveta, otopina različitih deterdženata ( $w = 1\%$ ), vodene otopine kalcijeva klorida, magnezijeva klorida, željezova(II) sulfata, vodovodna voda.

**Postupak:** U prve tri epruvete stavite po 1 mL 1 %-tne otopine nekog deterdženta, a u druge tri ulijte istu količinu nekog drugog deterdženta. Dodajte u prve tri epruvete redom otopine gore

navedenih soli i to ponovite s preostale tri epruvete drugog deterdženta. Promućkajte dobro sadržaj svih epruveta. Objasnite opažena svojstva deterdženata. U posljednju epruvetu ulijte malo vodovodne vode i dodajte otopinu nekog deterdženta. Sadržaj epruvete promućkajte. Usporedite rezultat s rezultatom pokusa kada ste otopini sapuna dodali u tvrdu vodu.

#### 7.5. Sapuni i deterdženti su površinski aktivne tvari

**Pribor i kemikalije:** porculanska zdjelica, 3 čaše, 2 kapaljke, žlica, najlon-čarapa, 3 komadića tkanine, sumpor u prahu ili fini prah magnezijeva karbonata ili magnezijeva oksida, otopina sapuna ( $w = 1 \%$ ), otopina deterdženta ( $w = 1 \%$ ), vodovodna voda.

**Postupak:** U porculansku zdjelicu nalijte vodovodnu vodu i pospite pažljivo po cijeloj površini kroz najlon-čarapu sumpor u prahu ili gore navedene zamjene. Zatim na tu površinu kapnite kap otopine sapuna. Čestice sumpora će se razmaknuti. Detaljno objasnite uzroke! Sapuni i deterdženti su tenzidi. To pokazuje i slijedeći pokus. U jednu čašu ulijte vodu, u drugu otopinu sapuna, a u treću otopinu deterdženta. U svaku čašu oprezno stavite na površinu tekućine komadić tkanine. Objasnite zapažanja.

#### 7.6. Sapuni i deterdženti vežu nečistoće

**Pribor i kemikalije:** stalak s 3 epruvete, kapaljka, ulje, otopina sapuna ( $w = 1 \%$ ), otopina deterdženta ( $w = 1 \%$ ), vodovodna voda.

**Postupak:** U prvu epruvetu ulijte vodu, a u preostale dvije otopine deterdženta, odnosno sapuna. U sve tri epruvete dodajte 4-5 kapi jestivog ulja. Sadržaj epruveta snažno promućkajte i ostavite neko vrijeme na stalku. Mućkanjem ste u svim epruvetama dobili emulziju ulja u vodi. Primijetit ćete da se u epruveti s vodom brzo izdvaja sloj ulja od vode dok u preostale dvije epruvete to teče mnogo sporije.

#### 7.7. Bioaktivna sredstva za pranje

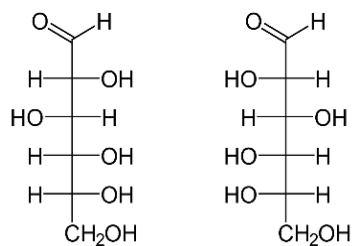
**Pribor i kemikalije:** 6 epruveta, plamenik, bijela tkanina, otopina detergenta bez enzima ( $w = 1 \%$ ), (npr. Plavi radion, Coral), otopina bioaktivnog deterdženta ( $w = 1 \%$ ), (npr. Faks), jaje, kakao, krv ili urin.

**Postupak:** Uzmite 6 komadića bijele tkanine i na prva tri komadića stavite malo žumanjka, a ostala 3 namočite u kakao. Ostavite da se nastale mrlje osuše. U dvije epruvete ulijte jednake količine 1 %-tne otopine deterdženta bez enzima. U jednu epruvetu stavite tkaninu s mrljom od žumanca, a u drugu tkaninu s mrljom od kakaoa. Sadržaj epruvete snažno promućkajte. U treću epruvetu ulijte do 1/3 volumena 1 %-tne otopine nekog bioaktivnog sredstva za pranje i zagrijavajte do vrenja. Polovicu te otopine odlijte u četvrtu epruvetu i ponovite postupak s obje krpice kao u prethodnom slučaju. Uzmite dvije epruvete (5 i 6) i u jednu stavite tkaninu sa žumanjkom, a u drugu tkaninu s kakaom. U obje epruvete ulijte jednake količine 1 %-tne otopine nekog bioaktivnog sredstva za pranje koje nije prethodno zagrijavano. Sadržaj epruveta dobro promućkajte. Nakon nekog vremena izvadite iz svih epruveta tkanine i objasnite dobivene rezultate pranja. Zašto rezultat pranja u trećoj i četvrtoj epruveti nije zadovoljavajući?

## 8. VJEŽBA: ŠEĆERI

Ugljikohidrati su najraširenija skupina organskih spojeva u čijem su sastavu ugljik, vodik i kisik. Dijele se na monosaharide, disaharide i polisaharide. Jednostavni članovi ove skupine spojeva često se nazivaju šećerima.

Monosaharidi su najjednostavni ugljikohidrati građeni od tri do devet ugljikovih atoma.



**Slika 8.1. Struktura glukoze (D-glukoza, L-glukoza).**

Spajanjem dviju molekula monosaharida nastaju disaharidi, pri čemu se oslobađa jedna molekula vode te nastaje glikozidna veza. Polisaharidi su građeni od velikog broja monosaharida. Često je glukoza osnovna gradbena jedinica polisaharida [1-7].

### 8.1. Dokazivanje šećera Trommerovom reakcijom

**Pribor i kemikalije:** epruveta, čaša od 250 mL, drvena hvataljka, otopina glukoze, otopina bakrova(II) sulfata  $w(\text{CuSO}_4) = 10 \%$ , otopina natrijeva hidroksida  $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ .

**Opaska:** Zagrijte pola čaše vode i koristite je za sve pokuse.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 1 mL 10 %-tne otopine bakrova(II) sulfata i nekoliko kapi otopine natrijeva hidroksida. Nastaje tamno-plavi talog bakrova(II) hidroksida. Tome dodajte oko 1 mL otopine glukoze i grijte u čaši s vrućom vodom. Nakon kratkog vremena izluči se crveni talog. Objasnite opažanja pripadnim kemijskim jednadžbama.

### 8.2. Dokazivanje šećera Fehlingovom reakcijom

**Pribor i kemikalije:** epruveta, drvena hvataljka, plamenik, otopina glukoze i Fehlingov reagens.

**Postupak:** Priredite u epruveti 2 mL Fehlingove otopine (vidite vježbu 14.6.) i dodajte oko 1 mL otopine glukoze. Reakcijsku smjesu zagrijavajte u čaši s vrućom vodom. Zapišite promjene boja i obrazložite jednadžbama kemijskih reakcija. Glukoza, kao i druge aldoze koje daju pozitivan test s Fehlingovim reagensom, mogu se kvantitativno odrediti ovom metodom.

### 8.3. Dokazivanje šećera Tollensovom reakcijom

**Pribor i kemikalije:** Erlenmeyerova tikvica od 50 mL, menzura, plamenik, čaša od 250 mL, željezni stalak, tronožac, azbestna mrežica, termometar, otopina srebrovog(I) nitrata  $w(\text{AgNO}_3) = 5 \%$ , otopina natrijevog hidroksida  $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ , otopina glukoze, otopina amonijaka  $w(\text{NH}_4\text{OH}) = 2 \%$ .

**Postupak:** U Erlenmeyerovoj tikvici priredite oko 4 mL Tollensovog reagensa (amonijakalna otopina srebrova(I) hidroksida,  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ , odnosno diaminsrebrov(I) hidroksid (vidite pokus 4.7.). Tollensovom reagensu dodajte oko 1 mL otopine glukoze. Erlenmeyerovu tikvicu s reakcijskom smjesom stavite u čašu s vrelom vodom i zagrijavajte na temperaturi od  $80^\circ\text{C}$ . Nakon kratkog vremena, ako ste uvažili sve primjedbe iz vježbe 4. 7., na stjenkama tikvice izlučit će se elementarno srebro u obliku srebrnog zrcala. Obrazložite opaženu promjenu i napišite jednadžbu kemijske reakcije. Zašto prije upotrebe uvijek treba pripremiti svjež Tollensov reagens?

### 8.4. Reakcija za dokazivanje ketoza (Seliwanova reakcija)

**Pribor i kemikalije:** menzura, 5 epruveta, čaša od 25 mL, čaša od 250 mL, tronožac, plamenik, azbestna mrežica, žlica, rezorcinol, saharoza, glukoza, fruktoza, maltoza, koncentrirana klorovodična kiselina, destilirana voda.

**Priprema Seliwanovog reagensa:** U čaši od 25 mL otopite 0.25 g rezorcinola (m-dihidroksilbenzena) u smjesi od 5 mL koncentrirane klorovodične kiseline i 5 mL destilirane vode.

**Postupak:** U pet epruveta priredite po 1 mL otopine glukoze, fruktoze, saharoze, laktoze i maltoze, i svakoj otopini dodajte po 2 mL svježe priređenog Seliwanovog reagensa. Sve epruvete, prethodno obilježene, stavite u čašu s vrućom vodom. Nakon 1 do 2 minute provjerite boju otopina i nastavite grijati još nekoliko minuta. Obrazložite opažanja. Objasnite ciklizaciju šećera

koji daje pozitivan Seliwanov test pripadnom strukturnom formulom. Navedite ulogu klorovodične kiseline.

### 8.5. Reducirajući disaharidi

**Pribor i kemikalije:** žlica, 6 epruveta, čaša od 250 mL, tronožac, plamenik, azbestna mrežica, termometar, drvena hvataljka, maltoza, laktoza, otopina natrijeva hidroksida,  $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ , otopina bakrova(II) sulfata,  $w(\text{CuSO}_4) = 10 \%$ , Fehlingova otopina, otopina srebrova(I) nitrata,  $w(\text{AgNO}_3) = 5 \%$ , otopina amonijaka,  $w(\text{NH}_3) = 2 \%$ .

**Postupak:** Otopite u epruveti pola žlice maltoze u 6 mL destilirane vode i dobivenu otopinu razdijelite na tri jednaka dijela. S jednim dijelom otopine izvedite Trommerovu reakciju, s drugim Tollensov test, a treći ispitajte Fehlingovim reagensom. Objasnite opažanja. Prikažite strukturnu formulu maltoze i obrazložite  $\alpha(1-4)$  glikozidnu vezu ovog disaharida. Iste reakcije ponovite s otopinom laktoze. Doći ćete do istih rezultata. Objasnite zašto saharoza nije reducirajući disaharid.

### 8.6. Hidroliza saharoze

**Pribor i kemikalije:** čaša od 250 mL, 2 epruvete, otopina saharoze  $w(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) 2 \%$ , razrijeđena sumporna kiselina (1:3), Fehlingova otopina, otopina natrijeva hidroksida,  $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ , crveni lakmus-papir.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 2 do 3 mL otopine saharoze i dodajte istu količinu Fehlingove otopine. Reakcijsku smjesu zagrijavajte u čaši s vrućom vodom. Ne nastaje nikakva promjena. U drugu epruvetu ponovo ulijte 2 do 3 mL otopine saharoze, dodajte nekoliko kapi razrijeđene sulfatne kiseline i reakcijsku smjesu zagrijavajte do vrenja 5 do 6 minuta. Nakon toga oprezno dodajte otopinu natrijeva hidroksida do lužnate reakcije (proba indikator-papirom). Smjesi zatim dodajte 2 mL Fehlingove otopine i ponovo zagrijte. Napišite jednadžbe kemijskih reakcija i objasnite opažanja.

### 8.7. Dokazivanje šećera u nekim prirodnim i umjetnim tvarima

**Pribor i kemikalije:** menzura od 10 mL, 5 epruveta, plamenik, Fehlingova otopina, grožde ili neko drugo voće, mlijeko, 2 različita gazirana soka, med.

**Postupak:** Uzmite 5 epruveta i u svaku ulijte po 2 mL Fehlingove otopine. Nakon toga u prvu epruvetu iscijedite nekoliko kapi groždanog ili nekog drugog voćnog soka. U drugu epruvetu ulijte 1-2 mL mlijeka, a u treću isto toliko meda. U četvrtu epruvetu dodajte 2 do 3 mL jednog gaziranog soka, u petu isto toliko drugog gaziranog soka. Sadržaj svih epruveta zagrijavajte u čaši s toplom vodom. Navedite i objasnite opažene promjene.

### 8.8. Oksidacija glukoze i fruktoze kalijevim hipojoditom

**Pribor i kemikalije:** 3 epruvete, glukoza, fruktoza, otopina joda u kalijevom jodidu, otopina kalijevog hidroksida,  $w(\text{KOH}) = 10 \%$ .

**Postupak:** Pripremite reagens tako da u epruvetu ulijete 1 mL otopine joda u kalijevom jodidu, a zatim dokapavajte otopinu kalijevog hidroksida sve dok se ne pojavi svijetložuta boja. Zatim u dvije epruvete stavite po pola žličice glukoze i fruktoze. Dodajte 3 do 4 mL pripremljenog reagensa. U epruveti s glukozom žuta boja nestaje dok fruktoza daje obezbojenje nakon nekog vremena. Napišite jednadžbu kemijske reakcije glukoze s kalijevim hipojoditom.

### 8.9. Ispitivanje svojstava škroba

**Pribor i kemikalije:** plamenik, 2 epruvete, škrob, otopina joda u kalijevom jodidu.

**Postupak:** U jednu epruvetu unesite nekoliko zrnaca škroba i malo destilirane vode, a zatim dodajte nekoliko kapi otopine joda u kalijevom jodidu. Ovaj dokaz škroba temelji se na formiranju klatrata od makromolekula škroba i molekula joda. Zagrijavanjem modra boja nestaje, a hlađenjem se ponovo javlja. Objasnite pojave! U drugu epruvetu stavite oko 2 g škroba i malo hladne vode pa miješajte štapićem sve dok ne dobijete kašastu masu. U dobivenu kašastu masu ulijte uz miješanje oko 2 do 3 mL vruće vode i sadržaj epruvete prokuhajte. Priredili ste škrobno ljepilo.

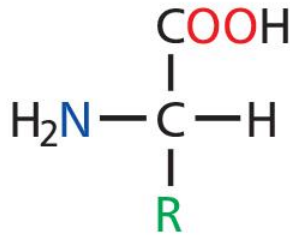
### 8.10. Razgradnja celuloze - dobivanje pergament-papira

**Pribor i kemikalije:** čaša, filter-papir (celuloza), koncentrirana sumporna kiselina.

**Postupak:** Ulijte u čašu 5 mL vode i uz stalno miješanje dodajte oko 5 mL koncentrirane sumporne kiseline. Dobivenu razrijeđenu sumpornu kiselinu ohladite na sobnu temperaturu. Komad filter-papira (3 cm x 3 cm) umočite u pripremljenu otopinu sumporne kiseline i to samo na 10 sekundi. Nakon toga filter-papir isperite s mnogo hladne vode kojoj na kraju dodajte nekoliko kapi otopine amonijaka. Ostavite papir da se suši. Još vlažan papir ispitajte s nekoliko kapi otopine joda u kalijevom jodidu. Filter-papir je pretvoren u pergament-papir. Objasnite reakciju. Usporedite građu škroba s građom celuloze.

## 9. VJEŽBA: AMINOKISELINE, BJELANČEVINE I ENZIMI

Proteini ili bjelančevine prirodni su organski spojevi biljnog ili životinjskog podrijetla s brojnim funkcijama te su građeni od velikog broja aminokiselina. Sastoje se od ugljika, vodika, kisika i dušika, a pojedine i od drugih kemijskih elemenata. Aminokiseline, organske kiseline, sadrže dvije funkcijske skupine: **karboksilnu** (-COOH) i **amino** (-NH<sub>2</sub>) i zato se ponašaju i kao kiseline i kao baze, tj. imaju amfoterna svojstva.



Slika 9.1. Građa aminokiseline.

Od stotinjak poznatih prirodnih aminokiselina, samo njih 20-ak nalazi se u proteinima. Neke od njih može sintetizirati sam organizam (neesenecijalne), dok druge organizam dobiva putem hrane (esenecijalne aminokiseline).

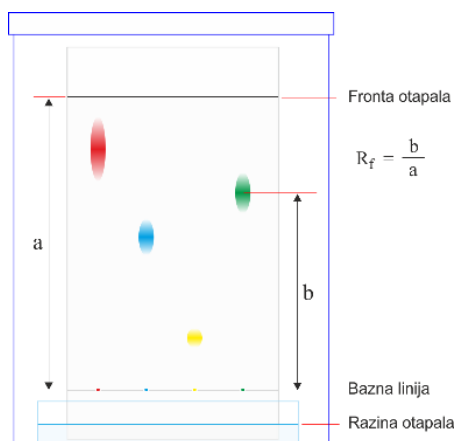
Dvije se aminokiseline međusobno mogu povezati peptidnom vezom u veće molekule peptide. Enzimi su specifični organski spojevi (biokatalizatori), nastaju u živim stanicama i djeluju na sve procese u stanici ubrzavajući kemijske reakcije u organizmu [1-7].

### 9.1. Odvajanje i dokazivanje aminokiselina tankoslojnom kromatografijom

**Pribor i kemikalije:** staklena pločica za tankoslojnu kromatografiju, boca za prah od 500 g, kapilarne cjevčice, boca štrcaljka s gumenom pumpicom, butanol, koncentrirana octena kiselina, histidin, triptofan, prolin, tirozin, alkoholna otopina ninhidrina  $w(\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_4) = 0.1 \%$ .

**Postupak:** Na 1 cm od ruba staklene pločice običnom olovkom lagano povucite horizontalnu liniju tako da ne oštetite sloj silikagela. Označite lagano na jednakim razmacima pet točaka. U te točke kapilarnim cjevčicama nanesite po 1 kap vodene otopine: 1) histidina 2) triptofana 3) prolina 4) tirozina i na kraju 5) smjesu vodenih otopina navedenih aminokiselina.

Pripremite komoru za razvijanje kromatograma sa smjesom butanol - koncentrirana octena kiselina - voda, u volumnom omjeru 3:1:1. Od dna do ruba komore postavite list filter-papira kako bi se komora što prije zasitila parama otapala. Pločicu za tankoslojnu kromatografiju s nanešenim uzorcima stavite u komoru za razvijanje, odnosno u bocu za prah. Bocu začepite ubrušenim čepom. Razvijanje kromatograma traje oko 90 minuta. Kada se smjesa otapala popne 1 cm ispod gornjeg ruba pločice, izvadite je iz komore. Olovkom označite tankom crtom frontu otapala i ostavite pločicu da se suši na zraku. Sušenje možete ubrzati sušilom za kosu (fenom). Za detekciju aminokiselina na kromatogramu najpogodnija je otopina ninhidrina kojom se popraska suha pločica postavljena na komad papira. (Zašto ne prskate pločicu držeći je u ruci? Vidite vježbu 9.5.) Osušite ponovo pločicu i odredite pripadne  $R_f$  vrijednosti ispitivanim aminokiselinama (**Slika 9.1.**). Informirajte se o tipu pločica i proizvođaču te predložite postupak za pripremu kromatografskih pločica u slučaju da ne raspolazete tvorničkim pločicama.



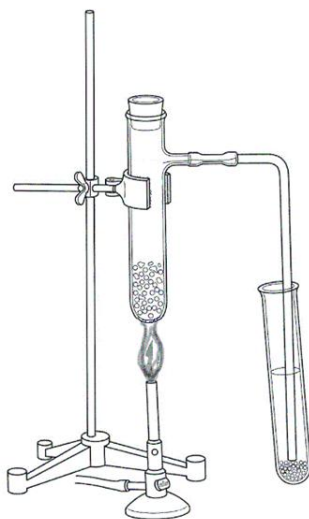
**Slika 9.1. Shematski prikaz pokusa tankoslojne kromatografije.**

### 9.2. Dokazivanje dušika i sumpora u bjelančevinama

**Pribor i kemikalije:** veća epruveta od teško taljivog stakla, 4 epruvete, gumeni čepovi, čaša od 100 mL, plamenik, azbestna mrežica, tronožac, stakleni štapić, dvostruko savijena staklena cijev, lakmus-papir, bjelance ili kazein, koncentrirana otopina natrijevog hidroksida, Nesslerov reagens, otopina natrijeva hidroksida,  $w(\text{NaOH}) = 10 \%$ , vuna, svila, otopina olovova(II) acetata, razrijeđena klorovodična kiselina.

### POKUS 1.

Složite aparaturu prema **Slici 9.2.** U epruveti od teško taljivog stakla pomiješajte oko 1 mL bjelanjka s 1 do 2 mL koncentrirane otopine natrijeva hidroksida. Zagrijavajte dobivenu smjesu. Ispitajte nastali plinoviti produkt lakmus-papirom i Nesslerovim reagensom. Napišite pripadne jednadžbe reakcija. Zaostali sadržaj u epruveti zakiselite octenom ili klorovodičnom kiselinom (provjerite indikator-papirom je li otopina kisela) i dodajte nekoliko kapi otopine olovova(II) acetata. Što primjećujete?



**Slika 9.2. Aparatura za dokazivanje dušika i sumpora u bjelančevinama.**

### POKUS 2.

Zagrijte u čaši 5 mL otopine olovljeva(II) oksida uz stalno miješanje dok se talog potpuno ne otopi. Dodajte oko 2 mL 10 %-tne otopine natrijeva hidroksida. Ovaj reagens redom dodajte u epruvete s uzorkom vune, prirodne svile i otopine bjelanjka. Objasnite zašto reakcija izostaje u epruveti s prirodnim svilom. Napišite što se događa u preostalim epruvetama?

#### 9.3. Dokazivanje bjelančevina - ksantoproteinska reakcija

**Pribor i kemikalije:** epruveta, plamenik, otopina bjelanjka, koncentrirana dušična kiselina, razrijeđena otopina amonijaka.

**Opasnosti:** Moguće prskanje nitratne kiseline. **Zaštitne naočale!**

**Postupak:** Ulijte u epruvetu oko 1 mL otopine bjelanjka i dodajte nekoliko kapi koncentrirane dušične kiseline. Nastaje talog. Bjelanjak se zgruša. Nastali talog pažljivo zagrijavajte. Nastaje žuto obojenje. Kada se epruveta ohladi, dodajte u suvišku otopine amonijaka. Dodatkom lužine (amonijaka) žuta boja taloga prelazi u narančastu. Ta se reakcija naziva ksantoproteinska (grč. ksanthos = žut). Ukoliko koža ili nokti dođu u doticaj s dušičnom kiselinom, oboje se žuto jer nastaje ista reakcija. Koje bjelančevine daju pozitivnu ksantoproteinsku reakciju? Objasnite odgovor bar jednom mogućom strukturnom formulom nastalog spoja koji žuto boji otopinu.

#### 9.4. Dokazivanje bjelančevina - biuretna reakcija

**Pribor i kemikalije:** epruveta, kapaljka, otopina bjelančevine (bjelanjka), otopina natrijeva hidroksida, vrlo razrijeđena otopina bakrova(II) sulfata, crveni lakmus-papir.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu oko 1 mL otopine bjelančevine (bjelanjka) i dodajte toliko otopine natrijeva hidroksida da otopina bude lužnata (proba indikator-papirom). Zatim dodajte kap po kap otopine bakrova(II) sulfata. Sadržaj epruvete malo promućkajte. Nastaje crveno-ljubičasto obojenje. (Vidite vježbu 15.8.) Zašto se reakcija odvija u lužnatom mediju? Obrazložite opažanja pripadnim jednadžbama i strukturnim formulama reaktanata i nastalog produkta.

#### 9.5. Dokazivanje bjelančevina - ninhidrinska reakcija

**Pribor i kemikalije:** čaša od 250 mL, 3 epruvete, tronožac, azbestna mrežica, plamenik, otopina bjelanjka, otopina ninhidrina u etanolu,  $w(\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_4) = 0.1 \%$ , destilirana voda.

**Postupak:** Zagrijte 40 do 50 mL vode. Ulijte u jednu epruvetu oko 1 mL otopine bjelanjka, a u drugoj otopite malo kazeina (kazein je složena bjelančevina iz mlijeka). U obje epruvete dodajte oko 0.5 mL 0,1 %-tne otopine ninhidrina u etanolu. Nakon nekog vremena, u obje epruvete trebalo bi nastati ljubičasto obojenje. Ako epruvete stavite u čašu s vrućom vodom, intenzivno obojenje nastaje mnogo brže. Prisjetite se što ste o toj reakciji naučili u praktikumu iz organske kemije. Obrazložite kemizam!

#### 9.6. Svojstva bjelančevina

**Pribor i kemikalije:** stalak s 12 epruveta, čaša, plamenik, drvena hvataljka, otopina bjelanjka, destilirana voda, etanol, razrijeđene otopine klorovodične, sumporne i dušične kiseline, otopine bakrova(I) sulfata, olovova(II) acetata, željezova(III) klorida, srebrova(I) nitrata, živina(II) klorida i amonijeva sulfata.

**Postupak:** U sve epruvete redom ulijte po 1 mL otopine bjelanjka. Prvu epruvetu zagrijavajte. Nastaje talog. U drugu epruvetu dodajte malo etanola i promućkajte. Nastaje talog. U tri slijedeće epruvete dodajte redom razrijeđene klorovodične, sumporne i dušične kiseline. Nastaju talozi. U preostale epruvete dodajte po nekoliko kapi gore navedenih soli. Pazite da otopine bakrova(II) sulfata i olovova(II) acetata ne dodate u suvišku. Nastaju talozi. Obrazložite opažanja. Navedite još neke spojeve koji pokazuju jednako djelovanje na bjelančevine. Dodajte redom svim otopinama destilirane vode. Samo se u jednoj epruveti talog otapa. Koja je to otopina? Što ste zaključili ovim pokusom?

#### 9.7. Millonova, nitroprusidna i Adamkiewiczjeva proba

**Priprema Millonovog reagensa:** Otopite 0.5 mL žive u 8,5 mL koncentrirane dušične kiseline i tome dodajte 18 mL vode. Dobiveni talog profiltrirajte. Filtrat je smjesa živina(I) i živina(II) nitrata u dušičnoj kiselini ili tzv. Millonov reagens.

### POKUS 1.

**Pribor i kemikalije:** epruveta, Millonov reagens, otopina bjelanjka.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 1 do 2 mL bjelanjka i 5 do 6 kapi Millonova reagensa, te lagano i oprezno zagrijte. Sadržaj epruvete koagulira u masu crvenosmeđe boje. Nastali živin kompleks je dokaz na tirozin.

### POKUS 2.

**Pribor i kemikalije:** epruveta, otopina bjelanjka, otopina natrijeva nitroprusida, otopina amonijaka.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 2 mL otopine bjelanjka i nekoliko kapi otopine natrijeva nitroprusida,  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$ , te otopine amonijaka do alkalne reakcije. Nastaje karakteristično crvenoljubičasto obojenje. Nativni proteini koji sadrže -SH skupinu oslobađaju je pri kiseloj hidrolizi i daju pozitivan test (cistein, cistin) s nitroprusidom.

### POKUS 3.

**Pribor i kemikalije:** epruveta, otopina bjelanjka, koncentrirana octena kiselina, koncentrirana sumporna kiselina.

**Postupak:** Ulijte u epruvetu 1 mL otopine bjelanjka i dodajte par kapi koncentrirane octene kiseline. Lagano zagrijte, a zatim oprezno niz stjenke epruvete dodajte par kapi koncentrirane sumporne kiseline. Na granici dvaju slojeva javlja se crvenoljubičasti prsten. Ovo je reakcija na aminokiseline koje sadrže indolski prsten (npr. triptofan). Do reakcije dolazi između triptofana i glioksilne kiseline koja se kao primjesa nalazi i u octenoj kiselini.

## 9.8. Dokazivanje peptidnih veza u ureazi

**Pribor i kemikalije:** epruveta, menzura, otopina natrijeva hidroksida  $w(\text{NaOH}) = 5\%$ , otopina bakrova(II) sulfata  $w(\text{CuSO}_4) = 1\%$ , ureaza.

**Postupak:** U epruvetu stavite na vrh špatule ureaze, dodajte 2 mL destilirane vode, te dobro protresite. Tome dodajte 2 mL otopine natrij-hidroksida i par kapi otopine bakrova(II) sulfata. Otopina se oboji modroljubičasto. Obrazložite!

## 9.9. Razgradnja uree pomoću ureaze

**Pribor i kemikalije:** dvije Conwayove posudice sa staklenim poklopcima (npr. Petrijevim zdjelicama većeg promjera), grafoskop, grafo-folija, otopina kalcijeva hidroksida, Nesslerov reagens, otopina uree, otopina ureaze.

**Postupak:** Pokus projicirajte na grafoskopu. U unutrašnji dio jedne Conwayeve posudice stavite 1 mL vodene otopine kalcijeva hidroksida, a u unutrašnji dio druge posudice 1 mL Nesslerova reagensa. U vanjski dio obiju posudica stavite po 1.5 mL otopine uree i 1.5 mL ureaze. Posudice poklopite. Nakon jedne minute dolazi do zamućenja otopine kalcij-hidroksida i promjene boje Nesslerovog reagensa. Promjene opišite jednadžbama.

**Opaska:** Otopinu ureaze možete prirediti tako da u epruvetu stavite malo soja brašna, dodate vode i mućkate oko 10 minuta. Smjesu zatim profiltrirate i bistri filtrat u kome se nalazi ureaza upotrijebite kao reagens.

## 10. VJEŽBA: FAKULTATIVNA VJEŽBA

Student samostalno odabire vježbu u dogovoru s asistentom, pretražujući literaturu (izvore) te ju demonstrira ostalim studentima na Praktikum.

## LITERATURA

1. L.G. Wade, Jr, Organic chemistry, 8th ed., Pearson Education, Inc., USA, 2013.
2. L.G. Wade, ml, Organska kemija (prijevod O. Kronja, V. Rapić i I. Bregovec), Školska knjiga, Zagreb, 2017.
3. J. Gorzynski Smith, Organic chemistry, 3rd ed., McGraw-Hill, USA, 2011.
4. F.A. Carey, Organic Chemistry, 8th ed., McGraw-Hill, USA, 2010.
5. S. H. Pine, Organska kemija (prijevod I. Bregovec i V. Rapić), Školska knjiga, Zagreb, 1994.
6. D. Stričević, B. Sever, Organska kemija, PROFIL, Zagreb, 1998.
7. M. Sikirica, Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu, Školska knjiga, Zagreb, 2012.