

**SREDNJA ŠKOLA ANTUNA MATIJE RELJKOVIĆA  
SLAVONSKI BROD**

***VJEŽBE IZ OPĆE KEMIJE***

**Interna skripta**

**Autori skripte:**

**Emilija Ivković, dipl. ing. kemijske tehnologije**

**Zvonka Mataić, dipl. ing. kemijske tehnologije**

**Slavonski Brod, 2011.**

## **PREDGOVOR**

Ne u spoznavanju, u stvaranju leži naš spas

(Friedrich Wilhelm Nietzsche)

Poštovani učenici

Ova interna skripta je napisana Vama s nadom da će vam pomoći u savladavanje programa vježbi. Autorice skripte su nastojale u nju pretočiti svoje dugogodišnje iskustvo u radu s učenicima. Svrha skripte je da vi naučite što više kroz program vježbi kako bi ste na kraju školske godine bili zadovoljni sami sobom, jer znanje je moć.. Za realizaciju ovog programa potrebna vam je znatiželja, dobra volja, bijela kuta, pribor za pisanje (olovka), malo ravnalo, bilježnica A4 (kvadratići), gumica, kuhinjska krpa i osmijeh na licu. Bilježnica A4, VAŠ DNEVNIK ostaje u školi, a skriptu nosite sa sobom. Sve zadatke koje budete dobivali rješavate u dnevnik. Profesor pregledava vaše uradke najmanje jednom mjesečno i ocjenjuje ih. Vi ste naš partner. Naši ciljevi su zajednički i nadamo se dobroj suradnji na obostreno zadovoljstvo.

Srednja škola Matije Antuna Reljkovića

Slavonski brod, kolovoz 2011.

Autorice

**SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD U LABORATORIJSKI RAD</b>	<b>5</b>
<b>2. MJERE SIGURNOSTI PRI RADU</b>	<b>7</b>
<b>3. PRUŽANJE PRVE POMOĆI</b>	<b>9</b>
<b>4. LABORATORIJSKI PRIBOR I POSUĐE</b>	<b>12</b>
4.1. Stakleno laboratorijsko posuđe i pribor	12
4.2. Porculansko laboratorijsko posuđe i pribor	17
4.3. Metalni laboratorijski pribor	18
4.4. Laboratorijski pribor od drveta	21
4.5. Čepovi	22
4.6. Pranje i čišćenje laboratorijskog posuđa	24
4.7. Sušenje laboratorijskog posuđa	24
4.8. Crtanje laboratorijskog posuđa	25
<b>5. PLIN U LABORATORIJU</b>	<b>29</b>
5.1. Plinski plamenici	29
5.2. Vrste plamena	30
5.3. Paljenje plinskog plamenika	31
5.4. Rad sa staklenim cijevima	32
5.5. Ostali načini zagrijavanja u laboratoriju	34
<b>6. REAGENSI</b>	<b>36</b>
6.1. Čistoća reagensa	36
6.2. Što sve sadrži naljepnica	36
6.3. Znakovi opasnosti	37
6.4. Čuvanje i uskaldištenje reagensa	37
6.5. Boce za reagense	38
<b>7. MJERNE JEDINICE</b>	<b>40</b>
<b>8. MJERENJE I REGULACIJA TEMPERATURE</b>	<b>44</b>
<b>9. VAGE</b>	<b>46</b>
9.1. Vrste vaga	46
9.2. Laboratorijske vage	47
9.3. Pravila pri vaganju	48
<b>10. GUSTOĆA</b>	<b>49</b>
10.1. Određivanje gustoće krutih tvari	49
10.2. Određivanje gustoće tekućina	50

<b>11. RASTAVLJANJE SMJESA</b>	<b>52</b>
11.1. Smjese	52
11.2. Filtriranje	53
11.3. Dekantiranje	58
11.4. Centrifugiranje	59
11.5. Prekristalizacija	60
11.6. Sublimacija	61
11.7. Ekstrakcija	62
11.8. Destilacija	63
11.9. Kromatografija	65
<b>12. ODMJERNO POSUĐE</b>	<b>68</b>
12.1. Očitavanje volumena	68
12.2. Vrste odmjernog posuđa	69
<b>13. KEMIJSKI ZAKONI</b>	<b>75</b>
<b>14. OTOPINE</b>	<b>79</b>
14.1. Iskazivanje sastava otopina	79
14.2. Priprava otopina	80
14.3. Razrjeđivanje otopina	82
<b>15. KOLOIDNI SUSTAVI</b>	<b>85</b>
15.1. Vrste koloidnih sustava	85
15.2. Svojstva koloidnih sustava	86
15.3. Metode priprave koloidnih sustava	89
<b>16. SOLI</b>	<b>91</b>
16.1. Načini dobivanja soli	91
16.2. Energetske promjene pri procesu otapanja	93
16.3. Topljivost soli	94
16.4. Hidroliza soli	95
<b>17. NEUTRALIZACIJA</b>	<b>97</b>
<b>18. LITERATURA</b>	<b>100</b>

## 1. UVOD U LABORATORIJSKI RAD

Danas je veliki značaj laboratorija i gotovo niti jedna veća ustanova ili industrija ne mogu normalno raditi bez laboratorija koji prati kvalitetu proizvodnje. Svrha laboratorijskih ispitivanja je osigurati kvalitetu ulaznih sirovina, procesa proizvodnje i gotovih proizvoda. Postoje i laboratoriji u kojima se svakodnevno vrše analize krvi urina i drugih izlučevina u svrhu otkrivanja i liječenja različitih bolesti.



### Za uspješan rad u laboratoriju potrebno je:

1. *Odgovarajući prostori* koji mora biti dobro osvijetljen, zračan i temperiran tako da bude ugodan za rad
2. *Odgovarajući pribor*, posuđe i kemikalije
3. *Izvor energije*, električna energija i plin
4. *Sredstva za zaštitu od požara*
5. *Sredstva za pružanje prve pomoći*
6. *Pozitivne radne navike*



**Slika 1.** Kemijski laboratorij

Prostor u kojem rade kemičari naziva se *kemijski laboratorij*. Da bi se kemičar uspješno bavio istraživanjem mora dobro poznavati *tehniku laboratorijskog rada* kao i *svojstva tvari* i materijala koje pri tom upotrebljava. Jako je važno da kemičar *razumije* ono što radi jer samo tako može stalno poboljšavati i unapređivati metode rada. Za uspješan rad u laboratoriju potrebne su *pozitivne radne navike* kao što su:

### Radno vrijeme

Planiranje radnog vremena je naročito važno. Vrijeme rada u laboratoriju treba racionalno iskoristiti. Ako neka vježba ili mjerenje zahtijeva čekanje potrebno je to vrijeme iskoristiti za obavljanje drugih poslova kao što su vaganje, filtriranje, pranje posuđa, obrada podataka, skiciranje aparature .....

### Sigurnost

Da bi rad u laboratoriju bio siguran moraju se poštivati sve mjere opreza. Svaka nepažnja može biti vrlo kobna za pojedinca, ali i za skupinu koja radi u laboratoriju.

**Čistoća**

Čistoća je jedna od najvažnijih radnih navika jer o njoj često ovise rezultati rada. Događa se da analiza ne uspije samo zato što posuđe nije bilo čisto. Po izgledu radnog mjesta možemo suditi o radnim navikama osobe koja tu radi.

**Tišina**

Za vrijeme rada potrebno je da u laboratoriju vlada tišina. Glasni razgovor odvraća pažnju i može dovesti do pogreške u mjerenju ili računanju.

**Red**

Red u laboratoriju je vrlo bitan. Laboratorijsko posuđe, pribor i kemikalije moraju se nakon upotrebe vraćati na za njih predviđena mjesta. Prije izlaska iz laboratorija potrebno je zatvoriti plin i vodu te provjeriti da li su svi električni aparati isključeni. Radni stol treba obrisati , a izljev dobro isprati vodom kako bi se uklonili tragovi kemikalija.

**Laboratorijski dnevnik**

Svaki kemičar vodi dnevnik u koji unosi bitne podatke vezane za svoj rad.

Dnevnik se piše u prvom licu jednine i mora sadržavati:

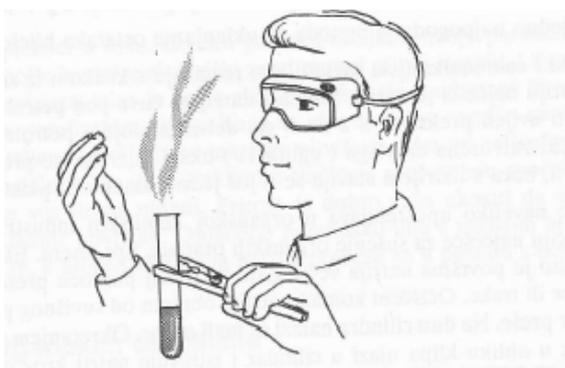
1. Datum izrade vježbe
2. Naziv vježbe
3. Potreban pribor i kemikalije
4. Kratak opis zadatka kojeg treba provesti
5. Shemu aparature
6. Zapažanja tijekom rada
7. Jednadžba kemijske reakcije
8. Stehiometrijski proračun na bazi dobivenih podataka
9. Tablice, grafovi i dijagrami ako su potrebni
10. Zaključak



## 2. MJERE SIGURNOSTI PRI RADU

Prilikom rada u laboratoriju treba se pridržavati određenih pravila:

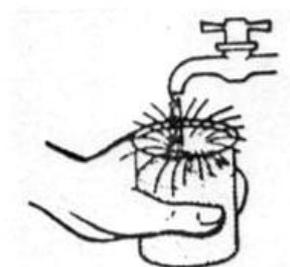
1. U laboratoriju nikada ne smijemo raditi sami jer u slučaju bilo kakve nezgode nema nam tko pružiti pomoć.
2. Prije početka izvođenja bilo kojeg eksperimenta treba dobro pročitati propise kako nebi došlo do neželjenih posljedica.
3. Pri radu s potpuno nepoznatim tvarima prve pokuse moramo izvoditi sa što manjim količinama.
4. Slučajno prosute reagense treba odmah ukloniti, a radnu površinu oprati i obrisati.
5. Pare i plinovi koje se razvijaju tijekom kemijske reakcije ne smijemo direktno mirisati, već podalje i sa strane pri čemu se pare rukom blago usmjeravaju prema nosu.
6. Eksperimente u kojima se razvijaju štetni i otrovni plinovi potrebno je raditi u digestoru.
7. Zagrijavanje zapaljivih tvari dozvoljeno je samo električnim kuhlom i u tikvici s povratnim hladilom.
8. Pri zagrijavanju tvari u epruvetama otvor epruvete treba okrenuti od sebe ali i od ostalih sudionika u radu.
9. Nikada se ne smije zagrijavati pribor koji nije predviđen za zagrijavanje. Takav pribor se samo smije sušiti u sušioniku.
10. Pri radu sa koncentriranim kiselinama i lužinama i u svim slučajevima kada može doći do prskanja reagensa treba nositi zaštitne naočale i rukavice.
11. Otrovnost i korozivne kemikalije ne smijemo pipetirati ustima. Za njihovo pipetiranje koristimo propipete.
12. Zabranjeno je isprobavanje okusa kemikalija.
13. Otpatke štetnih tvari ne smijemo bacati u kanalizaciju jer one dospijevaju u prirodne vodotokove gdje mogu izazvati pomor životinja i uništavanje biljne flore. Takve otpatke moramo spremati u posebne posude i sanirati u skladu sa zakonskim rješenjima.
14. Nakon završetka rada potrebno je dobro oprati ruke.
15. Prije napuštanja laboratorija potrebno je ugasiti sve plinske plamenike, zatvoriti dovod plina i vode, isključiti električne uređaje, spremati reagense i obrisati radni stol.



**Slika 2.** Pravilno mirisanje kemikalija

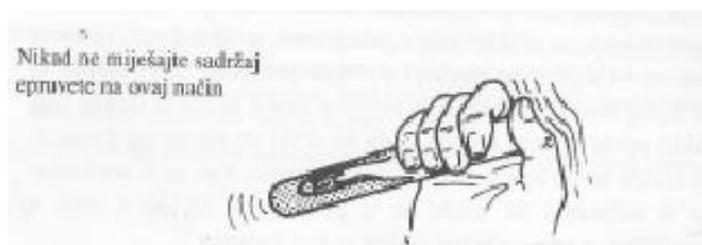
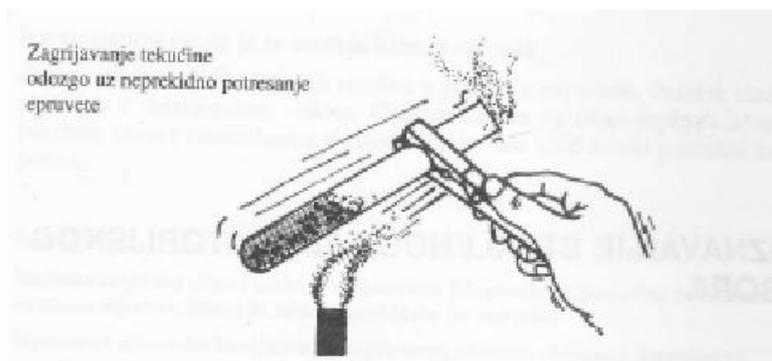


**Slika 3.** Digestor



Nepravilno razrjeđivanje koncentrirane sumporne kiseline

**Slika 4.** Pravilno razrjeđivanje sumporne kiseline



**Slika 5.** Način zagrijavanja i miješanja sadržaja epruvete

### 3. PRUŽANJE PRVE POMOĆI

Uz sve mjere sigurnosti u svakom kemijskom laboratoriju su moguće nezgode. Najčešće su to opekline, posjekotine, povrede uzrokovane djelovanjem reagensa, te razna trovanja. Upravo zbog toga svaki kemičar mora poznavati mjere pružanja prve pomoći. Prvu pomoć moramo pružiti sterilnim priborom koji se nalazi u ormariću za prvu pomoć, a svaki ga laboratorij mora imati.



#### Opekline

Opekline najčešće nastaju zbog hvatanja vrućih predmeta golim rukama, ali mogu nastati i zbog polijevanja vrućim tekućinama. Na opečeno mjesto potrebno je staviti gazu namočenu vodom ili razrijeđenom otopinom kalijeve permanganata ili staviti mast za opekline. Ako je opekлина veća i ako je došlo do stvaranja plikova ili pojave otvorenih rana potrebno je hitno zatražiti liječničku pomoć. Opekline se lako inficiraju i zato je neophodna njihova stručna obrada.

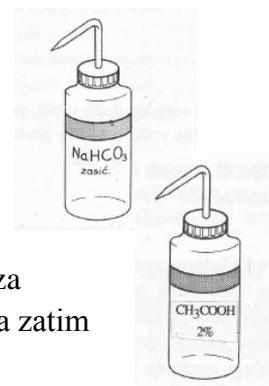


#### Posjekotine

Posjekotine najčešće nastaju pri radu sa staklenim priborom, a okarakterizirane su vanjskim krvarenjem. Ako su posjekotine manje a krvarenje kapilarno ono prestaje samo po sebi ili se zaustavlja laganim pritiskom. Moramo provjeriti da u rani nije ostao komadić stakla drveta ili metala. Ove predmete iz rane uklanjamo sterilnom pincetom. Ako ozlijeđeno mjesto jako krvari potrebno je zaustaviti krvarenje pritiskom iznad rane i odmah zatražiti liječničku pomoć.

#### Povrede uzrokovane kemikalijama

Povrede uzrokovane kemikalijama su najčešće povrede kože i očiju. Najopasnije kemikalije su koncentrirane kiseline i lužine. Ako kiselina, lužina ili neka druga kemikalija dospije u oko potrebno je odmah oko isprati mlazom vode i hitno potražiti liječničku pomoć. Ako kiselina dospije na kožu, prvo kožu treba isprati s mnogo vode a zatim je neutralizirati ispiranjem zasićenom otopinom sode bikarbone i staviti mast za opekline. Ako lužina dospije na kožu, potrebno je kožu isprati s puno vode a zatim je neutralizirati 2% otopinom octene kiseline i staviti mast za opekline.



#### Trovanja

U laboratoriju se trovanja rijetko događaju, a mogu nastati zbog udisanja otrovnih plinova ili gutanja štetnih kemikalija. Ako je unesrećeni progutao kiselinu treba mu dati da popije vapnene vode ili otopinu MgO, a nakon toga mlijeko ili bjelance jajeta. Ako je unesrećeni popio lužinu treba mu dati da popije malo otopine limunske kiseline, limunov sok ili razrijeđenu otopinu octene kiseline, a nakon toga mlijeko ili bjelance jajeta. Ako je unesrećeni progutao neku drugu tvar potrebno je izazvati povraćanje i odmah potražiti liječničku pomoć. Ako je unesrećeni udahnuo otrovne pare ili plin potrebno ga je izvesti na svježiji zrak, a u slučaju otežanog disanja ili nesvjestice obavezno potražiti liječničku pomoć. U svim slučajevima trovanja treba paziti da ne nastupi KOLAPS.

Kolaps prepoznamo po znakovima kao što su bljedoća, vlažnost kože, drhtavica, malaksalost i nesvjestica. Ako je unesrećeni u kolapsu treba ga poleći tako da mu glava leži niže od tijela i treba ga umotati u topli pokrivač. Ako je unesrećeni pri svijesti treba mu dati toplog čaja ili kave a ako je u nesvijesti treba mu pod nos staviti malo razrijeđene octene kiseline ili parfema.

## DEMONSTRACIJSKI POKUSI NA KOJIMA ĆETE UČITI PISANJE DNEVNIKA I MJERE SIGURNOSTI PRI RADU



### Vježba 1: Djelovanje koncentrirane sumporne kiseline na šećer

Koncentrirana  $H_2SO_4$  jako nagriža kožu. Boca sa zasićenom otopinom sode bikarbone neka bude pri ruci.



U visoku čašu od 100 ml stavi 2 žlice šećera. Dokapaj 10 ml konc. kiseline i promatraj što se zbiva. Smjesa pocrni i počne rasti. Pokušaj identificirati plinove koji se javljaju tijekom reakcije. Sumporna kiselina je *higroskopna*, što znači da može izdvojiti molekule vode iz šećera. Smjesa pocrni od izlučenog ugljika. Reakcija je egzotermna pa dio šećera karamelizira, a voda isparava pa smjesa nabubri. Često se može osjetiti miris sumporova dioksida zato što kiselina oksidira izlučeni ugljik a sama se reducira. Nakon provedenog pokusa čašu zajedno sa smjesom potopi u posudu s velikom količinom vode.



### Vježba 2: Razrjeđivanje koncentrirane sumporne kiseline

Prije izrade pokusa stavi zaštitne naočale. Precrtaj tablicu u dnevnik.



U visoku čašu od 200 ml ulij 40 ml vode. Izmjeri temperaturu vode i upiši u dnevnik. U menzuru stavi 10 ml koncentrirane sumporne kiseline. Uz stakleni štapić lagano ulijevaj **KISELINU U VODU** po 2 ml. Nakon svakog dodavanja kiseline izmjeri temperaturu otopine i zabilježi u tablicu.

Volumen vode (ml)	Volumen dodane kiseline(ml)	Temperatura otopine °C
40	0	
40	2	
40	4	
40	6	
40	8	
40	10	

Rezultate prikaži grafički. Na os x nanesi ml dodane kiseline a na os y temperaturu.

*Napomena:* razrijeđenu kiselinu ne bacamo u izljev nego je sačuvamo za druge eksperimente.



### **Vježba 3:** Djelovanje natrijevog hidroksida na kožu

Natrijev hidroksid jako nagriza kožu. U blizini treba imati bocu s otopinom borne ili 2% octene kiseline.



U epruvetu stavi par zrnaca natrijevog hidroksida i dodaj nekoliko kapi vode da se granule otope. U epruvetu ubaci malo kože, komadić mesa ili bjelanjce kuhanog jajeta. Lagano zagrij epruvetu. Promatraj promjene. Pokušaj ustanoviti miris amonijaka. Koža, meso i bjelanjak su građeni od bjelančevina koje lužina razara u manje molekule. Kako bjelančevine sadrže dušik razgradnjom uz zagrijavanje možemo dobiti amonijak.

Nakon provedenog pokusa sadržaj epruvete izlij u posudu s vodom u koju smo potopili čašu s kiselinom iz prethodnog pokusa.

## 4. LABORATORIJSKO POSUĐE I PRIBOR

U kemijskom laboratoriju se koristi različito posuđe i pribor. Uglavnom se koristi posuđe izrađeno od stakla, porculana i metala, a rijede posuđe načinjeno od plastike, drveta i gume.



### 4.1. Stakleno laboratorijsko posuđe i pribor

Staklo je inertan materijal i često se koristi za izradu laboratorijskog posuđa. Osnovna sirovina za proizvodnju stakla je silicijev dioksid. Vrste stakle ovise o dodacima pomoću kojih možemo mijenjati svojstva i izgled stakla. U kemijskom laboratoriju se upotrebljavaju 3 vrste stakla:

- a) obično staklo
- b) kemijsko staklo
- c) kvarcno staklo

#### *a) Obično staklo*

Obično staklo pored silicijeva dioksida sadrži još i natrijev i kalijev oksid. Nazivamo ga još i natrijevo ili meko staklo. Ovo staklo ima veliki koeficijent rastezanja. Ne podnosi velike promjene temperature, pa se ne smije zagrijavati. Od ovog stakla se izrađuju boce za čuvanje tekućih i čvrstih reagensa, menzure, lijevci, Petrijeve zdjelice, satna stakla, boce sisaljke, pneumatske kade, eksikator, odmjerne tikvice, pipete, birete, piknometar...

#### *b) Kemijsko staklo*

Ovo staklo uz silicijev dioksid sadrži najčešće aluminijev i borov oksid. Često se za ovo staklo koristi naziv *laboratorijsko ili vatrostalno* staklo. Ima mali koeficijent rastezanja i bolju otpornost preba promjeni temperature zbog čega se smije zagrijavati. Ima veću tvrdoću od običnog stakla.

Najpoznatije vrste vatrostalnog stakla su:

PYREX ( američko - englesko – francusko staklo ), DURAN I JENA (njemačko staklo) i BORAL (hrvatsko staklo, proizvodi se u Puli)

Od kemijskog stakla se proizvode epruvete, okrugle tikvice, hladila, Erlenmayerove tikvice, tikvice za destilaciju...

#### *c) Kvarcno staklo*

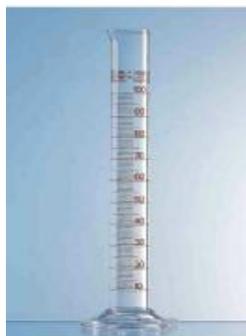
Kvarcno staklo je po svom sastavu čisti silicijev dioksid. Ono je oko 10 puta skuplje od kemijskog stakla. Koristi se u posebnim prilikama, kada je potrebna velika čistoća (instrumentalne metode). Ima mali koeficijent istezanja pa je otporno na visoke temperature, ali i na nagle promjene temperature. Može se zagrijano staviti u hladnu vodu a da ne dođe do pucanja. Od njega se izrađuje različito posuđe koje se upotrebljava u bolničkim i znanstvenim laboratorijima gdje je potrebna naročita točnost.

## Laboratorijsko posude načinjeno od običnog stakla



### Lijevak

Služi za prelijevanje tekućina i za filtriranje. Može biti različitih promjera i oblika ovisno o namjeni. U novije vrijeme izrađuju se i plastični lijevci. Za usipavanje praškastih tvari koristi se lijevak s kratkim vratom.



### Menzura

Koristi se za grubo odmjeravanje volumena tekućina. Baždarene su u ml i to odozdo prema gore. Mogu biti različitih veličina (5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 ml .....)



### Petrijeva zdjelica

Najviše se koristi u mikrobiologiji za uzgoj različitih kultura mikroorganizama. U kemijskom laboratoriju se koristi za čuvanje uzoraka radi sušenja ili za vaganje praškastih uzoraka.



### Lijevak za odjeljivanje

Mogu biti različitih oblika i veličina. Svi imaju ubrušeni stakleni čep. Na vratu imaju pipac ili ventil kroz koji se ispušta tekućina iz lijevka. Lijevci za odjeljivanje se koriste za ekstrakciju i za razdvajanje tekućina koje se međusobno ne miješaju.

### Satno staklo

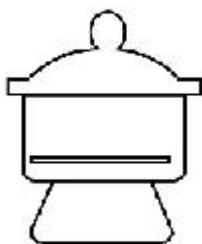
Služi za odlaganje preparata radi njihovog sušenja, za vaganje praškastih uzoraka ili za prekrivanje čaša u kojima se odvija kristalizacija kako bi spriječili zagađenja prašinom.





### Boce za reagense (reagens boce )

Mogu biti različitih veličina sa uskim ili širokim grlom ovisno o namjeni. Boce uskog grla služe za čuvanje tekućina, a one širokog grla služe za čuvanje krutina.



### Eksikator

Eksikator je uređaj koji se koristi za hlađenje vrućih predmeta i kemikalija u suhoj atmosferi gdje su zaštićeni od vlage. Može se koristiti i za sušenje vlažnih uzoraka. Eksikator je načinjen od debelog stakla, a sastoji se od posude i poklopca koji sprečava ulazak vlage. Posuda je podijeljena na dva dijela. U donjem dijelu se nalazi sredstvo za sušenje (silikagel, fosforov (V) oksid ili kalcijev klorid ), a u gornjrm se

nalazi porculanska ploča s otvorima u koje se stavljaju porculanski lončići ili zdjelice prilikom hlađenja do temperature okoline.



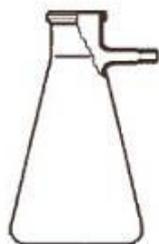
### Hoffmanov aparat

To je uređaj za elektrolizu vode. Sastoji od tri cijevi. Dvije cijevi su jednake, a treća je uža i završava proširenjem pri vrhu. U jednakim cijevima pri dnu se nalaze elektrode od platine, a na vrhu pipci ili ventili. Elektrode se povezuju s izvorom istosmjerne struje i to anoda sa (+) polom, a katoda sa ( -) polom izvora istosmjerne struje.



### Piknometar

Piknometar je staklena posuda kruškolikog oblika s ubrušenim čepom kroz koji je probušena kapilara. Kroz kapilaru se izljevava višak tekućine. Koristi se za određivanje gustoće tekućina, ali i krutih tvari.



### Boca za odsisavanje

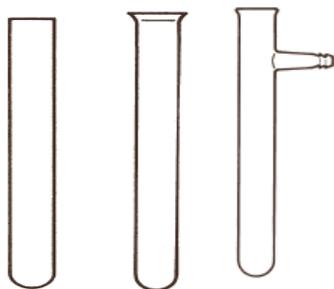
Boca za odsisavanje je vrlo slična Erlenmayerovoj tikvici, ali na grlu ima mali šuplji nastavak. Načinjena je od debelog stakla koje može izdržati razliku tlakova. Koristi se za vakum filtriranje.

### Pneumatska kada

Izrađuje se od debelog stakla i koristi se za „hvatanje“ plinova koji nisu topivi u vodi.

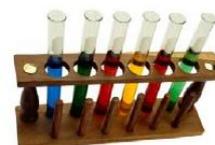
### Laboratorijsko posuđe načinjeno od kemijskog stakla

#### Epruvete



1                      2                      3

Spadaju u osnovni laboratorijski pribor. Epruvete mogu biti različitih dimenzija ovisno o namjeni. Epruvete mogu biti bez gornjeg ruba (1), s gornjim rubom (2) i epruvete za odsisavanje. Koriste se za zagrijavanje manje količine reagensa direktno na plamenu. Prilikom zagrijavanja epruveta se drži drvenom hvataljkom ili metalnom ako je sastavni dio aparature.

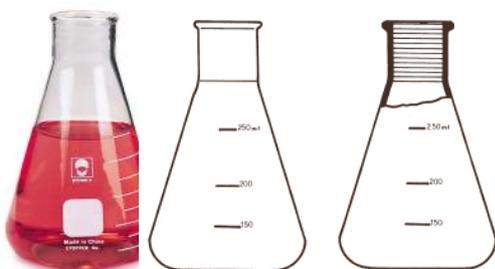


#### Čaše



Čaše se izrađuju u dva osnovna oblika, kao niske i visoke . Svaka čaša ima mali izljev koji omogućava lakše izlivanje sadržaja . Čaše se koriste za zagrijavanje većih količina reagensa. Zagrijavanje se vrši preko azbestne mrežice ili preko ceran ploče.

#### Erlenmayerova tikvica



Ove tikvice se izrađuju u različitim veličinama. Mogu biti sa uskim ili širokim grlom. Tikvice sa širokim grlom se koriste za titracije, a one sa uskim za zagrijavanje kod nekih reakcija ili kao sastavni dio različitih aparatura. Zagrijavanje se vrši preko azbestnih mrežica ili ceran ploče.

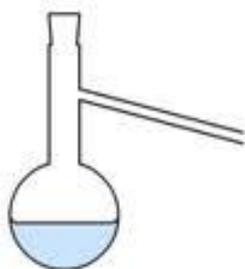
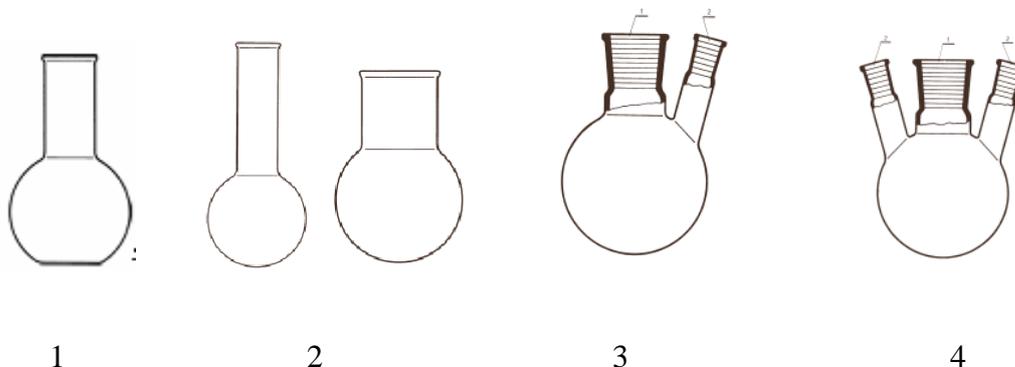
#### Okrugle tikvice

Okrugle tikvice se izrađuju u različitim veličinama. Mogu imati ravno (1) ili okruglo dno(2) . Grlo tikvice može biti usko i dugačko ili široko i kratko što ovisi o namjeni tikvice.



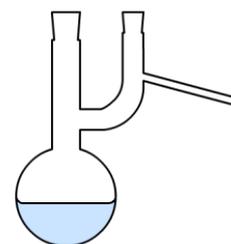
Okrugle tikvice se koriste za zagrijavanje pri kemijskim reakcijama ili kao sastavni dio neke složenije aparature, dok se tikvice sa ravnim dnom mogu koristiti i samostalno. Zagrijavanje tikvica se vrši preko azbestne mrežice ili ceran ploče.

Okrugle tikvice mogu imati više grla, pa govorimo o dvogrlim(3) ili trogrlim tikvicama(4).

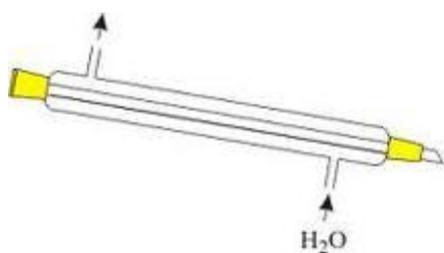


### Tikvice za destilaciju (destilirke)

Destilirke mogu biti sa običnim ili ubrušenim grlom. Koriste se za destilaciju tekućina. Destilirke mogu imati i dva grla (Claisenova).

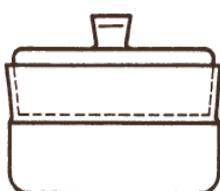


U jedno grlo, pri slaganju aparature, se stavlja termometar, a u drugi lijevak za dokapavanje.



### Liebigovo hladilo

Hladilo je ravna cijev s dvostrukom stijenkom. Može biti različitih dužina ovisno o namjeni. Kroz unutarnju cijev struje pare koje se hlade vodom koja struji vanjskom stijenkom. Smjer protoka vode je uvijek suprotan od smjera strujanja vrućih para. Hladila se koriste kao dio aparature za destilaciju. U hladilu se vrši kondenzacija para. Hladila mogu imati različite izvedbe unutarnje cijevi, pa one mogu biti spiralne ili kuglaste. Takva hladila se najčešće koriste kao povratna hladila kod refluksiranja.



### Posudica za vaganje

Posudice za vaganje uvijek imaju poklopac koji dobro prijanja na grlo posudice kako u nju nebi ulazila vlaga. Koristi se za čuvanje i vaganje čvrstih uzoraka. Ako u njima sušimo uzorke u sušioniku moraju biti otklopljene.



### Vježba 1. Crtanje staklenog laboratorijskog posuđa

Nacrtaj i napiši nazive staklenog posuđa koje se nalazi na tvojoj tacni. Pri tome prouči naputke o crtanju u poglavlju 4.8.

#### 4.2. Porculansko laboratorijsko posuđe i pribor

Osnovna sirovina za proizvodnju porculana je glina koja može imati različit sastav i različita svojstva. Osnovno svojstvo svih minerala koji ulaze u sastav gline je slojevita građa i sposobnost da na svoju površinu i između slojeva apsorbiraju vodu. Zbog toga glina u vodi nabubri i postaje hidroplastična tj. prikladna za oblikovanje. Nakon oblikovanja glineni proizvodi se suše na zraku a zatim peku na povišenoj temperaturi. Voda postepeno isparava, a glina se steže i očvršne. Porculan ima mali koeficijent rastezanja pa podnosi visoke temperature i uglavnom se koristi za izradu laboratorijskog posuđa koje se može zagrijavati na visokim temperaturama. Zagrijavanje ove vrste posuđa se provodi direktno plamenom, a kao oslonac najčešće služi trokutić za žarenje. Zagrijavanje se vrši postepeno prvo slabijim, a zatim jačim plamenom. Zagrijano posuđe se mora hladiti postepeno na zraku. Nije dozvoljeno prisilno hlađenje jer će doći do pucanja. U porculansko posuđe ne smijemo stavljati jake kiseline ili jake lužine jer može doći do nagrivanja odnosno oštećenja posuđa. Od porculana se izrađuju lončići za žarenje, zdjelice, tarionik, trokutići za žarenje, lađice, Büchnerov lijevak .....

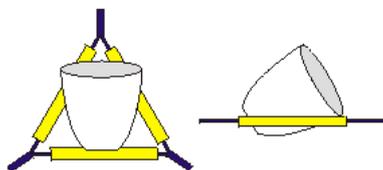


#### Porculanska zdjelica

Porculanska zdjelica je izrađena od finog tankog glaziranog porculana. Izrađuje se u različitim veličinama. Ove zdjelice se koriste za reakcije gdje je potrebno zagrijavanje na visokim temperaturama i za uparavanje otopina do suha.



#### Porculanski lončić

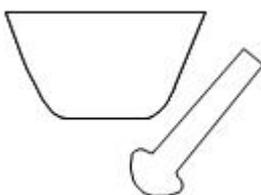


Porculanski lončić se izrađuje od finog, tankog, glaziranog porculana. Izrađuju se u različitim veličinama. Mogu biti uski i široki ovisno o namjeni. Koriste se za žarenje krutih uzoraka



#### Porculanski trokut

Porculanski trokut se sastoji od šupljih porculanskih cjevčica koje su žicom povezane u trokut. Koristi kao podloga pri zagrijavanje lončića zdjelica ili lađica.



### **Tarionik s tučkom**

Tarionik sa izrađuje od debelog neglaziranog porculana. On se koristi za usitnjavanje krutih uzoraka. Usitnjavanje se vrši pomoću tučka i to pritiskom, a ne udaranjem.



### **Büchnerov lijevak**

Büchnerov lijevak se izrađuje od nešto debljeg glaziranog porculana. Ljevak se koristi za vakum filtriranje. Ima ravno rupičasto dno na koje se postavlja kružno izrezani filtrirni papir. Papir mora pokriti sve rupice na dnu, ali ne smije dodirivati rubove lijevka da nebi dolazilo do podlijevanja otopine.



### **Porculanska ladica**

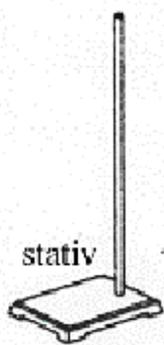
Porculanske ladice se izrađuju od finog tankog neglaziranog porculana. Mogu se koristiti za izvođenje kemijskih reakcija na visokim temperaturama. Ladice se zagrijavaju u električnim pećima.



## **4.3. Metalni laboratorijski pribor**

U svakom laboratoriju ćemo se susresti sa mnogo metalnog pribora. Metalni pribor može biti izrađen od različitih vrsta metala; željeza, platine, čelika, nikla, srebra.....

Danas se najčešće izrađuje od nehrđajućeg čelika. Čelik je legura željeza sa drugim metalima kao što su krom, nikel, volfram, silicij i drugi koji mu poboljšavaju svojstva. Ovisno o dodanim elementima možemo dobiti čelike koji su otporni na kemikalije, visoke temperature, koroziju .. Osim čelika za izradu laboratorijskog pribora se koristi i znatno jeftinije željezo. Željezo je sklono koroziji pa se mora zaštititi bojanjem i lakiranjem ili tankim slojem nekog metala koji je otporan na koroziju. Laboratorijski pribor koji ima posebnu namjenu može biti načinjen i od vrlo skupih metala kao što su platina, srebro i nikel. Platina se koristi za izradu elektroda u elektrokemiji, a srebro i nikel za izradu posuda u kojima se tale alkalijski hidroksidi koji nagrizaju porculan. U metalni laboratorijski pribor spadaju: tronožac, stalak, hvataljke, spojnice, kliješta, metalni prsten, stezaljke, žlice, škare, špahtle ....



### Stalak (stativ)

Stalak je izrađen od željeza ili čelika. Sastoji se od metalne šipke koja je uglavljena na postolje. Postolje može biti okrugla ili pravokutna ploča, ali postoje i postolja u obliku trokuta. Stalak je osnovni nosač aparature. Na njega se pričvršćuju spojnice ili metalni prstenovi.



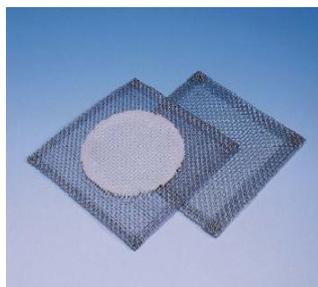
### Tronožac

Tronožac se izrađuje od mekog željeza i koristi se kao pomagalo pri zagrijavanju laboratorijskog posuđa. Stakleno posuđe se zagrijava preko azbestne mrežice, a porculansko preko porculanskog trokuta. Koriste se i stalci za ceran ploču.



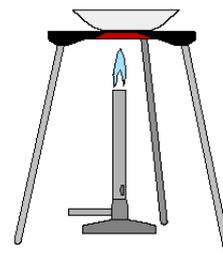
### Metalni prsten

Metalni prsten se izrađuje od mekog željeza. Upotrebljava se kao držač za lijevke pri ekstrakciji ili filtraciji. Možemo ga koristiti umjesto tronožca ili kao nosač aparature u kemijskim reakcijama gdje je potrebno zagrijavanje. Pričvršćuje se na stalak, a na njega se stavlja azbestna mrežica ili trokutić.



### Azbestna mrežica

Azbestna mrežica je željezna mreža kvadratnog oblika na koju je u sredini uložena azbest ( nesagorivi vlaknasti mineral). Kod reakcija gdje je potrebno zagrijavanje, mrežica se koristi kao podloga preko koje se vrši zagrijavanje.



### Hvataljka

Hvataljka ili klema je načinjena od željeza ili čelika. Služi za pričvršćivanje staklenog pribora na stalak. Stijenke hvataljke su obložene gumom ili plutom kako stakleno posuđe nebi bilo u direktnom kontaktu s metalom. Posuđe se uvijek prihvaća hvataljkom na dijelu na kojem se ne zagrijava. Većina ljudi su dešnjaci pa se hvataljka postavlja tako da je vijak za pritezanje s desne strane.



### Spojnica

Spojnica ili mufa se izrađuje od željeza ili čelika. Ona se koristi za pričvršćivanje hvataljke na stalak. Mogu biti različitih veličina i oblika ovisno o namjeni.



### Škare

Škare se izrađuju od čelika. Upotrebljavaju se za rezanje filtrirnog papira i gumenih cijevi



### Laboratorijska kliješta

Laboratorijska kliješta se izrađuju od čelika ili aluminija. Koriste se za pridržavanje vrućih predmeta.

### Pinceta

Pinceta je načinjena od žilavog nehrđajućeg čelika. Pinceta se koristi za pridržavanje vrućih predmeta ili tvari koje ne smijemo držati prstima, npr. P, Na, As..



### Turpija

Turpija je izrađena od vrlo tvrdog nehrđajućeg čelika čija je površina nazubljena. Turpija može biti trokutastog ili elipsastog oblika i utaknuta je u drveni držač. Ona se koristi za oštrenje bušila za čepove.



### Stezaljke

Stezaljke su izrađena od vrlo žilavog nehrđajućeg čelika. Mogu biti različitih oblika i veličina. Najčešće se koriste *Mohrova* i *Hofmannova* stezaljka. Stezaljke služe za stezanje gumenih cijevi kako bi se regulirao protok kapljevine ili plinova.



Mohrova stezaljka se sastoji od jake čelične žice savijene tako da se pritiskom na pločice njezini krajevi razmiču. Hofmannova stezaljka se sastoji od metalnog okvira, pomične pločice koja se nalazi u sredini i vijka kojim se može pomicati središnja pločica.



### Žlica

Žlice se obično izrađuju od nehrđajućeg čelika i koriste se za uzimanje krutih praškastih uzoraka. Danas se sve više koriste plastične žlice.

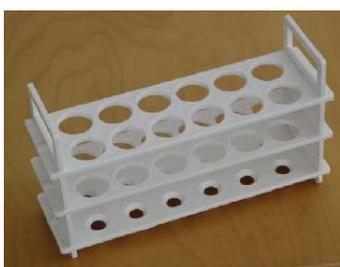
### Spatula

Spatula se izrađuje od nehrđajućeg čelika. Ima oblik uske trake koja se proširuje na krajevima. Spatula služi za uzimanje malih količina krutih uzoraka.



## 4.4. Laboratorijski pribor od drveta

Drvo je zapaljiv materijal i ne nalazi veliku primjenu u izradi laboratorijskog pribora. Ono se uglavnom koristi za izradu stalaka za epruvete i drvenih hvataljki.



### Stalak za epruvete

Stalak za epruvete može biti načinjen od metala, ali ćemo često u laboratoriju susresti drvene i plastične. Stalak služi kao postolje kako bi epruvete mogle stajati uspravno. Mogu biti različitih

veličina tj. s različitom veličinom i brojem otvora za epruvete.



### Drvena hvataljka

Drvenom hvataljkom pridržavamo epruvetu prilikom zagrijavanja na otvorenom plamenu plinskog plamenika.

### Stalak za sušenje

Stalak za sušenje može biti drvena ploča pravokutnog oblika u koju su usađeni drveni klinovi. Danas se sve češće pribjegava upotrebi plastičnih ploča sa plastičnim klinovima zbog lakšeg održavanja i duže trajnosti.



## Vježba 2. Crtanje porculanskog, metalnog i ostalog laboratorijskog posuđa

Nacrtaj i napiši nazive posuđa koje se nalazi na tvojoj tacni.

## 4.5. Čepovi

U kemijskom laboratoriju susrećemo plutene, gumene i staklene čepove. Koji čep ćemo upotrijebiti ovisi o vrsti tvari koja se nalazi u posudi koju želimo začepiti.



### Pluteni čepovi

Pluto je materijal koji se proizvodi iz kore hrasta plutnjaka. Pluto je lagano, porozno, elastično, lako se komprimira, ne trune i slabo provodi toplinu. Omekšavanje plutanih čepova se vrši kuhanjem u vodi. Ovom obradom plutu se povećava elastičnost. Plutene čepove ne smijemo koristiti za zatvaranje boca u kojima su jaka oksidacijska sredstva, jake kiseline i lužine te vodikov peroksid. Te tvari nagrizaju pluto. Plutene čepove ne možemo koristiti ni za zatvaranje boca u kojima su lakohlapive tvari jer je pluto porozno (propusno).



### Gumeni čepovi

Glavna sirovina za proizvodnju gume je kaučuk koji se proizvodi iz soka kore drveta kaučukovca. Prirodna guma je meka, rastezljiva i ljepljiva masa koja na hladnom postaje krhka i lomljiva pa se mrvi. Prirodna guma se obrađuje dodatkom sumpora procesom vulkanizacije. Nakon obrade guma postaje tvrda, elastična i nepropusna. Tvrdoća gume ovisi o količini dodanog sumpora (više sumpora-veća tvrdoća). Gumene čepove ne smijemo koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze organska otapala ( acetone, benzen, nitrobenzen, ugljikov disulfid i sl.) jer nagrizaju gumu. Zbog nepropusnosti gumeni čepovi se koriste pri sastavljanju aparatura kod kojih se ne zagrijava preko 100°C. Guma ne podnosi visoke temperature.



### Stakleni čepovi

Stakleni čepovi uglavnom čine sastavni dio aparatura ili boca i pristaju samo na te dijelove aparature odnosno boce. Staklene čepove ne smijemo koristiti za zatvaranje boca u kojima se nalaze jake lužine jer staklo reagira s lužinama pri čemu se čep *zapeče*. Bocu ili dio aparature gdje se čep zapekao mora se namočiti u vodu i ostaviti preko noći. Poslije toga je razdvajanje tih dijelova mnogo lakše. Ukoliko je potrebno brzo izvaditi čep mogu se upotrijebiti i druge metode:

1. Zapečeni čep treba lagano udariti o drvenu podlogu da se odlijepi.
2. Grlo boce treba brzo zagrijati sa svih strana jer se grijanjem staklo širi. Važno je da se pri tome ne zagrije i čep.
3. S jedne strane čepa se kapne par kapi toluena i ostavi da prodre između čepa i grla boce.

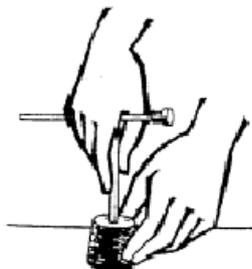
### Bušenje plutenog i gumenog čepa

Čepove bušimo *metalnim bušačima* za čepove koji mogu biti različitih promjera. Za bušenje gumenog čepa treba odabrati bušač malo većeg promjera od promjera cijevi, jer se nakon bušenja zbog velike elastičnosti guma uvijek malo stegne.

Za bušenje plutenog čepa treba odabrati bušač malo manjeg ili istog promjera kao što je promjer cijevi jer se pluto ne steže. Prilikom bušenja čep treba staviti na drvenu podlogu širom bazom prema dolje. Čep se pridržava palcem i kažiprstom lijeve ruke, a desnom rukom se vrši bušenje. Odabrani bušač treba naoštriti i namazati vazelinom ili glicerinom radi lakšeg bušenja. Bušenje se vrši okretanjem bušača stalno u istom smjeru uz istovremeno pritiskanje bušača prema podlozi. Bušač uvijek treba staviti u okomiti položaj. Nikada ne smijemo mijenjati smijer okretanja bušača jer tada pluteni čep može puknuti. Prilikom vađenja bušača iz čepa bušač treba i dalje okretati u istom smijeru samo tako da ga sada povlačimo lagano prema van.



**Slika 6.** Bušač čepova



**Slika 7.** Bušenje čepa

### Umetanje staklene cijevi u probušeni čep

Kraj cijev koju ćemo provlačiti kroz čep prvo namažemo glicerinom ili nakvasimo vodom. Prilikom rada cijev držimo desnom rukom, a čep lijevom. Cijev lagano guramo kroz otvor na čepu uz istovremeno okretanje uvijek u istom smijeru. Cijev treba držati što bliže čepu kako ne bi pukla. Kako bi se izbjegle povrede zbog eventualnog pucanja cijevi, cijev je potrebno omotati krpom.



**Slika 8.** Umetanje staklene cijevi u čep

#### Vježba 1 : Bušenje plutenog čepa



Probuši pluteni čep kako bi u njega umetnuo odabranu staklenu cijev.

#### Vježba 2 : Umetanje staklene cijevi u probušeni čep



Umetni staklenu cijev u prethodno probušeni čep.

#### 4.6. Pranje i čišćenje laboratorijskog posuđa

Za izradu bilo kojeg eksperimenta moramo imati čisto i suho posuđe. Kako bi taj uvjet bio zadovoljen poslije svakog eksperimenta sve upotrebljena posuđe treba dobro oprati i ostaviti da se osuši.

Laboratorijsko posuđe čistimo na dva načina:

1. Mehaničko čišćenje
2. Kemijsko čišćenje



*Mehaničko čišćenje* se bazira na tome da se sa stjenki posuda prvo mehanički odstrane (ostružu) čvrste tvari. Za taj posao možemo upotrijebiti nožić, žlicu, stakleni štapić, četku, pijesak, vim ili slična sredstva. Nakon toga posudu napunimo vodom i stijenke posude lagano operemo odgovarajućom četkicom. Za čišćenje onih dijelova posude do kojih četkica ne dopire koristi se pijesak ili vim. U takvu se posudu ulije malo vode i doda pijeska ili vima a zatim se

posuda tako pokreće da dodano sredstvo kruži po njezinim stijenkama. Posude koje imaju masne stijenke očistimo tako da u njih stavimo sitno iskidan novinski ili filtrirni papir koji upija masnoću, a zatim dodamo malo vode i mučkamo kako bi masnoća što potpunije prešla na papir. Mehaničko čišćenje vršimo dotle dok sa stijenki posude ne skinemo sve čestice krute tvari. Ako je mehaničko čišćenje bilo uspješno posuda se još ispere destiliranom vodom, a zatim stavlja na sušenje.

*Kemijsko čišćenje* se provodi tek onda kada mehaničko čišćenje nije bilo uspješno. Pri kemijskom čišćenju se koriste sredstva koja razaraju ili otapaju čestice krutih tvari i masnoća sa stijenki posuda. Najčešće se koriste različiti detergentsi, kiseline, lužine, organska otapala itd. Kod kemijskog čišćenja moramo prvo ispitati da li su čestice koje želimo ukloniti topive u otapalu kojeg želimo upotrijebiti. Uvijek koristimo što manje sredstva, upravo onoliko koliko je potrebno da se



nečistoća razori ili otopi. Gotovo sve nečistoće možemo ukloniti kromsumpornom kiselinom. Možemo ju sami pripremiti tako da u 1l koncentrirane sumporne kiseline uz zagrijavanje otopimo 50g kalijevog bikromata. Pri radu s tom kiselinom moramo biti jako oprezni. Ona je jako oksidacijsko sredstvo i nagriza kožu i druge organske tvari. Nakon uspješno provedenog kemijskog čišćenja posude se prvo trebaju dobro isprati običnom , a zatim destiliranom vodom i staviti na sušenje.

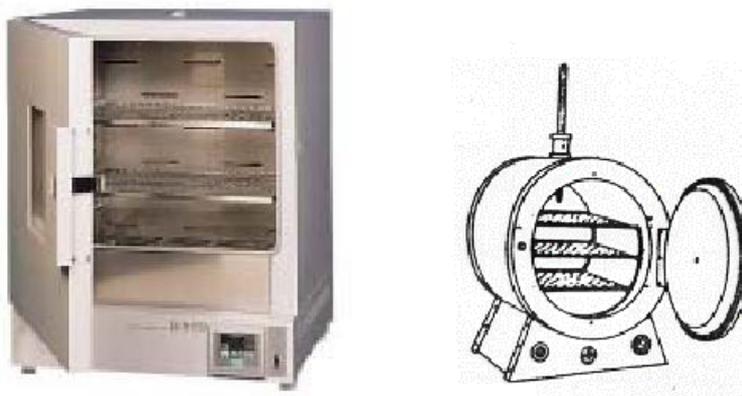
#### 4.7. Sušenje laboratorijskog posuđa

Laboratorijsko posuđe se može sušiti na dva načina:

1. Sušenje pri sobnoj temperaturi
2. Sušenje pri povišenoj temperaturi

Sušenje pri sobnoj temperaturi se radi na drvenim ili plastičnim stalcima s klinovima.

Sušenje pri povišenoj temperaturi se radi u sušionicima. U sušionicima se nalaze rupičaste pregrade na koje se stavljaju predmeti koje sušimo. Kroz šupljine na pregradama struji topli zrak i suši posuđe. Sušenje se provodi na temperaturi 105°C ako želimo ubrzati sušenje. Posude se na pregrade stavljaju otvorom okrenute prema dolje da bi se iz njih lakše iscjedila voda.



Slika 9. Sušionik

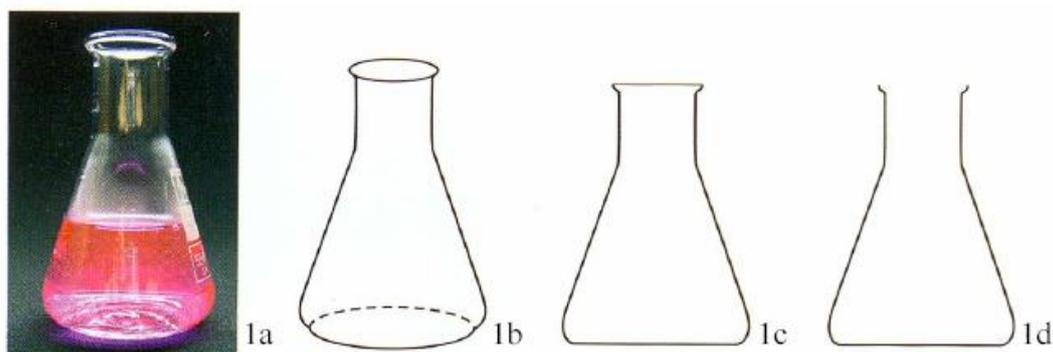
#### 4.8. Crtanje laboratorijskog pribora

U početku eksperimentalne nastave kemije jedan od ciljeva je razvijati vještinu crtanja pojedinačnog laboratorijskog pribora, te njegovog spajanja u cjeline (aparature).

*Kemijski crtež* je skup posebno izrađenih simbola među kojima vladaju specifično definirani odnosi. Kvalitetan crtež aparature ili nekog njegovog dijela mora biti *uredan, pregledan i prostorno odmjeren*. Takav crtež je dobra polazna osnova boljem razumijevanju *funkcije* te aparature.

#### Kako crtati?

Za početnika je najbolje vježbati u bilježnici A4 formata čiji listovi imaju mrežu kvadratića. Dio radnji tijekom stvaranja crteža može se izvesti slobodnom rukom, a dio upotrebom crtaćeg pribora. Najbolje je da prikaz bude *središnji presjek* predmeta bez naznake ikakve treće dimenzije, tj. prikazuje samo one dijelove predmeta koje se nalaze u *plohi središnjeg presjeka*.



Slika 10. Primjer crtanja Erlenmayerove tikvice

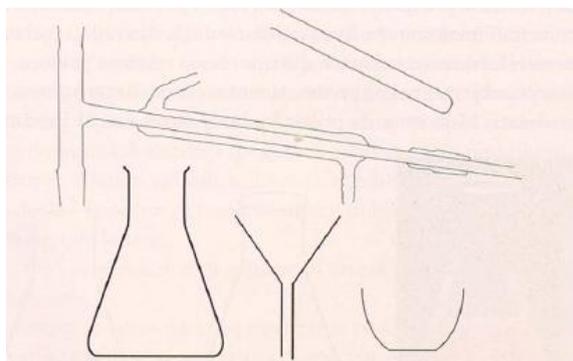
- 1 a – fotografija
- 1 b – crtež u kojem je naznačena njena tdimenzionalnost – nije pogodan
- 1 c - crtež u kojem je tankom crtom naznačen rub njenog grla vidljiv u pozadini presjeka
- 1 d – crtež u koje je naznačeno samo ono što se zaista nalazi u plohi presjeka

Stjecanje vještine kemijskog crtanja treba početi crtanjem *jadnostavnih elemenata*: epruveta, tikvica, hladila, lijevaka, čaša... Pri crtanju ovih predmeta treba odmah naglasiti (sačuvati) odnos veličina pojedinih predmeta.



**Slika 11.**

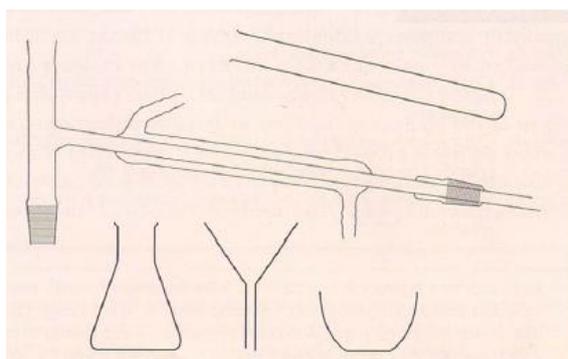
Skupna fotografija epruvete, malog lijevka, E. tikvice, hladila s nastavkom i posudice za kristalizaciju



**Slika 12.**

*Loš crtež*

Nije sačuvan odnos veličina pojedinih predmeta



**Slika 13.**

*Dobar crtež*

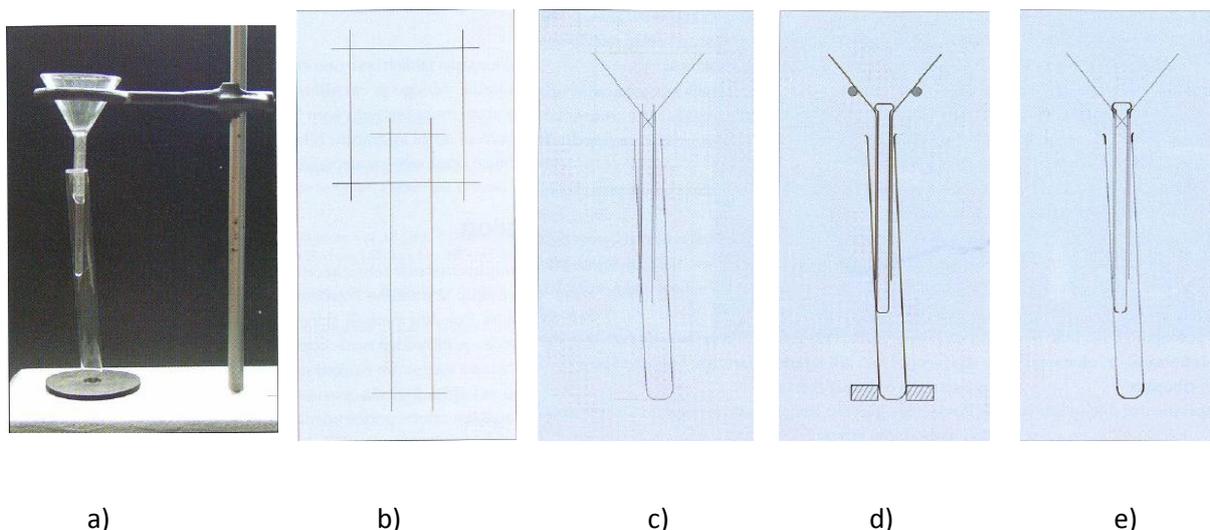
Sačuvan je odnos veličina predmeta. U crtežu su naznačena i ubrušenja za spajanje s drugim elementima. Gumene spojeve može se označiti kosim tankim crtama.

Nakon crtanja pojedinačnog pribora slijedi spajanje pojedinačnih elemenata u cjeline-*skica aparature*. Način spajanja elemenata u aparaturu određen je njihovom funkcijom. Da bi nacrtao kvalitetan kemijski crtež potrebno da on prođe kroz slijedeće faze:

1. Početno planiranje prostora i stvaranje predskice. U ovoj fazi treba obratiti posebnu pažnju na preklapanje pojedinih dijelova aparature. Npr. u kojoj mjeri grlo lijevka ulazi u epruvetu u koju će biti uhvaćena matičnica. Ovu fazu treba odraditi slobodnom rukom.
2. Povlačenje finih (vrlo tankih) pomoćnih linija koje uobličuju prikaz. Po ovim linijama u slijedećoj fazi će biti izrađeni (definirani) svi elementi aparature i njihovi spojevi. U ovoj fazi se može koristiti crtaći pribor.

3. Povlačenje glavnih linija na specifičnim dijelovima aparature: spojevi, zaobljenja. Rad slobodnom rukom.
4. Povlačenje ostataka glavnih linija, povezivanje glavnih linija povučenih u prethodnoj fazi. Može se koristiti crtaći pribor.
5. Otklanjanje suvišnih linija zaostalih iz prijašnjih faza.

Iz crteža se može izbaciti sve one elemente koji kompliciraju crtež, poput stalaka i hvataljki. Puno je važnije ispravno naznačiti u kojem svojem dijelu svaki element aparature mora biti učvršćen da bi aparatura bila stabilna, funkcionalna i brzo složiva. Tako načinjen crtež garantira uspjeh pokusa i pokazatelj je učenikovog razumijevanja.



**Slika 14.** Nastajanje crteža aparature za filtriranje pomoću Willstatterova čavlića

- a) Fotografija
- b) Odmjeravanje prostora, vrlo fine jedva vidljive crte
- c) Početno stvaranje elemenata finim crtama (crtaći pribor)
- d) Naglašavanje zavojitih dijelova elemenata (rukom)
- e) Konačno spajanje zavojitih dijelova elemenata i uklanjanje suvišnih crta (crtaći pribor i brisalo)

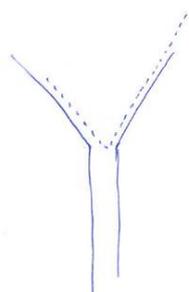
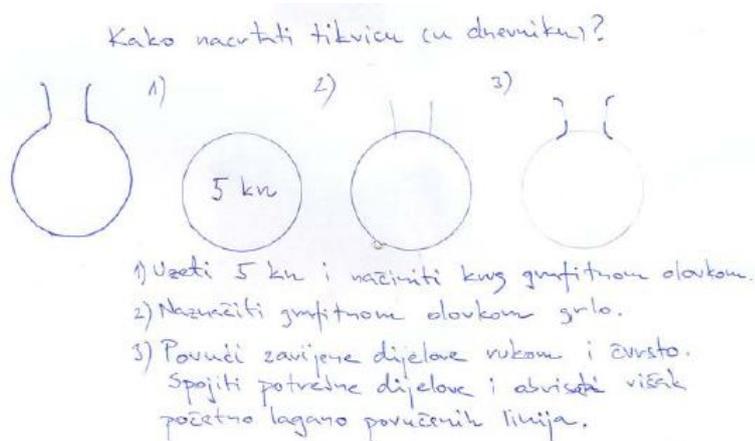
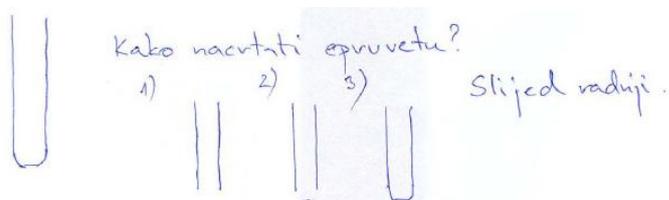


### Vježba 1. Crtanje laboratorijskog pribora i posuđa

Pridržavajući se navedenih uputa vježbaj crtati laboratorijski pribor i posuđe, te nacrtaj aparaturu složenu na tacni. Možda se čini teško, ali imaj na umu:

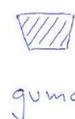
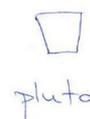
**„Svaki početak je težak, no kasnije majstorstvo veseli i oplemenjuje dušu“**

Evo na kraju nekoliko primjera crteža iz učeničkih dnevnika:



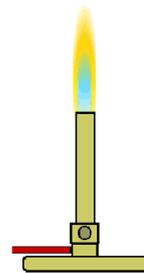
lijeva strana obični, a desna nabrani papir

čepovi i spojevi



## 5. PLIN U LABORATORIJU

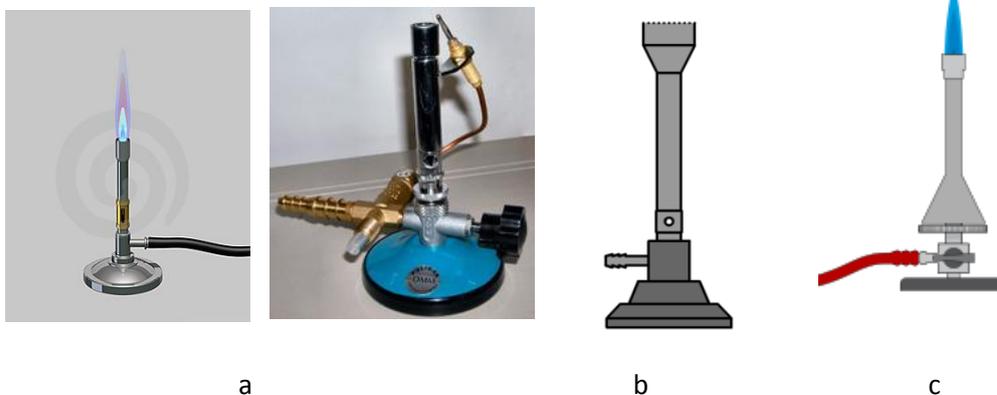
Rad u kemijskom laboratoriju se ne može zamisliti bez plina. U laboratoriju možemo susresti tri vrste plina; gradski ili rasvijetni, zemni i propan-butan plin. Korištenje plina u laboratoriju nosi potencijalnu opasnost od požara i eksplozije pa zato s plinom treba postupati vrlo oprezno. Plinovodna mreža u laboratoriju na smije nigdje propuštati. Potrebno je vršiti česte kontrole. Mreža je metalne konstrukcije. Plamenici se na mrežu spajaju gumenim crijevom. Plinovodna mreža mora imati *centralni ventil* kojim se može prekinuti dovod plina na sva radna mjesta istovremeno. Taj ventil mora biti izvan laboratorija na pristupačnom i ne suviše udaljenom mjestu. Mora biti vidljivo obilježen. Svi koji rade u laboratoriju moraju biti upoznati s mjestom gdje se on nalazi i načinom njegova zatvaranja. Zbog česte upotrebe plina u laboratoriju se nakupljaju štetni produkti izgaranja i zato ga moramo često provjetravati tj. omogućiti dovod svježeg zraka.



### 5.1. Plinski plamenici

U laboratoriju možemo susresti više tipova plamenika. Najčešće korišteni plamenici su:

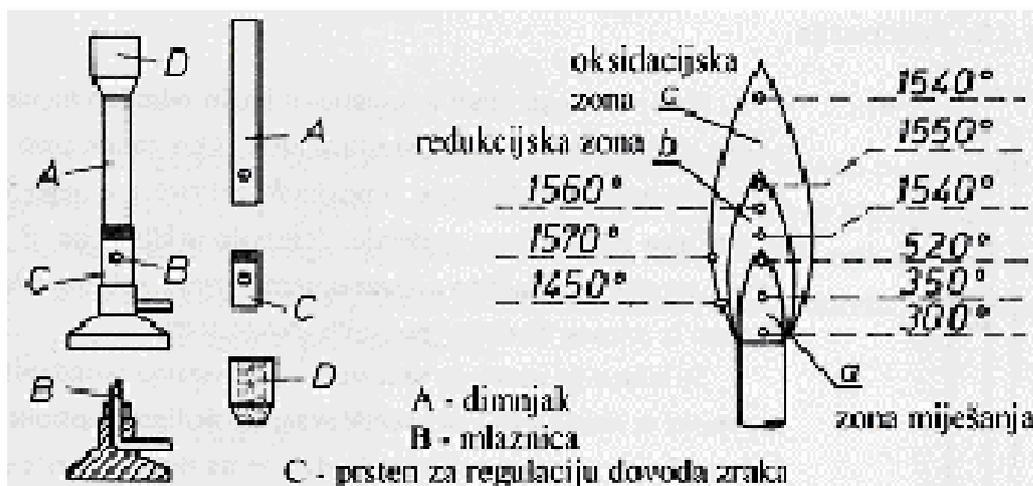
1. Bunsenov
2. Tecluov
3. Mekerov



**Slika 15.** Bunsenov (a), Mekerov (b) i Tecluov (c) plamenik

Svaki od ovih plamenika ima iste osnovne dijelove, a međusobno se razlikuju po konstrukciji dimnjaka i otvoru za dovod zraka. Osnovni dijelovi svih plamenika su:

1. Postolje
2. Dimnjak
3. Otvor za dovod plina
4. Otvor za dovod zraka
5. Mlaznica



**Slika 16.** Dijelovi plinskog plamenika i plamene zone šuštećeg plamena

Na svakom od ovih plamenika možemo uočiti *postolje* kroz koje prolazi dovod plina koji završava malim otvorom tj. *mlaznicom*. Na otvor za dovod plina ugrađen je pipac ili ventil pomoću kojeg se može regulirati protok plina. Na postolje se nastavlja vertikalni *dimnjak* s otvorom za zrak. Plamenici za različite vrste plina se međusobno razlikuju po veličini otvora mlaznice. Mlaznica određuje koliko će plina istjecati i mješati se sa zrakom dajući dobro gorivu smjesu.

Ventile i pipce koji se nalaze na plinskom plameniku ne smijemo nikada koristiti za potpuno zatvaranje dovoda plina odnosno gašenje plamenika. Dovod plina u plamenik uvijek se zatvara na pipcu koji se nalazi na metalnoj plinovodnoj cijevi na laboratorijskom stolu. Dovod zraka u plamenik regulira se kod Bunsenovog i Mekerovog plamenika okretanjem prstenaste cjevčice s otvorom koja se nalazi na donjem dijelu dimnjaka. Na Tecluovom plameniku dovod zraka se regulira okretanjem pločice na dnu dimnjaka. Kada se dovodi zraka zatvore onda plin gori *čađavim ili svijetlećim* plamenom. Postepenim otvaranjem dovoda zraka plamen dobiva plavičastu boju, a pri dovoljnom dotoku zraka šušti, pa kažemo da plin gori *šuštećim* plamenom.



### Vježba 1: Rastavljanje i crtanje plinskog plamenika

Rastavi i nacrtaj Bunsenov plamenik.

## 5.2. Vrste plamena

Plamen koji dobijemo pomoću plinskih plamenika ovisi o količini dodanog plina i zraka i može biti:

1. Čađavi
2. Šušteći
3. Uskočeni

*Čađavi plamen* nastaje kada gori čisti plin uz zatvoreni dovod zraka. Nazivamo ga još i *svijetlećim* jer je intenzivno žute boje. Ovaj plamen razvija temperaturu do 900 °C. Ne koristi se jer na posuđu ostavlja crni sloj čađe koja nastaje zbog nepotpunog sagorjevanja.

*Šušteći plamen* se dobije iz čađavog postepenim dodavanjem zraka. On je plavičaste boje. Pri dovoljnom dovodu zraka šušti. Može razviti temperaturu i do 1600°C. Unutar plamena postoje dijelovi različitih temperatura. Čađavi plamen ima najveću temperaturu pri vrhu, a šušteći u sredini.

*Uskočeni plamen* se dobije kada je dovod zraka u plameniku vrlo velik. Tada se dogodi da plamen uskoči i gori unutar dimnjaka na samoj mlaznici. To je vrlo opasno jer se čitav plamenik vrlo brzo ugrije, a gumena cijev za dovod plina se može razmakšati i postati propusna za plin što može dovesti do požara i eksplozije. Da se to ne bi dogodilo plamenik u koji plamen uskoči treba odmah ugasiti.



- 1 – Ventil za zrak zatvoren (svjetleći plamen)
- 2 – Poluotvoren ventil za zrak (svjetleći plamen)
- 3 – Skoro potpuno otvoren ventil za zrak (šušteći plamen)
- 4 – Potpuno otvoren ventil za zrak (šušteći plamen)

**Slika 17.** Vrste plamena ovisno o količini dodanog zraka

Najveća količina topline se oslobađa kad plin gori šuštećim plamenom. Plamene zone su prikazane na slici 16.

### 5.3. Paljenje plinskog plamenika

Pri korištenju plinskih plamenika moramo se pridržavati redoslijeda radnji kako bi korištenje plamenika bilo bez posljedica:

1. Na plameniku je potrebno zatvoriti dovod zraka i dovod plina prije nego li ga priključimo na plinsku mrežu.
2. Plamenik treba postaviti dalje od sebe jer plamen može opržiti lice i zapaliti kosu.
3. Upaljenu žigicu držimo jednom rukom, a drugom rukom otvorimo plinski pipac
4. Kada nakon nekoliko sekundi začujemo promjenu šuma izlazećeg plina upaljenu šibicu prinesemo sa strane vrhu plamenika.
5. Postepeno otvaramo dovod zraka dok ne postignemo šušteći plame.
6. Kada nam plamenik više nije potreban i želimo ga ugasiti, prvo moramo zatvoriti dovod zraka, a zatim dovod plina na radno mjesto. Kada se plamen na plameniku ugasi treba zatvoriti i dovod plina na samom plameniku
7. Plamenik u koji plamen uskoči treba odmah ugasiti zatvaranjem dovoda plina na radno mjesto
8. Plamenik u kojem je plin gorio uskočenim plamenom ne smijemo dirati prstima sve dok se ne ohladi
9. Prilikom napuštanja laboratorija moramo zatvoriti centralni ventil za plin.

U školskim laboratorijima za zagrijavanje se često koristi plamenik s kartušom. Plamenik se pali tako da se najprije zatvori dovod zraka i upaljenu žigicu prinese na vrh dimnjaka s mrežicom. Lagano se otvori ventil okretanjem u suprotnom smjeru od kretanja kazaljke na satu. Podesimo visinu plamena. Plamen se gasi zakretanjem ventila u smjeru kazaljke na satu.



**Slika 18.** Plamenik s kartušom i punjenje za kartušu



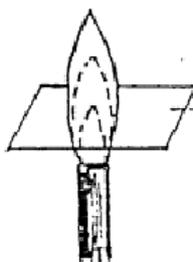
### **Vježba 2.** Zagrijavanje vode u epruveti čađavim i šuštećim plamenom

U dvije epruvete ulij istu količinu destilirane vode. Zagrijavaj ih do vrenja, jednu čađavim a drugu šuštećim plamenom i bilježi vrijeme potrebno da voda provrije.



### **Vježba 3.** Plamene zone šuštećeg plamena

Jedan komad tvrdog papira stavi, trenutno, vodoravno u plamen, blizu otvora dimnjaka, a zatim drugi komad okomito u plamen (slika 19). Papire držati metalnim kliještima. Ako je eksperiment pravilno izveden na papirima se očituju plamene zone. Papire zalijepi u dnevnik.



**Slika 19.** Komad tvrdog papira stavljen vodoravno i okomito u plamen

## **5.4. Rad sa staklenim cijevima**

### **Rezanje staklenih cijevi**

Ponekad su nam za eksperiment potrebne savijene cjevčice koje ne možemo kupiti nego ih moramo sami načiniti. Pri tom moramo napraviti nekoliko radnji. Prvo moramo odrezati cijev na veličinu koju trebamo. Rezanje staklenih cijevi se vrši materijalom tvrdim od stakla kao što su turpija, brusna ploča ili dijamantni nož. Staklena cijev se stavi na drvenu podlogu i uhvati lijevom rukom u blizini gdje ćemo ju prerezati.

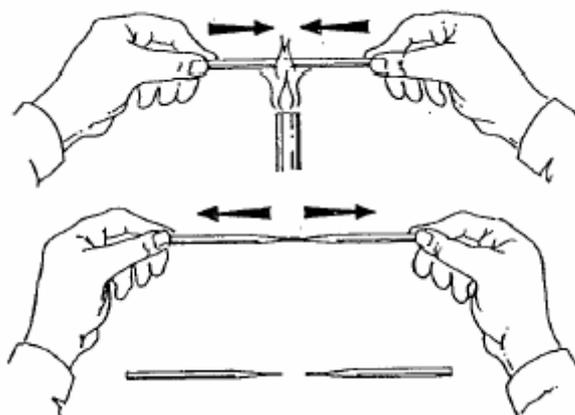
Desnom rukom pomoću turpije napravimo duboki zarez koji treba obuhvatiti polovinu opsega cijevi i biti okomit na os cijevi. Cijev zatim treba uhvatiti objema rukama tako da se zarez nalazi između palčeva s vanjske strane. Palčevi se trebaju doticati, a cijev trebamo istovremeno rastezati i lomiti savijajući oba kraja cijevi prema sebi. Pri lomljenju cijevi ruke je najbolje zaštititi krpom. Na odrezanim staklenim cijevima rubovi su oštri pa ih treba zatupiti. Zatupljivanje se vrši tako da se cijev uhvati za jedan kraj desnom rukom i to tako da je palcem pritisnemo na sve ostale prste. Oštri dio cijevi stavimo u šušteći plamen te pokretanjem palca okrećemo cijev sve dok se ne pojavi intenzivno žuta boja plamena. Pojava boje znači da je staklo omekšalo i da je zatupljivanje završeno.



**Slika 20.** Rezanje staklene cijevi i zatupljivanje rubova

### Izrada kapalice i kapilare

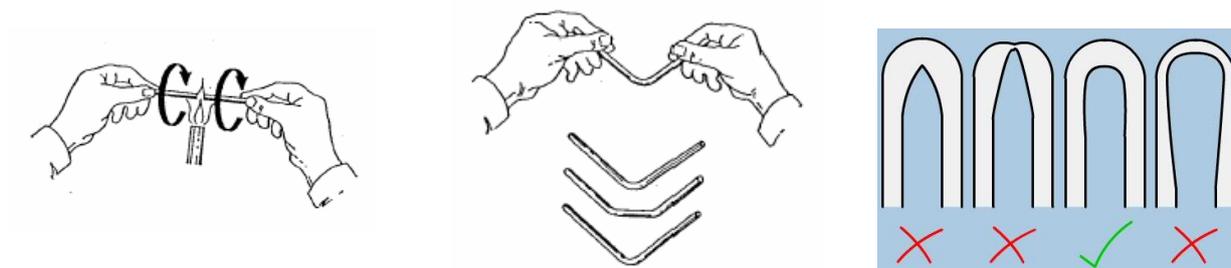
Staklena cijev se uhvati s obje ruke tako da se krajevi cijevi nađu između palca kažiprsta i srednjeg prsta. Cijev zagrijavamo u šuštećem plamenu uz neprestano okretanje cijevi sve dok staklo potpuno ne omekša. Cijev zatim izvadimo iz plamena i razvučemo te ostavimo da se ohladi. Hladnu cijev prerežemo tako da dobijemo dvije kapaljke. Oštre rubove kapaljke treba zatupiti. Postupak izrade kapilare je isti kao i kod kapalice samo što se omekšani dio cijevi treba jače razvući tako da dobijemo dugačku kapilaru. Izrezanu kapilaru je potrebno na jednom kraju zatupiti.



**Slika 21.** Postupak izrade kapalice

### Izrada koljenasto savijenih cijevi

Staklenu cijev koju želimo savinuti začepimo na jednom kraju čepom od nakvašenog papira. Cijev treba držati s obje ruke tako da začepljeni dio bude u lijevoj ruci. Na mjestu gdje cijev želimo savinuti zagrijavamo na šuštećem plamenu uz neprestano okretanje sve dok staklo ne omekša. Kada staklo omekša kroz otvoreni kraj cijevi pušemo i istovremeno savijamo lijevom rukom dok ne postignemo željeni kut.



Slika 22. Izrada koljenasto savijene cijevi



#### Vježba 4. Rezanje staklenih cijevi i zatupljivanje oštih rubova

Odreži cijev određene duljine i zatali oštre rubove.



#### Vježba 5. Izrada koljenasto savijene cijevi

Odrezani komad cijevi savij pod određenim kutem.



#### Vježba 6. Izrada kapaljki i kapilara

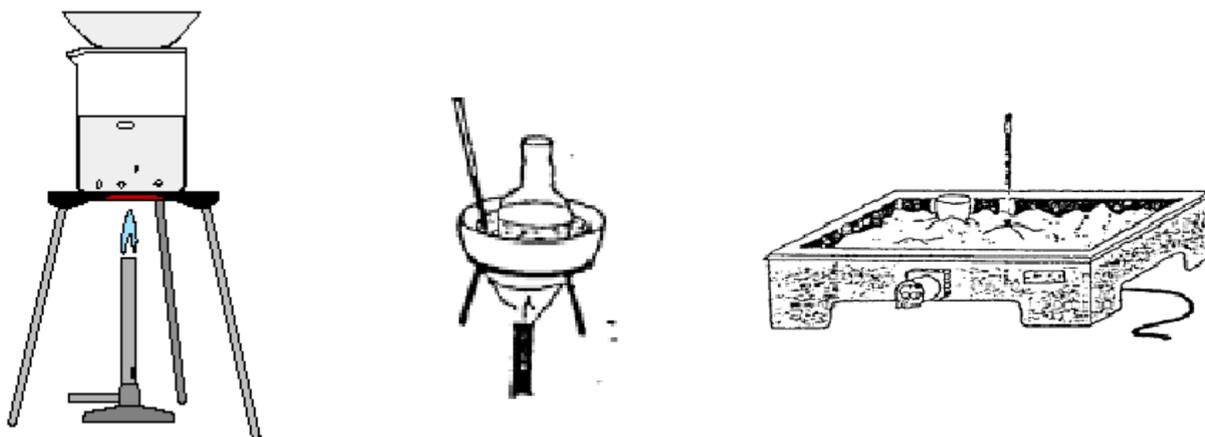
Izradi kapaljku i kapilaru.

### 5.5. Ostali načini zagrijavanja u laboratoriju

U slučaju kada je potrebno dulje i ravnomjernije zagrijavanje, pri stalnoj temperaturi, upotrebljavaju se kupelji. Izbor kupelji ovisi o potrebnoj temperaturi zagrijavanja. Tako da se za zagrijavanje do temperature vrenja vode (100°C) najčešće koristi *vodena kupelj*.

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

Za postizanje vrlo visokih temperatura koriste se *električne peći* raznih tipova.



**Slika 23.** Jednostavna vodena, uljna i pješčana kupelj



**Slika 24.** Vodena kupelj i peč za žarenje

## 6. REAGENSI

*Reagensi* je zajednički naziv za tvari koje se koriste za izvođenje različitih eksperimenata. Tvari imaju vrlo različita svojstva pa zahtjevaju različite uvjete čuvanja i rada s njima.



### 6.1. Čistoća reagensa

Reagensi mogu imati različitu čistoću. Ovisno o čistoći variraju i njihove cijene. Različiti eksperimenti zahtijevaju reagensne različite čistoće. Na svakom reagensu je na etiketi naznačena čistoća. Kod nas se koriste slijedeće oznake za čistoću:

Tehn.	Tehnički	za tehničke svrhe
Pur.	Purum	čisto
Puriss.	Purissimum	naročito čisto
p.a.	pro analysi	za analitičke svrhe

Maksimalan udio pojedinih nečistoća je određen standardima i navodi se na tvorničkoj deklaraciji. Prije upotrebe nekog reagensa potrebno je pažljivo pročitati naljepnicu na reagensu.

### 6.2. Što sve sadrži naljepnica?

Suvremena naljepnica sadrži različite podatke iz kojih možemo doznati o svojstvima čistoći i načinu rukovanja kemikalijama. Osnovni podaci koje mora sadržavati svaka naljepnica su:

1. Naziv reagensa i opis
2. Preporuke za rukovanje i skladištenje
3. Podaci o čistoći i hidrtaciji
4. Masa reagensa u trenutku pakiranja
5. Slikovna oznaka opasnosti (piktogram)
6. Kemijska formula, relativna molekulska masa (FW)
7. Preporuka pružanja prve pomoći
8. Bar kod, kodni broj reagensa

1000 ml 0452201

**NITRATNA KISELINA**  
min. 65 %  
p.a.

$\text{HNO}_3$  Mr 63,01  
tl = 1,40 kg

**Nitric acid**

EC-br. 231-714-2  
CAS-br. 7697-37-2  
br. analiza: 410610

**KEMIKA STANDARD**

Sadržaj	min. 65,0	%
Čistoća (d 20°/14°)	min. 1,391	%
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	maks. 0,000 1	%
Klorid (Cl)	maks. 0,000 05	%
Sulfid (SO <sub>2</sub> )	maks. 0,000 1	%
Arsen (As)	maks. 0,000 001	%
Bakar (Cu)	maks. 0,000 005	%
Cink (Zn)	maks. 0,000 01	%
Kadmij (Cd)	maks. 0,000 001	%
Kalcij (Ca)	maks. 0,000 1	%
Mangan (Mn)	maks. 0,000 01	%
Nikal (Ni)	maks. 0,000 005	%
Olovo (Pb)	maks. 0,000 005	%
Željezo (Fe)	maks. 0,000 02	%
Ostatak nakon žarenja (kao sulfat)	maks. 0,000 5	%

U skladu sa zapaljivim materijalom može uzrokovati požar. Isključivo tekuće opasnosti. Ne ulaziti u oči. Ako dođe u dodir s očima odmah isprati s puno vode i zatražiti savjet ljekarne. Navedi odgovarajuću zaštitnu odjeću, rukavice i zaštitna sredstva za ušnice. U slučaju nesreće ili zlostavljanja legova hitno pozivati savjet ljekarne (otko je moguće pokazati naljepnicu).

Zaštitni odjeva: Čuvati dobro zatvoreno na suhom i hladnom mjestu! Otklonjavati kiseline sa metalne površine, može se uzrokovati nastajanje žestoke eksplozije. Rok trajanja: 5 godina. Datum proizvodnje: 08.11.2009. Izdatorec prema EC.

0 8 35  
0 23 26  
383170-45  
UH 2021

Slika 25. Naljepnica sa boce s kemikalijama

### 6.3. Znakovi opasnosti (Piktogrami)

Prema odluci Međunarodnog saveza za čistu i primjenjenu kemiju (engl. **International Union for Pure and Applied Chemistry – IUPAC**) oznake i slike na posudama i kemikalijama kojima se upozorava na opasnost su točno određene.



**Slika 26.** Piktogrami

Piktogrami se otiskuju crnom bojom na narančastoj podlozi

### 6.4. Čuvanje i uskladištenje reagensa

Prilikom uskladištenja reagensa treba voditi računa o njihovim kemijskim svojstvima i međusobnim reakcijama. U istom prostoru ne smiju se čuvati reagensi koji bi mogli međusobno reagirati npr. amonijak i klorovodična kiselina. Jaka oksidacijska sredstva kao što su kalijev permanganat, jod, klorati, bikromati, peroksidi i sl. se čuvaju u posebnom prostoru.

Lako hlapive i lako zapaljive organske tekućine kao što su eter, aceton, benzen, alkohol i sl. treba čuvati u posebnom prostoru podalje od izvora topline.

Otrovne kemikalije treba čuvati u posebnim zaključanim ormarićima tako da se njihova upotreba može kontrolirati.

Reagense osjetljive na svjetlost treba čuvati u tamnim bocama na mjestu koje je zaklonjeno od sunčeve svjetlosti.

*Svojstva nekih reagensa*

*Sumporna kiselina* je bezbojna uljasta tekućina vrlo higroskopna što znači da upija vlagu iz zraka i mora uvijek biti dobro začepljena. Ona djeluje kao oksidans pri čemu se razlaže na sumporov dioksid koji štetno djeluje na dišne organe.

*Dušična kiselina* je bezbojna do svijetložuta tekućina. Njezina boja potječe od dušikova dioksida koji je u njoj otopljen. Otvaranjem boce ova kiselina dimi jer iz nje isparava otopljeni plin. Taj plin je vrlo otrovan pa ga ne smijemo udisati. Ova kiselina je jako oksidacijsko sredstvo pa može zapaliti organske tvari.



*Klorovodična kiselina* je bezbojna tekućina koja se na zraku dimi jer iz nje isparava otopljeni plin klorovodik koji je otrovan i nagrizava sluznicu dišnih organa



*Natrijeva lužina* je krutina bijele boje vrlo higroskopna pa se mora čuvati u dobro začepljenim bocama. Nagrizava kožu i naročito je štetna za oči.

*Amonijeva lužina* je bezbojna tekućina iz koje isparava plin amonijak. Amonijak štetno djeluje na oči i organe za disanje.

*Eter* je bezbojna tekućina niskog vrelišta. Vrlo je hlapiva. Pare etera su vrlo zapaljive a u dodiru sa zrakom mogu biti i eksplozivne.

*Metanol* je bezbojna tekućina, lako isparava a pare su zapaljive. Metanol unesen u organizam oksidira u mravlju kiselinu koja može izazvati slijepoću.

*Natrij* je metal srebrnkasto bijele boje. Lako reagira sa zrakom pa se mora čuvati u boci potopljen u petrolej. S vodom reagira vrlo burno. Pri reakciji se oslobađa toplina pa može doći do zapaljenja.

## 6.5. Boce za reagense

Sve reagense treba čuvati u staklenim ili plastičnim bocama propisno zatvorenim. Lužine treba čuvati u plastičnim bocama s plastičnim ili gumenim čepom. Kiseline treba čuvati u bocama začepljenim staklenim ili plastičnim čepom.

Čvrsti reagensi se čuvaju u bocama širokog grla kako bi ih lakše vadili pomoću odgovarajućih žlica. Tekući reagensi se čuvaju u bocama uskog grla kako bi isparavanje bilo što manje.

Svaka boca ima svoj odgovarajući čep pa stoga treba paziti da ih ne zamjenimo jer to može dovesti do onečišćenja kemikalija. Nakon uzimanja potrebne količine reagensa boca se mora odmah začepiti.



**Slika 27.** Različite boce za reagense



**Vježba 1:** Uzajamno djelovanje natrija i vode

U Petrijevu zdjelicu do polovine ulij destilirane vode. Stavi par kapi fenoftaleina. Pincetom izvadi komadić natrija iz petroleja. Stavi ga na filtrirni papir. Očisti ga nožićem sa svih strana. Ostatke vrati u bocu s petroleom. Očišćeni komadić veličine zrna graška pincetom spusti u Petrijevu zdjelicu i promatraj što se zbiva. Eksperiment možeš ponoviti tako da na površinu vode staviš komadić filter papira i na njega komadić natrija.

## 7. MJERNE JEDINICE

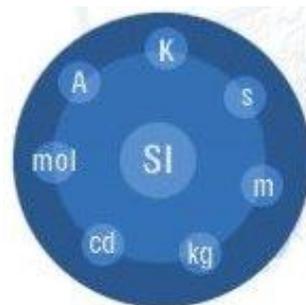
Rezultat mjerenja izražavamo *brojčanom* vrijednošću i odgovarajućom *jedinicom*.

Sustav mjernih jedinica koji se upotrebljava skoro u cijelom svijetu je **Međunarodni sustav mjernih jedinica** (skraćeno **SI** prema francuskom nazivu *Système International d'Unités*).

Ovaj sustav prihvatila je Generalna konferencija za utege i mjere 1960.

Prema **SI** sustavu mjerene jedinice mogu biti:

1. osnovne jedinice
2. dopunske jedinice
3. izvedene jedinice



**Tablica 1.** Osnovne fizičke veličine i njihove mjerne jedinice prema SI

FIZIČKA VELIČINA		JEDINICA	
NAZIV	ZNAK	NAZIV	ZNAK
Dužina	l	metar	m
Masa	m	kilogram	kg
Vrijeme	t	sekunda	s
Jačina električne struje	I <sub>v</sub>	amper	A
Termodinamičke temperatura	T	kelvin	K
Intenzitet svjetlosti	J	kandela	cd
Količina tvari	n	mol	mol

**Tablica 2.** Dopunske fizičke veličine i njihove mjerne jedinice prema SI

FIZIČKA VELIČINA	JEDINICA		
	NAZIV	OZNAKA	DIMENZIJA
Kut	radijan	rad	m m <sup>-1</sup>
Prostorni kut	steradian	sr	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>

**Tablica 3.** Neke izvedene fizičke veličine i njihove mjerne jedinice po SI

FIZIČKA VELIČINA	JEDINICA		
	NAZIV	ZNAK	DIMENZIJA
Sila, težina ( F, G)	njutn	N	kgms <sup>-2</sup>
Tlak (p)	paskal	Pa	Nm <sup>-2</sup>
Energija (E)	džul	J	Nm
Snaga (P)	vat	W	Js <sup>-1</sup>
Električni naboj (Q)	kulon	C	As
Gustoća (ρ)	kilogram po kubnom metru	kg/m <sup>3</sup>	kgm <sup>-3</sup>
Volumen (V)	kubni metar	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Površina (A)	kvadratni metar	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Koncentracija (c)	mol po kubnom metru	mol/ m <sup>3</sup>	mol/ m <sup>3</sup>
Radioaktivnost	becquerel (bekerel)	Bq	s <sup>-1</sup>

**Prefiks** predstavlja broj koji pomnožen jedinicom daje njezin višekratnik.

SI jedinice s prefiksima također se smatraju jedinicama Međunarodnog sustava.

**Tablica 4.** Prefiksi

Faktor	Prefiks	Znak	Faktor	Prefiks	Znak
10 <sup>-1</sup>	deci	d	10	deka	da
10 <sup>-2</sup>	centi	c	10 <sup>2</sup>	hekto	h
10 <sup>-3</sup>	mili	m	10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-6</sup>	mikro	μ	10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>-9</sup>	nano	n	10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>-12</sup>	piko	p	10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>-15</sup>	femto	f	10 <sup>15</sup>	peta	P
10 <sup>-18</sup>	ato	a	10 <sup>18</sup>	eksa	E

**Mjere za volumen (obujam)**

Jedinica za volumen je kubni metar ( $m^3$ )

**Ostale mjere za volumen:**

kubni decimetar ( $dm^3$ )  $1 dm^3 = 0,001 m^3$

kubni centimetar ( $cm^3$ )  $1 cm^3 = 0,000001 m^3$

kubni milimetar ( $mm^3$ )  $1 mm^3 = 0,000000001 m^3$

**Mjere za volumen tekućina**

litar (l)  $1 l = 1 dm^3 = 0,001 m^3$

hektolitar (hl)  $1 hl = 100 l$

decilitar (dl)  $1 dl = 0,1 l$

centilitar (cl)  $1 cl = 0,01 l$

mililitar (ml)  $1 ml = 0,001 l$

**Mjere za masu**

Jedinica za masu je kilogram (kg).

**Ostale mjere za masu:**

tona (t)  $1 t = 1000 kg$

dekagram (dag)  $1 dag = 0,01 kg$

gram (g)  $1 g = 0,001 kg$

**Mjere za gustoću (specifičnu masu)**

Jedinica za gustoću u je kilogram po kubnom metru ( $kg/m^3$ ).

**Ostale mjere za gustoću:**

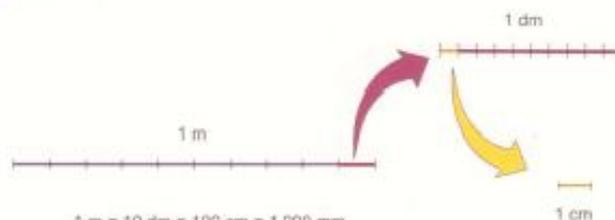
tona po kubnom metru ( $t/m^3$ )  $1 t/m^3 = 1000 kg/m^3$

kilogram po kubnom decimetru ( $kg/dm^3$ )  $1 kg/dm^3 = 1000 kg/m^3$

gram po kubnom centimetru ( $g/cm^3$ )  $1 g/cm^3 = 1000 kg/m^3$

## PRETVORBA JEDINICA

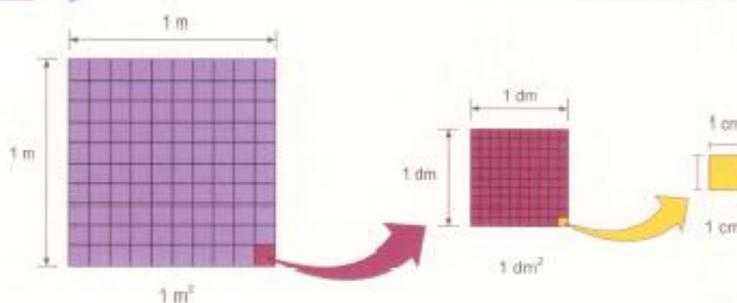
m, dm, cm, mm



$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1\,000 \text{ mm}$$

$$1 \text{ m} = 10^1 \text{ dm} = 10^2 \text{ cm} = 10^3 \text{ mm}$$

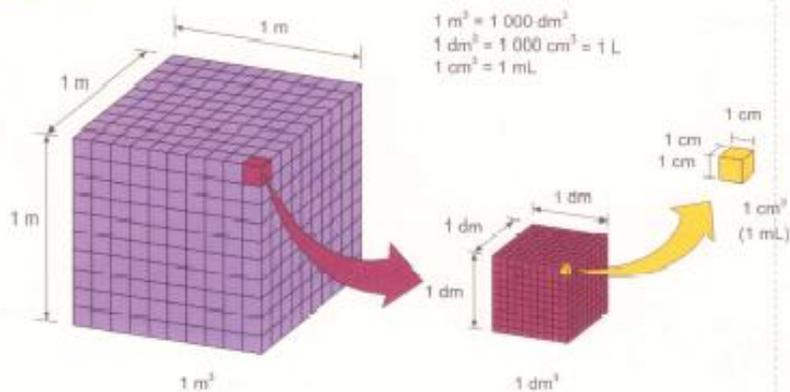
m<sup>2</sup>, dm<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>, mm<sup>2</sup>



$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^2 \text{ dm}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

m<sup>3</sup>, dm<sup>3</sup>, cm<sup>3</sup>, mm<sup>3</sup>



$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ dm}^3 = 1\,000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ L}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3 = 1\,000\,000\,000 \text{ mm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$$



**Zadatak:** Rješavati različite zadatke radi uvježbavanja pretvaranja mjernih jedinica

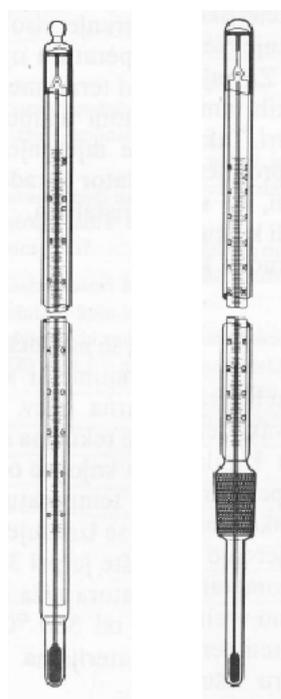
## 8. MJERENJE I REGULACIJA

### TEMPERATURE

Celsius to Kelvin:

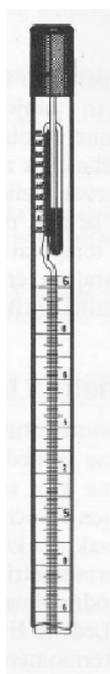
$$K = ^\circ C + 273.$$

Za mjerenje temperature koristimo termometre. Termometri mogu biti različitih izvedbi ovisno o namjeni. U kemijskom laboratoriju se najčešće koriste štapni termometri koji mogu biti punjeni živom ili alkoholom. Za mjerenje niskih temperatura koriste se plinski termometri, a za mjerenje visokih temperatura termočlanci ili optički pirometri. Danas se sve više koriste digitalni termometri.



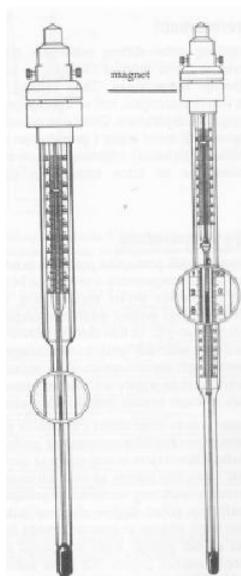
#### Termometri s tekućinama

Živin termometar predstavlja dugu staklenu cjevčicu unutar koje je kapilara koja je na dnu proširena u rezervoar napunjen živom. Unutar cjevčice se nalazi skala u  $^\circ C$ . Povećanjem temperature živa se rasteže i penje se u kapilaru, a hlađenjem se živa steže i povlači u rezervoar.  $0^\circ C$  je određeno uranjanjem termometra u smjesu vode i leda, a  $100^\circ C$  je određeno uranjanjem termometra u vodenu paru iznad vode koja vrije. Razmak između te dvije vrijednosti je podijeljen na 100 jednakih dijelova i svaki taj dio predstavlja  $1^\circ C$ . Živinim termometrom možemo mjeriti temperature u rasponu od  $-20$  pa do  $350^\circ C$ . Alkoholni termometri su iste građe kao i živini ali tekućina kojom su ispunjeni je alkohol. Kako je alkohol bezbojna tekućina da bi je mogli vidjeti u kapilari mora biti obojen. Najčešće je obojen crvenom bojom. Alkoholni termometri su obično u mjernom području od  $-10$  do  $160^\circ C$ .



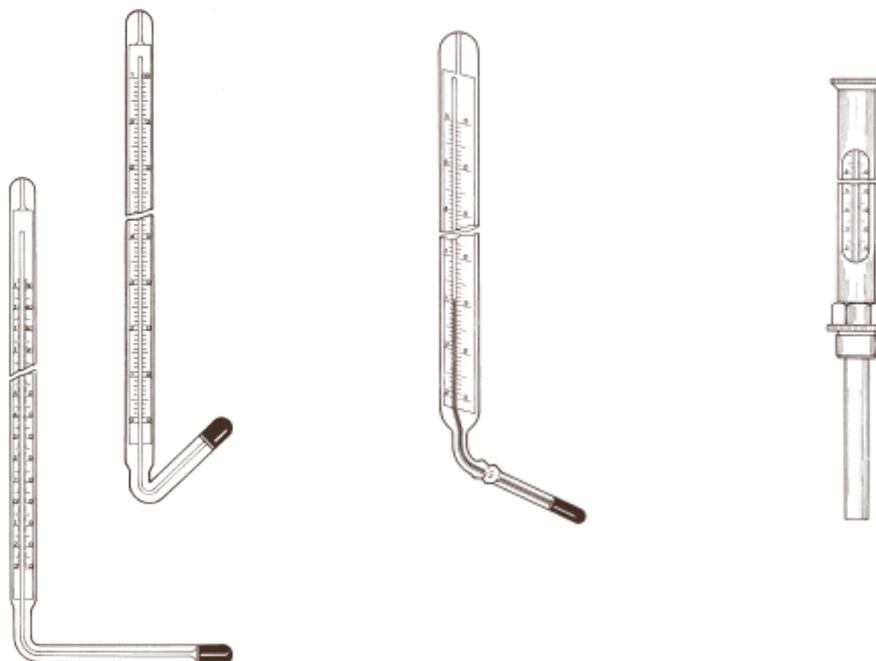
#### Beckmanov termometar

Ovim termometrom ne možemo izmjeriti trenutačnu temperaturu. On služi samo za mjerenje promjene temperature. Ovaj termometar ima skalu koja obuhvaća samo 6K, a svaki stupanj kelvina je podijeljen na još 100 jednakih dijelova. Na donjem dijelu ima veliki rezervoar za živu na koji se nastavlja vrlo uska kapila, koja na vrhu završava manjim rezervoarom u obliku slova U. Uz taj manji rezervoar nalazi se još jedna skala baždarena u stupnjevima celzusa i pokazuje za koje je temperaturno područje termometar podešen. Živa se iz donjeg rezervoara može jednostavnim okretanjem termometra pretočiti u gornji rezervoar. Na taj način možemo povećati ili smanjiti volumen žive podložne toplinskom širenju. Ako mjerimo porast temperature onda se razina žive mora nalaziti pri dnu skale, a ako mjerimo sniženje temperature onda se živa mora nalaziti pri vrhu skale. Ovaj termometar se uglavnom koristi u kalorimetriji za mjerenje oslobođene ili utrošene topline.



### Kontaktni termometar

Ova vrsta termometra se koristi kada je potrebno održavati stalnom neku temperaturu unutar nekog prostora. To je živin termometar koji ima Pt elektrodu koja je u kontaktu sa živom. Kroz kapilaru termometra prolazi druga elektroda kojoj se može regulirati položaj. Ona se stavlja na temperaturu koju trebamo održavati. Elektrode kontaktnog termometra su priključene na sklopku koja uključuje ili isključuje grijač. Kada se temperatura snizi ispod zadane prekine se kontakt između žive i elektrode u kapilari pa sklopka uključi grijač. Kada se postigne zadana temperatura sklopka isključi grijač i tako se u uređaju održava stalna temperatura



**Slika 28.** Različite vrste termometara: kutni, za tlo, industrijski

## 9. VAGE

### 9.1. Vrste vaga

Vaga je uređaj pomoću kojega mjerimo masu.

Nakad su se koristile *mehaničke* vage, a danas su sve vage *digitalne*.



**Slika 29.** Mehanička vaga s utezima

Vage se koriste u brojnim djelatnostima - u trgovini, proizvodnji, laboratorijima, skladištima, u transportu... Podijelili smo vage prema tipu odnosno namjeni, no pregledavajući karakteristike pojedinih modela primijetit ćete da su neke od vaga multifunkcijske, odnosno da imaju mogućnost primjene u različitim radnim okruženjima i različitim zadacima vaganja.



**Slika 30.** Trgovačke vage, vage za industriju i logistiku

Vaga je dio opreme nezaobilazan u suvremenoj trgovini. Najčešće su to delikatesne vage ili vage za voće i povrće. Mogu biti opremljene printerom za ispis etikete s nazivom artikla, težinom i bar kodom, ako se radi o samoposlužnoj vagi tu je i praktična tipkovnica za odabir artikla koji se važe.

Neke trgovačke vage imaju mogućnost umrežavanja. Mogu pohraniti određeni broj artikala, a neki modeli imaju i mogućnost pohrane više vrsta i dimenzija etiketa. Sofisticirani modeli vaga nude i druge napredne funkcije: mogućnost prijavljivanja trgovaca ili operatera, više robnih grupa, rad po odjelima.

Postoji niz tipova vaga industrijske namjene i snage za različite potrebe i aplikacije: od manjih prenosivih do platformskih podnih vaga, visokog kapaciteta ili visoke rezolucije.

U različitim industrijama ili područjima primjene potrebne su različite karakteristike vaga.

Ovisno o postavljenom zadatku, postoje modeli za suho i vlažno okruženje, kontrolne vage, vage za brojanje komada, s većim ili manjim mjernim plohamama, podne, stolne ili kompaktne. Kapacitet (radno područje) i preciznost svake vage u skladu je s očekivanom namjenom.

## 9.2. Laboratorijske vage

Masu tvari u laboratoriju mjerimo vaganjem na analitičkoj i tehničkoj vagi.



Slika 31. Analitičke i tehničke vage



*Analitička vaga* je osjetljiv i skup instrument za precizno određivanje mase tvari. O njezinoj ispravnosti i preciznosti ovisi točnost rezultata analize. Mjeri stočnošću 0,0001 g ( $\pm$  0,1 mg). Najrašireniji tip analitičke vage je vaga kapaciteta ispod 300 g, točnosti očitavanja 0,1 mg. Zatvorena je u staklenom ormariću koji ima mogućnost otvaranja s prijeda i s bočnih strana. Ormarić štiti vagu od prašine i zračnih strujanja.

Precizne vage se koriste u brojnim djelatnostima - proizvodnji, laboratoriju, zlatarnama, muzejima. Malog su kapaciteta i velike preciznosti (0,1 g - 0,001 g), razmjerno radnom području. Često su prenosive, a napajaju se iz baterija ili iz gradske mreže.



*Tehnička vaga* se koristi kada je potrebna manja točnost mjerenja. Njezina točnost iznosi  $\pm$  0.01g. Tehnička vaga je otvorena.

Svaka vaga mora zadovoljiti određene zahtjeve:

1. Vaga mora biti STABILNA
2. Mora biti TOČNA tj . mora odgovarati određenom stupnju točnosti (tehnička  $\pm$  0.01 g a analitička  $\pm$  0.0001 g
3. Vaga mora biti PRECIZNA, što znači da u nizu uzastopnih vaganja istog predmeta moramo dobiti isti rezultat
4. Mora biti OSJETLJIVA

### 9.3. Pravila pri vaganju

Pri korištenju vage moramo se pridržavati određenih pravila:

1. Prvo moramo provjeriti da li je vaga u horizontalnom položaju. To se kontrolira libelom kružnog oblika koja se nalazi na postolju vage. Horizontalni položaj se postiže pomoću vijaka koji se nalaze najčešće na prednjoj strani postolja.
2. Uključimo vagu i sačekamo da sama odradi proces provjere nul-točke. Kada se na ekranu pokažu nule vaga je spremna za rad.
3. Na vagu ne smijemo stavljati vruće, mokre i nečiste predmete. Predmete koje važemo moraju imati temperaturu prostora u kojem se nalazi vaga.
4. Kemijske reagense nikada ne važemo direktnim stavljanjem na zdjelicu vage nego ih važemo u posudici za vaganje, satnom staklu, petrijevoj zdjelici ili lađici od papira.
5. Vagu nikada ne smijemo opteretiti preko dozvoljene granice, a ona je naznačena uz svaku vagu.
6. Kod vaganja analitičkom vagom koristimo se bočnim vratašcima na ormariću vage.
7. Po završetku vaganja vagu pregledamo i isključimo. U koliko je došlo do prosipanja regensa, očistimo podlogu uklanjanjem nečistoća.

#### Vježba 1: Određivanje mase predmeta vaganjem



Izvaži zadane predmete na analitičkoj i tehničkoj vagi, te njihovu masu zabilježi u svoj dnevnik

Gustoća se općenito može definirati kao omjer mase i volumena. Za gustoću se koriste jedinice  $\text{kg/m}^3$ , a u kemiji se češće koristi jedinica  $\text{g/cm}^3$  ili  $\text{g/ml}$ .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\rho$  - gustoća tvri

$m$ - masa tvri

$V$ - volumen tvri

(1)

U praktičnom se radu često upotrebljava *relativna* gustoća koja se dobije uspoređivanjem gustoće tvri s gustoćom neke druge referentne tvri. Najčešće referentne tvri su voda ili zrak.

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}$$

$\rho$ - gustoća ispitivane tvri

$\rho_0$ -gustoća referentne tvri

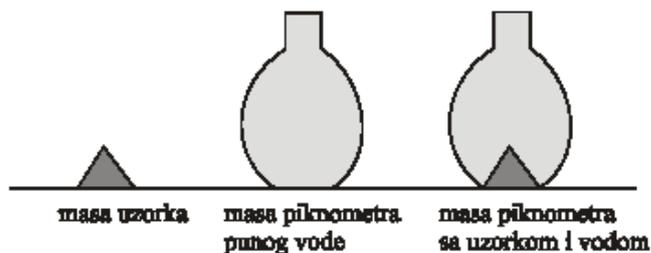
$d$ - relativna gustoća

(2)

Gustoća tvri ovisi o temperaturi pa uvijek mora biti navedena temperatura pri kojoj je određivanje izvršeno.

### 10.1. Određivanje gustoće krutih tvri

Najjednostavniji način određivanja gustoće krute tvri jest da joj odredimo masu i volumen, te gustoću izračunamo prema formuli (1). Masu odredimo vaganjem krutog uzorka, a volumen odredimo tako da uzorak uronimo u menzuru s vodom. Nivo vode će se podići. Razlika u nivoima prije i poslije uranjanja predmeta predstavlja njegov volumen. Ovaj način je neprecizan i primjenjuje se kad je predmet nepravilnog oblika i kada nam nije neophodan precizan podatak. Kod pravilnih geometrijskih tijela volumen možemo i izračunati. Precizniji način određivanja gustoće je pomoću piknometra. Ako koristimo ovu metodu uzorak mora biti usitnjen do praha i na smije se otapati u vodi. Gustoća se izračuna prema formuli (3).



$$\rho = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{m_4 + m_2 - (m_1 + m_3)}$$

(3)

Gdje su:

$m_1$  – masa suhog piknometra

$m_2$  –masa piknometra + kruti uzorak

$m_3$ - masa piknometra + kruti uzorak + voda

$m_4$ - masa piknometra + voda

Prije vaganja piknometar treba obrisati da ne bude vlažan.

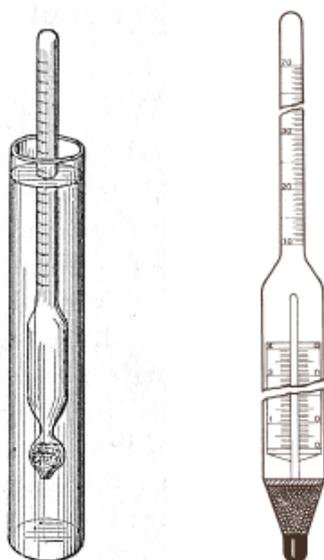
### 10.2. Određivanje gustoće tekućina

Gustoću tekućina možemo odrediti na nekoliko načina:

1. Areometrom
2. Piknometrom
3. Mohr-westphalovom vagom

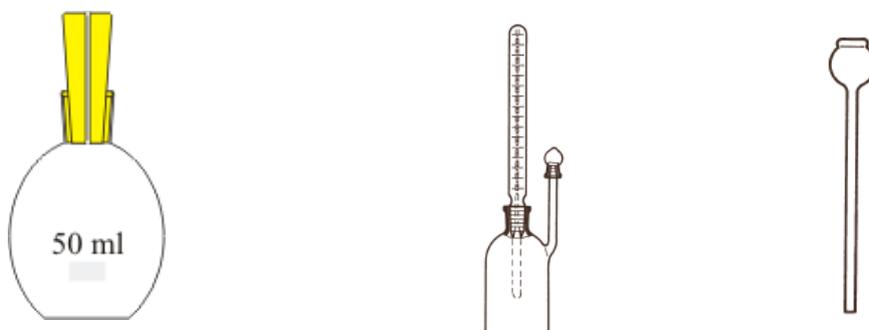
*Areometar* je instrument kojim se određuje gustoća tekućina. Ovu metodu možemo koristiti samo onda kada imamo dovoljno tekućine na raspolaganju.

Areometar se sastoji od šupljeg vretenastog tijela načinjenog od stakla koje je na donjem dijelu opterećeno olovnim kuglicama, a gornji dio se produžuje u usku cijev u kojoj se nalazi skala s oznakama gustoće. Areometar se uranja u tekućinu čiju gustoću mjerimo. Ako je tekućina gušća pružat će veći otpor areometru pa on neće tonuti. Na skali areometra ovisno o njegovom potonuću direktno očitamo gustoću tekućine. Najčešće se tekućina stavlja u menzuru od 300ml. U menzuru se ulije 250 ml tekućine i lagano pušta areometar. Areometar ne smije doticati stijenke niti dno menzure nego mora slobodno plutati u menzuri.



**Slika 32.** Areometar bez (a) i sa (b) temperaturnom skalom

*Piknometar* se koristi za određivanje gustoće tekućina onda kada na raspolaganju imamo male količine tekućine. Da bi odredili gustoću moramo izvagati prazan piknometar ( $m_1$ ) i piknometar napunjen tekućinom ( $m_2$ ), a zatim se računa po formuli (1). Uzimamo da je volumen tekućine jednak volumenu piknometra.



**Slika 33.** Piknometar

Piknometar s termometrom

Lijevak za piknometar



*Mohr-westphalova vaga* se koristi za određivanje relativne gustoće tekućina. Vaga se sastoji od dva kraka, kraćeg i duljeg. Na duljem kraku je obješen stakleni valjak. Kada se nalaze na zraku oba kraka su u ravnoteži. Kada se stakleni valjak uroni u tekućinu poremeti se ravnoteža, a ponovo je uspostavljamo opterećivanjem drugog kraka utezima. Iz mase dodanih utega očitamo gustoću tekućine



### Vježba 1: Određivanje gustoće krutih uzoraka menzutom

Uzorak čiju gustoću želiš odrediti prvo izvaži na tehničkoj vagi. U odgovarajuću menzuru ulij dovoljno vode da možeš potopiti uzorak i zabilježi početni volumen vode u menzuri. Uroni uzorak. Nivo vode u menzuri je porastao. Očitaj volumen vode nakon uranjanja. Razlika volumena vode prije i poslije uranjanja jest volumen uzorka. Gustoću izračunaj prema formuli (1).



### Vježba 2: Određivanje gustoće tekućine areometrom

Za reagensu u boci na etiketi možeš očitati gustoću što pomaže pri odabiru areometra. Ako neznamo gustoću tekućine poslužiti ćemo se *univerzalnim* areometrom pomoću kojeg ćemo odrediti područje u kojem se nalazi gustoća ispitivane tekućine. Iz seta areometara odaberi odgovarajući areometar i lagano ga spuštaj u menzuru ispunjenu tekućinom. Kada osjetiš da areometar slobodno pliva u tekućini ispusti ga. Na vratu areometra očitaj gustoću tekućine i njezinu temperaturu.



### Vježba 3: Određivanje gustoće tekućina piknometrom

Na analitičku vagu izvaži prazan piknometar i zabilježi masu. Napuni piknometar tekućinom čiju gustoću određuješ i začepi da se višak tekućine prelije. Obriši piknometar i izvaži. Volumen piknometra očitaj na piknometru. Razlika masa praznog i punog piknometra je masa tekućine. Gustoću izračunaj prema formuli (1).



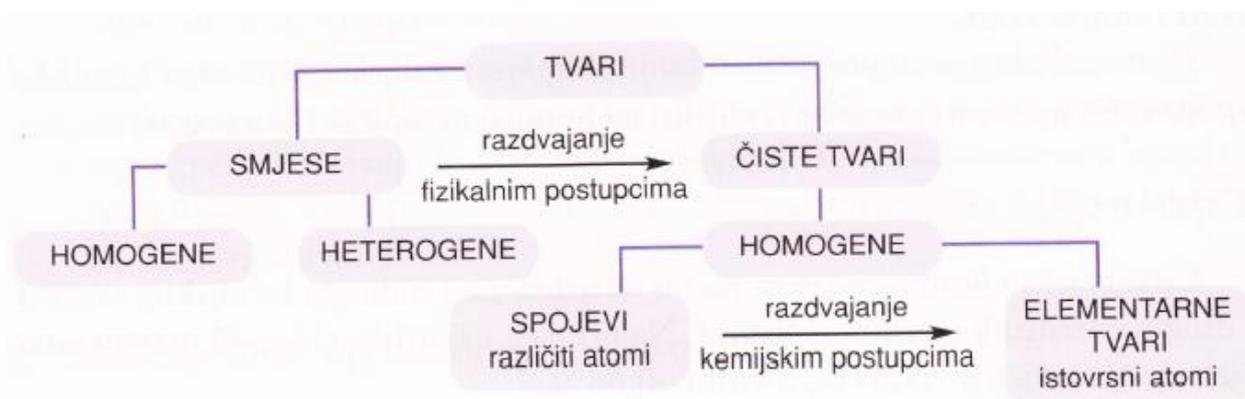
### Zadaci iz gustoće

1. Odredi masu klorovodične kiseline ako je njezina gustoća 1.20g/ml, a volumen 0.5l ( $R=600g$ )
2. Željezni predmet nepravilnog oblika stavljen je u menzuru u kojoj je bilo 20 ml vode. Nivo vode se podigao na 88,4 ml. Ako je masa predmeta iznosila 0.5335kg izračunaj gustoću željeza ( $R= 7,8 g/ml$ )
3. Zlatna pločica ima dimenzije 1,2 cm x 5 mm x 2 mm i masu 2,3160g. Izračunaj gustoću zlata ( $R=19,3 g/ml$ )
4. Srebrna žica ima promjer 2mm i masu 6,5940g. Ako je gustoća srebra 10,5 g/ml odredi duljinu žice ( $R= 20 cm$ )

## 11. RASTAVLJANJE SMJESA

### 11.1. Smjese

Svijet koji nas okružuje izgrađen je od različitih tvari. Svaka tvar ima karakteristična svojstva. Tvari u prirodi možemo podijeliti na *čiste tvari* i *smjese tvari*. Čiste tvari su kemijski elementi i kemijski spojevi. Smjese mogu biti *homogene* i *heterogene*.



Slika 34. Podjela tvari



**Homogene smjese** su smjese u kojima se golim okom, povećalom ili mikroskopom ne mogu vidjeti pojedine vrste čestica u smjesi. U svakom svom dijelu imaju isti sastav i svojstva.

Pogodnim fizikalnim postupcima se mogu rastaviti do čistih tvari.

Primjeri homogenih smjesa u svakodnevnom životu: ocat, vodena otopina soli ili šećera, zrak, more, legure...

**Heterogene smjese** su smjese u kojima se golim okom, povećalom ili mikroskopom mogu razlikovati vrste čestica u smjesi. Imaju promjenjiv sastav i svojstva .

Primjeri heterogenih smjesa u svakodnevnom životu: zemlja, suspenzija pijeska u vodi, prašina u zraku, onečišćena voda, vegeta...



Pojedini sastojci smjese mogu se odijeliti odgovarajućim postupcima kao što su dekantiranje, filtriranje, destilacija, sublimacija, ekstrakcija, kromatografija itd. O vrsti smjese ovisi postupak kojim se mogu izdvojiti sastojci smjese.

## 11.2. Filtriranje

Filtriranje je jedan od čestih postupaka u kemijskom laboratoriju, industriji pa i u domaćinstvu. Koristi se za odvajanje sastojaka heterogenih smjesa koje se sastoje od čvrste i tekuće faze (suspenzija). To je postupak odjeljivanja čvrste tvari od tekućine pomoću filtera koji mogu biti od papira, stakla, porculana, staklene vune, pijeska.. Čvrste čestice se u obliku **taloga** zadržavaju na filtrirnom papiru, a čestice tekućine prolaze kao **filtrat**.

U kemijskom laboratoriju najčešće se koristi filtrirni papiri koji mogu biti različitih veličina pora (gustoća). Da bi se filtrirni papiri lakše razlikovali po veličini pora, na kutije s filtrirnim papirima stavljaju se oznake u različitim bojama:

**Crna traka:** velika proznost, za želatinozne taloge i grube taloge

**Bijela traka:** srednja poroznost, za kristalne taloge i veće čestice taloga

**Plava traka:** mala proznost, za kristalne taloge i vrlo male čestice

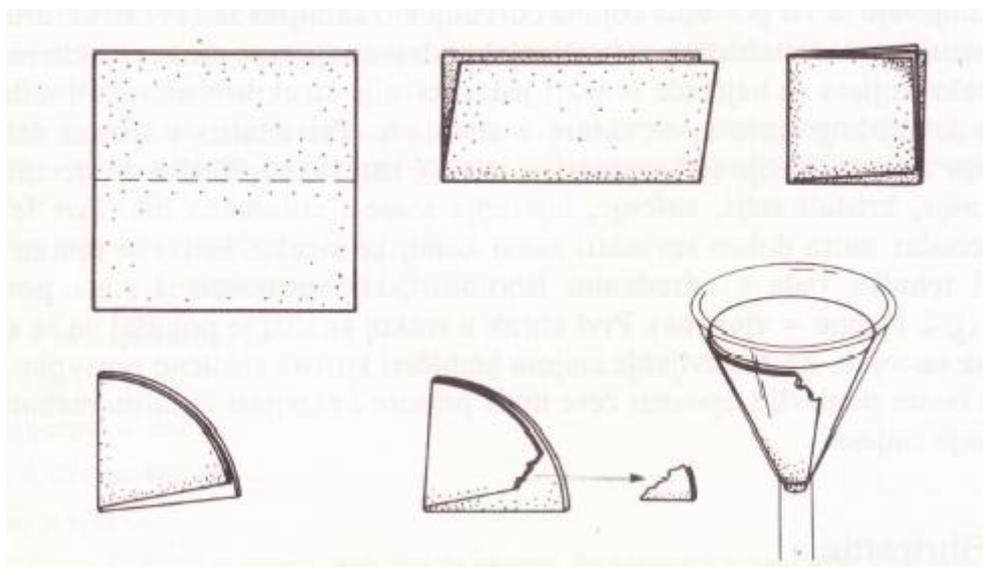
**Zelena traka:** mala poroznost, vrlo sitnozrnate kristale

Za uspješno filtriranje čestice taloga moraju biti veće od pora filtrirnog papira. Ako su čestice čvrste tvari približno jednake veličini pora filtrirnog papira filtriranje će biti otežano, jer će čestice ući u pore i začepiti ih ili će proći kroz njih pa će filtrat biti mutan.

Filtrirni papiri se upotrebljavaju savijeni na dva načina:

- a) kao obični ili ravni filtrirni papir
- b) kao naborani filtrirni papir

**Obični ili ravni** filtrirni papir slaže se kako se vidi na slici. Savijeni filtrirni papir se uložiti u lijevak, nakvasi destiliranom vodom i lagano priljubi uz stijenku lijevka.



**Slika 35.** Postupak slaganja običnog (ravnog) filtrirnog papira

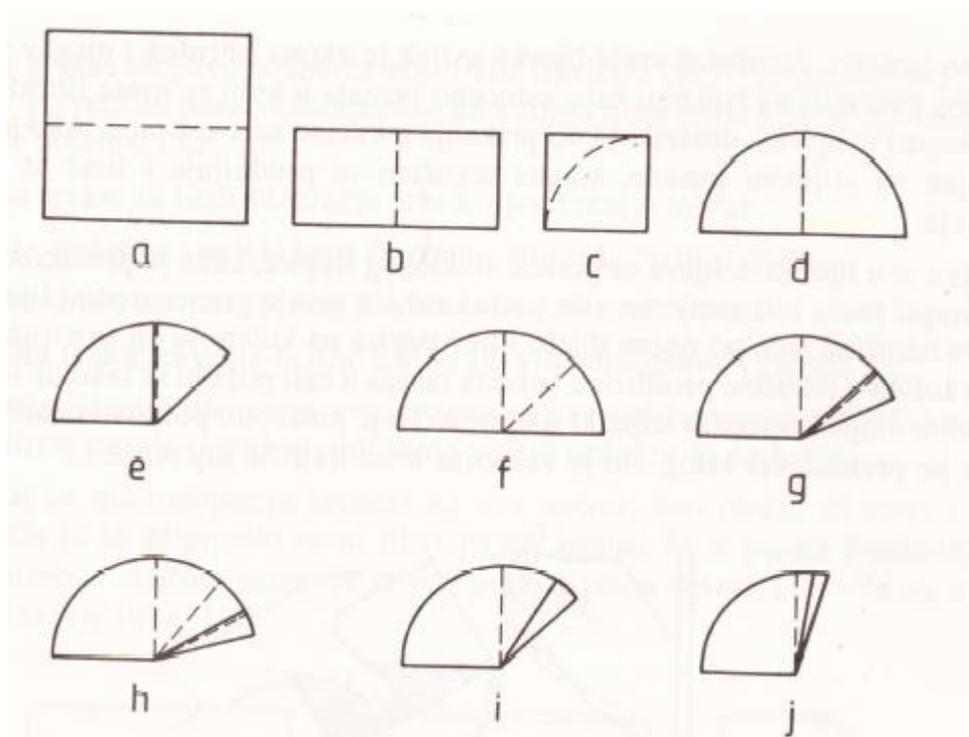
Veličina lijevka i filtrirnog papira odabere se ovisno o količini otopine i taloga koji treba profiltrirati. Talog ne smije dosežati više od  $\frac{1}{3}$  visine filtrirnog papira. Visina filtrirnog papira mora biti 3 do 5 mm ispod ruba lijevka. Koristi se kada je potreban talog.



### Vježba 1: Slaganje običnog filtrirnog papira

Složi obični ili ravni filtrirni papir prema slici 35.

U slučajevima kada je potreban samo filtrat upotrebljava se **naborani** filtrirni papir.



**Slika 36.** Postupak slaganja naboranog filtrirnog papira

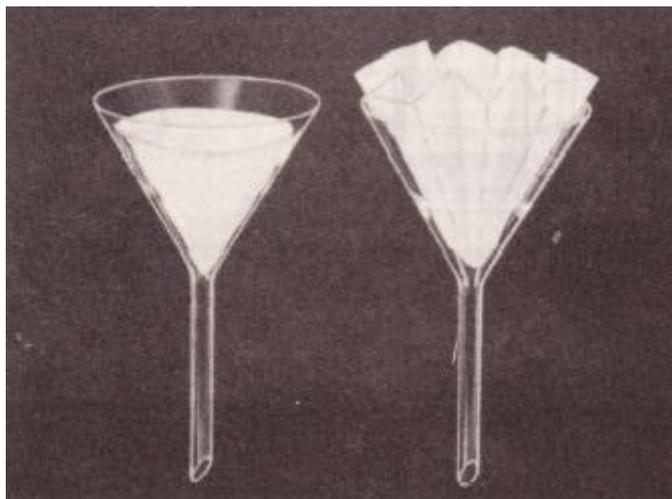
Prilikom pripremanja ovog filtrirnog papira treba paziti da svi nabori ne završavaju strogo u centru papira i da se nabori ne presavijaju suviše oštro. U protivnom filtrirni papir se obično probuši u centru.

Složeni filtrirni papir raširi se u lijevak za filtriranje. Najčešće se upotrebljava za vruće filtriranje. Rub naboranog filtrirnog papira mora uvijek biti nekoliko mm viši od ruba lijevka.



### Vježba 2: Slaganje naboranog filtrirnog papira

Složi naborani filtrirni papir prema slici 36.



**Slika 37.** Položaj ravnog i naboranog filtrirnog papira u odnosu na lijevak

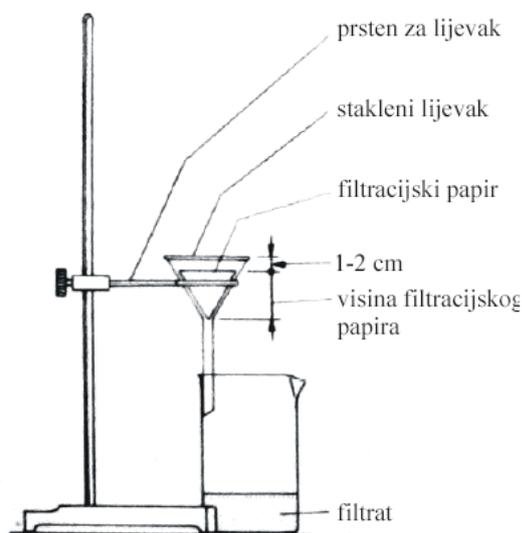
Filtriranje se može odvijati:

- a) pri atmosferskom tlaku (obično filtriranje)
- b) pri sniženom tlaku (vakuum filtriranje)

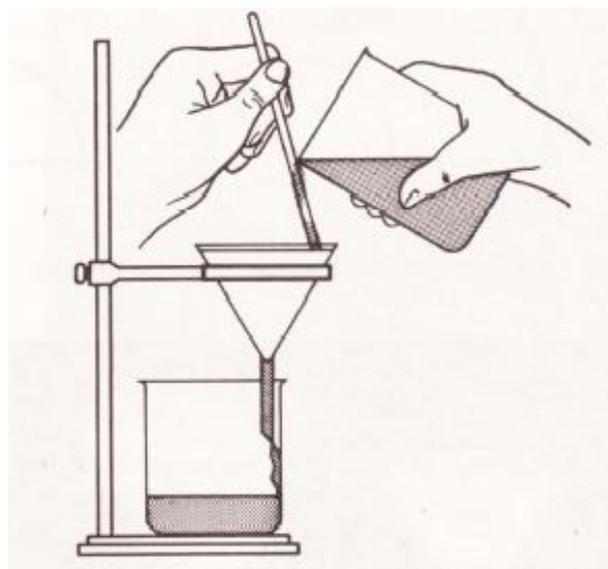
### **Filtriranje pri atmosferskom tlaku (obično filtriranje)**

Postupak filtriranja:

1. Lijevak za filtriranje se postavlja u prsten za filtriranje učvršćen na stalak.
2. Filtrirni papir mora biti dobro priljubljen uz stijenku lijevka.
3. Vrat lijevka mora biti naslonjen na stijenku čaše, jer je filtriranje brže i izbjegava se prskanje tekućine.
4. Tekućina se u lijevak sipa pomoću staklenog štapića.
5. Štapić mora biti usmjeren više prema rubu, a manje prema sredini lijevka i to tako da tekućina teče po onom dijelu filter papira na kojem je on trostruk
6. Kada se glavna količina tekućine profiltrirala, ostatak taloga u čaši pokupi se tako da se malom količinom otapala spere sa stijenki u lijevak. To je potrebno ponoviti nekoliko puta dok se ne prenese sav talog.



**Slika 38.** Aparatura za običnu filtraciju



**Slika 39.** Postupak filtriranja



### **Vježba 3.** Filtriranje na obično složen filtrirni papir

Složi aparaturu za obično filtriranje prema slici 38. Složi obični ili ravni filtrirni papir. U epruvetu stavi 5 ml otopine srebrova nitrata. Dodaj 5 ml otopine klorovodične kiseline. Nastali bijeli talog srebrova klorida profiltriraj.

### **Filtriranje pri sniženom tlaku (vakuum filtriranje)**

Da bi se ubrzao postupak filtriranja u laboratoriju se koristi filtriranje pod vakuumom. Osnov svega čini laboratorijski vakuum uređaj.

Uređaj se sastoji od:

- vodene sisaljke
- boce za odsisavanje
- manometra
- Büchnerovog lijevka
- sigurnosne boce za odsisavanje

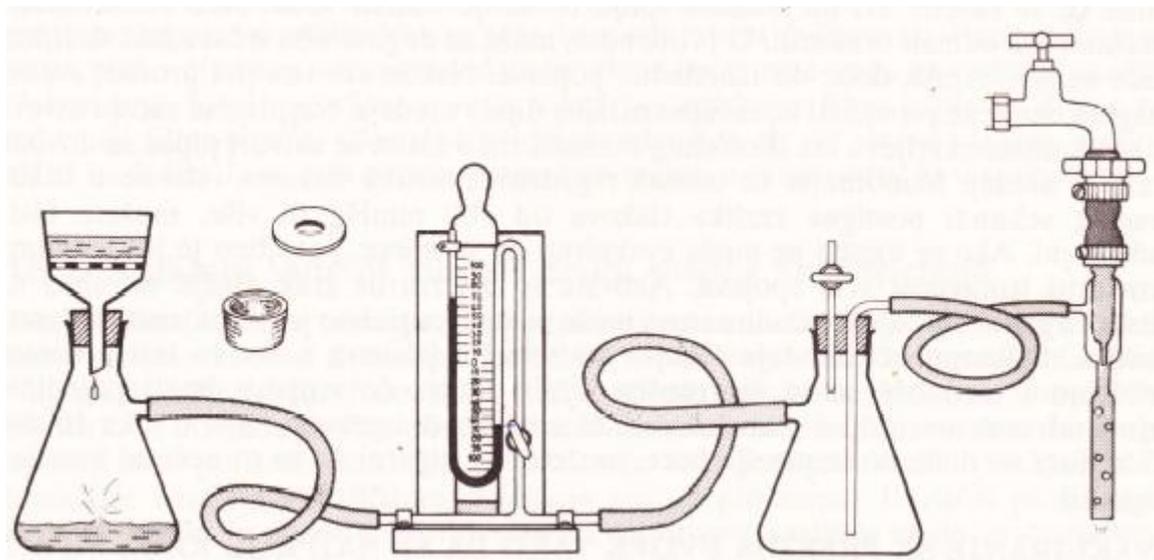
*Vodena sisaljka* može biti staklena, metalna ili plastična. Priključuje se gumenim crijevom na vodovod. Služi za postizanja sniženog tlaka (vakuum) u aparaturi. Vodenom sisaljkom se može postići vakuum od 20 mm Hg

*Boca za odsisavanje* ima deblje stijenke koje mogu izdržati razliku tlakova 1 bar. Oblika je kao Erlenmayerova tikvica koja neposredno ispod vrata ima bočni priključak za vakuumsko crijevo.

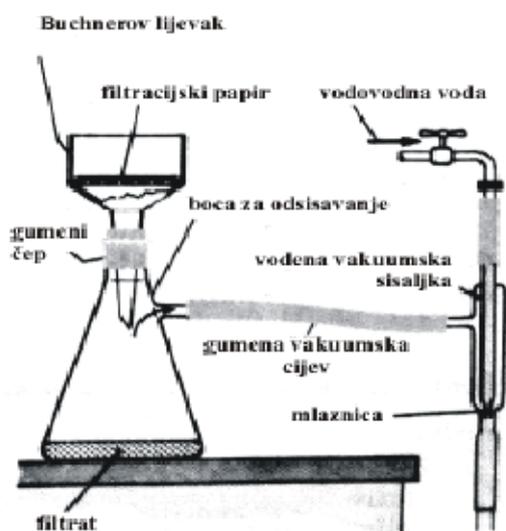
*Manometar* služi za mjerenje sniženog tlaka stvorenog vodenom sisaljkom. Jedan kraj manometra spojen je s bocom za odsisavanje, a drugi se priključi na bocu za odsisavanje s Büchnerovim lijevkom.

*Büchnerov lijevak* se stavlja na bocu za odsisavanje pomoću čepa.

*Sigurnosna boca za odsisavanje* ima važnu ulogu jer sprečava ulazak vode u aparaturu zbog eventualnog pada tlak u aparaturi.



**Slika 40.** Aparatura za filtriranje pri sniženom tlaku



U laboratoriju se često koristi pojednostavljeni vakuum uređaj, naročito kada filtrat nije potreban. Uređaj se sastoji od Büchnerovog lijevka, boce za odsisavanje i vodene sisaljke.

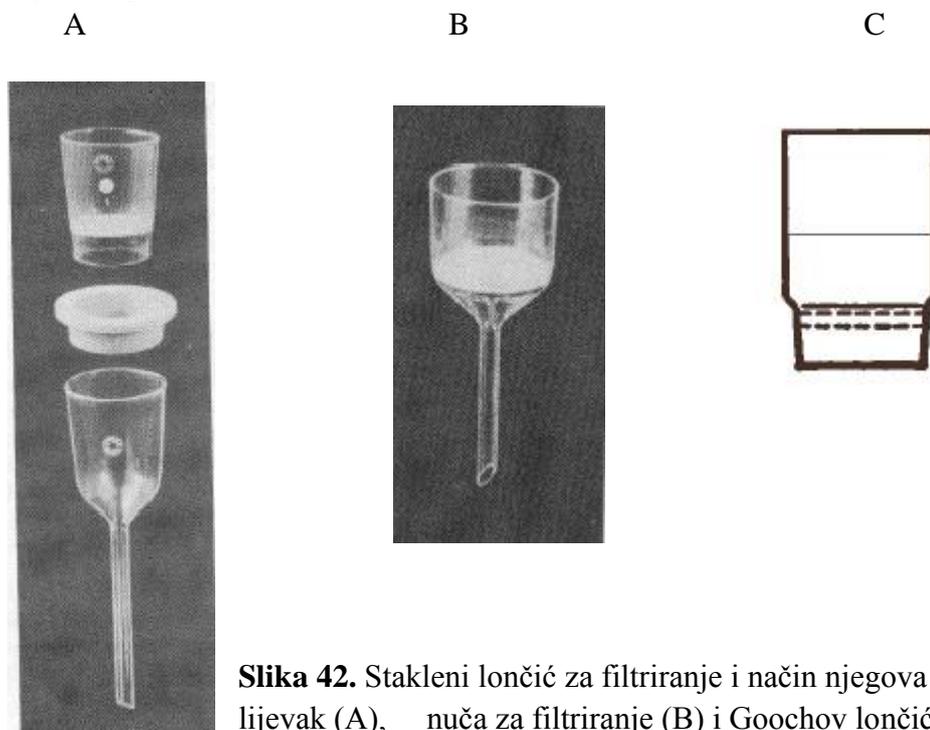
**Slika 41.** Pojednostavljeni uređaj za vakuum filtriranje

Postupak filtriranja:

1. Boca za odsisavanje se učvrsti hvataljkom za stalak.
2. U Büchnerov lijevak stavlja se okrugli filtrirni papir željene veličine pora. Promjer papira mora biti takav da pokriva samo rupice na lijevku. Papir ne smije nigdje prelaziti na vertikalne stijenke lijevka.
3. Filtrirni papir se na lijevku nakvasi vodom ili odgovarajućim otapalom, prstima poravna tako da rubovi budu dobro priljubljeni na ploču lijevka.
4. Boca se evakuira tako što se pusti voda kroz vodenu sisaljku punim mlazom.
5. Zatim se nalijeva tekućina koju treba filtrirati, ali najviše do polovice visine lijevka. Pod djelovanjem atmosferskog tlaka tekućina prolazi kroz filtrirni papir u bocu u kojoj vlada sniženi tlak. Odsisavanje treba provoditi dok s lijevka ne prestane kapati tekućina

6. Zatvaranjem vodene sisaljke u aparaturu se pušta zrak.
7. Lijevak se skine s boce, a sadržaj zajedno s filtrirnim papirom istrese na lađicu od papira. Filtrirni papir se odvoji od još vlažnog taloga, a talog se raširi na lađici da se suši.

Jake kiseline i lužine razaraju filtrirni papir, pa se za filtriranje takvih otopina upotrebljavaju stakleni lončići i lijevci ili nuče s utaljenom sinteriranom pločicom. U istu svrhu mogu se upotrijebiti i porculanski lončići za filtrirane, tzv. Goochovi (Guk) lončić.



**Slika 42.** Stakleni lončić za filtriranje i način njegovog postavljanja na lijevak (A), nuča za filtriranje (B) i Goochov lončić (C)



#### Vježba 4. Odvajanje kristala vakuum filtriranjem

U dvije čaše stavi po 20 ml vode. U prvu čašu stavi 1 žlicu krutog kalcijeva klorida, a u drugu natrijeva karbonata. Sadržaj u obje čaše promješaj da se tvari otope. Zatim otopinu natrijeva karbonata izlij u otopinu kalcijeva klorida. Nastale kristale odvoji vakuum filtriranjem.

### 11.3. Dekantiranje

Dekantiranje se primjenjuje za odijeljivanje suspenzija, gdje je gustoća čvrstih čestica znatno veća od gustoće tekućine. Provodi se tako da se čvrste čestice slegnu na dno (sedimentiranje ili taloženje) a bistra tekućina se odlije.



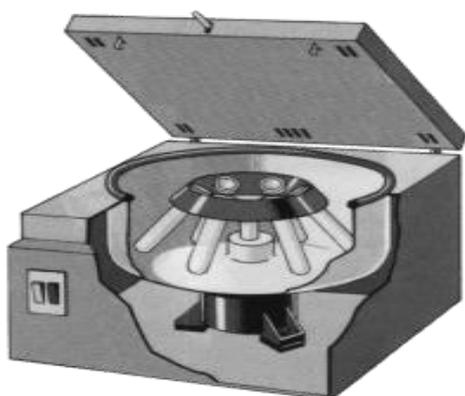
**Slika 43.** Postupak dekantiranja

#### 11.4. Centrifugiranje

Centrifugiranje se koristi za odjeljivanje suspenzija u kojima su male količine taloga u relativno velikom volumenu tekućine i u slučajevima kada nastaju sitno kristalični talozi koji bi prošli kroz filtrirni papir. Odvajanje taloga od tekućine temelji se na djelovanju centrifugalne sile.

Što je razlika u gustoći čvrstih čestica i tekućine veća odvajanje je bolje. Uređaji za centrifugiranje se zovu *centrifuge*.

Suspenzija se stavlja u kivete koje moraju biti jednako napunjene. Kivete se u centrifugu stavljaju u parovima i to dijametralno kako bi masa bila jednoliki raspoređena. Pri centrifugiranju kruta tvar se sabije na dnu kivete, a tekućinu iznad može se usisati kapaljkom i na taj način se razdvoju tekuća od krute faze.



**Slika 44 .** Električna centrifuga



**Slika 45.** Kivete



### Vježba 5. Sedimentiranje, dekantiranje i centrifugiranje

U epruvetu ulij 5 ml otopine olovova(II)nitrata. Zatim dodaj 5 ml otopine natrijeva klorida. Nastaje bijeli talog olovova(II)klorida. Odloži epruvetu u stalak i pričekaj da se talog slegne. Bistru tekućinu iznad taloga dekantiraj.

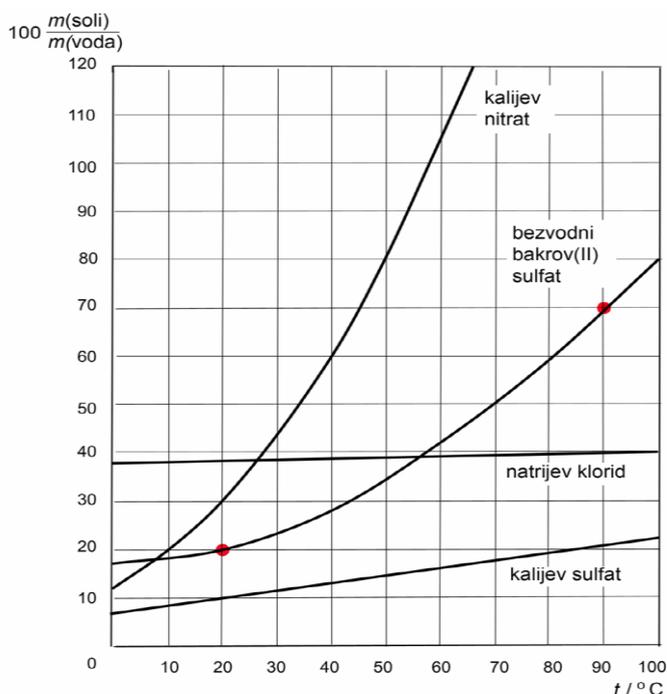
Eksperiment ponovi tako da talog odvojiš od tekućine centrifugiranjem.

### 11.5. Prekristalizacija

Prekristalizacija je postupak ponovne kristalizacije. Koristi se za pročišćavanje krutih tvari.

Postupak prekristalizacije osniva se na činjenicama:

- da se topljivost većine tvari povećava s porastom temperature
- da je topljivost različitih tvari pri istoj temperaturi različita



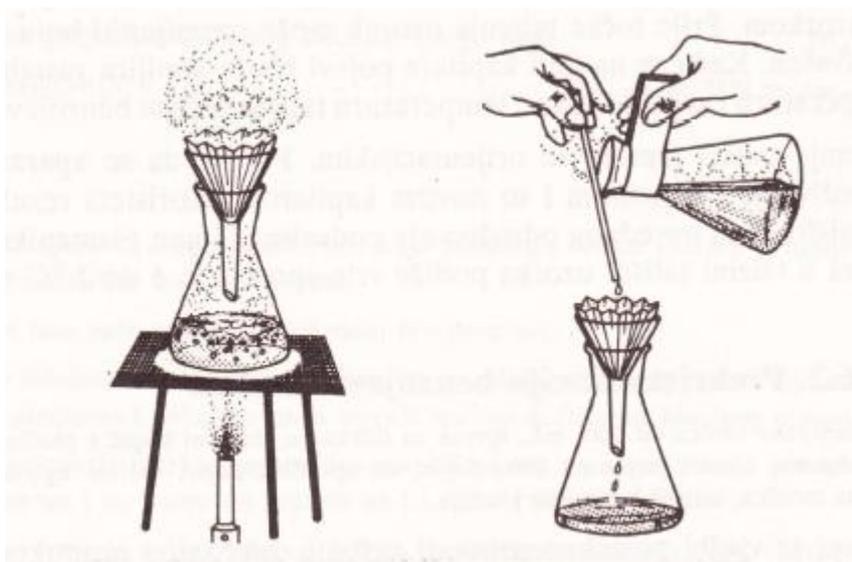
Slika 46. Krivulja topljivosti

Prilikom prekristalizacije čvrsta onečišćena tvar se otapa u što manjoj količini otapala da se dobije zasićena otopina. Hlađenjem tako zasićene otopine kristalizira čvrsta tvar, a nečistoće ostaju u otopini.

Nastali kristali odvoje se filtriranjem i osuše.

Postupak se mora ponavljati nekoliko puta s čistim otapalom kako bi se dobila što čišća tvar.

Prilikom prekristalizacije treba nastojati dobiti ni previše krupne ni previše sitne kristale. Krupni kristali obično sadrže male količine nečistoća, a sitni čine gustu kašu koja se teško filtrira. Brzim hlađenjem nastaju sitni, a sporim nastaju krupni kristali.



**Slika 47.** Postupak prekriztalizacije



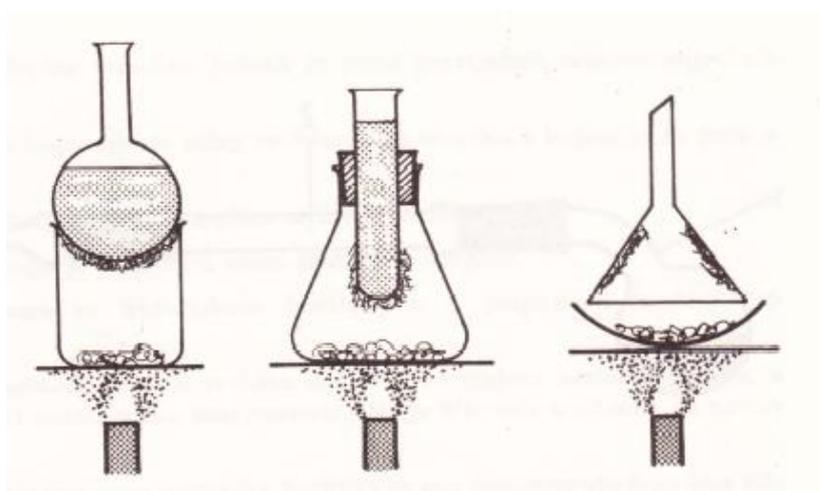
### Vježba 6: Prekriztalizacija benzojeve kiseline

U Erlenmayerovu tikvicu stavi 2 g benzojeve kiseline i dodaj oko 50 ml destilirane vode. Lagano zagrijavaj, dodaj na vrhu noža aktivnog ugljena i zagrijavaj do vrenja. U grlo tikvice postavi lijevak s naboranim filtrirnim papirom tako da se lijevak ugrije. Vruć lijevak prenesi na drugu tikvicu i odmah filtriraj vrelu smjesu kroz filtrirni papir. Tikvicu s filtratom ohladi vodovodnom vodom. Kristale iz hladne otopine odvoji vakuum filtriranjem i isperi s malo hladne vode. Dobivene kristale suši na izvaganom filter papiru u eksikatoru.

## 11.6. Sublimacija

Sublimacija je pojava isparavanja čvrste tvari bez prethodnog taljenja. Tako npr. naftalen (naftalin), poznato sredstvo protiv moljaca, sublimira i njegove pare dospiju u svaki kutak zatvorenog ormara. Zbog velikog tlaka para, naftalen brzo izvjetri iz odjeće ako se ona stavi na propuh ili izloži suncu. Slična svojstva ima više elemenata i spojeva: sumpor, amonijev klorid, živin(II)klorid, živin(II)jodid, kamfor...

Sublimacija se koristi za rastavljanje čvrstih tvari iz heterogenih smjesa koje imaju svojstvo sublimacije, odnosno koje pokazuju veliku razliku tlakova para.



**Slika 48.** Postupci provođenja sublimacije



### Vježba 7. Rastavljanje smjese sublimacijom

U tarioniku smrvi pola žlice joda, pomiješaj sa jednom žlicom pijeska. Čašu do polovice napuni vodom i poklopi satnim staklom. Smjesu joda i pijeska stavi na satno staklo. Satno staklo poklopi lijevkom oko kojeg namotaš gazu i sve lagano zagrijavaj. Prati promjene koje se događaju.

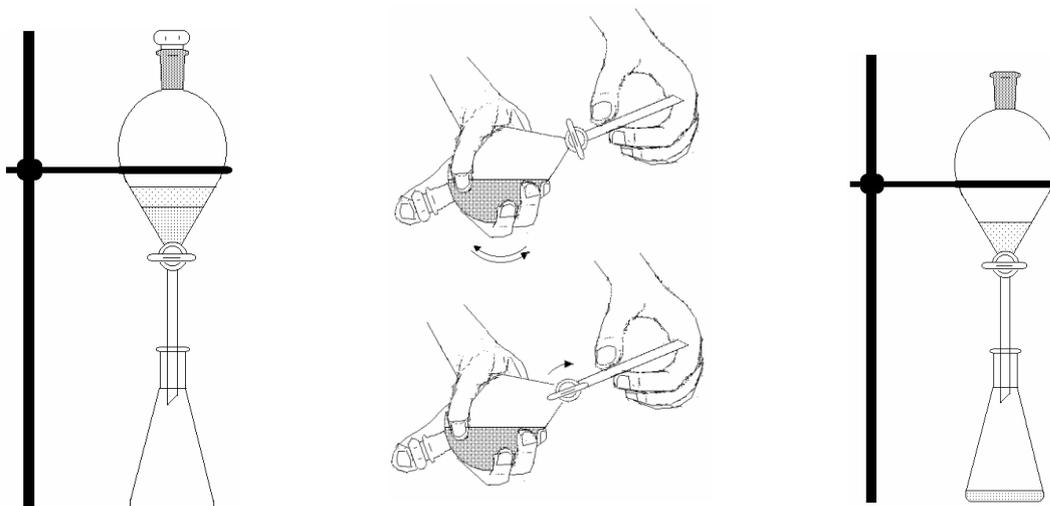
### 11.7. Ekstrakcija

Ekstrakcija je metoda odvajanja sastojka smjese na osnovi različite topljivosti tih sastojaka u otapalima koja se međusobno ne miješaju. Za ekstrakciju se koristi lijevak za odjeljivanje.



Slika 49. Aparatura za ekstrakciju

Postupak ekstrakcije se provodi tako da se lijevak za odjeljivanje puni najviše do  $\frac{2}{3}$  volumena. Začepljeni lijevak se snažno protrese (izmućka), a tlak nastao u lijevku se izjednači s vanjskim tlakom otvaranjem pipca. Zatim se lijevak stavi na željezni prsten kako bi se slojevi odijelili. Tekućina veće gustoće je na dnu lijevka i nju ispuštamo prvu.



Slika 50. Postupak provođenja ekstrakcije



### Vježba 8. Rastavljanje smjese postupkom ekstrakcije

U čašu ulij 20 ml vode, dodaj pola žličice joda i mješaj staklenim štapićem dok se jod ne otopi. Tako dobivenu otopinu stavi u lijevak za odjeljivanje i dodaj 5 ml kloroforma. Lijevak za odjeljivanje začepi, dobro promućkaj, ostavi da se slojevi odijele i donji sloj ispusti u čistu čašu.

### 11.8. Destilacija

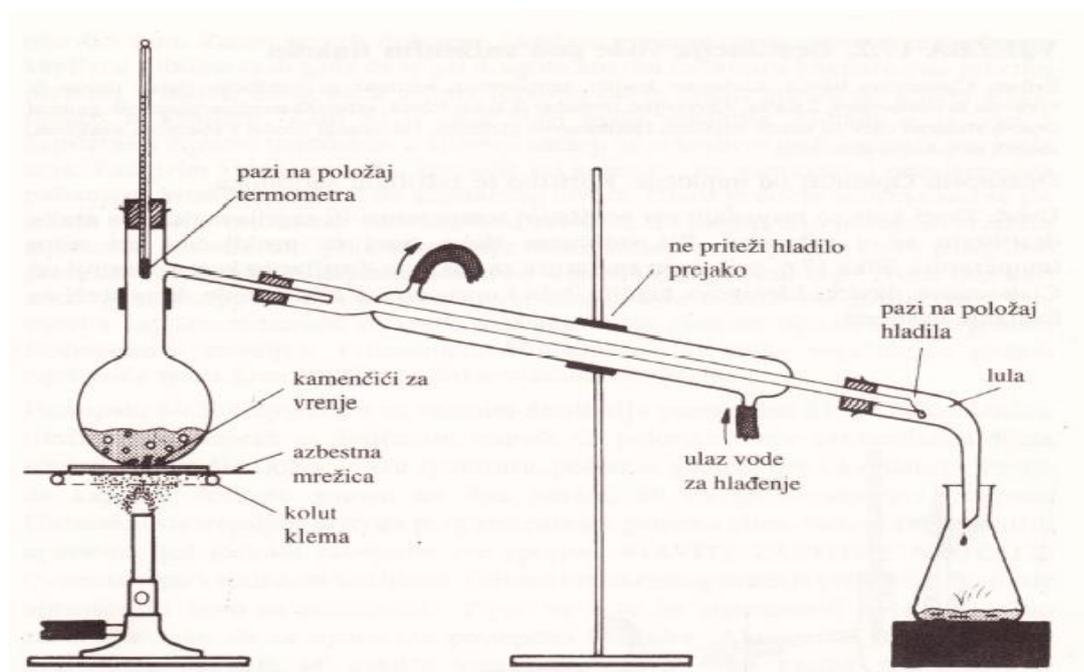
Destilacija je postupak koji se primjenjuje za odvajanje otapala od čvrste tvari.

Temelji se na svojstvu tekućina da pri povišenoj temperaturi prelaze u paru dok otopljene čvrste tvari ne isparavaju.

Destilacijom se koristimo i za odvajanje tekućih smjesa čije komponente imaju različita vrelišta. Tada govorimo o *frakcijskoj* destilaciji.

Najčešće vrste destilacija su:

1. *Destilacija pri atmosferskom tlaku* – koristi se za pročišćavanje takućina u kojima su otopljene čestice krute tvari.

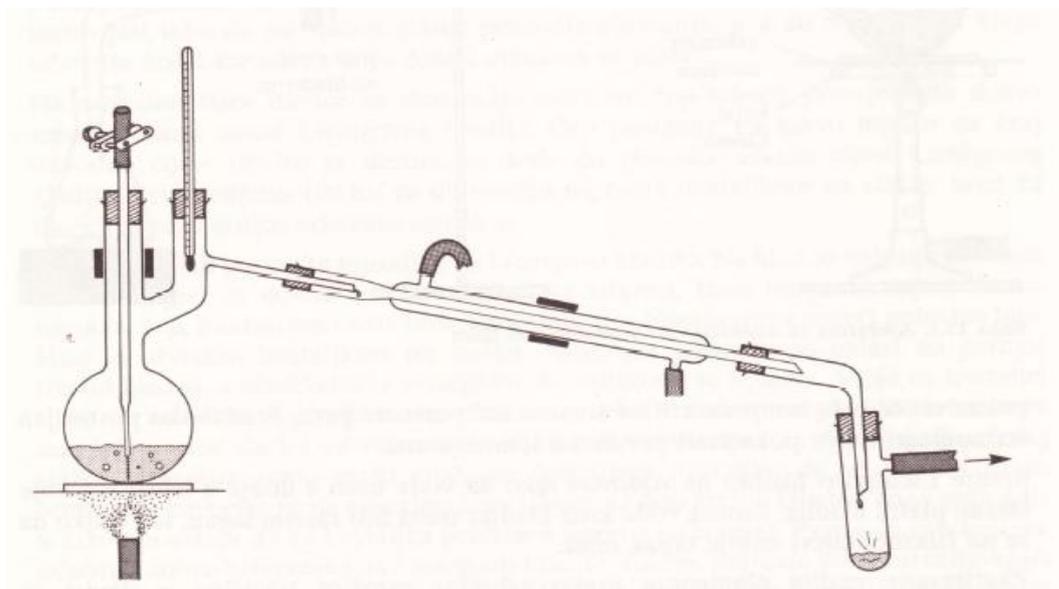


**Slika 51.** Aparatura za destilaciju pri atmosferskom tlaku

Postupak se sastoji u tome da se otopina zagrijava u tikvici za destilaciju i pri temperaturi vrenja otapalo isparava. U otopinu se ubace kamenčići za vrenje, radi ravnomjernog vrenja. Pare odlaze u hladilo gdje se ukapljaju. Čisto otapalo, koje nazivamo *destilat*, hvata se u predložak. U tikvici za destilaciju zaostaje *čvrsta tvar*.

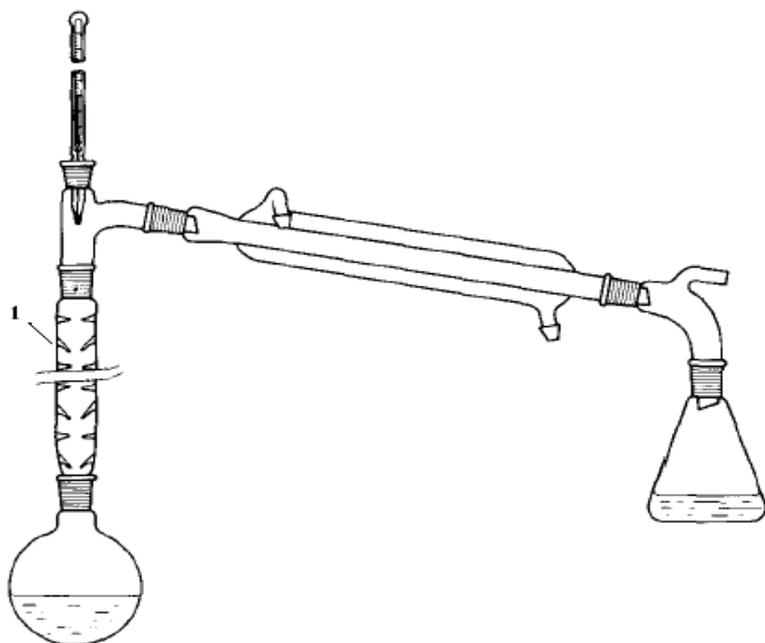
2. *Destilacija pri sniženom tlaku (vakuum destilacija)* – koristi se kada je potrebno odvojiti tvari koje su osjetljive na povišenu temperaturu ili kada destilaciju želimo ubrzati.

Pri sniženom tlaku tvari imaju nižu temperaturu vrenja u odnosu na atmosferski tlak.



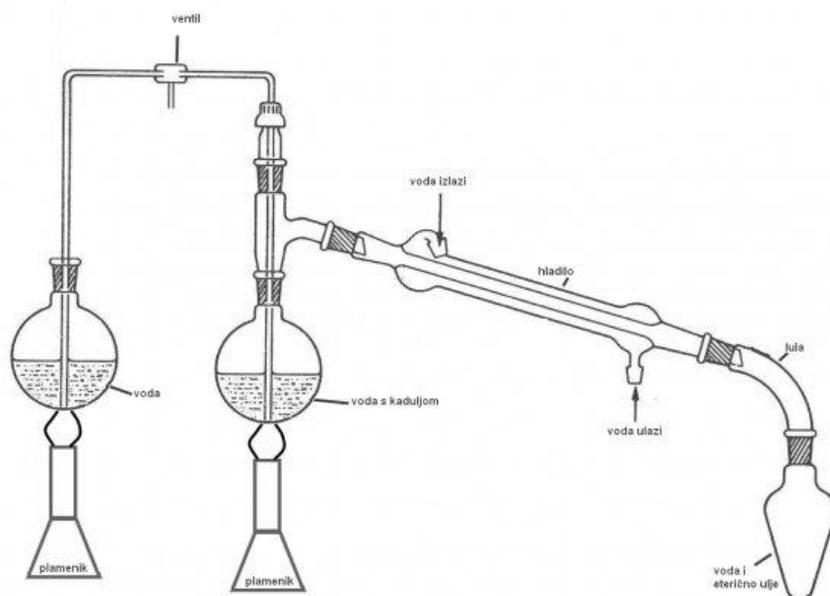
**Slika 52.** Aparatura za destilaciju pri sniženom tlaku

4. *Frakcijska destilacija* se koristi za odvajanje dviju ili više tekućina koje se potuno miješaju a imaju različite temperature vrenja



**Slika 53.** .Aparatura za frakcijsku destilaciju

5. *Destilacija vodenom parom* – kristi se za odvajanje komponenata iz tekuće smjese koje imaju relativno visoke temp. vrenja (iznad  $200^{\circ}\text{C}$ ), a ne miješaju se s vodom. Takve tvari bi se razgradile destilacijom pri atmosferskom tlaku, a u smjesi s vodenom parom destiliraju pri temperaturi nižoj od vrelišta te tvari i vrelišta vode.



**Slika 54.** Aparatura za destilaciju vodenom parom



### Vježba 9: Destilacija vodene otopine modre galice

Sastvi aparaturu za destilaciju pri atmosferskom tlaku prema slici 51 .

U tikvicu za destilaciju ulij 50 ml otopine bakrova(II)sulfata pentahidrata i stavi par kamenčića za vrenje. Pusti vodu u hladilo i otopinu u tikvici zagrijavaj do vrenja. Tekućina se zagrijavanjem prevede u paru, a pare se provode kroz hladilo gdje se ponovno ukapljaju. Kada se skupi oko 20 ml destilata prekini zagrijavanje, aparaturu ohladi prije nego ju rastaviš.

## 11.9. Kromatografija

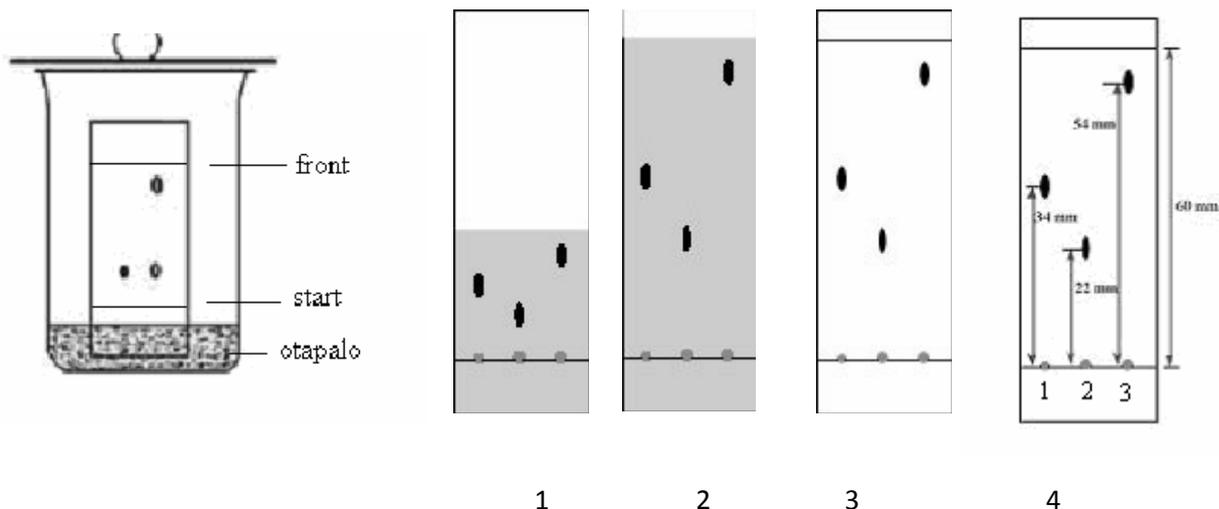
Kromatografija je postupak razdvajanja čistih tvari iz homogenih tekućih ili plinovitih smjesa. Metoda se zasniva na različitoj brzini putovanja iona ili molekula nošenih otapalom po nepokretnoj fazi.

Nepokretnu fazu nazivamo *stacionarna* faza, a najčešće je to neki čvrsti nosač velike površine (silikagel, kalcijev karbonat, papir za kromatografiju)

Pokretnu fazu nazivamo *mobilna* faza, a to je otapalo ili češće smjesa otapala

Pojedini sastojci smjese, zbog različitih fizikalnih procesa, putuju različitom brzinom po nepokretnoj fazi i na taj način se odijele. Taj postupak naziva se razvijanje **kromatograma**. Kromatogram se razvija u zatvorenoj posudi tako da atmosfera uvijek bude zasićena parama otapala.

Linija do koje je stiglo otapalo naziva se *fronta* otapala.



**Slika 55.** Razvijanje kromatograma

1 – pločica u početku razvijanja

2 - pločica nakon razvijanja

3 – pločica nakon razvijanja i sušenja

4 – određivanje  $R_f$  – vrijednosti

Radi li se o odjeljivanju smjese boja, položaj pojedinih sastojaka smjese odmah je vidljiv. U protivnom treba sastojke učiniti vidljivim prskanjem kromatograma odgovarajućim reagensom.

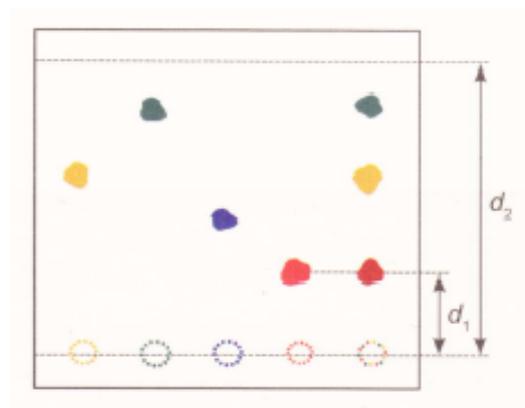
Položaj zona na kromatogramu određen je  $R_f$  – vrijednošću za svaki sastojak.

$R_f$  – vrijednost karakteristična je za pojedinu tvar u točno određenom kromatografskom sustavu

$$R_f = \frac{d_1}{d_2}$$

$d_1$ - udaljenost od startne linije do koje je stigla ispitivana tvar

$d_2$ - udaljenost od startne linije do koje je stiglo otapalo



Kromatografija se primjenjuje za razdvajanje malih količina uzoraka, kada su sastojci vrlo sličnih svojstava i kada su prisutni u malim koncentracijama.

Razlikujemo:

1. Kromatografija na stupcu –nepokretna faza najčešće stupac kalcijeva karbonata
2. Kromatografija na papiru –nepokretna faza posebna vrsta filter papira
3. Kromatografija na tankom sloju- nepokretna faza sloj silikagela nanesen na staklenu ploču



### Vježba 10. Kromatografija na stupcu

U čašu od 100 ml ulij 30 ml smjese otapala ( 27 ml etanola i 3 ml klorovodične kiseline).

U jednoj epruveti priredi otopinu olovova(II)nitrata, a u drugoj otopinu kadmijeva nitrata. Na školsku kredu, na startnu liniju (1 cm od ruba), nanesi 1-2 kapi otopine olovova(II)nitrata i otopine kadmijeva nitrata i sačekaj da se kapi osuše. Kredu postavi uspravno u čašu s otapalom pazeći da su nanesen uzorci iznad otapala. Čašu poklopi drugom čašom pazeći da se kreda ne sruši. Nakon što se otapalo podigne skoro do vrha krede, kredu izvadi, označi frontu otapala i prelij otopinom natrijeva sulfida.

Da se ustanovi koji od obojenih slojeva pripada olovovom (II)nitratu, a koji kadmijevom nitratu načini slijedeće pokuse u epruvetama:

- a) u jednu epruvetu stavi malo olovovog(II)nitrata i nekoliko kapi otopine natrijeva sulfida, zabilježi boju taloga.
- b) U drugu epruvetu stavi malo otopine kadmijevog nitrata i nekoliko kapi natrijevog sulfida, zabilježi boju taloga

Po boji taloga u epruvetama zaključni koji obojeni sloj na kredi pripada olovovim, a koji kadmijevim ionima.

## 12. ODMJERNO POSUĐE

U laboratoriju je često potrebno odmjeriti točan volumen tekućine. U tu svrhu koristi se *odmjerne posuđe*: menzure, pipete, birete i odmjerne tikvice. Sve odmjerne posuđe baždareno je i to *na uljev* ili *na izljev*.

Kod baždarenja *na uljev*, naznačeni volumen tekućine nalazi se u posudi, a postiže se ulijevanjem tekućine u posudu do oznake ugravirane na stijenci posude (tzv. marka).

Kod baždarenja *na izljev*, naznačeni volumen tekućine dobije se izlivanjem tekućine iz pravilno napunjene odmjerne posude.

Posuđe baždareno *na uljev* obično se označava oznakom *In*, a ono baždareno *na izljev* oznakom *Ex* ili *E*.

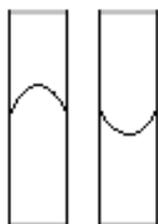
S obzirom na točnost baždarenja, odnosno granicu dopuštenog odstupanja volumena od deklarirane vrijednosti, odmjerne posuđe svrstava se u dvije kategorije, odnosno klase: *A* i *B*.

Odmjerne posuđe kategorije *A* baždareno je s velikom točnošću, a posuđe kategorije *B* baždareno je tako da je odstupanje, uglavnom dva puta veće od onog koje je dopušteno za posuđe kategorije *A*.

Budući da volumen tekućine ovisi o *temperaturi*, na odmjernom posuđu mora biti naznačena i temperatura pri kojoj je izvedeno baždarenje (obično 20°C).

Odmjerne posuđe se ne smije zagrijavati.

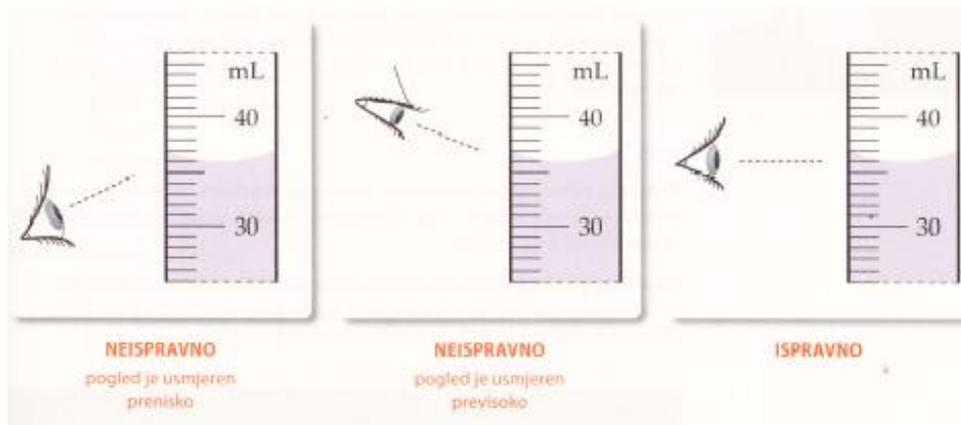
### 12.1. Očitavanje volumena



Kod očitavanja volumena tekućine na odmjernom posuđu treba znati da površina tekućine nije ravna, već je *udubljena* ili *ispupčena*.

Površina je udubljena kada tekućina kvasi stijenke posude, a ispupčena kada tekućina ne kvasi stijenkicu posude. Ako je površina tekućine udubljena, očitava se najniži dio luka (*donji meniskus*), a ako je površina tekućine ispupčena očitava se najviši dio luka (*gornji meniskus*).

Položaj oka pri očitavanju volumena mora biti u visini površine tekućine, a posuda mora stajati okomito inače dolazi do pogreške. To je zbog *paralakse* (prividna promjena položaja promatranog objekta s promjenom mjesta promatrača). Paralaksa će uzrokovati pogrešku pri očitavanju položaja meniskusa tekućine i to pozitivnu pogrešku ako je oko niže, a negativnu ako je više od ravnine meniskusa

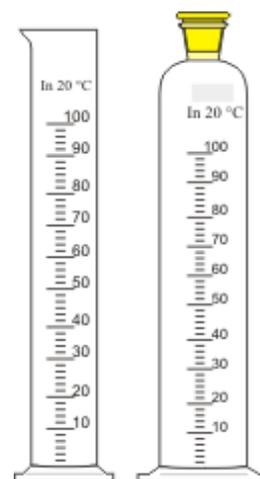


**Slika 56 .** Pravilno očitavanje volumena u odmjernom posuđu

## 12.2. Vrste odmjernog posuđa

### Menzure

Menzure se koriste za mjerenje volumena čija točnost ne mora biti velika. To su građirani stakleni cilindri veličine od 2 do 2000 ml. Uglavnom su baždarene *na uljev* i nose oznaku *In 20°C*. Dakle kad se menzura napuni do željene oznake, npr 20 ml, onda to znači da menzura sadrži taj volumen. Kad se tekućina izlije iz menzure onda to ne znači da je izliven sav očitani volumen. U menzuri će se uvijek zadržati manja količina tekućine, što je naročito važno kod



odmjeravanja uljastih tekućina.

Menzure mogu biti staklene i plastične.

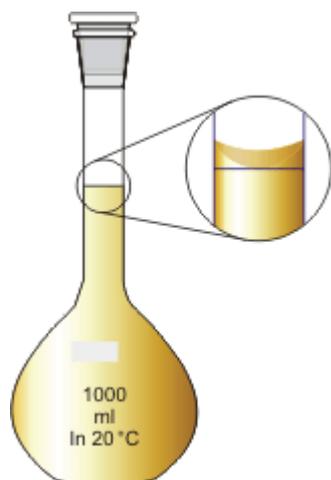
*Odmjerni cilindri* podsjećaju na menzure, ali nemaju „nos“ za izlijevanje tekućine, već imaju ubrušeno grlo pa se mogu zatvoriti ubrušenim čepom. Koriste se kada je sadržaj potrebno mućkati i ujedno očitati volumen nekog sastojka. Kada je potrebno više puta odmjeravati jednake volumene otopine koristi se *dispenser*. Dispenser (uređaj za doziranje otopine) je zapravo mala pumpica s klipom, koja se postavlja na grlo boce s otopinom. Volumen otopine koji se odmjerava (dozira) može se po volji dozirati unutar određenih granica.

### Odmjerne tikvice



To su posude ravnog dna s dugim uskim vratom, koji završava ubrušenim grlom u koji ulazi ubrušeni čep. Svaka tikvica ima čep koji odgovara samo njoj, pa je potrebno paziti da se čepovi ne razbiju ili izgube i tikvica postane neupotrebijiva. Čep se uvijek odlaže na ravni čeon dio.

Odmjerene tikvice mogu biti okruglog ili kruškolikog oblika. Na vratu tikvice nalazi se prstenasta oznaka volumena (marka). Izrađuju se za volumene od 5 do 2000 ml. Najčešće služe za pripremanje otopina,



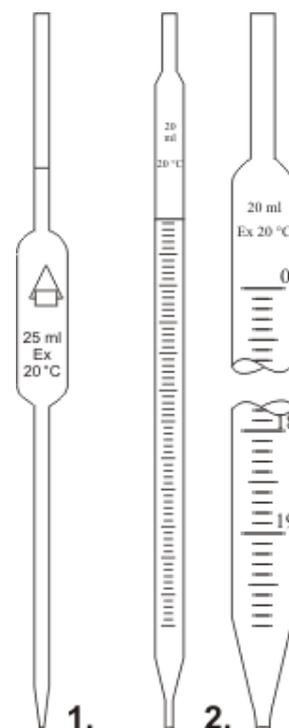
Tikvica se ispravno puni tekućinom tako da se donji rub meniskusa podudara s linijom na vratu tikvice kod prozirnih tekućina, a kod neprozirnih gornji rub meniskusa. Pri tome oko mora biti u istoj razini s tekućinom.

## Pipete

Pipete su staklene cijevi koje su na oba kraja sužene. Donji dio pipete je sužen u kapilaru. Razlikuju se *trbušaste* (1) i *graduirane* pipete (2)

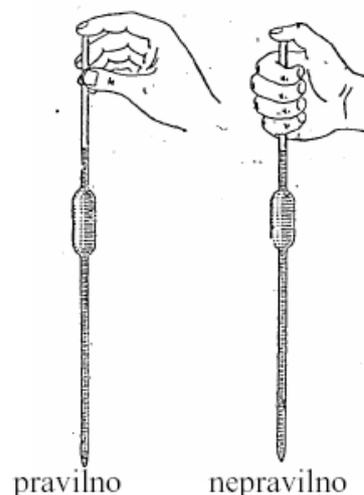
Izrađuju se za volumene od 1 do 100 ml. Baždarene su na *izljev*.

*Trbušaste pipete* upotrebljavaju se kada je potrebno uzeti i prenijeti točan volumen tekućine. Na gornjem suženom dijelu pipete nalazi se kružna oznaka koja označava do koje razine treba pipetu napuniti tekućinom. Taj volumen tekućine i uvjeti baždarenja označeni su na trbušastom dijelu pipete. *Graduirane pipete* imaju skalu razdijeljenu na jedinice i desetinke mililitara. Manje su precizne od trbušastih i koriste se kod uzimanja volumena tekućina čija točnost ne mora biti velika. Postupak pipetiranja je isti.



Postupak pipetiranja:

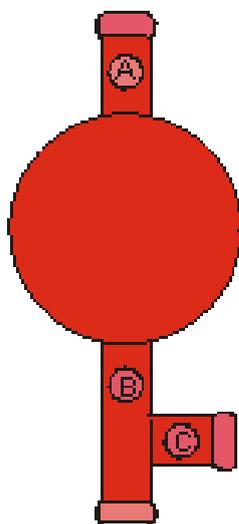
1. Ako pipeta nije suha, ispere se nekoliko puta s malo otopine koja se pipetira.
2. Donji suženi dio pipete uroni se u tekućinu.
3. Na gornjem kraju pipete tekućina se usisava ustima ili propipetom malo iznad oznake, a zatim vrhom kažiprsta brzo zatvori gornji otvor pipete.
4. Treba paziti da vrh pipete bude stalno uronjen u tekućinu u protivnom možemo tekućinu usisati u usta.
5. Napunjena pipeta, zajedno s posudom iz koje se pipetira podigne se tako da oznaka na pipeti bude u visini očiju i blagim pomicanjem kažiprsta se ispusti tekućina, tako da se donji rub meniskusa poravna s oznakom na pipeti.
6. Nakon toga se jačim pritiskom kažiprsta spriječi daljnje istjecanje tekućine, pipeta se izvadi iz tekućine laganim povlačenjem vrha pipete po stijenci posude.
7. Tekućina se iz pipete ispušta u drugu posudu tako da se vrh pipete nasloni na stijenku posude i odmakne kažiprst.
8. Kada iz pipete iscure sva tekućina, vrh pipete se mora nalaziti 2 do 3 cm iznad razine tekućine.
9. Pričeka se još 15 sekundi, zavrti pipetu među prstima tako da se načini jedan okret i istovremeno izvlači pipetu izvan posude, kako bi istekla preostala tekućina iz pipete.
10. Ne smije se ispuhivati pipetu.
11. Ako nakon istjecanja tekućine ostanu kapi na stijenkama pipete znači da pipeta nije čista, da ju treba oprati i ponovno pipetirati.



Slika 57. Pravilno držanje pipete



Slika 58. Postupak pipetiranja



Otrovne, lakohlapive i korozivne tekućine ne pipetiraju se ustima nego *mehaničkom propipetom*. Propipeta je izrađena od gume.

Svojim donjim otvorom propipeta se navuče na gornji otvor pipete. Stiskanjem prstima kuglice „A“ uz istovremeno stiskanje loptastog dijela, istisne se iz loptastog dijela zrak i propipeta je spremna za usisavanje tekućine u pipetu.

Usisavanje se vrši stiskanjem kuglice „B“. Usisavanje se treba vršiti oprezno da tekućina ne uđe u propipetu.

Ispuštanje tekućine vrši se pritiskanjem kuglice „C“.

Osim mehaničke propipete, za rad s otrovnim tekućinama, koriste se i klipne pipete, kao i mikropipete s promjenjivim nastavcima. Danas su na tržištu dostupne i različite izvedbe automatskih pipeta („pipetori“)



**Slika 59.** Mikropipete i nastavci za mikropipete

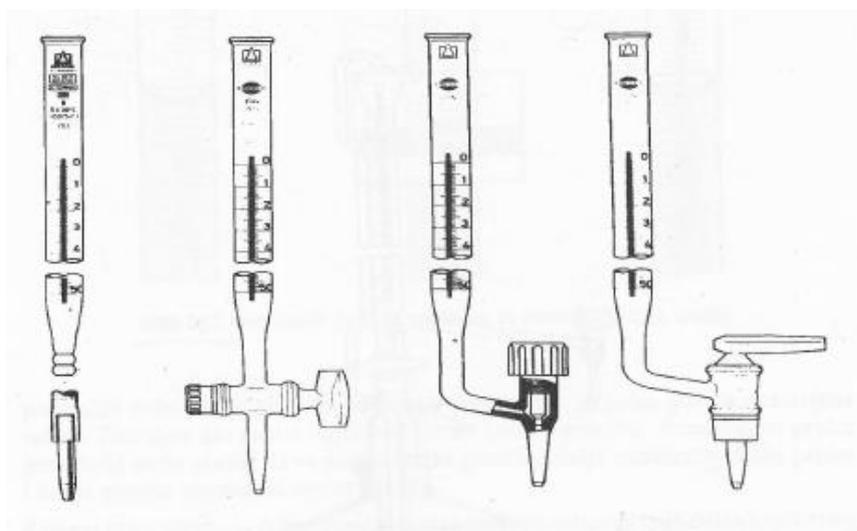
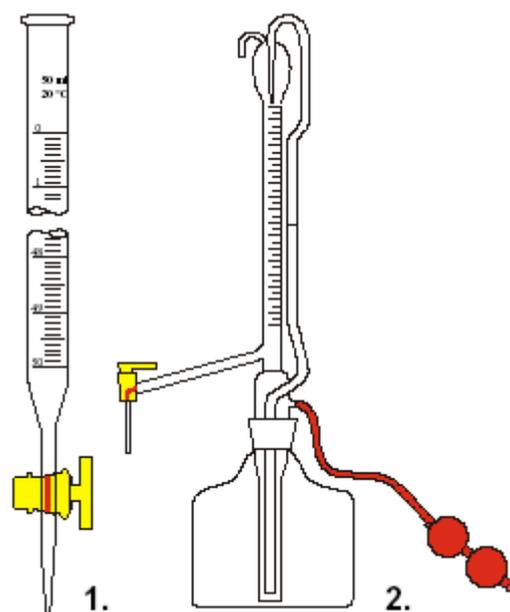
## Birete

Birete su staklene graduirane cijevi jednolikog presjeka na donjem dijelu sužene u kapilaru. Na suženom dijelu nalazi se pipac za ispuštanje tekućine (1). Koriste se za točno mjerenje volumena tekućina i baždarene su na izljev.

Izrađuju se u različitim veličinama od 2,5 pa do 100 ml. Najčešće se koristi bireta od 50 ml s podjelom na 0,1 ml.

Prema izvedbi skale razlikuju se dvije vrste bireta: *Mohrova*, koja ima graduiranu skalu na običnoj prozirnoj cijevi i *Schelbahova* bireta koja nasuprot skale ima mliječnu pozadinu na kojoj je plava crta.

Mohrove birete se danas uglavnom više ne izrađuju. Birete se učvršćuju na stalak hvataljkom za birete. U laboratorijima koji rade veliki broj analiza koriste se *automatske* birete (2). One se stavljaju na grlo boce u kojoj je otopina, a bireta se puni pomoću gumene pumpice.



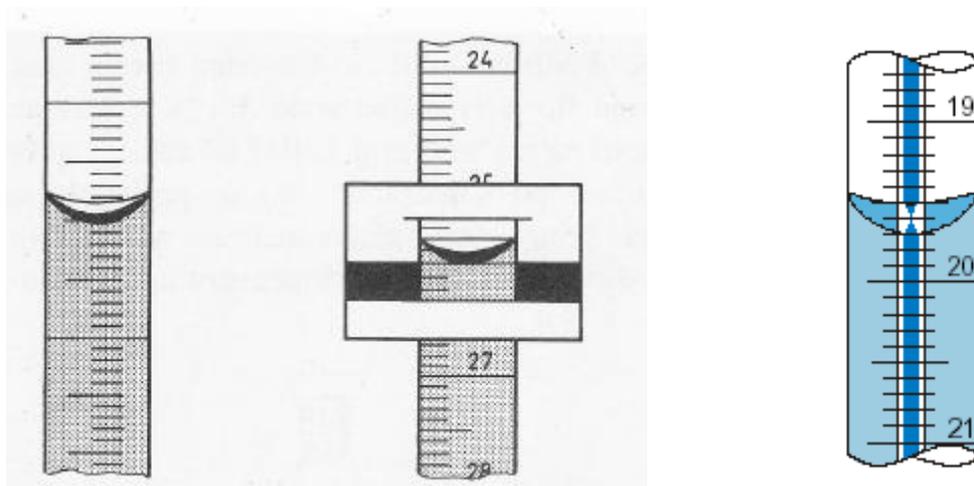
**Slika 60.** Birete s različitim izvedbama pipaca

Punjenje birete tekućinom:

1. Bireta se puni tekućinom pomoću lijevka kraćeg vrata tako da tekućina dođe 2 do 3 cm iznad najgornje oznake (0).
2. Ispod pipca birete postavlja se čaša i otvaranjem pipca ukloni se višak tekućine, pri čemu se nastoji istisnuti sav zrak iz kapilarnog produžetka birete
3. Razina tekućine se podese tako da se podudara s nulom na skali pazeći na donji meniskus
4. Kada je bireta napunjena, ukloni se lijevak. Pažljivim okretanjem pipca ispušta se tekućina, te se na skali očitava volumen ispuštene tekućine.

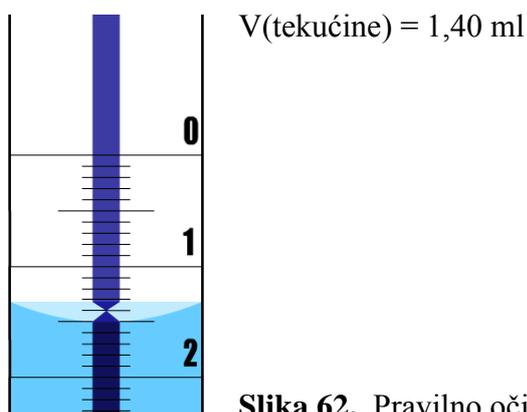
Kod Mohrovih bireta očitavanje volumena prozirnih tekućina vrši se promatranjem donjeg ruba meniskusa tekućine, odnosno gornjeg ruba kod neprozirnih.

U biletama po Schelbachu plava crta služi za lakše očitavanje volumena tekućine. U području meniskusa formiraju se dva konusa čiji se vrhovi sastaju u jednoj točki što omogućuje vrlo precizno očitavanje razine tekućine u bireti. Volumen potrošene tekućine očitava se na stoti dio mililitra.



**Slika 61.** Određivanje položaja meniskusa na Mohrovoj i na Schelbachovoj bireti

Volumen tekućine očitava se na stoti dio mililitra. Stotinka mililitra se procjenjuje, a može biti 0 ili 5.



**Slika 62.** Pravilno očitavanje volumena tekućine na bireti

Zaprljano odmjerno posuđe potrebno je oprati mlakom otopinom detergenta, isprati sa puno vodovodne vode i na kraju isprati s destiliranom vodom. Odmjerno posuđe se ne suši nego se ispire dva do tri puta s otopinom koja se pipetira.



### Vježba 1 : Rad s odmjernim posuđem

- a) Napuni odmjernu tikvicu
- b) Pipetom odmjeri zadani volumen tekućine
- c) Napuni biretu, očitaj volumen ispuštene tekućine



### Vježba 2: Određivanje gustoće krute tvari pomoću odmjerne tikvice

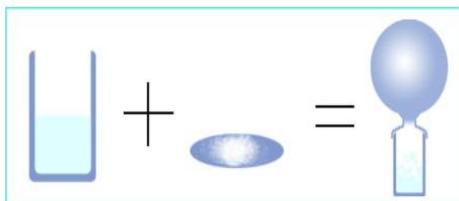
Određivanje gustoće tvari pomoću odmjerne tikvice koristi se pri serijskim ispitivanjima gdje nije potrebna velika točnost. Za mjerenje istisnutog volumena tekućine koristi se bireta. U tu svrhu izvaži suhu i čistu odmjernu tikvicu i njenu masu kao  $m_1$  zabilježi u dnevnik. U tikvicu stavi približno 5 – 10 ml brašna ili neke druge čvrste tvari . Tikvicu s uzorkom izvaži i kao  $m_2$  zabilježi u dnevnik. Masa uzorka čvrste tvari dobije se iz razlike tih dviju masa. Biretu napuni vodom i ispusti u tikvicu toliko vode da se tikvica napuni do oznake. Očitaj volumen dodane vode i kao  $V_2$  zabilježi u dnevnik. Volumen čvrste tvari dobiješ tako da od volumena tikvice,  $V_1$ , oduzmeš volumen dodane vode iz birete. Gustoću ispitivane tvari izračunaj prema formuli (1) iz poglavlja 11.

## 13. KEMIJSKI ZAKONI

### 1. ZAKON O ODRŽANJU MASE

Postavio ga je francuski kemičar Antoine Lavoisier 1774 godine.

Zakon kaže da je ukupna masa tvari prije kemijske reakcije jednaka ukupnoj masi tvari poslije kemijske reakcije.



**Slika 63.** Ilustracija zakona o održanju mase

Na slici gore prikazana je reakcije između octa (u čaši) i sode bikarbone (na satnom staklu). Masa reaktanata (octa i sode bikarbone) će biti jednaka masi produkata nakon reakcije. Balon je stavljen na čašu jer je jedan od produkata reakcije plinovit, a balonom je spriječen gubitak plina, pa samim time i njegove mase.

### 2. ZAKON STALNIH TEŽINSKIH OMJERA

Postavio ga je francuski kemičar Joseph Proust 1799. godine

Zakon kaže da je težinski omjer elemenata u nekom spoju stalan. To znači da se s točno određenom masom jednog elementa može spojiti točno određena masa drugog.



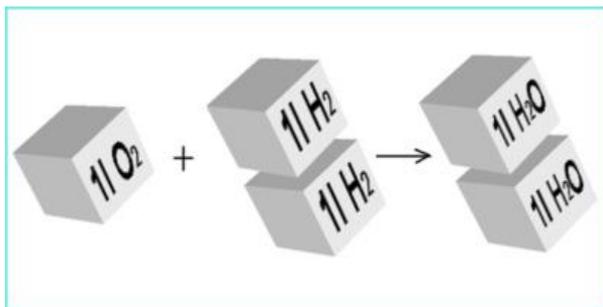
**Slika 64.** Ilustracija zakona stalnih težinskih omjera

Kuhinjska sol je točno određenog i uvijek jednakog sastava (natrijev klorid) bez obzira da li dolazi iz mora (slika lijevo) ili kao mineral (slika desno).

### 3. ZAKON STALNIH VOLUMNIH OMJERA

Postavio ga je francuski fizičar i kemičar Gay-Lussac 1808. godine.

Zakon kaže da se plinoviti elementi uvijek spajaju u stalnim volumnim omjerima koji se mogu izraziti jednostavnim cijelim brojevima. Ako je nastali spoj plinovit onda je i njegov volumen u stalnom omjeru prema volumenima elemenata iz kojih je nastao.



**Slika 65.** Ilustracija zakona stalnih volumnih omjera

Jedna litra kisika reagira sa točno dvije litre vodika dajući dvije litre vode, tj. vodene pare.

#### 4. AVOGADROV ZAKON

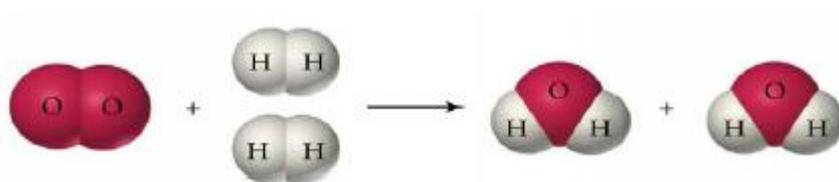
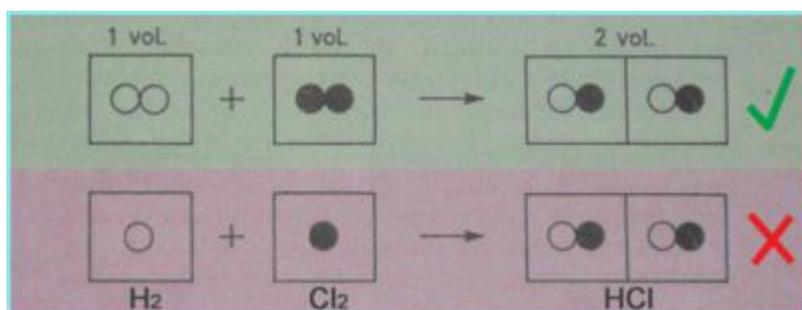
Dobio je ime po talijanskom Amadeu Avogadru koji ga je postavio 1811. godine.

Zakon kaže da u jednakim volumenima različitih plinova pri jednakoj temperaturi i tlaku ima jednak broj čestica.

U  $22.4 \text{ dm}^3$  bilo kojeg plina pri s.u. imamo  $6.022 \cdot 10^{23}$  čestica. Volumen od  $22.4 \text{ dm}^3$  se naziva standardni volumen i označava se  $V_m^0$ .

Postoji određeni odnos volumena i broja čestica i možemo ga pisati

$$V : V_m^0 = N : N_A$$



**Slika 66.** Ilustracija Avogadrovog zakona



### Zadaci za vježbu:

- Izračunaj masu vodika koja se može spojiti sa 80 g kisika ako je pri tome nastalo 90 g vode.
- Izračunaj težinski omjer vodika i kisika u vodi. Molekula  $\text{H}_2\text{O}$  se sastoji od 2 atoma vodika i jednog atoma kisika.  $m(\text{H}) : m(\text{O}) = 2A_r(\text{H}) : A_r(\text{O})$  ;  $= 2 : 16$  ;  $= 1 : 8$
- Spajanjem vodika i sumpora nastaje 34 g sumporovodika. Izračunaj masu sumpora i masu vodika ako sumpora ima 16 puta više nego vodika.  $m(\text{S}) = 16m(\text{H})$ . m  
 $m(\text{S}) + m(\text{H}) = m(\text{H}_2\text{S})$   
 $16 m(\text{H}) + m(\text{H}) = 34 \text{ g}$   
 $17 m(\text{H}) = 34 \text{ g}$   
 $m(\text{H}) = 2 \text{ g}$
- Odredi težinski omjer C i O u ugljikovom dioksidu te izračunaj koliko kisika se može spojiti sa 9 g C i koliko pri tome nastane  $\text{CO}_2$ .  $m(\text{C}) : m(\text{O}) = A_r(\text{C}) : 2 A_r(\text{O}) = 12 : 32 = 3 : 8$  ;  $3 m(\text{O}) = 8 m(\text{C})$  ;  $m(\text{O}) = 24 \text{ g}$  ;  
 $m(\text{C}) + m(\text{O}) = m(\text{CO}_2) = 24 \text{ g} + 9 \text{ g} = 33 \text{ g}$
- Težinski omjer željeza i sumpora u željezovom sulfidu iznosi 7 : 4 . koliko će se sumpora spojiti sa 14 kg željeza i koliko će pri tome nastati željezova(II) sulfida ( m(S) = 8 kg ; m(FeS) = 22 kg
- Koliko vodene pare nastane spajanjem 14 ml vodika s kisikom. Koliki je volumen spojenog kisika.  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$ .  $V(\text{vode}) : V(\text{vodika}) = 2 : 2$  ;  
 $V(\text{vode}) = V(\text{vodika})$  ;  $V(\text{vode}) = 14 \text{ ml}$   
 $V(\text{O}_2) : V(\text{H}_2) = 1 : 2$  ;  $V(\text{O}_2) = 7 \text{ ml}$
- Koji volumen vodika i dušika trebamo spojiti da bi smo dobili 30 ml amonijaka.  
 $V(\text{vodika})=45\text{ml}$  ;  $V(\text{dušika})=15 \text{ ml}$
- Izračunaj broj čestica amonijaka u 112 litre amonijaka.  $N : N_A = V : V_m^0$   
 $N(\text{NH}_3) = 30.1 \cdot 10^{23}$
- Izračunaj volumen koji će zauzimati  $3 \cdot 10^{23}$  čestica metana

#### Primjeri zadataka za kontrolnu zadaću

- Odredi težinski omjer kalcija i broma u kalcijevom bromidu i izračunaj koliko broma se može spojiti sa 18 g kalcija i koliko se pri tome dobije kalcijevog bromida. R ;  $m(\text{Br})=72 \text{ g}$  ;  $m(\text{CaBr}_2)=90 \text{ g}$
- U reakciji između aluminija i broma nastaje 53.4 g aluminijeva bromida. Izračunaj volumen broma koji je bio potreban za tu reakciju. R;  $V(\text{Br}_2) = 6.72 \text{ ml}$
- Izračunaj volumen kisika koji se može spojiti sa 20 ml dušika. Koji volumen dušikova (IV) oksida pri tome nastane. R ;  $V(\text{O}_2) = 40 \text{ ml}$ ;  $V(\text{NO}_2) = 20 \text{ ml}$
- Težinski omjer elemenata u sumpornoj kiselini je 1 : 16 : 32. Izračunaj masu kisika i vodika koja se može spojiti sa 64 g sumpora. R ;  $m(\text{H}) = 4 \text{ g}$   $m(\text{O}) = 128 \text{ g}$
- Izračunaj volumen koji će zauzeti  $3 \cdot 10^{28}$  čestica metana pri s.u.  
R;  $V(\text{CH}_4) = 11,2 \cdot 10^5 \text{ dm}^3$



### Vježba 1. Zakon o održanju mase

U malu epruvetu stavi 1 ml otopine  $\text{AgNO}_3$ . Epruvetu stavi u Erlenmayerovu tikvicu u koju staviš 10 ml otopine  $\text{NaCl}$ . Erlenmayerovu tikvicu začepi čepom i sve zajedno izvažite. Nagni tikvicu tako da se sadržaj epruvete izlije u tikvicu. Ponovo sve izvaži. Sve napiši u svoj dnevnik po pravilima pisanja dnevnika. Koji zakon je ovdje primjenjen?



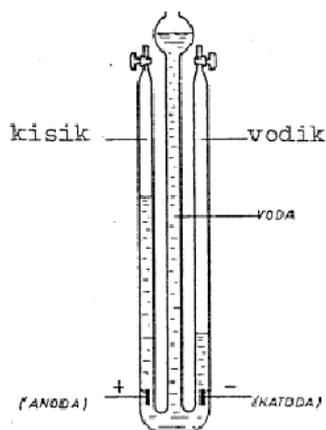
### Vježba 2. Zakon stalnih težinskih omjera

Čistu i suhu čašu izvaži na analitičku vagu. U čašu stavi 0.2-0.3 g  $\text{Cu}$ , ponovo izvaži. U čašu dodaj 5 ml 35% otopine  $\text{HNO}_3$ . Obavezno eksperiment radi u digestoru. Čašu pokrij satnim staklom i zagrijavaj kako bi sav bakar izreagirao. Ako je potrebno dodaj još par kapi  $\text{HNO}_3$ . Kada je sav bakar izreagirao dodaj u čašu 5 ml 20% otopine  $\text{HCl}$ . Ukloni satno staklo i čašu zagrijavaj polagano da se otopina ispari do suha. Čašu s talogom ohladi, izvaži i izračunaj omjer mase bakra i klora koji su reagirali. Odredi empirijsku formulu spoja. Napiši sve pripadne jednadžbe kemijskih reakcija.



### Vježba 3. Gay- Lussacov zakon spojenih volumena

Destiliranu vodu ulij u čašu i slabo zakiseli razrijeđenom sumpornom kiselinom. Tako je voda koja slabo provodi električnu struju postala boljim vodičem. Zakiseljenom vodom napuni Hoffmanov aparat. Aparat se puni kroz proširenje na srednjoj cijevi uz istovremeno otvorene pipce na vanjskim cijevima. Kada su vanjske cijevi potpuno ispunjene, zatvori pipce. Platinske lektrode aparata spoji s izvorom struje jakosti do 2 A. Počinje lektroliza vode. Na katodi (-) nastaje vodik, a na anodi (+) kisik. Nakon par minuta očitaj volumen razvijenih plinova. Vidljivo je da se volumen vodika prema volumenu kisika odnosi 2:1.



Slika 67. Skica Hoffmanovog aparata

## 14. OTOPINE

U svakodnevnom životu susrećemo smjese raznih tvari (voda, morska voda, mlijeko, dim, otopina sapuna, sirupi...). U svim tim smjesama jedna tvar je raspršena (dispergirana) u drugoj tvari. Takve smjese nazivamo **disperznim sustavima**. Tvar koja je raspršena naziva se **disperzna faza**, a tvar u kojoj je ta tvar raspršena **disperzno sredstvo**. Disperzni sustavi se razlikuju prema veličini čestica disperzne faze kako je prikazano u tablici:

Grubo disperzni sustavi	Koloidni sustavi	Prave otopine
Čestice > 200 nm	Čestice 1 – 200 nm	Čestice < 1 nm



**Slika 68.** Primjer grubo disperznog sustava, koloidnog sustava i prave otopine

**Otopina** je homogena smjesa koja se sastoji od dviju ili više tvari. To je smjesa u kojoj je **otopljena tvar** ( disperzno sredstvo) raspršena u **otapalu** (disperzno sredstvo). Otapalo je tvar u suvišku. U laboratoriju pripremamo različite otopine i kao otapalo obično koristimo vodu. U organskoj kemiji se koriste organska otapala kao što su alkoholi eteri itd.

### 14.1. Iskazivanje sastava otopina

**Sastav otopine** se može izraziti na različite načine. Najčešće korišteni načini su :

1. **MASENI UDIO** – predstavlja omjer mase sastojka i mase smjese . Sastojak je tvar koju otapamo, a smjesa je otopina koja se sastoji od otopljene tvari i otapala

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

Maseni udio se može iskazati postocima ( $w \cdot 100$ ), promilima ( $w \cdot 1000$ ), dijelovima otopljene tvari u milijun dijelova otopine (ppm) i dijelovima otopljene tvari u milijardu dijelova otopine (ppb).



Slika 69. Slikoviti prikaz postotka, promila, ppm i ppb.

**2. MNOŽINSKA KONCENTRACIJA** -predstavlja omjer množine otopljene tvari i volumena otopine

$$C = \frac{n(\text{otopljene tvari})}{V(\text{otopine})}$$

Jedinica za množinsku koncentraciju je mol/dm<sup>3</sup> ili mol/l

### 3. MASENA KONCENTRACIJA

Masena koncentracija predstavlja omjer mase otopljene tvari i volumena otopine

$$\gamma = \frac{m(\text{otopljene tvari})}{V(\text{otopine})}$$

Jedinica za masenu koncentraciju je g/dm<sup>3</sup> ili g/l

Kod preračunavanja iz jednog načina iskazivanja sastava otopina u drugi koristimo formule:

$$\gamma = c \cdot M$$

$$c = \frac{w \cdot \rho}{M}$$

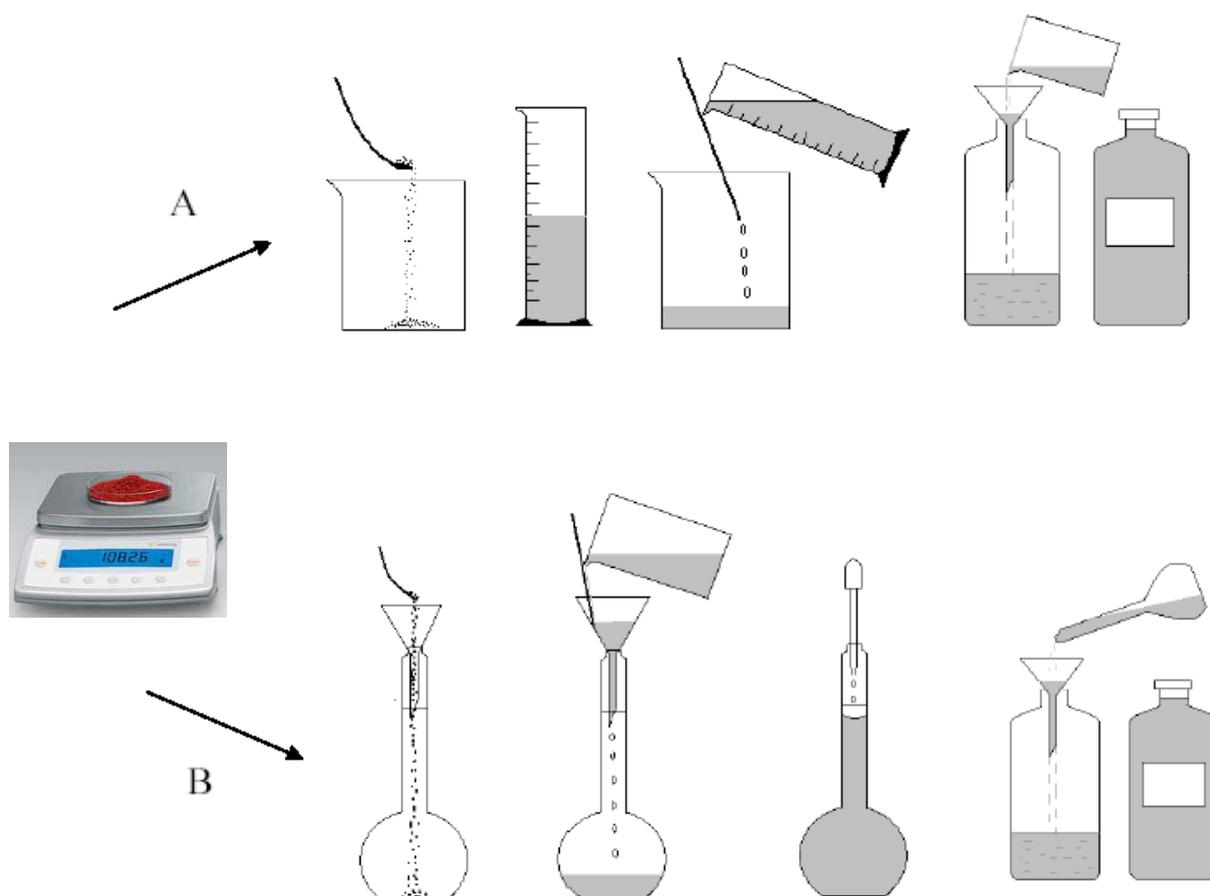
$$\gamma = \rho \cdot w$$

#### 14.2. Priprava otopina

U laboratoriju je često potrebno pripremiti otopinu točno određenog sastava što se radi na slijedeći način:

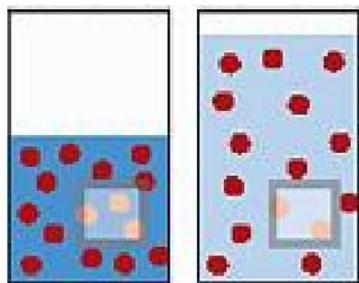
1. Otopine točno određene koncentracije pripremaju se u odmjernim tikvicama, dok se otopine masenog udjela pripremaju u čaši ili drugom prikladnom posuđu.
2. Odmjerna tikvica se odabire prema volumenu otopine koju pripremamo.

3. Ako je tvar čiju otopinu pripravamo u čvrstom stanju tada moramo prvo izračunati masu tvari koju otapamo. Odvažemo ja na tehničkoj ili analitičkoj vagi, ovisno kakvu otopinu pripravamo. Ako je tvar u tekućem stanju računamo volumen tvari kojeg mjerimo menzурom ili pipetom što opet ovisi o vrsti otopine
4. Izračunavanje se vrši na osnovi zadane koncentracije i potrebnog volumena.
5. Izvaganu tvar ili odmjerenu tekućinu preko lijevka kvantitativno prenesemo u odmjernu tikvicu, otopimo u malo destilirane vode uz lagano potresanje ili kružno gibanje. Kada je tvar otoplјena nadopunimo odmjernu tikvicu do oznake.
6. Ako otopine pripravamo razrјeđivanjem koncentriranih kiselina tada prvo u odmjernu tikvicu moramo staviti malo destilirane vode jer uvijek kiselinu dodajemo u vodu, a nikad obrnuto.
7. Prilikom dopunjavanja destiliranom vodom do oznake moramo biti vrlo oprezni jer se u tikvicu voda smije samo dodavati, a iz tikvice se nikada ne smije vaditi
8. Nakon nadopunjavanja do oznake tikvicu treba dobro začepiti i sadržaj u njoj dobro promješati okretanjem tikvice kako bi se koncentracije izjednačile.
9. Pripremljena otopna se sprema u odgovarajuću reagens bocu na koju se zalijepi etiketa s potrebnim podacima ( vrsta otopine, koncentracija, datum i osoba koja je otopinu pripravila).



**Slika 70.** Postupak pripreme otopine određenog masenog udjela (A) i koncentracije (B)

### 14.3. Razrjeđivanje otopina



Razrjeđivanjem otopina povećava se njihov volumen, smanjuje se njihova koncentracija, ali množina otopljene tvari ostaje nepromijenjena.

Slika 71. Otopina prije i poslije razrjeđenja

Formula koje koristimo kod preračunavanja su:

$$n_1 = n_2$$

$$\gamma = w \rho$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$n = c V$$

$$\gamma_1 V_1 = \gamma_2 V_2$$

$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

$$\rho_1 w_1 V_1 = \rho_2 w_2 V_2$$

$n$  = množina tvari

$V$  = volumen otopine

$m$  = masa otopine

$c$  = koncentracija otopine



#### Zadaci iz pripreme otopina

- Koliko grama natrijevog karbonata treba uzeti za pripremu 500 ml otopine koncentracije 0.02 mol/l. ( $m=1.06g$ )
- Koju masu aluminijskoga hidroksida treba uzeti za pripremu 200 ml otopine koncentracije 20g/l. ( $m(\text{Al}(\text{OH})_3)=$ )
- Izračunaj volumen koncentrirane dušične kiseline koja je 63% i koja ima gustoću 1,38g/ml koja je potrebna za pripremu 250 ml otopine dušične kiseline koncentracije 50g/l
- Izračunaj masu natrijevog hidroksida koju treba otopiti u 400 ml vode da nastala otopina bude 5% ako je gustoća vode 1g/ml.
- Izračunaj volumen vode u kojoj treba otopiti 20g kuhinjske soli kako bi nastala otopina bila 2% ako je gustoća vode 1g/ml.
- Odredi maseni udio otopine koja je nastala otapanjem 2 mola natrijeva hidroksida i 320 ml vode. Gustoća vode je 1g/ml.
- Ako u 200g vode dodamo 20g kuhinjske soli koliki će biti maseni udio soli u otopini.
- Neka otopina se sastoji od 200g vode, 40g kuhinjske soli, 30g natrijevog sulfata i 30g kalijevog klorida. Izračunaj maseni udio kuhinjske soli u toj otopini.
- Ako 200ml otopine natrijeve lužine sadrži 0,5 mola lužine, kolika je masena koncentracija te otopine.



### Zadaci iz otopina :

1. Izračunaj koncentraciju otopine koja se dobije dodatkom 20ml vode u 200ml otopine natrijeva hidroksida koncentracije 0,2 mol/l
2. Koliko vode treba dodati u 100 ml otopine kalijeve hidroksida koncentracije 2mol/l da bi njena koncentracija bila 0,5 mol/l
3. Izračunaj koju koncentraciju će imati otopina koja se dobije mješanjem 100ml otopine klorovodične kiseline koncentracije 0,1 mol/l i 200ml kiseline koncentracije 0,5 mol/l
4. U jednoj čaši imamo 200ml otopine kuhinjske soli koncentracije 0,2 mol/l a u drugoj 400ml otopine kuhinjske soli nepoznate koncentracije. Nakon mješanja ovi dviju otopina dobivena je otopina čija koncentracija iznosi 0,4 mol/l. Izračunajte koncentraciju otopine iz čaše čiju koncentraciju nismo poznavali.



### Vježba 1 : Priprema otopine natrijevog hidroksida određene množinske koncentracije

Pripremamo otopinu nazivne (približne) koncentracije pa možemo masu vagati na tehničkoj vazi. Uzet ćemo odmjernu tikvicu volumena koliki volumen otopine želimo propremiti. Natrijev hidroksid je krutina bijele boje pa je stavljamo u Petrijevu zdjelicu koju stavljamo na vagu. Kako bi smo znali koliko natrijevog hidroksida trebamo izvagati prvo moramo izračunati masu NaOH.

$$\text{Račun: } c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol/l} \qquad n(\text{NaOH}) = c \cdot V$$

$$V(\text{otopine}) = 100 \text{ ml} = 0,1 \text{ l} \qquad m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH})$$

Kada smo izračunali masu natrijeva hidroksida, izvažemo je, kvantitativno (preko lijevka) prenesemo u odmjernu tikvicu, dodamo malo destilirane vode i otopimo uz potresanje. Kada je natrijev hidroksid otopljen nadopunimo tikvicu destiliranom vodom do oznake. Začepimo pripadajućim čepom, okrenemo par puta kako bi se koncentracije izjednačile, a zatim pretresemo u bocu za reagense na koju moramo postaviti etiketu. Sve radnje, zapažanja, račun i skicu aparature potrebno je napisati u svoj dnevnik.

**Zadatak:** Pripremi 100 ml otopine natrijevog hidroksida koncentracije 0.1 mol/l.



### Vježba 2. Priprema otopine natrijevog hidroksida određenog masenog udjela

Kod pripremanja postotnih otopina ( otopine masenog udjela) masu važemo tehničkom vagom, volumen odmjerimo menzurom, a otopinu pripremamo u čaši. Kada izračunamo masu tvari koju moramo otopiti i volumen vode koju moramo uzeti pristupamo vaganju. Izvaganu masu prenosimo u čašu u koju dodajemo vodu. Sadržaj mješamo staklenim štapićem dok se ne otopi NaOH. Pripremljenu otopinu pomoću lijevka prenesemo u bocu za reagense na koju moramo postaviti etiketu. Sve radnje, zapažanja, račun i skicu potrebno je napisati u svoj dnevnik

*Račun:*

$$W = \frac{m(\text{tvari})}{m(\text{otopine})} \qquad m(\text{NaOH}) = w \cdot m(\text{otopine}) \qquad m(\text{otopine}) = m(\text{tvari}) + m(\text{vode}) ;$$

gustoća vode je 1g/ml

**Zadatak:** Pripremi 50g 5%- tne otopine NaOH



**Vježba 3.** Priprema otopine sumporne kiseline razređivanjem koncentrirane kiseline

S obzirom da pripremamo otopine nazivne koncentracije volumen ćemo mjeriti menzурom. Koristiti će mo odmjernu tikvicu potrebnog volumena. U odmjernu tikvicu moramo prije dodavanja kiseline staviti određenu količinu destilirane vode. Kiselina se dodaje u vodu postepeno jer je ova hidratacija egzoterman proces. Svaki put nakon što smo dodali kiseline sačekamo da se otopina malo ohladi. Kada je sav izračunati volumen kiseline dodan , nadopunimo destiliranom vodom do oznake. Začepimo pripadajućim čepom, okrenemo par puta kako bi se koncentracije izjednačile, a zatim pretresemo u bocu za reagense na koju moramo postaviti etiketu. Sve radnje, zapažanja, račun i skicu aparature potrebno je napisati u svoj dnevnik po pravilima o kojima smo ranije učili

**Račun :**

Na etiketi koja se nalazi na boci sumporne kiseline možemo pročitati maseni udio (%), gustoću i  $M_r$ . Najčešće se koristi 96% kiselina kod koje je maseni udio 0.96, ali se mogu koristiti i kiseline drugih masenih udjela.

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$c = \frac{w \cdot \rho}{M}$$

$C_1$  = koncentracija koncentriranije otopine     $V_1$  = volumen koncentrirane otopine

$C_2$  = koncentracija razrjeđene otopine         $V_2$  = volumen razrjeđene otopine

**Zadatak:** Pripremi 250 ml otopine sumporne kiseline množinske koncentracije 0,1mol/l razređivanjem koncentrirane sumporne kiseline



**Zadaci za vježbanje:**

1. Koliki će biti maseni udio otopine NaCl koja se dobije otapanjem 80g NaCl u 240 g vode (  $w = 25 \%$  )
2. Izračunaj masu KOH potrebnu za pripremanje 80 ml otopine KOH koncentracije 4 mol/l (  $m(\text{KOH}) = 17.94 \text{ g}$  )
3. Izračunaj volumen vode koji trebaš dodati u 200 ml otopine HCl-a koncentracije 0.8 mol/l da bi otopina imala koncentraciju 0.2 mol/l (  $V(\text{vode}) = 600 \text{ ml}$  )
4. Koliko grama vode treba pomiješati sa 2 mola NaOH da nastala otopina bude 20 % (  $m(\text{otopine}) = 400 \text{ g}$ ;  $m(\text{vode}) = 320 \text{ g}$  )
5. Izračunaj volumen 98 % sumporne kiseline gustoće 1.84 g/ml koju moramo uzeti za pripremanje 250 ml otopine sumporne kiseline čija će koncentracija biti 5 mol/l (  $V(\text{ sumporne kiseline}) = 67.97 \text{ ml}$  )=

## 15. KOLOIDNI SUSTAVI

### 15.1. Vrste koloidnih sustava

Koloidni sustavi su sustavi kod kojih je veličina čestica disperzne faze od 1 do 200 nm.. Disperzno sredstvo i disperzna faza se mogu naći u sva tri agregatna stanja i imaju veliki značaj za život ljudi i svega onog što se oko nas zbiva. Stanični sokovi, krv, magla, kozmetička sredstva, mlijeko, majoneza..., sve su to koloidne otopine. Neke primjere koloidnih sustava možemo pogledati u tablici

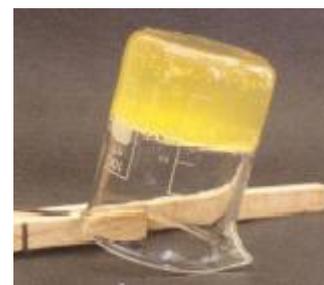
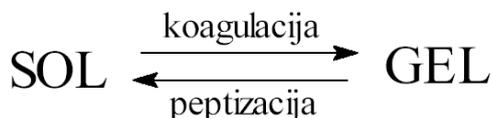


Primjer koloidnog sustava	Disperzna faza	Disperzno sredstvo	Koloidni sustav
MAGLA	tekućina	plin	aerosol
DIM	Čvrsta tvar	plin	Aerosol
MLIJEKO	tekućina	tekućina	Emulzija
ŽELATINA	Čvrsta tvar	tekućina	Sol, gel
MASLAC	tekućina	Čvrsta tvar	Čvrsta emulzija
SAPUNICA	plin	tekućina	Pjena
OBOJENO STAKLO	Čvrsta tvar	Čvrsta tvar	Čvrsti sol, gel



**Slika 72.** Primjeri koloidnih sustava: pjena, mlijeko, magla, boje

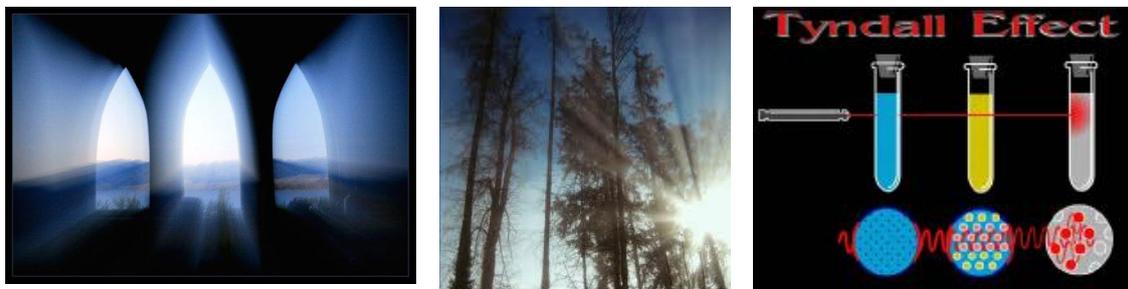
Najčešći i najznačajniji su koloidni sustavi kod kojih je disperzno sredstvo tekućina, a disperzna faza čvrsta tvar. Takve koloidne sustave nazivamo *sol ili gel*. U sol stanju čestice disperzne faze se slobodno kreću u disperznom sredstvu, a u stanju *gela* nastaje mrežasta struktura disperzne faze u kojoj je uklopljeno mnogo čestica disperznog sredstva. Prijelaz iz sol stanja u gel stanje može biti *reverzibilan* ili *ireverzibilan* proces. Prijelaz iz sol stanja u gel stanje kod želatine je reverzibilan proces, ali kada pečemo jaje taj proces nije reverzibilan.



## 15.2. Svojstva koloidnih sustava

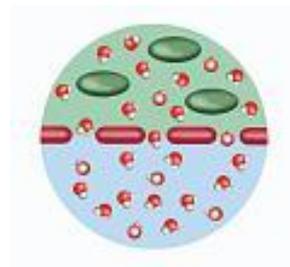
Koloidni sustavi pokazuju neka karakteristična svojstva, a to su:

1. *Tyndalov fenomen* – pojava da se prolaskom kroz koloidne sustave svjetlost raspršuje na sitnim koloidnim česticama pa to vidimo kao svjetli trag. Kod pravih otopina se taj trag ne vidi pa kažemo da su optički prazne



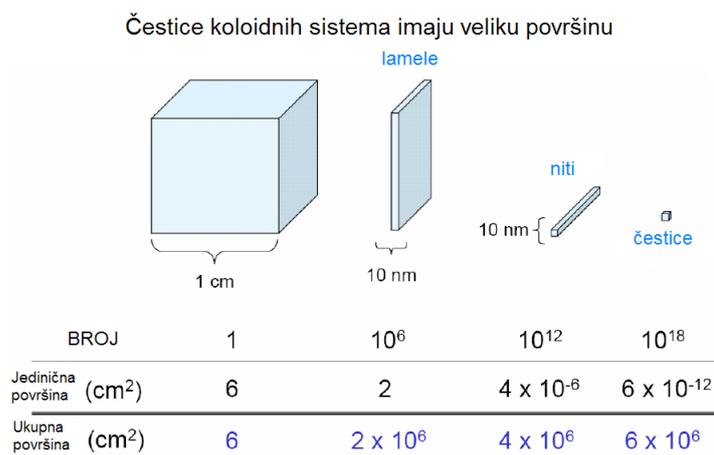
Slika 73. Tyndallov efekt u prirodi i laboratoriju

2. Koloidne čestice su vrlo sitne (1 – 200 nm ) i prolaze kroz obični filter papir. Iz otopine ih možemo odijeliti *ultrafiltracijom*. Kao ultrafiltri nam mogu poslužiti opne od celofana, kolodija i drugih materijala čija veličina pore ne prelazi  $10^{-6}$  cm. Takav proces odjeljivanja nazivamo *dijaliza* (metoda pročišćavanja koloidnih otopina)



Slika74. Primjer dijalize i ultrafiltracije

3. Koloidni sustavi imaju *veliku ukupnu površinu* disperzne faze.



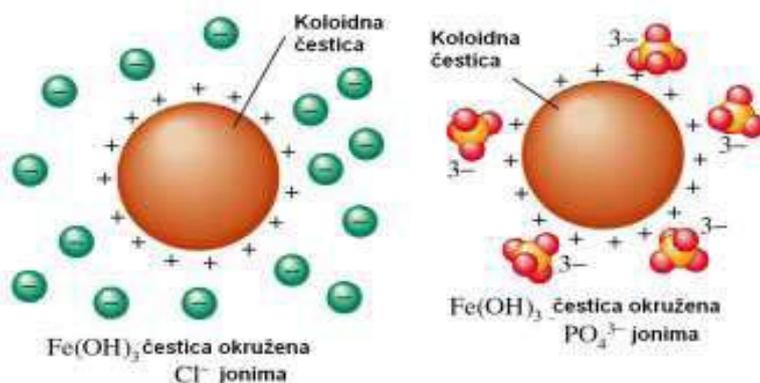
Slika 75. Ukupna površina koloidnih čestica

4. Koloidne čestice imaju veliku *površinsku energiju* što ih čini *nestabilnim*. Da bi se smanjila energija površine čestice se udružuju u veće agregate. Ova pojava se naziva *koagulacija*. Unatoč tome koloidni sustavi su često ipak stabilni.



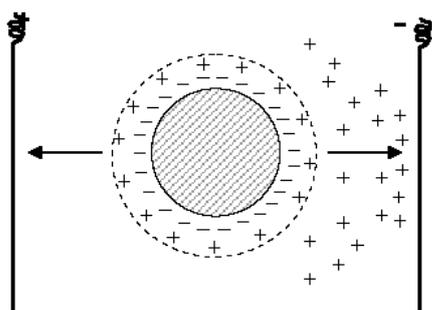
**Slika 76.** Koagulacija (agregacija) koloidnih čestica

Površinska energija koloidnih čestica može se smanjiti i *adsorpcijom*. Adsorpcija je pojava da se na površinu koloidnih čestica vežu pozitivni ili negativni ioni iz otopine.



**Slika 77.** Adsorpcija iona iz otopine na koloidne čestice

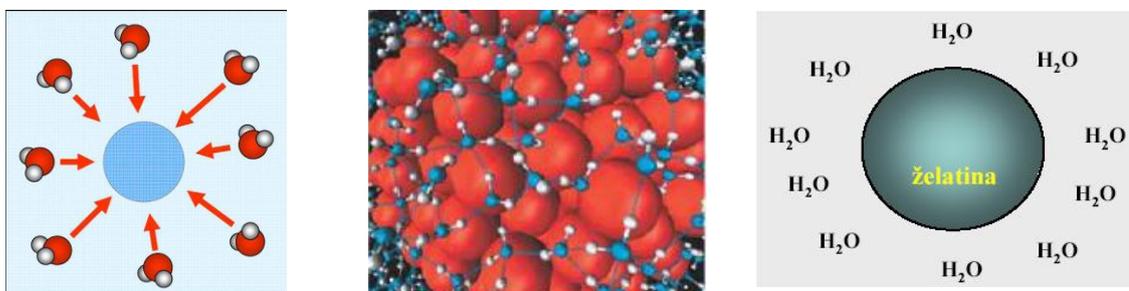
5. Zbog velike sposobnosti nekih koloidnih čestica da vežu određene tvari na svoju površinu one mogu postati *električki nabijene*. Električki nabijene čestice koloidnog sustava će u električnom polju putovati ka elektrodi suprotnog naboja. Ta pojava naziva se *elektroforeza* i može se koristiti za odvajanje i identificiranje međusobno sličnih spojeva, jer brzina putovanja pojedinih koloida nije ista.



**Slika 78.** Shema elektroforeze

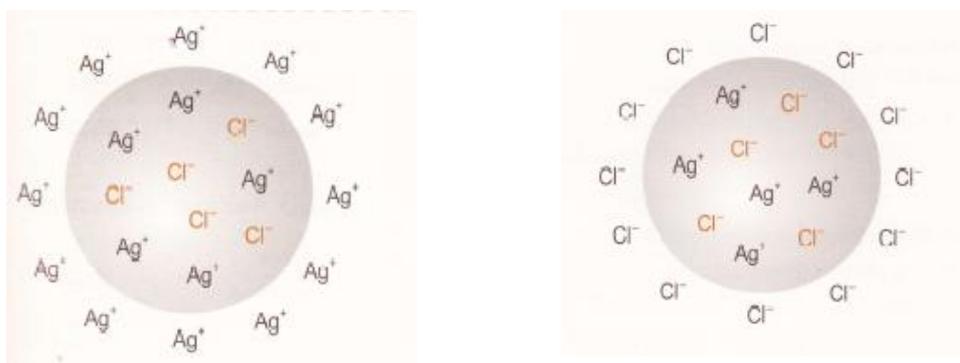
6. Koloidne čestice imaju svojstvo stvaranja *micela*- nakupine malih iona ili molekula koje imaju koloidne dimenzije. Micele mogu biti *hidrofilne* i *hidrofobne*.

*Hidrofilne* micele, npr. micele želatine, pokazuju afinitet prema vodi kao disperznom sredstvu. Stabilne su jer molekule vode vezane na njihovoj površini čine hidratni ovoj koji sprečava njihovo udruživanje u veće agregate.

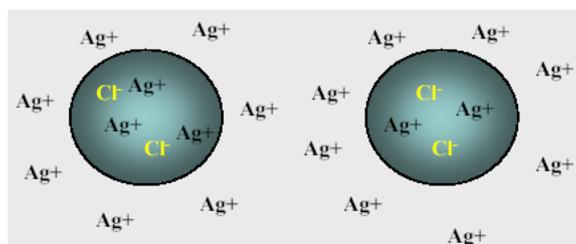


**Slika 79.** Stabilnost hidrofilinih koloida

*Hidrofobne* micele, npr. micele AgCl, ne pokazuju afinitet prema vodi. Stabilne su jer se na njihovu površinu vežu ioni iz otopine pa su sve čestice istog naboja, odbijaju se i ne može doći do koagulacije. Naboj je moguće neutralizirati dodatkom nekog elektrolita.



**Slika 80.** Hidrofobna micela AgCl u suvišku srebrovih i kloridnih iona

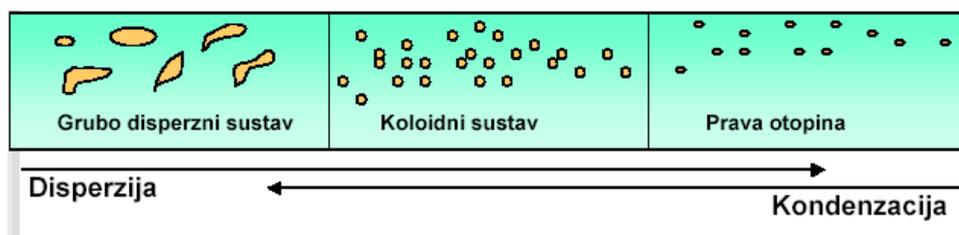


**Slika 81.** Stabilnost hidrofobnih koloida

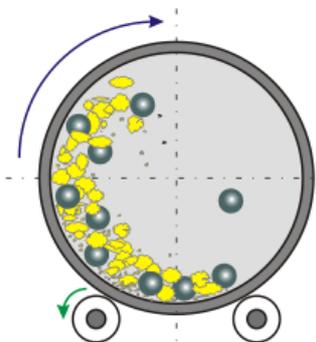
### 15.3. Metode priprave koloidnih sustava

Koloidne sustave možemo pripremiti na dva načina:

7. *Metodom kondenzacije* – polazi se od pravih otopina. Metoda kondenzacije zasniva se na grupiranju sitnijih čestica (molekula ili atoma) u krupnije agregate čije su dimenzije u granicama koloidnih sustava. Češće se primjenjuju u praksi nego disperzijske metode i obično se postižu kemijskim reakcijama: oksidacijom, redukcijom, hidrolizom.. Ako u alkoholnu otopinu sumpora dodamo vodu u kojoj sumpor nije topiv dolazi do nastajanja koloidne otopine sumpora.
2. *Metodom disperzije*- polazi se od grubodisperznog sustava ili taloga. Čvrste tvari se mljevenjem u tzv. koloidnom mlinu usitnjavaju u visoko disperzni prah. Za sprečavanje ponovnog stvaranja krupnijih čestica upotrebljavaju se stabilizatori.



Slika 82. Metode nastajanja koloidnih čestica



Slika 83. Kuglični mlin- drobljenje materijala do koloidalne finoće (približno 1  $\mu\text{m}$  i manje)



#### Vježba 1.

U epruvetu stavi malo sumpora. Dodaj 5 ml metanola da se sumpor otopi. Otopinu profiltriraj u drugu čistu epruvetu. Filtratu dodaj malo destilirane vode. Bilježi zapažanja. Kojom metodom si dobio sol sumpora.



#### Vježba 2.

U čašu od 250 ml stavi 100 ml razrijeđene slabo kisele otopine  $\text{FeCl}_3$ . Otopinu zakiseli sa par kapi  $\text{HCl}$ . Otopinu zagrij i uz stalno mješanje dodaj otopinu amonijevog karbonata  $c = 1 \text{ mol/l}$ . Kod dodatka amonijevog karbonata nastaje talog koji se uz miješanje koloidno otopi. Reagens dodaj tako dugo dok otopina ne poprimi tamnocrvenu boju ali bez taloga.



### Vježba 3. Difuzija u želatini

U čašu od 100 ml stavi 2.5 g želatine sa 25 ml vode da bubri. Kada želatina nabubri dodaj još 25 ml vode i uz polagano mješanje zagrijavaj na vodenoj kupelji do 40 ° C, pri čemu nastaje sol želatine. Otopljenu želatinu razlij u 4 epruvete, lagano uz rub da se ne stvara pjena. Polaganim hlađenjem želatina prelazi u gel. Na skrućenu želatinu u epruvete nalijevaj redom po malo otopina; prva- metilensko plavilo , druga -  $\text{CuSO}_4$  ,treća –  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , četvrta-  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Nakon nekog vremena pogledaj i prokomentira promjene.



### Vježba 4. Zaštitno djelovanje koloida

Da bi ste pokazali zaštitno djelovanje želatine napravite slijedeći eksperiment: U čašu od 100 ml ulij 20 ml destilirane vode. Dodaj 0.1 g želatine. Ostavite da bubri oko pola sata. Zagrijte da dobijete bistru otopinu. U međuvremenu pripremi 4 epruvete u koje stavi otopine prema tablici. Prvo stavlja otopinu  $\text{AgNO}_3$  ( $c= 0.01\text{mol/l}$ ), a zatim destiliranu vodu. Otopina želatine se dodaje mlačna. Otopine se ne potresaju. Zatim se dodaj otopinu  $\text{NaCl}$  ( $c= 0.01\text{ mol/l}$ ). Epruvete začepi i promješaj okretanjem gore-dolje 5 puta. Tijekom 15 min. promatraj promjene.

Broj epruvete	1	2	3	4
Otopina $\text{AgNO}_3$	5ml	1ml	1ml	1ml
Destilirana voda	9ml	13ml	9ml	-
Otopina želatine	-	-	-	13ml
Otopina $\text{NaCl}$	1ml	1ml	5ml	1ml
Ukupan volumen	15ml	15ml	15ml	15ml



### Vježba 5. Priprema emulzije

Emulzija je koloidni sustav u kojem je jedna tekućina raspršena u drugoj, a nastaju kada se smjesi dviju tekućina koje se inače ne miješaju doda emulgator. Emulgatori mogu biti detergentski koji svoj hidrofilni dio okrenu prema vodi, a hidrofobni prema nekom nepolarnom otapalu i na taj način stabilizira emulziju. U dvije epruvete ulij po 3 ml vode i 2 ml toluena. U jednu epruvetu dodaj nekoliko kapi detergenta. Obje epruvete začepi i dobro promućkaj i ostavi na stalak. Prati promjene.



### Vježba 6. Tyndallov fenomen

U dvije čaše od 200 ml ulij vodovodne vode. U jednu čašu dodaj malo kristala srebrova(I) nitrata. Otopina se lagano zamuti jer nastaje koloidna otopina srebrova(I) klorida. Svaku čašu postavi ispred uskog snopa svjetlosti ili pred džepni laser. Zabilježi zapažanja.

## 16. SOLI

Soli su ionski spojevi čiji kation potječe od baze a anion od kiseline. Tališta soli su obično visoka, a ovise o privlačnom djelovanju između iona u ionskoj strukturi. Privlačne sile između iona se nazivaju

*Coulombove* (Kulonove ) sile i one ovise o naboju iona i o udaljenosti između naboja. Ako su naboji iona veći, jače su privlačne sile među

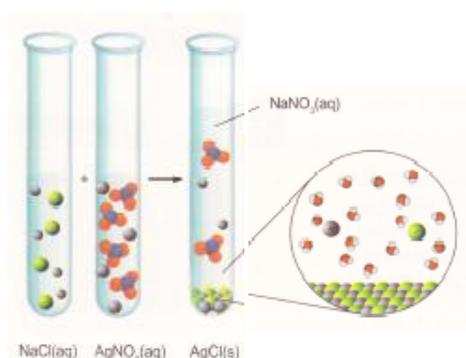
njima, njihova topivost je slabija, a talište veće. Ako su veće udaljenosti između naboja privlačne sile su slabije, topivost spoja je veća, a talište niže. Soli su vrlo rasprostranjene u prirodi, ali ih možežo dobiti i u laboratoriju i to na više načina:



### 16. 1. Načini dobivanja soli:

1. Izravnim spajanjem metala i nemetala  
 $\text{metal} + \text{nemetal} \rightarrow \text{sol}$
2. Reakcijom metala i kiseline  
 $\text{metal} + \text{kiselina} \rightarrow \text{sol} + \text{vodik}$
3. Reakcijom bazičnog oksida (oksidi alkalijskih i zemnoalkalijskih metala) i kiseline  
 $\text{bazični oksid} + \text{kiselina} \rightarrow \text{sol} + \text{voda}$
4. Reakcijom kiselih oksida (oksidi nemetala )s bazom  
 $\text{kiseli oksid} + \text{baza} \rightarrow \text{sol} + \text{voda}$
5. Reakcijom kiselina i baza  
 $\text{kiselina} + \text{baza} \rightarrow \text{sol} + \text{voda}$
6. Reakcijom dvostruke izmjene  
 $\text{sol}_1 + \text{sol}_2 \rightarrow \text{sol}_3 + \text{sol}_4$

Ako je topivost soli velika ponekad neprimjećujemo reakciju (promjene ) iako se ona događa. Pomiješamo li otopine natrijevog klorida i kalijevog nitrata možemo dobiti kalijev klorid i natrijev nitrat, ali u otopini nećemo vidjeti promjene jer su topivosti svih mogućih soli velike. Ako pomiješamo otopinu natrijevog klorida i srebrova(I) nitrata nastat će bijeli talog slabo topivog srebrova (I) klorida, a iznad taloga će u otopini biti ioni dobro topivog natrijevog nitrata. Pojave taloga će ovisiti o topivosti soli. Kod slabo topivih soli talog se pojavljuje kod malih koncentracija iona. Tablica topivosti se nalazi u prilogu pa je prokomentirajte s nastavnikom.



**Slika 84.** Taloženje srebrova klorida

**Slijedi nekoliko vježbi u kojima ćeš propremiti soli na različite načine****Vježba 1.**

U epruvetu od teško taljivog stakla stavi malo olova i joda, protresi i zagrij. Ostavi epruvetu da se lagano hladi na zraku.

**Vježba 2.**

U epruvetu stavi malo cinka (granule ili prah) i dodaj par kapi razrijeđene klorovodične kiseline i promatraj promjene.

**Vježba 3.**

U epruvetu stavi na vrh žlice bakrova (II) oksida i dodaj oko 5 ml razrijeđene dušične kiseline. Promatraj promjene.

**Vježba 4.**

U epruvetu za odsisavanje stavi malo kalcijevog karbonata. Epruvetu začepi čepom u kojem je umatnuta kapaljka. Bočni nastavak epruvete spoji gumenim crijevom sa staklenom cjevčicom koju uroni u epruvetu s vapnenom vodom. Kapaljkom dodaj razrijeđene klorovodične kiseline. Plin  $\text{CO}_2$  koji se pri tom javlja uvodi u vapnenu vodu koja se zamuti.

**Vježba 5.**

U epruvetu stavi oko 1 ml otopine klorovodične kiseline, dodaj kap fenoftaleina i zatim dokapavaj otopinu natrijevog hidroksida do prve pojave boje.

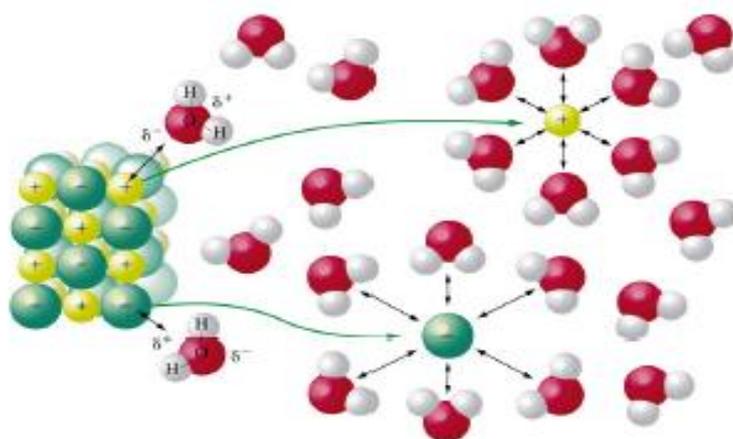
**Vježba 6.**

U epruvetu stavi malo otopine natrijevog klorida i kap po kap dodavaj otopine srebrova (I) nitrata. Promatraj promjene.

Sve gore navedene vježbe pojedinačno napiši u svoj dnevnik po svim pravilima pisanja dnevnika.

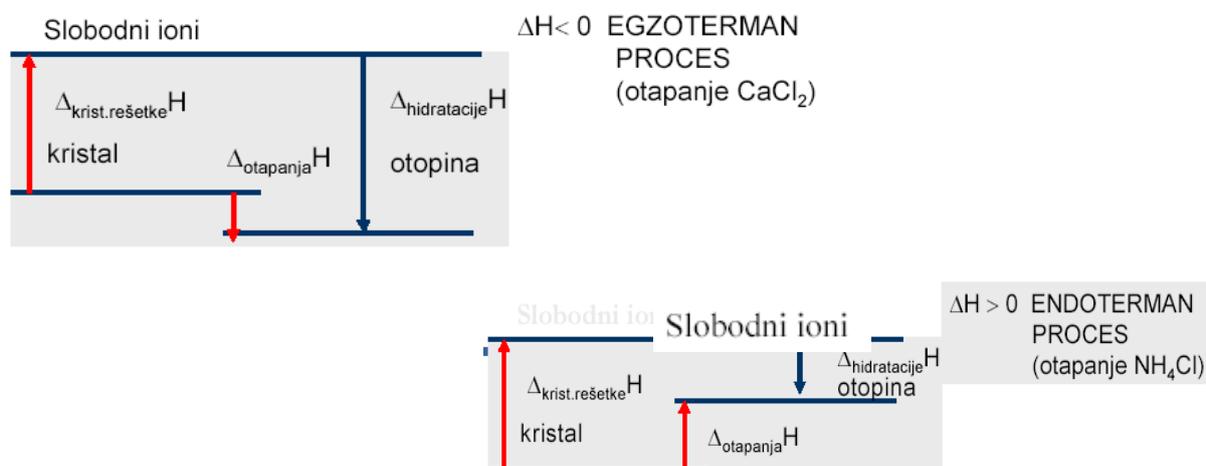
## 16.2. Energetske promjene pri procesu otapanja

Sam proces otapanja možemo podijeliti u dvije faze. Prva faza je razaranje kristalne strukture pri čemu nastaju slobodni ioni. Ovaj proces je praćen utroškom energije. Druga faza je hidratacija iona nastalih razaranjem kristalne strukture i ona je uvijek praćena oslobađanjem energije.



**Slika 85.** Proces otapanja natrijeva klorida

Ovisno o odnosu utrošene energije za razaranje strukture i oslobođene prilikom hidratacije iona sam proces otapanja može biti **egzoterman** ili **endoterman**. Ako je energija hidratacije veća od energije kristalne strukture proces otapanja je egzoterman. Ako je proces otapanja egzoterman oslobađat će se energija u okolinu i posuda u kojoj vršimo otapanje će se zagrijavati, temperatura okoline raste. Ako je proces otapanja endoterman trošit će toplinu iz okoline pa će se posuda u kojoj vršimo otapanje hladiti.



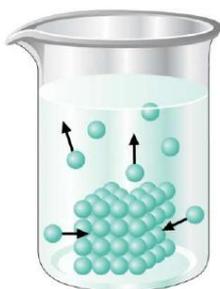
**Slika 86.** Dijagram endotermnog i egzotermnog procesa otapanja soli



### Vježba 7. Energetske promjene pri otapanju soli

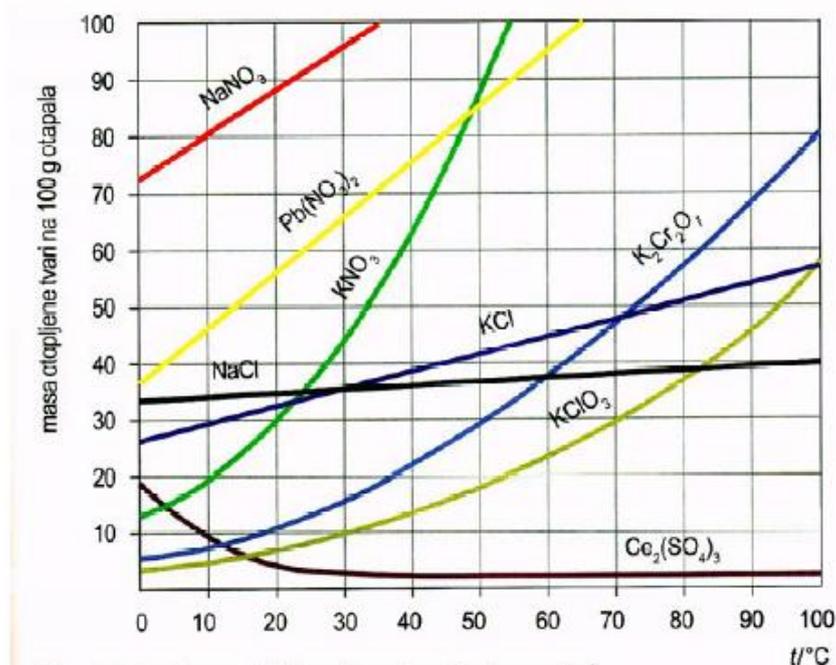
Uzmi dvije čaše od 250 ml. U svaku od njih ulij po 100 ml destilirane vode. Izmjeri temperature vode i zabilježi je. U prvu čašu dodaj 5 g bezvodnog kalcijevog klorida, a u drugu 5 g kalijevog nitrata. Promiješaj obje otopine i izmjeri temperature istih. Zabilježi temperature. Rezultate prikažite tabelarno. Nacrtaj entalpijske dijagrame za otapanje navedenih soli. Koji proces biste označili kao egzoterman, a koji kao endoterman?

### 16.3. Topljivost soli



Različite tvari se različito otapaju u istim otapalima. To ovisi o silama koje djeluju između čestica. Kako su soli ionski spojevi, a voda je polarno otapalo, soli bi se trebale dobro otapati u vodi po *sistemu slično se u sličnom otapa*. Topljivost soli će ovisiti o Kulonovim silama o čemu smo ranije govorili. Otopine koje sadrže najveću moguću količinu otopljene tvari pri određenoj temperaturi su *zasićene* otopine. Ako je masa otopljene tvari pri određenoj temperaturi manja od maksimalno moguće, otopina je *nezasićena*.

*Topljivost* je definirana sastavom zasićene otopine, a najčešće se iskazuje najvećom mogućom masom otopljene tvari u 100g otapala pri određenoj temperaturi. Topljivost tvari ovisi o kemijskoj prirodi otopljene tvari, otapala i o temperaturi, koja se uvijek navodi. Ovisnost koncentracije otopljene tvari o temperaturi vidljiva je iz *dijagrama topljivosti*.



Slika 87. Krivulja topljivosti



### Vježba 8: Topljivost soli

U čistu, suhu široku epruvetu odvaži 8 g kalijeva nitrata. Dodaj 5 ml destilirane vode. Zagrij sadržaj epruvete dok se sva sol ne otopi. Pusti da se otopina hladi. Upotrijebi termometar kao štapić za mješanje. Kada primjetiš pojavu prvih kristala zabilježi temperaturu. Ponovi eksperiment još tri puta dodajući u istu epruvetu po 5 ml vode i nakon svakog dodatka vode odredi temperaturu pri kojoj se pojavljuju kristali. Iz dobivenih podataka izračunaj topljivost kalijeva nitrata u vodi. Topljivost izrazite omjerom  $100 \cdot m(\text{KNO}_3)/m(\text{H}_2\text{O})$ . Konstruiraj krivulju topljivosti na milimetarskom papiru.

$m(\text{KNO}_3)\text{g}$	$m(\text{H}_2\text{O})\text{g}$	Početak kristalizacije $T(^{\circ}\text{C})$	Topljivost $100 \cdot m(\text{KNO}_3)/m(\text{H}_2\text{O})$ .

### 16.4. Hidroliza soli



Vodne otopine soli mogu pokazivati kiselu, lužnatu ili neutralnu reakciju.

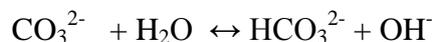
Vodne otopine soli nastale kombinacijom baza i kiselina jednake jakosti će biti neutralne. Hidroliza je reakcija u kojoj sudjeluju molekule vode.



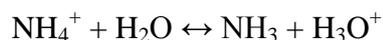
Do hidrolize uvijek dolazi djelovanjem vode na:

- Soli **jakih baza i slabih kiselina**;
- Soli **slabih baza i jakih kiselina** i
- Soli **slabih baza i slabih kiselina**.

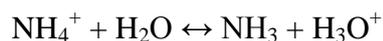
Npr. vodena otopina *natrijevog karbonata* sadrži ione natrija i karbonatne ione. Ioni natrija se samo okružuju molekulama vode,  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ , i ne reagiraju s vodom. Karbonatni ioni (određeni broj njih) reagiraju s vodom. Zbog te reakcije povećava se koncentracija  $\text{OH}^-$  iona pa će otopina djelovati *bazično*.



Otopina *amonijevog klorida* zbog hidrolize djeluje *kisel*. Otopina amonijevog klorida sadrži amonijeve i kloridne ione. Kloridni ioni kemijski ne reagiraju s vodom samo se okružuju s većim brojem molekula vode. Amonijevi ioni reagiraju s molekulama vode pri čemu nastaju oksonijevi ioni.



Otopina *amonijeva karbonata* sadrži amonijeve i karbonatne ione koji reagiraju s molekulama vode. Reakcijom hidrolize nastaju hidroksidni i oksonijevi ioni pa će otopina ove soli biti *neutralna*.



### Vježba 9.

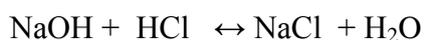
Pripremi otopine  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  istih koncentracija, npr 1 mol/l. Uzmi 6 epruveta i u svaku stavi podjednaku količinu gore navedenih otopina. Univerzalnim indikatorom provjeri pH otopina. Napiši pripadne jednadžbe reakcija hidrolize iona podložnih hidrolizi.

otopina	pH	Jednadžba hidrolize
Amonijev klorid		
Magnezijev sulfat		
Natrijev klorid		
Natrijevhidrogenkarbonat		
Natrijev sulfit		
Natrijev karbonat		

## 17. NEUTRALIZACIJA

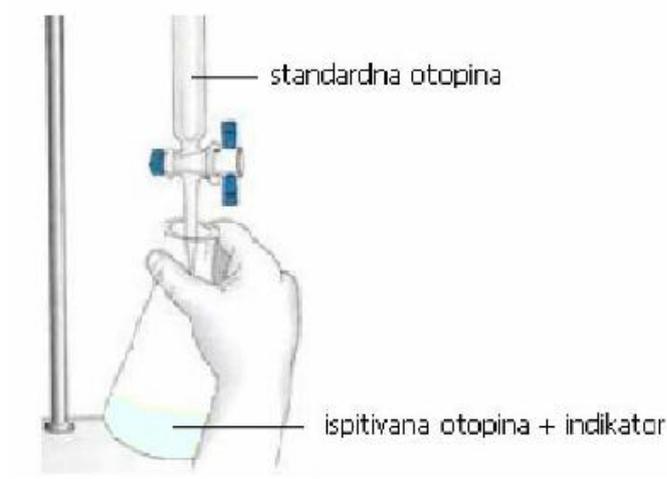
Neutralizacijom kiselina i baza nastaju sol i voda. Svaka reakcija neutralizacije u vodenoj otopini se može svesti na reakciju iona  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  i  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$  jer ostali ioni ne sudjeluju.

Ako imamo otopinu kiseline točno određene koncentracije možemo je iskoristiti za određivanje koncentracije baze. Obično radimo tako da biretu napunimo kiselinom, a u Erlenmayerovu tikvicu ulijemo poznati volumen otopine baze čiju koncentraciju želimo odrediti. U otopinu baze dodamo par kapi indikatora i dodajemo iz birete kap po kap otopine kiseline dok ne dođe do promjene boje indikatora. Ovaj postupak se zove **titracija**. Očitamo utrošeni volumen kiseline i izračunamo koncentraciju baze. Za izračunavanje koristimo reakciju:



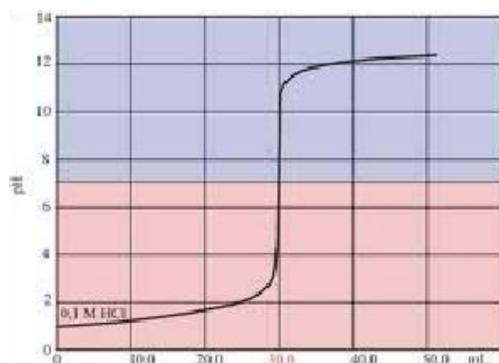
$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl})$$

$$V_{(\text{NaOH})} c_{(\text{NaOH})} = V_{(\text{HCl})} c_{(\text{HCl})}$$



Slika 88. Postupak titracije

Tijekom titracije mijenja se *pH* otopine. Krivulja koja pokazuje promjenu pH otopine naziva se *krivulja titracije*.



Slika 89. Titracija kiseline jakim bazom

$$V(\text{NaOH}), c = 0,1 \text{ mol/l}$$

Pri neutralizaciji jakih kiselina jakim bazama pH otopine naglo se mijenja u blizini *točke ekvivalencije*. Točka ekvivalencije je postignuta kada se otopini baze doda točno ekvivalentna množina kiseline. U točki ekvivalencije se mijenja i boja *indikatora*. Za točku ekvivalencije se uzima ona pH vrijednost pri kojoj indikator pokazuje promjenu boje. Promjena boje indikatora ne događa se skokovito nego postepeno. Svaki indikator ima svoje karakteristično područje u kojem mijenja boju.

#### Pregled najvažnijih kiselobazičnih indikatora

Indikator	pH-područje promjene boje	boja u kiselom	boja u lužnatom
fenolcrvenilo	6,4 - 8,0	žuta	crvena
fenolftalein	8,2 - 10,0	bezbojna	crvenoljubičasta
kongocrvenilo	3,0 - 5,0	ljubičasta	crvena
metilno crvenilo	4,2 - 6,3	crvena	žuta
metilnarančasto	3,1 - 4,4	crvena	žuta
timolmodro	1,2 - 2,8	crvena	žuta
tropeolin	1,3 - 3,0	crvena	žuta



#### Vježba 1. Određivanje koncentracije baze postupkom titracije

U Erlenmayerovu tikvicu odpipetiraj 10 ml otopine NaOH čiju koncentraciju želiš odrediti. Dodaj par kapi metiloranža (indikator). Biretu napuni otopinom klorovodične kiseline  $c(\text{HCl}) = 0.1 \text{ mol/l}$ . Titiraj do prve promjene boje indikatora. Titraciju ponovi tri puta i računaj sa srednjom vrijednošću. Izračunaj koncentraciju uzorka baze.



### Vježba 2. Snimanje krivulje titracije

U Erlenmayerovu tikvicu stavi 25 ml otopine NaOH koncentracije 0.1 mol/l i par kapi metiloranža. Biretu napuni otopinom HCl-a koncentracije 0.1 mol/l. Izmjeri pH otopine u tikvici univerzalnim indikatorom. Iz birete ispuštaj po 5 ml otopine kiseline i bilježi pH. Nacrtaj krivulju titracije tako da na os **y** naneseš pH , a na os **x** volumen dodane kiseline.

V(HCl)ml	pH
0	
5	
10	
15	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
30	
35	

Na krivulji označi točku ekvivalencije.

## 18. L I T E R A T U R A

Sikirica M. ; Korpar-Čolig B. : Priručnik za vježbe iz kemije, Zagreb 1991.

B anović M. : ANALITIČKA KEMIJA , Školska knjiga, Zagreb, 1995.

Sikirica M. ; Korpar-Čolig B. KEM IJA S VJEŽBAMA 2, Školska knjiga, 2001.

Herak – Kušec – Marković- Petreski- Škorić – Galas OSNOVE FIZIKALNE KEMIJE, Školska knjiga, Zagreb, 1993.

Sikirica M. STEHIOMETRIJA, Školska knjiga , Zagreb, 1994.

Rupčić-Petelinc S. PRAKTIKUM ANALITIČKE KEMIJE, Školska knjiga, Zagreb, 2009.

Nothig Hus D. ; Herak M. ; Novosel F. OPĆA KEMIJA 2 Š kolska knjiga, Zagreb, 2007.

Habuš A. ; Stričević D. ; Liber S. OPĆA KEMIJA 2 , Profil, Zagreb, 2007.

Pavlović G. ; Kovačević LJ. KEMIJA 2, Alfa, Zagreb, 2008.

Nenad Judaš,dr.sc. NAPUTAK O CTRANJU