



FAKULTETA ZA KEMIJO IN KEMIJSKO TEHNOLOGIJO  
Smetanova 17, Maribor



**I. Ban, M. Kristl**

## **VAJE IZ SPLOŠNE IN ANORGANSKE KEMIJE**

**Navodila za vaje**

**Maribor, marec 2009**

## KAZALO

<b>Uvod</b> .....	3
<b>Laboratorijski inventar</b> .....	6
<b>Laboratorijske tehnike</b> .....	11
<b>Merske enote</b> .....	18
<b>Eksperimentalne vaje</b> .....	21
1. vaja: Določevanje formule kristalohidrata.....	22
2. vaja: Plinski zakoni .....	24
3. vaja: Kemijska reakcija.....	28
4. vaja: Raztopine 1.del.....	31
5. vaja: Raztopine 2.del .....	33
6. vaja: Topnost. ....	35
7. vaja: Kisline, baze, soli. Nevtralizacijska titracija.....	37
8. vaja: Ionske reakcije. Destilacija in retitracija.....	41
9. vaja: Kemijsko ravnotežje. Ravnotežna konstanta kemijske reakcije.....	45
10. vaja: Kemijsko ravnotežje. Protolitska ravnotežja v vodnih raztopinah Titracijska krivulja.....	47
11. vaja: Topnostni produkt.....	53
12. vaja: Reakcije oksidacije in redukcije.....	56
13. vaja: Koordinacijske spojine.....	59
14. vaja: Sinteza preparatov.....	62
15. vaja: Hitrost kemijske reakcije.....	65
<b>Viri</b> .....	68

## UVOD

### Splošna navodila

Študent mora prihajati na vaje temeljito pripravljen. To pomeni, da mora prebrati navodilo za eksperimentalni del vaje ter naštudirati teorijo za vajo, ki jo lahko najde v ustreznih učbenikih, in je osnova za izračunavanje nalog in izvedbo eksperimentalnega dela vaje. Zavedati se mora, da praktične vaje dosežejo svoj namen le, če se na vaje dobro pripravi in vaje samostojno opravi.

Med laboratorijskimi vajami sme asistent preveriti študentovo znanje, tako ustno kot pisno. Če s študentovim znanjem in pripravo na vajo ni zadovoljen, mu lahko prepove opravljanje eksperimentalnega dela vaje.

Pri vsaki vaji študent rešuje tudi računske naloge, ki so povezane s teorijo posamezne vaje. Pred vsako praktično vajo asistent tudi izračuna s študenti nekaj računskih primerov. Zato mora študent redno obiskovati seminarske vaje, kjer se seznanjajo s kemijskim računanjem. S kemijskim računanjem ne bo imel težav le v primeru, da obvlada osnovno znanje teorije in izračunavanje tudi sam vadi.

Viri računskih nalog za vaje iz kemijskega računanja:

1. N.Bukovec, N.Bulc, B.Čeh, A.Demšar, A.Golobič, I.Leban, B.Modec in P.Šegedin, Vaje iz anorganske kemije, Zbirka nalog, Ljubljana, 2005
2. J.C.Kotz, P.Treichel, Chemistry & Chemical Reactivity, *Third Edition*, Saunders college publishing, 1996
3. L.K. Kinsland, Problem Solving in General Chemistry, Whitten, Davis, Peck, Saunders College Publishing, 1996

## **Napotki za delo v laboratoriju**

Pred začetkom izvajanja praktičnih vaj v laboratoriju se mora študent seznaniti z varstvom pri delu v laboratoriju. Vsak študent dobi pisna navodila in mora tudi podpisati izjavo, da je seznanjen z delom v laboratoriju. Ta navodila mora pri svojem samostojnem delu v laboratoriju dosledno upoštevati. V primeru, da pride do kakršnekoli nezgode oziroma poškodbe, mora o tem takoj obvestiti asistenta.

Pri laboratorijskem delu mora študent nositi delovno obleko (haljo) in pri delu z jedkimi snovmi (kisline, baze) še zaščitna očala in rokavice. V laboratoriju morajo študenti skrbeti za red, izvajati pa smejo le predpisane poskuse. Po končani vaji mora vsak študent pospraviti svoj delovni prostor. To pomeni, da mora pomiti svoj inventar, ki ga je uporabljal pri praktičnem delu vaje, in ga pospraviti v omarico ter obrisati svoj delovni pult. Skrbeti mora tako za svoj inventar kot tudi za skupni inventar in laboratorijsko pohištvo.

**V laboratoriju je strogo prepovedano prinašanje in uživanje hrane in pijače ter kajenje ter uporaba mobilnih telefonov.**

Vse reakcije, pri katerih nastajajo dražeči oziroma strupeni plini, je potrebno izvajati v digestorijih (v odduhi).

Za izlivanje odpadnih produktov se uporabljajo le izlivna korita na koncih delovnih pultov, ne pa izlivi na delovnih pultih. Ob zlivanju odpadnih produktov v odtok pa je potrebno tudi izpiranje s tekočo vodo. Vse snovi, ki bi ob izlivanju v kanalizacijo lahko imele škodljive posledice za okolje (težke kovine, strupene snovi itd.) se zbirajo v posebnih posodah ob izlivnih koritih, kasneje pa se nevtralizirajo oziroma odpeljejo v ustanove, ki se ukvarjajo z zbiranjem in uničevanjem teh odpadkov. Na zbiranje teh odpadnih substanc mora opozoriti študente asistent pred pričetkom izvajanja vaje.

Študent mora na vaje prinesiti svoj kalkulator, krpo za brisanje pulta in po potrebi tudi vžigalice ter sredstvo za pomivanje posode.

Za vsako odsotnost z vaj mora študent prinesiti asistentu zdravniško spričevalo. V primeru pa, da bo prišlo do predvidene odsotnosti, se mora z asistentom tudi dogovoriti za termin, v katerem bo lahko manjkajočo vajo opravil.

### **Laboratorijski dnevnik**

Študent mora pisati laboratorijski dnevnik. To je 60 do 100 listni zvezek formata A5 (mali format zvezka). Vanj zapisuje študent pregledno in čitljivo svoja opažanja, izračune, meritve in tudi rezultate vaj.

Pri pisanju dnevnika naj dosledno upošteva vrsni red naslednjih točk:

#### **Številka in naslov vaje ter datum**

1. Namen vaje
2. Meritve
3. Računi
4. Opis dela
5. Rezultati

Računske naloge je potrebno napisati v taki obliki, da je pregledno, kako je študent prišel do končnega rezultata. Na začetku naloge je potrebno izpisati podatke, ki jih je študent uporabljal pri izračunu (največkrat je to številka listka s podatki).

Pri eksperimentalnem delu mora študent jasno definirati **namen vaje**. Pregledno mora tudi zapisati vse **meritve, račune in opise** izvedbe vaje.

V opisu dela mora študent na kratko opisati, kako je eksperimentalni del izvedel in če je prišlo pri izvedbi vaje do kakšnih posebnosti, ki bi lahko vplivale na končni rezultat. Opis dela mora biti napisan v prvi osebi ednine v preteklem času. Pri zapisovanju eksperimentalnega dela naj pravilno uporablja kemijsko izrazoslovje. Pri opisu eksperimentalnega dela sme študent uporabljati navodilo za izvedbo vaje, ki mu naj bo le v pomoč, naj pa navodila v celoti ne

prepiše, ampak naj opiše postopek s svojimi besedami. Opis mora biti napisan tako, da lahko vsak drug študent za njim celoten eksperiment ponovi.

Rezultati posameznih nalog morajo biti pregledno označeni.

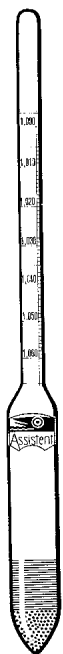
V drugem delu vaj so v glavnem zastopane kvalitativne eksperimentalne naloge. Pri teh nalogah sledi po definiciji namena vaje kratek opis eksperimentalne izvedbe vaje in študentova opažanja. Zapisane pa morajo biti tudi vse enačbe kemijskih reakcij, ki so pri izvedbi naloge potekale. Na koncu opisa je potrebno zapisati še razlage opažanj, ugotovitve in zaključke, odvisno pač od tega, kaj naloga od študenta zahteva.

Napake, ki jih asistent pri pregledu dnevnika opazi in tudi definira, je študent dolžan popraviti. **Popravo** piše študent kot nadaljevanje dnevnika oziroma označi stran v dnevniku, na kateri lahko asistent popravo tudi najde.

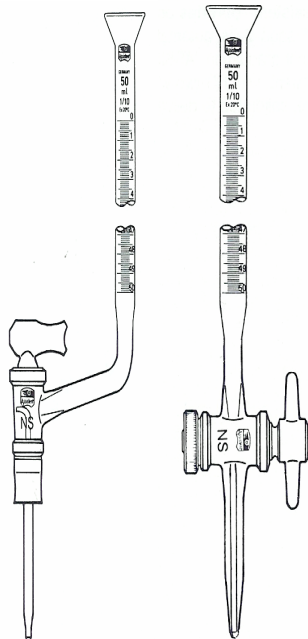
Nepravilno izvedene vaje mora študent ponavljati. Za termin ponovnega opravljanja vaje se mora z asistentom predhodno dogovoriti, če vaje ne more ponoviti v istem dnevu.

Po končani vaji mora študent dnevnik pokazati asistentu, ki najprej pregleda **rezultate praktičnega dela vaje**, nato pa mora dnevnik asistentu tudi oddati. Asistent dnevnik do izvajanja naslednje vaje pregleda in popravi. Študent ima opravljene vaje šele takrat, ko ima podpisane vse vaje s strani asistenta. Po končanih vajah ostanejo pregledani in podpisani dnevniki v arhivu laboratorija za anorgansko kemijo.

## **LABORATORIJSKI INVENTAR:**



areometer



bireta



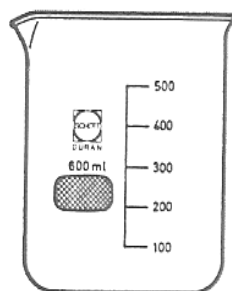
merilna  
pipeta



polnilna  
pipeta



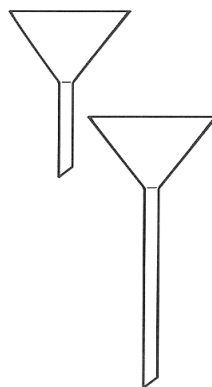
laboratorijski  
termometer



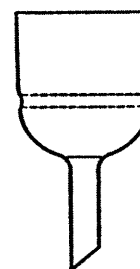
čaša



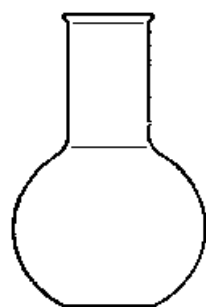
epruveta



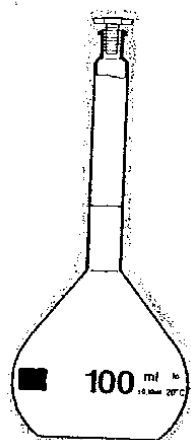
stekleni lij s kratkim in dolgim vratom



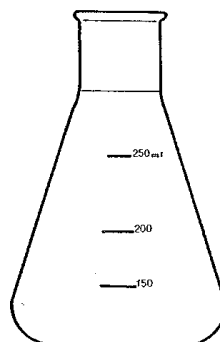
Büchnerjev lij



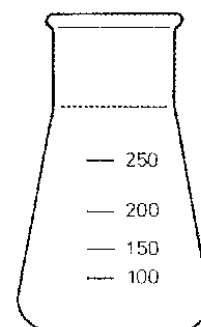
bučka z ravnim  
dnom



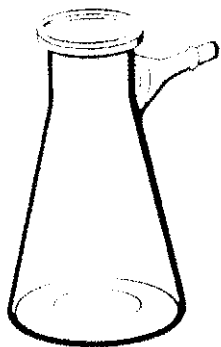
merilna bučka



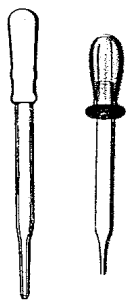
ozki vrat  
erlenmajerica



široki vrat



presesalna buča



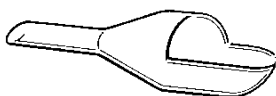
kapalka



merilni valj



puhalke



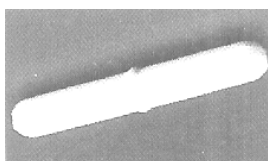
tehtalna ladjica



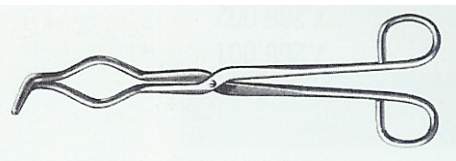
porcelanasta izparilnica



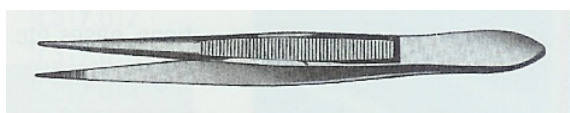
urno steklo



magnet



klešče za žarilne lončke



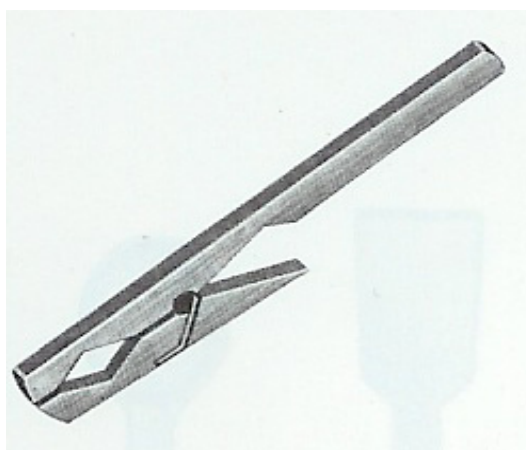
laboratorijska pinceta



laboratorijska žlica



mufa z obročem

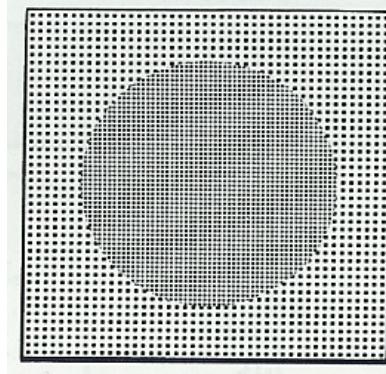


ščipalka za epruvete





žoga za pipetiranje



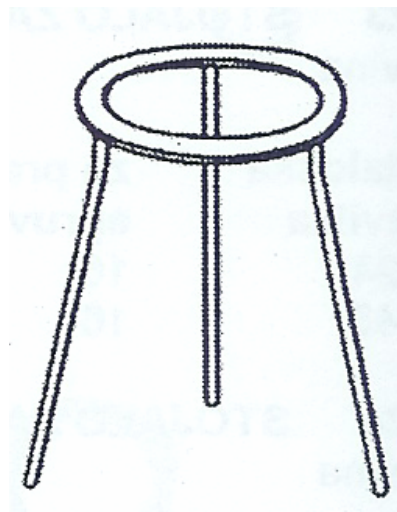
keramična mreža



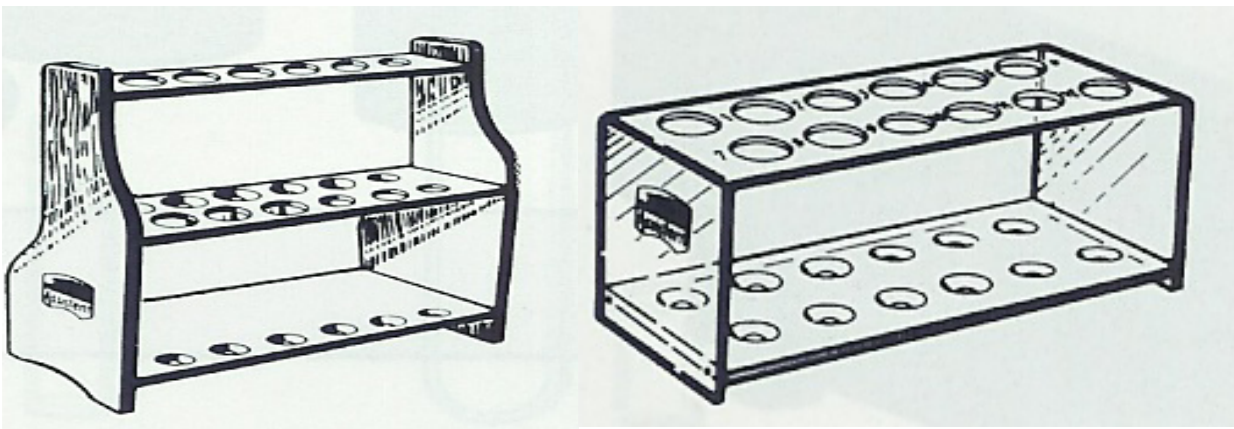
plinski gorilnik



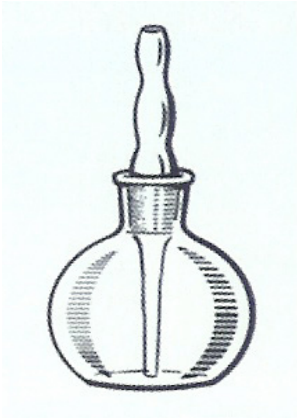
elektronska tehtnica



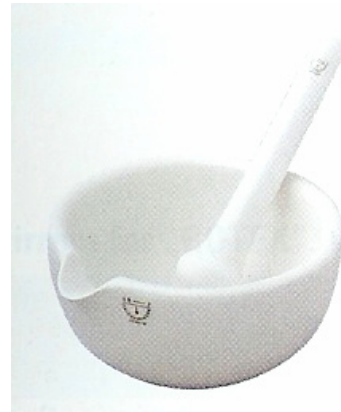
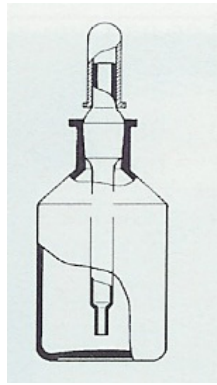
trinožno stojalo



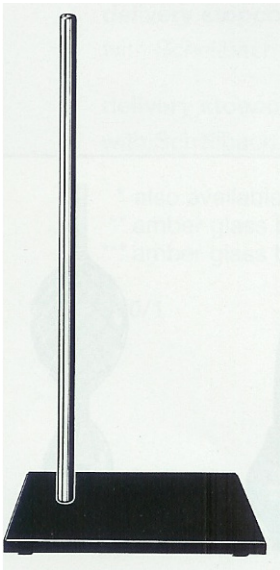
stojalo za epruvete



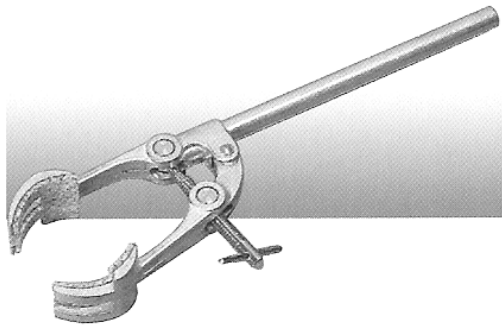
steklenička s kapalko



terilnica s pestilom



stojalo



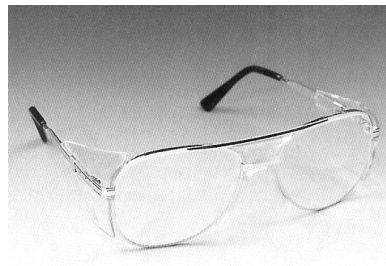
univerzalna prižema



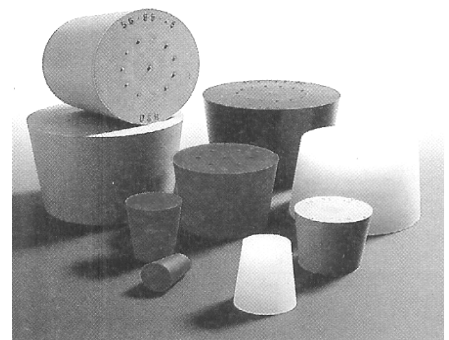
dvojna mufa



magnetno mešalo



zaščitna očala



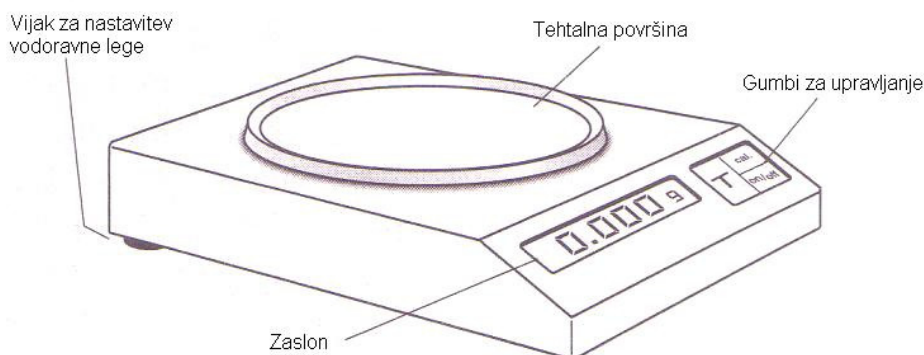
gumijasti zamaški

# LABORATORIJSKE TEHNIKE

## Tehtanje

Za tehtanje trdnih snovi pri vajah uporabljamo precizne tehtnice z odčitavanjem na dve decimalni mesti. Pri delu se držimo naslednjih pravil:

- Kemikalij nikoli ne tehtamo direktno na tehtalno površino tehtnice, vedno uporabimo primerno posodo – izparilnico, čašo, urno steklo ali tehtalno ladjico.
- Na tehtnico **nikoli ne postavljamo vročih predmetov!** Vročo steklovino pred tehtanjem ohladimo na sobno temperaturo. Tehtanje vročih predmetov daje napačne rezultate in lahko poškoduje tehtnico.
- Izogibaj se tehtanju na prepihu. Okna in vrata v bližini tehtnice naj bodo med tehtanjen zaprta.
- Pred tehtanjem preveri, če je tehtnica nastavljena na ničlo. V kolikor ni, jo nastavi na nič z ustreznim gumbom. Če se tehtnice ne da nastaviti na ničlo, obvesti asistenta ali tehniškega sodelavca.
- Najprej stehtamo prazno posodo. Če bomo pri izračunih to maso potrebovali, si jo zapišemo. Nato z ustreznim gumbom nastavimo tehtnico na ničlo ('tariramo') in zatehtamo potrebni reagent. Maso zapišemo v laboratorijski dnevnik!
- V kolikor smo po tehtnici raztresli kemikalijo, jo moramo **takoj očistiti** po navodilih asistenta ali tehniškega sodelavca!
- Po končanem tehtanju tehtnico ponovno nastavimo na ničlo.

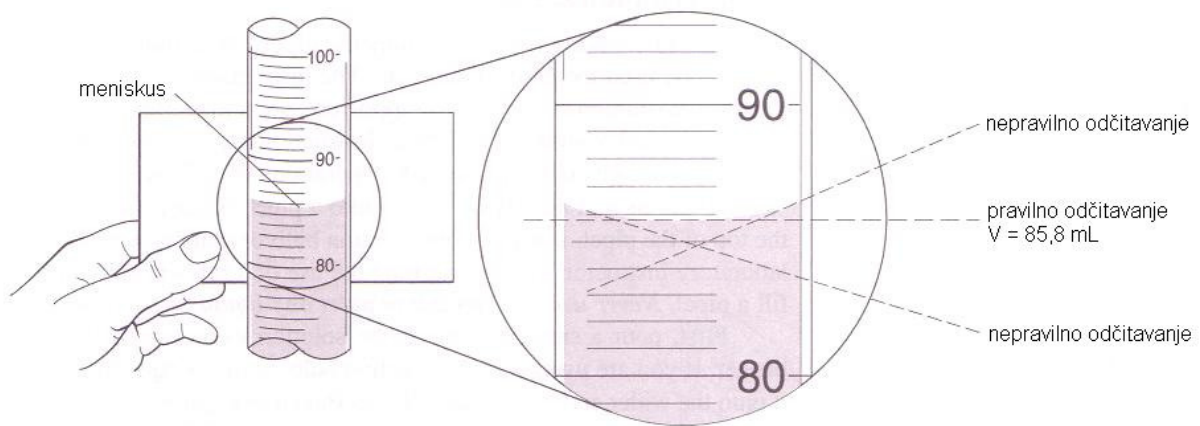


Laboratorijska tehtnica

## Odmerjanje tekočin

Za odmerjanje tekočih reagentov in topil uporabljamo volumetrično steklovino, ki ima kalibracijske oznake za določanje volumna. Najpogosteje uporabljamo **merilne valje** različnih volumnov in **pipete**, ki jih delimo na merilne (graduirane) in polnilne.

Vodne raztopine v steklenih posodah nimajo ravne površine, ampak se oblikujejo v konkavno obliko, ki jo imenujemo **meniskus**. Pri odčitavanju moramo biti pozorni na lego očesa, ki mora biti poravnana s spodnjim robom meniskusa!



Merjenje volumna z merilnim valjem

Pri uporabi pipet v nobenem primeru **ne smemo pipetirati z usti**, saj je to lahko nevarno zaradi možnosti zaužitja kemikalij in vdihavanja hlapov, razen tega pa je nehigienično. Na razpolago so gumijasti ('žogice') ali plastični nastavki za pipetiranje. Pri uporabi nastavkov se ravnaj po navodilih asistenta ali tehniškega sodelavca. Pazi, da ne potegneš tekočine v nastavek! Pri praznjenju pipete **ne** poskušaj izpihati majhnega volumna tekočine, ki ostane v pipeti – ta volumen je bil upoštevan pri kalibraciji!

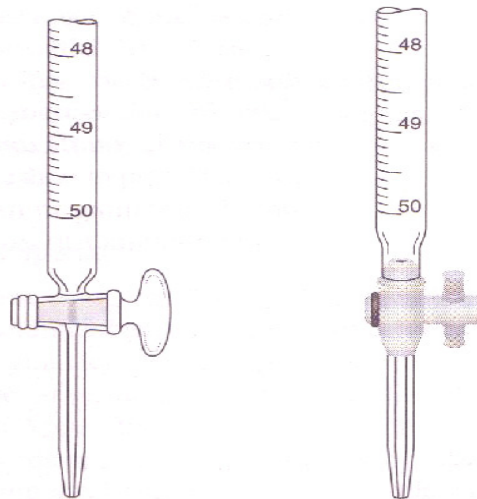


Volumen tekočine, ki ostane v konici pipete, je upoštevan pri kalibraciji



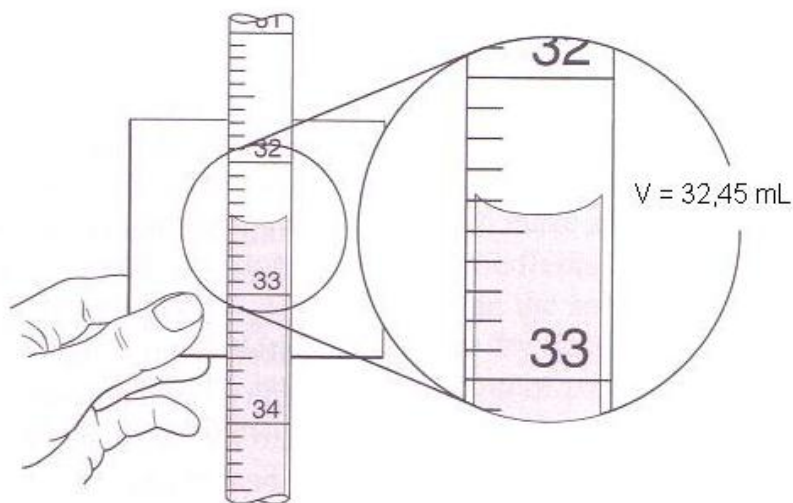
## Birete

Birete so dolge, ozke, kalibrirane steklene cevke z ventilom (petelinčkom), ki se uporablja za nastavljanje hitrosti pretoka iz birete. Uporabljajo se za odmerjanje tekočin, pogosteje pa pri kvantitativni analizi za **titracijo**. Najpogosteje se uporabljajo birete z brušenim steklenim petelinčkom, v novejšem času pa vse pogosteje s teflonskim petelinčkom.



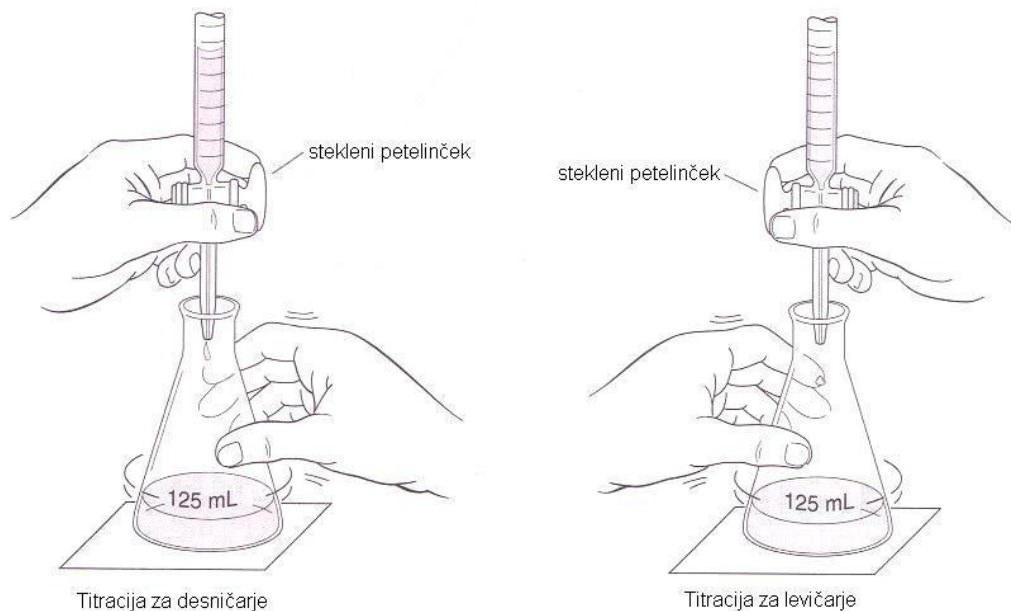
Bireta s steklenim in s teflonskim petelinčkom

Pri delu pazimo, da je bireta v stojalu vpeta v **navpičnem** položaju, saj le tako dobimo pravilne rezultate. Preverimo, če je petelinček zaprt, in nato bireto napolnimo z ustrežno raztopino, pri čemer si pomagamo s steklenim lijakom. Bireto vedno napolnimo nekoliko nad oznako 0 mL, odstranimo lijak in iz birete spustimo odvečno raztopino, da se spodnji rob meniskusa poravna z oznako 0 mL.



Odčitavanje meniskusa v bireti

Pri titraciji primemo bireto z levo roko, erlenmajerico pa z desnico. S tem preprečimo, da bi izvlekli petelinček iz obrusa (navedeno velja za desničarje, gl. sliko). Navedeno je še posebej pomembno pri steklenih ventilih, manj pri teflonskih. Barvo raztopine vedno opazujemo proti **beli podlagi**. Raztopino v erlenmajerici ves čas titracije **mešamo** s krožnimi gibi roke:



## Merilne bučke

Merilne bučke različnih volumnov se uporabljajo za pripravo natančno določenih volumnov raztopin. S tem namenom imajo na vratu eno samo oznako, do katere jih moramo napolniti. Če raztopino pripravljamo iz trdnega topilca, tega nikoli ne zatehtamo direktno v bučko, ampak ga raztopimo v čaši v volumnu topila, ki je manjši od volumna bučke. Raztopino kvantitativno prelijemo v bučko in čašo speremo s topilom. Če raztopino pripravljamo z redčenjem koncentrirane raztopine, najprej v bučko nalijemo nekaj topila (približno 1/3 prostornine bučke), nato dolijemo preračunan volumen koncentrirane raztopine (odvisno od zahtevane natančnosti uporabimo merilni valj ali pipeto).

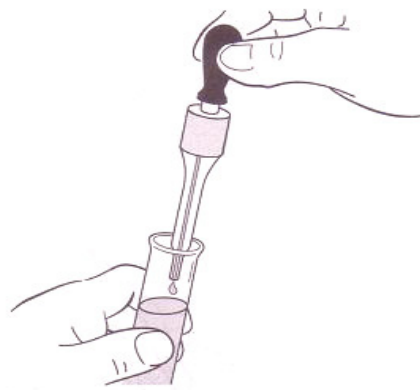
V obeh primerih moramo bučko dopolniti do oznake s topilom. Zadnje kapljice topila dodajamo počasi in previdno, da preprečimo prekomerno razredčenje. Pomagamo si s puhalko z ozko konico. Pri odčitavanju volumna bodimo pozorni, da volumen odčitamo na **spodnjem** robu meniskusa!

## Mešanje tekočin

Kadar mešamo koncentrirano raztopino z vodo ali dve raztopini različnih koncentracij, **vedno dodajamo koncentrirano raztopino vodi** oziroma bolj koncentrirano raztopino manj koncentrirani! Še posebej pomembno je upoštevanje tega pravila pri pripravi kislin iz koncentrirane raztopine in vode. Koncentrirano raztopino dodajamo vodi postopoma, v manjših obrokih.

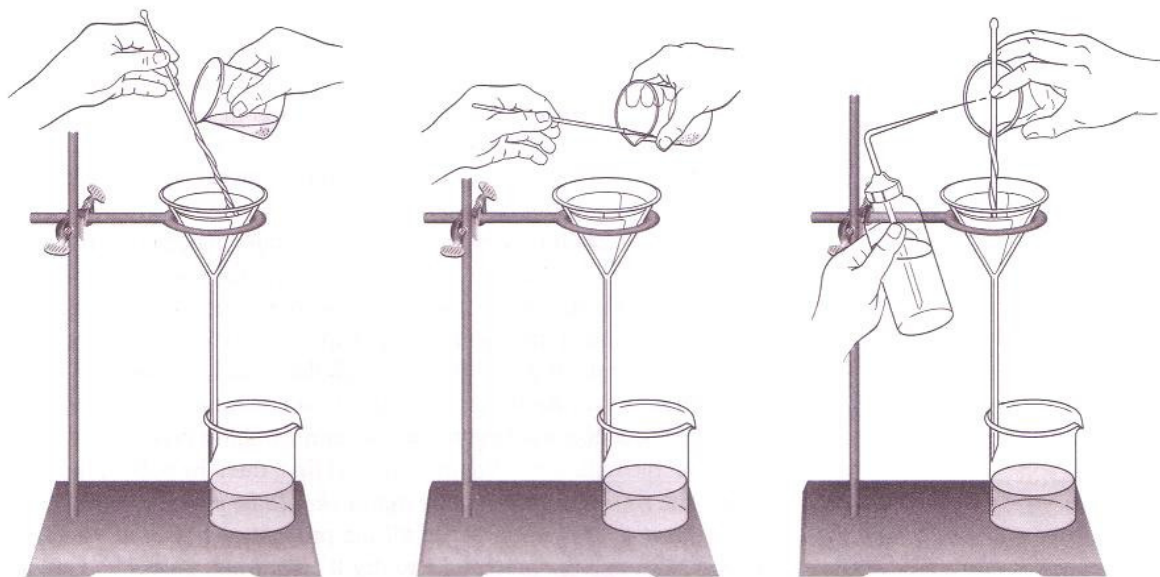
## Pravilna uporaba kapalk

Pri dodajanju reagenta s kapalkami moramo paziti, da ne kontaminiramo reagenta v kapalni steklenički. Kapalke nikoli ne odlagamo na delovno površino in pazimo, da se s konico **ne dotaknemo** epruvete ali druge posode, v katero s kapalko dodajamo reagent.



## Filtriranje

Za pravilno filtriranje potrebujemo stojalo, obroč za filtriranje, stekleni lijak, čašo, stekleno palčko in ustrezen filtrirni papir. Papir preložimo ali nagubamo, da se prilega lijaku. Izlivna cevka lijaka naj se s svojim daljšim koncem dotika stene čaše. Tekočino prelivamo iz čaše na filtrirni papir preko steklene palčke.



Pravilna tehnika filtriranja

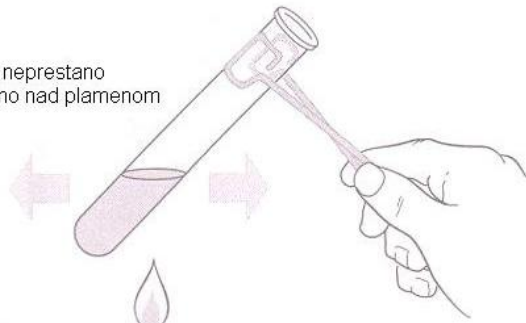
### Pravilno segrevanje tekočin v epruveti

Negorljive tekočine, najpogosteje vodne raztopine, lahko segrevamo v epruveti direktno nad plamenom gorilnika, vendar moramo pri delu upoštevati nekatera varnostna navodila. Neupoštevanje lahko povzroči nenadno in burno zavretje segrevane tekočine in/ali lom epruvete zaradi prehitrega segrevanja:

- Epruveto napolnimo s tekočino maksimalno do 1/3 volumna
- Epruveto primemo s ščipalko za epruvete pod kotom približno 45°
- Epruvete ne postavimo direktno v plamen, ampak tik **nad** zgornji rob plamena
- Epruveto med segrevanjem neprestano rahlo pretresamo
- Odprtino epruvete držimo v tako smer, da ni usmerjena proti obrazu eksperimentatorja ali drugih oseb v okolici



Epruveto neprestano premikamo nad plamenom



Pravilno segrevanje epruvete nad plamenom

## OSNOVNE ENOTE SI

**Mednarodni merski sistem temelji na 7 osnovnih enotah:**

VELIČINA		ENOTA	
IME	ZNAK	IME	OZNAKA
dolžina	l	meter	m
masa	m	kilogram	kg
čas	t	sekunda	s
električni tok	I	amper	A
temperatura	T	kelvin	K
svetilnost	I <sub>v</sub>	kandela	cd
množina	n	mol	mol

**Decimalne enote SI** dobimo iz enot SI in predpon:

PREDPONA		FAKTOR	VREDNOST
IME	ZNAK		
eksa	E	$10^{18}$	1 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15}$	1 000 000 000 000 000
tera	T	$10^{12}$	1 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	1 000 000 000
mega	M	$10^6$	1 000 000
kilo	k	$10^3$	1 000
hekto	h	$10^2$	100
deka	da	10	10
deci	d	$10^{-1}$	0,1
centi	c	$10^{-2}$	0,01
mili	m	$10^{-3}$	0,001
mikro	μ	$10^{-6}$	0,000 001
nano	n	$10^{-9}$	0,000 000 001
piko	p	$10^{-12}$	0,000 000 000 001
femto	f	$10^{-15}$	0,000 000 000 000 001
ato	a	$10^{-18}$	0,000 000 000 000 000 001

**Izpeljane enote SI** so izpeljane iz osnovnih enot s faktorjem 1. Npr.:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Poleg osnovnih in izpeljanih enot SI se v naravoslovju in tehniki smejo zaradi njihovega praktičnega pomena uporabljati tudi nekatere druge enote.

### Nekatere izjemno dopustne enote izven SI

VELIČINA		ENOTA		ZVEZA Z ENOTO SI
IME	ZNAK	IME	OZNAKA	
prostornina	V	liter	L	1 L = 1 dm <sup>3</sup>
masa	m	tona	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
čas	t	minuta	min	1 min = 60 s
		ura	h	1 h = 3600 s
		dan	d	1 d = 86400 s
tlak	P	bar	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa
energija	W	elektronvolt	eV	1 eV = 1,602·10 <sup>-19</sup> J
temperatura	T	celzijeva stopinja	<sup>0</sup> C	0 <sup>0</sup> C = 273,15 K

Poleg osnovnih, izpeljanih enot SI ter izjemno dopustnih enot so občasno v uporabi še zastarele enote. Načeloma se moramo uporabiti teh enot izogibati, vendar so na nekaterih področjih znanosti in tehnike še vsakodnevno v uporabi, zato je njihovo poznavanje potrebno.

### Zastarele enote

VELIČINA		ENOTA		ZVEZA Z ENOTO SI
IME	ZNAK	IME	OZNAKA	
dolžina	l	ångström	Å	1 Å = 10 <sup>-10</sup> m
		mikron	my	1 my = 10 <sup>-6</sup> m
		palec (cola)	in	1 in = 25,4 mm
tlak	P	atmosfera	atm	1 atm = 101325 Pa
		mm Hg	torr	1 torr = 133,3 Pa

### IZPELJANE VELIČINE V KEMIJI

VELIČINA	ZNAK	DEFINICIJA	ENOTA
številnost (snovi X)	$N(X)$	$N(X) = n(X) \cdot N_A$	-
molska masa (snovi X)	$M(X)$	$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$	g/mol
gostota	$\rho$	$\rho = \frac{m}{V}$	g/mL
množinska koncentracija ( <i>molarost</i> )	$c(X)$	$c(X) = \frac{n(X)}{V}$	mol/L
masna koncentracija	$\gamma(X)$	$\gamma(X) = \frac{m(X)}{V}$	g/L
molalnost topljenca X v topilu Y	$b(X)$	$b(X) = \frac{n(X)}{m(Y)}$	mol/kg
množinski delež snovi X	$x(X)$	$x(X) = \frac{n(X)}{\sum_i n_i}$	-
masni delež snovi X	$w(X)$	$w(X) = \frac{m(X)}{\sum_i m_i}$	-
prostorninski delež snovi X	$\varphi(X)$	$\varphi(X) = \frac{V(X)}{\sum_i V_i}$	-
topnost snovi X v topilu Y	$t$	$t = \frac{m(X)}{m(Y)} \cdot 100$	$\frac{g(X)}{100g(Y)}$
stopnja disociacije	$\alpha$	$\alpha = \frac{N}{N_0}$	-

## **EKSPERIMENTALNE VAJE**

## 1. vaja: Določevanje formule kristalohidrata

**Potrebno znanje:** osnovni kemijski zakoni, atomska teorija, množina snovi, mol, Avogadrovo število, relativna atomska masa, relativna molekulska masa, formule kemijskih spojin, kemijske enačbe, nomenklatura kemijskih spojin

### Nalogi:

**1. Računske naloge** (podatke dobite pri asistentu):

- a) Izračunajte, koliko atomov je v 1 mg .....
- b) Izračunajte maso 1 atoma .....
- c) Iz podanih masnih deležev določite enostavno formulo spojine!
- d) Iz znane formule spojine izračunajte masne deleže elementov v tej spojini!

### 2. Eksperimentalna naloga

Določite enostavno formulo kristalohidrata, ki ga dobite pri asistentu!

**Inventar** za izvedbo eksperimentalne naloge:

Skupen inventar:

- tehtnica
- vodna kopel
- peščena kopel
- laboratorijska žlica

Osebni inventar:

- porcelanasta izparilnica
- steklena palčka

**Kemikalije:**

- različni kristalohidrati

### **Izvedba vaje:**

V stehtano porcelanasto izparilnico (skupaj z izparilnico stehtaj tudi palčko, če jo boste uporabljali!) zatehtajte zahtevano maso kristalohidrata (podatke najdete na listku, ki ga dobite od asistenta). Maso prazne izparilnice zapišite v laboratorijski dnevnik. Nato izparilnico s stehtanim kristalohidratom postavite na vodno kopel. Ko je izparela vsa voda, jo postavite še na peščeno kopel. Pri tem pazite, da izparilnico s soljo najprej postavite na zgornjo površino peska. Šele čez nekaj časa jo zakopljite malo globlje v pesek, saj je temperatura peščene kopeli v globini višja kot na površini. Za izločitev kristalno vezane vode je namreč potrebno segrevanje pri višji temperaturi. Ko menite, da je izparela vsa voda, izparilnico z brezvodno soljo ohladite in stehtajte ter si maso izparilnice in soli zapišite v dnevnik. Če ste stehtali na začetku vaje z izparilnico tudi palčko, morate na koncu skupaj s suho soljo stehtati tudi palčko. Prepričajte se, da je sol dejansko suha (sušenje do **konstantne mase**). Prepričate se tako, da izparilnico s posušeno soljo za nekaj časa ponovno postavite na peščeno kopel, jo ponovno ohladite in stehtate. Če med prvim in drugim tehtanjem v masi ne opazite bistvene razlike, lahko sklepate, da je izparela iz kristalohidrata vsa voda.

Masa kristalne vode je razlika v masi soli pred in po izparevanju. Maso vode preračunajte v množino kristalne vode in jo podajte v molih vode na 1 mol kristalohidrata! Odpadno sol oddajte v posodo, ki jo dobite pri asistentu.

### **Opomba:**

Pred izvedbo vaje poskušajte odgovoriti na vprašanja:

1. Zakaj je potrebno pred tehtanjem kristalohidrata skupaj z izparilnico stehtati tudi stekleno palčko?
2. Zakaj sušimo kristalohidrat najprej na vodni kopeli in šele nato na peščeni kopeli? Zakaj pustimo izpareti vodo do suhega na vodni kopeli?
3. Zakaj položimo na peščeni kopeli izparilnico najprej na vrh peska in šele jo šele kasneje poglobimo v pesek?
4. Kaj pomeni tehtanje do konstantne mase?

**Varnost:** Upoštevajte navodila pri delu z vročimi predmeti in napravami!

## 2. vaja: Plinski zakoni

**Potrebno znanje:** plinski zakoni, množina snovi, molska masa, povprečna molska masa, Gay Lussacov zakon o stalnih prostorninskih razmerjih, Avogadrov zakon, gostota plinov, parcialni tlak, množinski delež

### Nalogi:

**1. Računske naloge** (podatke dobite pri asistentu):

a) Izračunajte molsko maso plina, katerega masa .... gramov zavzema prostornino ..... litrov pri temperaturi .....°C in tlaku ..... kPa!

b) Zmes plinov (plin A) ..... in (plin B) ..... ima pri temperaturi ..... °C in tlaku ..... kPa gostoto .....g/L. Izračunajte masna in prostorninska deleža obeh plinov v tej zmesi! Izračunajte še parcialna tlaka posameznih plinskih komponent v plinski zmesi!

c) Masa ..... g ogljikovodika ..... zgore na zraku v ogljikov dioksid in vodno paro. Izračunajte prostornini obeh plinastih produktov, nastalih pri izgorevanju ogljikovodika, pri temperaturi .....°C in tlaku ..... kPa!

### 2. Eksperimentalna naloga:

Izračunajte maso magnezija s pomočjo merjenja prostornine vodika, ki je nastal pri kemijski reakciji raztapljanja magnezija v klorovodikovi kislini!

**Inventar** za izvedbo eksperimentalne naloge:

Skupni inventar:

- stojalo
- ukrivljena steklena cevka z gumijastim zamaškom
- bakrena žica
- 10 mL merilni valj
- barometer (v primeru, da v prostoru ni barometra, dobite podatek o vrednosti zračnega tlaka pri asistentu)
- termometer za odčitavanje temperature zraka
- termometer za odčitavanje temperature vode



Osebni inventar:

- dvojna mufa
- univerzalna prižema
- mufa z obročem
- epruveta
- 600 mL čaša
- 100 mL merilni valj

**Kemikalije:**

- magnezijev trak
- kislina HCl s koncentracijo  $c = 2 \text{ mol/L}$

**Izvedba vaje:**

Sestavite aparaturo na skici preden napolnite čašo in merilni valj z vodo. Preverite, če zamašek v epruveti dobro tesni!

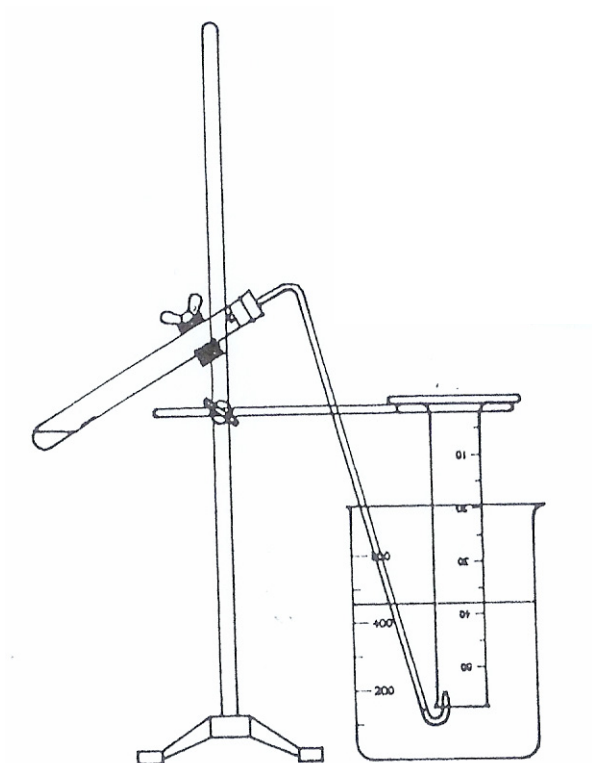
Merilni valj napolnite do vrha z vodo, čašo pa malo pod zgornji rob. To storite tako, da izlivno korito na koncu delovnega pulta napolnite z vodo. Merilni valj valj obrnete narobe v čašo. Nato merilni valj ter čašo istočasno potopite vanjo. Preverite, ali ni morda ostal v njem kakšen zračni mehurček. Merilni valj povlecite skozi obroč in ga pritrdite na stojalo. Pri tem pazite, da vam vanj ne vdre zrak, sicer morate postopek polnjenja z vodo ponoviti.

V epruveto po eni strani stene nalijete 6 mL HCl s koncentracijo  $c = 2 \text{ mol/L}$ . Pri nalivanju kisline v epruveto bodite pozorni, da omočite le eno steno epruvete! Košček magnezija, ki ste ga dobili pri asistentu, obesite na bakreno žico in jo previdno položite na suhi del stene epruvete (omochen del stene epruvete obrnete navzgor). Pri tem pazite, da magnezija ne potopite v nalito kislino. Epruveto s prižemo pritrdite na stojalo, zaprite epruveto z zamaškom z ukrivljeno cevko. Preverite, če leži spodnji del ukrivljene cevke pod spodnjim robom merilnega valja, sicer bo del vodika, nastalega pri reakciji raztapljanja magnezija v HCl, ušel izpod merilnega valja. Ko je aparatura ponovno pravilno sestavljena, potegnite bakreno žico skozi magnezijev trak med steno epruvete in zamaškom, tako da magnezij pade v kislino. Pri tem poteče reakcije in se prične razvijati vodik. Reakcija je končana, ko se vodik ne razvija več (ne nastajajo več mehurčki vodika v merilnem valju). Po končani reakciji odčitajte volumen nastalega vodika. Pri tem čimbolj izenačite gladini vode v merilnem valju in v čaši. Odčitajte zračni tlak na barometru, temperaturo zraka na termometru v prostoru ter izmerite temperaturo vode v čaši. Od barometerskega tlaka odštejte parcialni tlak vodne pare (glejte tabelo - parcialni tlak vodne pare je odvisen od temperature vode v čaši) in iz dobljenih podatkov izračunajte maso kovine!

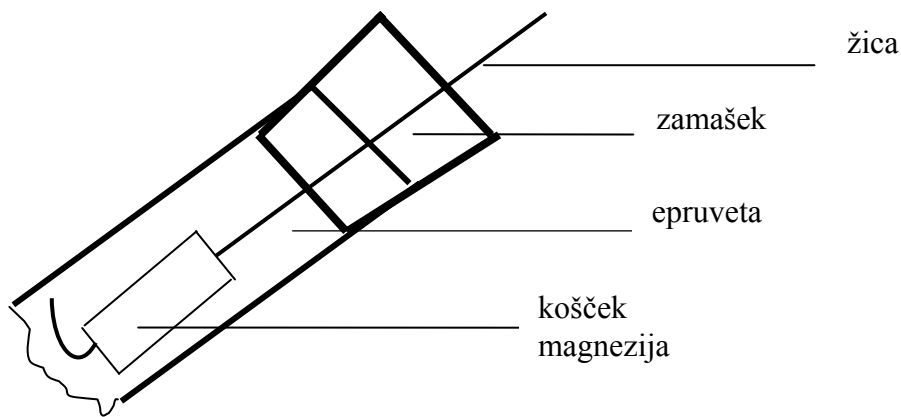
### Odvisnost tlaka vodne pare od temperature vode (od 10 – 25°C)

T(°C)	p(kPa)	T(°C)	p(kPa)	T(°C)	p(kPa)	T(°C)	p(kPa)
10	1,22	14	1,60	18	2,07	22	2,64
11	1,32	15	1,71	20	2,20	23	2,81
12	1,40	16	1,81	21	2,33	24	2,98
13	1,49	17	1,93	22	2,48	25	3,17

### Skica



Prikaz aparature za izvedbo vaje



Prikaz vstavitve magnezija v epruveto

**Opomba:**

Pred pričetkom vaje razmislite:

1. Zakaj položimo magnezij na suho steno epruvete?
2. Zakaj pred odčitavanjem prostornine nastalega plina pri reakciji izenačimo gladini vode v merilnem valju in čaši?
3. Zakaj odštejemo od zunanjega tlaka parcialni tlak vodne pare?

**Varnost:**

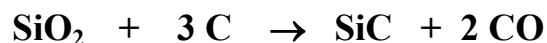
Upoštevajte varnost pri delu s kisljinami (zaščitna sredstva!) in nastajanje plinastega vodika!

### 3. vaja: Kemijska reakcija

**Potrebno znanje:** osnovni kemijski zakoni, atomska teorija, formule kemijskih spojin, kemijske enačbe, računanje s kemijskimi enačbami, nomenklatura

**Nalogi:**

**1. Računska naloga:**



Po zgornji enačbi reagira ..... g SiO<sub>2</sub> in ..... g C. Kateri reaktant je v prebitku (ostane nezreagiran) in koliko (v gramih) ga je v prebitku? Koliko g SiC pri tem nastane?

**2. Eksperimentalna naloga**

Po naslednji kemijski reakciji pripravite železov(II) sulfat(VI) heptahidrat FeSO<sub>4</sub> x 7 H<sub>2</sub>O!



**Inventar** za izvedbo eksperimentalne naloge:

Skupni inventar:

- Bunsenov ventil
- presesalna buča
- Büchnerjev lij
- tehtnica
- vodna kopel
- laboratorijska žlica
- tehtalna ladjica
- stojalo
- pinceta

Osebni inventar:

- 300 mL erlenmajerica z ozkim vratom
- čaše
- merilni valj
- stekleni lijak
- mufa z obročem
- steklena palčka
- filtrirni papir
- urno steklo

**Kemikalije:**

- železo v prahu
- 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### **Izvedba vaje:**

Glede na podatke z listka, ki ga dobite pri asistentu, zatehtajte v tehtič zahtevano maso železa v prahu. Zatehto si zapišite in glede na zatehto najprej izračunajte volumen 20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  z gostoto 1,139 g/mL in z 10% prebitkom. Rezultat obvezno preverite pri asistentu pred nadaljevanjem praktičnega dela vaje.

Odmerite izračunan volumen 20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  z bireto in kvantitativno prenesite zatehtano maso železa v prahu v 300 mL erlenmajerico. To storite tako, da najprej stresete železo v prahu v erlenmajerico, nato pa tehtič sperete z 20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Delajte v odduhi, ker poteka reakcija že pri sobni temperaturi. Erlenmajerico takoj zamašite z Bunsenovim ventilom in jo postavite na vodno kopel. Raztopino v erlenmajerici večkrat premešajte! Reakcija je končana po 30 – 45 minutah, ko prenehajo izhajati mehurčki  $\text{H}_2$ . Raztopine ne pustite na vodni kopeli predolgo, ker se sicer pričnejo vanjo izločati kristali  $\text{FeSO}_4$ . V tem primeru jih morate raztopiti z nekaj mililitri vode. Še vročo raztopino filtrirajte čez nagubani filter papir in stekleni lijak v manjšo čašo, ki jo postavite v večjo čašo s hladno vodo (po potrebi vodo večkrat zamenjajte) in filtrat ohladite na sobno temperaturo. Pri tem se čez čas izločijo kristali  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ . Izločene kristale odfiltrirajte s pomočjo Büchnerjevega lija in presesalne buče skozi filtrirni papir. Po končanem filtriranju prenesite filtrirni papir s pomočjo pincete iz lijaka na urno steklo (predhodno stehtajte urno steklo in posebej moker filtrirni papir) in stehtajte dobljene kristale! Izračunajte izkoristek kemijske reakcije! Izkoristek kemijske reakcije je razmerje med maso nastalih kristalov in teoretično maso kristalohidrata. Kristale oddajte asistentu!

### **Opomba:**

Pred pričetkom vaje premislite in odgovorite:

1. Čemu zamašimo erlenmajerico z Bunsenovim ventilom?
2. Kdaj smatramo, da je reakcija končana?
3. Zakaj po končani reakciji raztopino filtriramo in zakaj še vročo?
4. Zakaj filtrirni papir nagubamo?
5. Kako pospešimo kristalizacijo nastalega produkta? Kako hitrost nastajanja kristalov vpliva na velikost nastalih kristalov?
6. Kdaj uporabite pri filtraciji Büchnerjev lij, presesalno bučo in vodno črpalko in kdaj stekleni lijak?
7. Zakaj je matična lužnica še vedno obarvana?
8. Zakaj izkoristek reakcije ni 100%? Kako bi ga lahko povečali?

**Varnost:** Upoštevajte delo s kisljinami (zaščitna sredstva!) in delo z vročimi predmeti in aparaturami!

## 4. vaja: Raztopine 1.del

**Potrebno znanje:** koncentracije raztopin, gostota raztopin, priprava raztopin

**Nalogi (računski in eksperimentalni nalogi):**

### 1. Priprava raztopine z masnim deležem snovi iz soli

Pripravite ..... gramov .....% raztopine natrijevega klorida (podatki z listka, ki ga dobite pri asistentu). Izmerite gostoto in temperaturo pripravljene raztopine in izračunajte še njeno množinsko (molarnost), molalno in masno koncentracijo!

### 2. Priprava raztopine z masnim deležem snovi iz kristalohidrata

Pripravite .....gramov .....% raztopine iz ..... Pripravljeni raztopini izmerite temperaturo in gostoto in izračunajte množinsko koncentracijo (molarnost)!

**Inventar:**

Skupni inventar:

- tehtnica
- termometer
- areometer
- trinožno stojalo
- plinski gorilnik

Osebni inventar:

- čaše
- merilni valj
- steklena palčka
- keramična mreža

**Kemikalije:**

- soli, ki jih dobite pri asistentu

**Izvedba vaje**

1. Izračunajte maso soli za pripravo raztopine (podatki z listka). Sol zatehtajte v čisto čašo in prilijte izračunan volumen destilirane vode z merilnim valjem. Raztopino mešajte tako dolgo, da se raztopi vsa sol. S pripravljeno raztopino najprej operite merilni valj, v katerem boste izmerili gostoto pripravljene raztopine, šele nato napolnite merilni valj z raztopino. Areometer previdno potopite v raztopino. Pri merjenju gostote mora areometer prosto plavati (pomagate si lahko s prazno epruveto). Izmerite še temperaturo pripravljene raztopine.

2. Raztopino pripravite po enakem postopku kot pri prvi vaji, le da upoštevate pri izračunu maso kristalne vode v kristalohidratu (to maso vode odštejte od izračunane prostornine vode). Pri raztapljanju kristalohidrata raztopino neprestano mešajte. Če se kristalohidrat v nekaj minutah ne raztopi, postavite čašo z raztopino na trinožno stojalo s keramično mrežico in raztopino nekoliko segrejte. Preden izmerite gostoto, raztopino ohladite v večji čaši s hladno vodo na sobno temperaturo. Zapišite tudi temperaturo, pri kateri ste izmerili gostoto.

**Opomba:**

Pred pričetkom vaje premislite in odgovorite:

- a) Kako sta definirani masna in množinska koncentracija?
- b) Kaj je molalna koncentracija?
- c) Kako je definirana gostota raztopin?
- d) Kateri podatek je potreben, če preračunavaš masno koncentracijo v množinsko?
- e) Izpeljite formulo za preračunavanje masnega deleža topljenca v množinsko koncentracijo?
- f) Katere koncentracije raztopin so odvisne od temperature?

**Varnost:**

Upoštevajte delo s plinom – bodite pozorni na to, da so po končanem delu zaprti vsi ventili na plinski napeljavi.



## 5. vaja: Raztopine 2.del

**Potrebno znanje:** koncentracije raztopin, gostota raztopin, priprava raztopin

**Nalogi (računski in eksperimentalni):**

### 1. Priprava raztopine z zahtevanim masnim deležem snovi iz dveh raztopin z določenima masnima deležema snovi

Pripravite ..... gramov .....% raztopine iz .....% raztopine z gostoto ..... g/mL in iz .....% raztopine z gostoto ..... g/mL. Izračunajte množinsko koncentracijo (molarnost) pripravljene raztopine ter izmerite njeno temperaturo in gostoto!

### 2. Priprava raztopine z množinsko koncentracijo

Pripravite 250 mL ..... M raztopine iz .....% raztopine z gostoto ..... g/mL. Izračunajte procentnost pripravljene raztopine ter izmerite njeno temperaturo in gostoto!

**Inventar:**

Skupni inventar:

- areometer
- termometer
- 10 mL merilni valji
- 5 mL merilni valji

Osebni inventar:

- čaše
- 100 mL merilni valj
- steklena palčka
- 250 mL merilna bučka

**Kemikalije:**

- raztopine z različnimi masnimi deleži snovi (NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KOH)
- koncentrirana HCl
- koncentrirana H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## Izvedba vaje

### 1. Priprava raztopine z zahtevanim masnim deležem snovi iz dveh raztopin z določenima masnima deležema snovi

Izračunajte volumna obeh raztopin z masnim deležem snovi, iz katerih morate pripraviti raztopino z zahtevanim masnim deležem snovi, in izmerite volumna obeh raztopin z merilnim valjem. Obe raztopini zlijete v primerno čašo. Pri zlivanju raztopin v čašo bodite pozorni na to, da zlijete v čašo najprej raztopino z nižjo koncentracijo, nato pa vanjo raztopino z višjo koncentracijo. Nastalo raztopino dobro premešajte, izmerite njeno temperaturo, prelijte v 100 mL merilni valj in izmerite njeno gostoto!

### 2. Priprava raztopine z množinsko koncentracijo iz raztopin z masnim deležem snovi

V 250 mL merilno bučko nalijte nekaj vode (približno 1/3 prostornine). Izmerite izračunan volumen raztopine z masnim deležem snovi in zlijte to raztopino v merilno bučko. Pri zlivanju izmerjene raztopine v merilno bučko bodite pozorni na to, da se raztopina v merilni bučki lahko segreje. V tem primeru bučko z raztopino ohladite s hladno vodo na sobno temperaturo. Nato dopolnite raztopino z destilirano vodo do oznake na vratu merilne bučke (**spodnji meniskus mora biti na oznaki!**) ter vsebino bučke temeljito premešajte. Izmerite še temperaturo in gostoto pripravljene raztopine!

#### Gostote raztopin z različnim masnim deležem snovi v g/mL pri 20°C

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		NaOH	
9,1%	<b>1,060</b>	7,5%	<b>1,081</b>
20%	<b>1,139</b>	20%	<b>1,219</b>
96%	<b>1,836</b>	30%	<b>1,326</b>

**Varnost:** Upoštevajte delo s koncentriranimi kislinami in bazami. Pri merjenju volumna raztopine z merilnim valjem pri koncentriranih kislinah in raztopini KOH uporabljajte vedno zaščitna sredstva (očala, rokavice).

## 6. vaja: Topnost

**Potrebno znanje:** nasičena raztopina, koncentracija nasičene raztopine, odvisnost topnosti od topila, odvisnost topnosti od zunanjih pogojev (p, T), diagrami topnosti, prekrystalizacija

### Nalogi:

#### 1. Računske naloge:

1. Izračunajte, koliko gramov  $\text{KNO}_3$  se izloči, če ..... g nasičene raztopine  $\text{KNO}_3$  pri  $100^\circ\text{C}$  ohladimo na  $20^\circ\text{C}$ ! Topnost  $\text{KNO}_3$  pri  $100^\circ\text{C}$  je  $246 \text{ g KNO}_3/100 \text{ g H}_2\text{O}$ , pri  $20^\circ\text{C}$  pa je topnost  $\text{KNO}_3$   $32 \text{ g KNO}_3/100 \text{ g H}_2\text{O}$ .

2. Koliko mL  $\text{H}_2\text{O}$  moramo dodati ..... g trdne zmesi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  in  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  (množinsko razmerje med njima je 1:2), da dobimo pri  $60^\circ\text{C}$  nasičeno raztopino? Topnost  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  je pri  $60^\circ\text{C}$   $46,4 \text{ g Na}_2\text{CO}_3/100 \text{ g H}_2\text{O}$ .

3. a) Če ..... g pri  $60^\circ\text{C}$  nasičene raztopine  $\text{FeSO}_4$  ohladimo na  $20^\circ\text{C}$ , se izloči nekaj  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ . Koliko g  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$  se je izločilo in koliko g  $\text{FeSO}_4$  ostane raztopljenega v raztopini pri  $20^\circ\text{C}$ , če je topnost  $\text{FeSO}_4$  pri  $20^\circ\text{C}$   $26,6 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ , pri  $60^\circ\text{C}$  pa  $54,4 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ ? Izračunajte še teoretski izkoristek prekrystalizacije  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$  z zgornjimi podatki!

b) Če ..... g pri  $100^\circ\text{C}$  nasičene raztopine  $\text{CuSO}_4$  ohladimo na  $20^\circ\text{C}$ , se izloči nekaj  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$ . Koliko g  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$  se je izločilo in koliko g  $\text{CuSO}_4$  ostane raztopljenega v raztopini pri  $20^\circ\text{C}$ , če je topnost  $\text{CuSO}_4$  pri  $20^\circ\text{C}$   $20,7 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ , pri  $100^\circ\text{C}$  pa  $75,4 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ ? Izračunajte še teoretski izkoristek prekrystalizacije  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$  z zgornjimi podatki!

#### 2. Eksperimentalna naloga

Določite topnost soli, ki jo dobite od asistenta!

### Inventar:

Skupni inventar

- stojalo
- filtrirni papir

- vodna kopel
- peščena kopel
- termometer
- 10 mL polnilna pipeta
- žogice za pipetiranje

Osebni inventar:

- 100 (ali 150) mL in 250 mL čaša
- steklena palčka
- porcelanasta izparilnica
- mufa z obročem

### **Kemikalije:**

- sol, ki jo dobite od asistenta

### **Izvedba vaje**

V 100 mL oziroma 150 mL čaši, ki ste jo oddali, dobite od asistenta sol. Dobljeni soli prilijete 50 mL destilirane vode. Počakajte 20 minut in raztopino večkrat premešajte. Pripravljena raztopina je nasičena, kar pomeni, da mora ostati na dnu čaše v raztopini nekaj neraztopljenih soli. Raztopino prefiltrirajte skozi naguban filtrirni papir v drugo čašo. Nekaj prvih mililitrov filtrata zavržite. Filtratu izmerite temperaturo in odpipetirajte z 10 mL polnilno pipeto 10 mL filtrata (nasičene raztopine soli) v izparilnico, ki ste jo predhodno stehtali. Stehtajte še izparilnico z nasičeno raztopino in jo postavite na vodno kopel. Raztopino uparite do suhega na vodni kopeli, na peščeni kopeli pa sol posušite še do **konstantne mase**. Iz zatehte po sušenju in prazne izparilnice izračunajte maso soli v 10 mL nasičene raztopine te soli. Izračunajte topnost dobljene soli in masno koncentracijo nasičene raztopine pri izmerjeni temperaturi!

### **Opomba:**

Razložite:

- 1) Zakaj zavržemo nekaj prvih mL filtrata?
- 2) Kaj je nasičena raztopina in kako jo pripravite?

**Varnost:** Upoštevajte delo z vročimi predmeti in napravami. Ostanke soli kovin pospravite v pripravljene posode.

## 7. vaja: Kisline, baze in soli. Nevtralizacijska titracija.

**Potrebno znanje:** kisline, baze in soli, močni in šibki elektroliti, nevtralizacijska reakcija, ionske reakcije, indikatorji

### Naloge

#### 1. Računski nalogi

a) Izračunajte množinsko koncentracijo raztopine, če v ..... mL merilni bučki zmešamo 10 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 10 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$ , 10 g 5% raztopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  in 10 mL raztopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  z množinsko koncentracijo 1 mol/L, ter dopolnimo dobljeno raztopino z destilirano vodo do oznake!

b) ..... mL HCl z množinsko koncentracijo 1 mol/L nevtralizira 1 g trdne zmesi KOH in  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . Izračunajte masni delež KOH v prvotni zmesi!

#### 2. Eksperimentalne naloge

a) Določite barvo naslednjih indikatorjev v kislem oziroma bazičnem mediju:

- fenolftalein
- lakmus
- metilrdeče
- metiloranž

b) Določite razliko med jakostjo klorovodikove in oetne kisline!

c) Določite razliko med jakostjo natrijevega hidroksida in amoniaka!

d) Določite s titracijo koncentracijo neznanega vzorca kisline oziroma baze v bučki!

### Inventar:

Skupni inventar:

- bireta
- filtrirni papir ali papirnata brisača
- žogice za pipetiranje
- zamaški za epruvete

Osebni inventar:

- epruvete
- zamaški za epruvete
- čaše
- 250 mL merilna bučka
- 25 mL merilna pipeta oz. merilni valj
- 300 mL erlenmajerice
- 10 mL oz. 5 mL merilni valji

## Kemikalije:

- 0,1 M NaOH
- 2 M HCl
- 2M CH<sub>3</sub>COOH
- 2 M NaOH
- raztopina za bakrenje
- etilacetat
- 0,1 M HCl
- 0,1 M NaOH
- lakmusov papir (lističi)
- fenolftalein
- lakmusova tinktura
- metilrdeče
- metiloranž
- cink v granulah

## Izvedba vaje

a) V stojalu za epruvete pripravite 8 epruvet. V štiri nalijte po 3 mL 2M HCl in v vsako dajte po 2 kapljici vsakega od indikatorjev (fenolftalein, lakmusova tinktura, metilrdeče in metiloranž). Za vsakega od indikatorjev zapišite barvo v kislem mediju.

V naslednje štiri epruvete pa nalijte po 3 mL 0,1 M NaOH in ponovite poskus z istimi indikatorji ter prav tako zapišite barvo vseh indikatorjev v alkalnem mediju.

***Tabela: barve indikatorjev v kislem oziroma bazičnem mediju***

<i>medij</i>	<i>lakmus-tinktura</i>	<i>fenolftalein</i>	<i>metilrdeče</i>	<i>metiloranž</i>
HCl (aq)				
NaOH (aq)				

b) V dve epruveti nalijte po 5 mL 2M HCl in 2 M CH<sub>3</sub>COOH. V vsako epruveto dajte košček pobakrenega cinka in opazujte potek reakcije! Razložite reakcije!

Cink v granulah pobakrite tako, da na granule cinka v čaši nalijete raztopino CuSO<sub>4</sub> za bakrenje in pustite potekati reakcijo 10 sekund. Nato raztopino za bakrenje odlijete in pobakreni cink operete z destilirano vodo in ga pustite posušiti na kosu filtrirnega papirja ali papirnate brisače.

c) V dve epruveti nalijte po 1 mL etilacetata. V prvo epruveto dodajte 10 mL 2 M NaOH, v drugo epruveto pa 10 mL 2 M  $\text{NH}_3(\text{aq})$ . Obe epruvete zamašite z gumijastima zamaškoma in močno premešajte. Opazujte hitrost bistrenja raztopine! Glede na hitrost bistrenja in izginjanja acetatne faze ugotovite razliko v jakosti med NaOH in  $\text{NH}_3(\text{aq})$ .

d) Oddaj 250 mL merilno bučko asistentu. Dobljen vzorec v bučki dopolnite z destilirano vodo do oznake na vratu bučke! Bodite zelo natančni (spodnji meniskus mora biti točno na oznaki)! Nato pripravljeno raztopino v bučki temeljito premešajte! Z lističem lakmusovega papirja ugotovite ali je vzorec v bučki kislina ali baza. Z merilno pipeto odpipetirajte trikrat po 25 mL raztopine iz bučke v erlenmajerice in v vsako erlenmajerico dajte po 2 kapljici indikatorja.

V primeru, da je vzorec **baza**, uporabite kot indikator **metilrdeče**. Ko dodate v raztopino nekaj kapljic indikatorja **metilrdeče**, se le-ta obarva rumeno. Vzorec titrirajte z 0,1 M raztopino HCl do rdeče barve. Zapišite si prvi volumen HCl, pri katerem je prišlo do spremembe barve raztopine. Prva titracija je orientacijska. To pomeni, da s prvo titracijo dobite podatek, približno kakšen volumen kisline potrebujete za titracijo 25 mL vzorca. Poraba kisline za titracijo vzorca vseh treh paralelk mora biti približno enaka, sicer morate pripraviti še eno paralelko vzorca za titracijo in titracijo ponoviti. Za povprečno porabo kisline upoštevajte tiste titracije, pri katerih so bili volumni kisline najbolj podobni. Izračunajte povprečno porabo kisline pri titracijah. Če se porabe kisline pri posameznih titracijah med seboj zelo razlikujejo, je bil vzorec neenakomerno premešan in morate asistenta zaprositi za nov vzorec ter titracije ponoviti. Iz izmerjenih volumnov kisline, ki ste jo potrebovali pri titraciji, s pomočjo koncentracije kisline izračunajte koncentracijo dobljenega vzorca v merilni bučki.

Če je vzorec v bučki **kislina**, dodajte kot indikator **fenolftalein**. Raztopina je v kislem brezbarvna. Titriate po enakem postopku kot se titrira baza, le da za titracijo uporabite 0,1 M NaOH. Po prvi prebitni kapljici dodane baze, se raztopina obarva rahlo vijolično. Zapišite volumen po dodatku prve kapljice, ki povzroči spremembo barve. Barva mora biti stabilna – raztopina se ne sme razbarvati, sicer dodate še eno kapljico baze. Kot pri titraciji s kislino tudi tukaj izračunajte povprečno porabo treh paralelk in na koncu še koncentracijo vzorca v merilni bučki.

**Opomba:**

1. Zapomnite si barve indikatorjev v kislem oziroma bazičnem mediju!
2. Razložite, zakaj uporabljamo pri nevtralizacijski titraciji kisline z bazo kot indikator fenolftalein in zakaj pri titraciji baze s kislino indikator metilrdeče?
3. Zapišite enačbe reakcij!
4. Razložite, kaj je titracija!

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo s kisljinami in bazami!



## 8. vaja: Ionske reakcije. Destilacija in retitracija

**Potrebno znanje:** koncentracije raztopin, množina snovi, mol, ionske reakcije, titracija, destilacija, šibki in močni elektroliti

**Naloge:**

### 1. Pisna naloga:

Zapišite in razložite ionske reakcije iz eksperimentalne naloge!

### 2. Eksperimentalna naloga

Določite maso amonijevega klorida v dobljenem vzorcu!

**Inventar:**

Skupni inventar:

- 2 x stojalo
- zamašek s cevko za lijak in uvajalno cevko
- majhna epruveta – epruveta za uvajalko
- bireta za 0,1 M HCl
- bireta za 0,1 M NaOH
- 2 x trinožno stojalo
- vrelni kamenčki
- plinski gorilnik
- 5 mL oziroma 10 mL merilni valj
- zamaški za epruvete

Osebni inventar:

- stojalo za epruvete
- epruvete
- čaše
- 1000 mL buča z ravnim dnom
- merilni valj
- erlenmajerica
- 2 x keramična mrežica
- mufa
- univerzalna prižema
- posoda za zbiranje odpadne raztopine Hg

## Kemikalije:

- $\text{CaCO}_3$  v prahu
- kamenčki s ceste
- 2 M HCl
- 0,1 M HCl
- 2 M NaOH
- 0,1 M NaOH
- 0,1 M AgCl
- 0,1 M  $\text{AgNO}_3$
- 0,1 M  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
- metilrdeče

## Izvedba vaje:

1.a) V epruveto v stojalu za epruvete stresite za noževu konico  $\text{CaCO}_3$  v prahu. Z merilnim valjem odmerite 5 mL 2 M HCl in zlijte kislino v epruveto s  $\text{CaCO}_3$  v prahu. Opazujte reakcijo in razložite njen potek!

V drugo epruveto v stojalu nalijte 5 mL 2 M HCl in vanjo vrzite kamenček, ki ste ga pobrali na cesti. Opezuje, ali reakcija poteka, in če poteka, razložite njen potek! Zakaj v nekaterih primerih reakcija ne poteče?

b) V tretjo epruveto nalijte približno 1 mL 0,1 M NaCl. Dodajte v raztopino NaCl dve kapljici 0,1 M raztopine  $\text{AgNO}_3$ . Opazujte potek reakcije! Nastali beli oborini AgCl med stresanjem epruvete po kapljicah dodajajte 0,1 M raztopino  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ . Kaj opazite? Potek reakcije opišite s pomočjo reakcij, ki so potekale in enačbe reakcij tudi zapišite!

## 2. Vajo delata dva študenta skupaj.

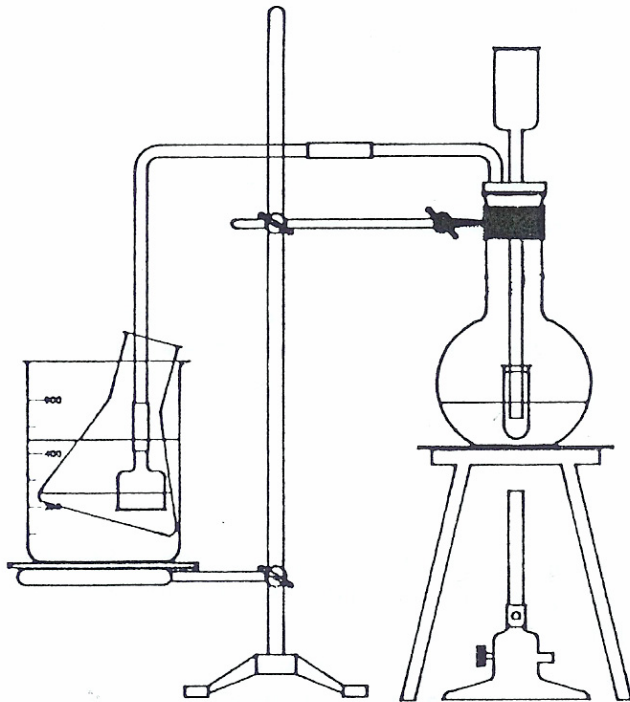
Asistentu po parih oddajte 1000 mL bučko z ravnim dnom. Dobljen vzorec v bučki razredčite s 50 mL destilirane vode. V tako pripravljeno raztopino dodajte nekaj vrelnih kamenčkov (3-4). Poiščite zamašek z uvajalko, ki dobro tesni izliv bučke. V erlenmajerico s pomočjo birete odmerite 50 mL 0,1 M raztopine HCl. Sestavite aparaturo po skici. Odmerite s 100 mL merilnim valjem 50 mL 2M NaOH in ga skozi lijak na vrhu aparature previdno zlijte v bučo.

Pričnite segrevati raztopino v buči in segrevajte raztopino toliko časa, da se volumen raztopine v bučki zmanjša na 1/3 prvotnega volumna raztopine. Pri reakciji bodite pozorni na to, da je uvajalna cevka ves čas reakcije potopljena v raztopino HCl v erlenmajerici.

Raztopino vzorca v buči segrevajte le toliko, da raztopina počasi vre. Hladilno vodo v čaši, v kateri hladite vsebino erlenmajerice, po potrebi večkrat zamenjajte. Pri tem pazite, da cevke v erlenmajerici ne dvignete iz raztopine HCl. Ko je reakcija končana, najprej konec uvajalne cevke sperite z nekaj mL destilirane vode. Odmaknite erlenmajerico z raztopino, šele nato ugasnite gorilnik. Raztopino v erlenmajerici ohladite na sobno temperaturo, dodajte nekaj kapljic indikatorja metilrdeče ter titrirajte prebitno množino HCl v erlenmajerici z 0,1 M NaOH do prve spremembe barve. Titrirajte previdno in počasi, ker imate za izračun mase  $\text{NH}_4\text{Cl}$  le eno paralelko!

Napišite enačbe reakcij in izračunajte maso amonijevega klorida v vzorcu!

**Skica:**



Prikaz aparature za določanje amonijeve soli

**Opomba:**

Poskusite odgovoriti na naslednja vprašanja:

1. Zakaj dodamo v raztopino pri segravanju vrelnе kamenčke?
2. Zakaj dodamo v raztopino vzorca NaOH in to šele potem, ko je aparatura popolnoma sestavljena in je v erlenmajerici že kislina?
3. Čemu služi tekočinska zapora?
4. Zakaj moramo raztopino kisline v erlenmajerici med reakcijo hladiti?
5. Zakaj uporabimo pri titraciji kot indikator metilrdeče?

**Varnost:** Upoštevajte delo z vročimi predmeti in aparaturami, navodila za delo s kislinami in bazami ter delo s plinskimi napravami. Bodite pozorni, da so po končanem delu v laboratoriju zaprti vsi plinski ventili.

Po končanem poskusu raztopine v epruveti ne zlijte v odtok, temveč v posodo, ki je namenjena za zbiranje odpadne raztopine Hg!

## 9. vaja: Kemijsko ravnotežje. Ravnotežna konstanta kemijske reakcije

**Potrebno znanje:** kemijsko ravnotežje, ravnotežna konstanta  $K_c$ , začetne množine, ravnotežne množine, zakon o vplivu koncentracij, Le Chatelierov princip, ionizacija vode, pH

### Naloge:

#### 1. Računske naloge:

a) Konstanta  $K_a$  ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) =  $1,74 \cdot 10^{-5}$ . Izračunajte stopnjo disociacije očetne kisline

a1) po približni formuli

a2) po kvadratni enačbi

b) Izračunajte pH 0,1 M baze s stopnjo disociacije.....!

c) Izračunajte množinsko koncentracijo (molarost) ....., ki ima pH = ..... in  $K_d = \dots\dots\dots$ .  
Delež disociiranih molekul je zanemarljiv.

#### 2. Eksperimentalni nalogi

Izvedite poskusa, s katerima boste opazovali spremembe v raztopini v zvezi z zakonom o vplivu koncentracij!

### Inventar:

Skupni inventar:

- 5 mL oziroma 10 mL merilni valji

### Osebni inventar:

- 100 mL čaša
- 100 mL merilni valj
- stojalo za epruvete
- epruvete

### Kemikalije:

- 0,5 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$
- 0,5 M  $\text{NaCH}_3\text{COO}$
- 0,015 M  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
- 0,1 M  $\text{NH}_4\text{SCN}$
- 3 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$

**Izvedba :**

a) V 100 mL čašo nalijte 10 mL 0,5 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , ki ste jo predhodno odmerili z 10 mL merilnim valjem. Raztopini v čaši dodajte nekaj kapljic indikatorja metiloranž in jo dobro premešajte. Nato odmerite z merilnim valjem 10 mL 0,5 M  $\text{NaCH}_3\text{COO}$  in opazujte spremembo barve raztopine po dodatku raztopine  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ . Spremembo razložite s pomočjo zakona o vplivu koncentracij!

b) V 100 mL čašo nalijte 50 mL destilirane vode, ki ste jo odmerili z merilnim valjem. S 5 mL oziroma 10 mL merilnim valjem odmerite 1 mL 0,1 M  $\text{NH}_4\text{SCN}$  in 1 mL 0,015 M  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  in obe raztopini zlijte v destilirano vodo v čaši in temeljito premešajte. Nastane rdeče obarvana raztopina slabo disociiranega železovega (III) tiocianata. Raztopino razdelite v pet epruvet do približno enake višine. V prvo epruveto dodajte 2 mL destilirane vode, v drugo 2 mL 0,015 M  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , v tretjo 2 mL 0,1 M  $\text{NH}_4\text{SCN}$  in v četrto 2 mL 3 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Raztopina v peti epruveti je primerjalna in vanjo ne dodajate ničesar. Opazujte spremembo intenzivnosti obarvanja in sicer s pogledom skozi epruveto od zgoraj navzdol proti beli podlagi. Intenziteta obarvanja posamezne raztopine v epruveti je odvisna od koncentracije obarvanega železovega (III) tiocianata. Opažanja razložite s pomočjo zakona o vplivu koncentracij!

**Opomba:**

Pred pripravljanjem raztopin dobro operite steklovino, sicer ne boste videli razlike v intenziteti obarvanja.

Odgovorite na naslednja vprašanja:

1. Kakšna je barva raztopine očetne kisline po dodatku indikatorja metiloranž?
2. Kakšna je barva raztopine po dodatku natrijevega acetata in zakaj?
3. Napišite ravnotežno reakcijo nastanka  $[\text{Fe}(\text{SCN})]_3$  ! Kaj se zgodi po dodatku vode, raztopine  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , raztopine  $\text{NH}_4\text{SCN}$  oz. raztopine  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ?

**Varnost:**

Upoštevajte delo z vročimi predmeti in aparaturami, navodila za delo s kislinami in bazami!

## 10. vaja: Kemijsko ravnotežje. Protolitska ravnotežja v vodnih raztopinah. Titracijska krivulja.

**Potrebno znanje:** ionska ravnotežja, šibki in močni elektroliti, ionske reakcije, protolitska ravnotežja v vodnih raztopinah, ekvivalentna točka, nevtralna točka, titracijska krivulja, ionizacija vode, pH

### 1. Računske naloge:

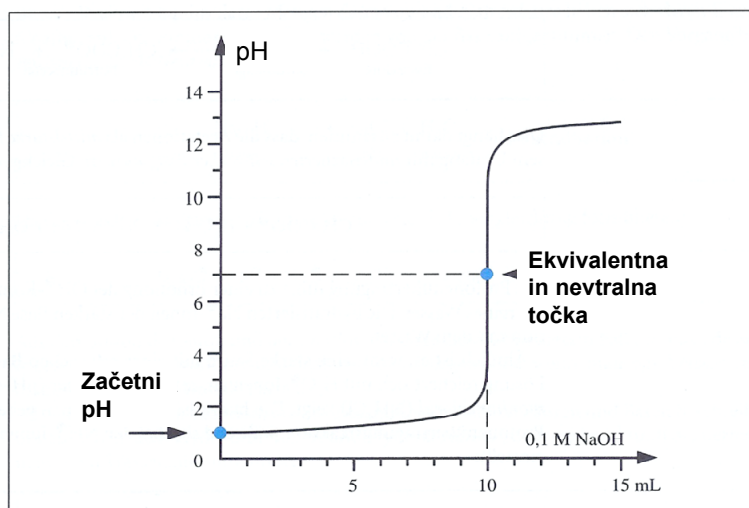
1. Izračunajte točke titracijske krivulje in titracijsko krivuljo tudi narišite, če k

a) 10 mL ..... M HCl dodajate po 1 mL ..... M NaOH tako, da dodate skupno 20 mL raztopine NaOH!

b) 10 mL ..... M CH<sub>3</sub>COOH dodajate po 1 mL ..... M NaOH tako, da dodate skupno 20 mL raztopine NaOH!

Primer a)

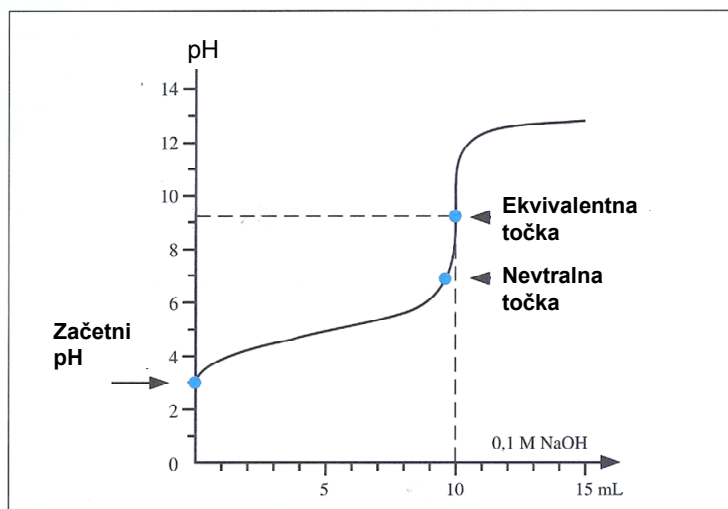
### Kislinsko bazne titracije



Titracijska krivulja za HCl (0,1M HCl in 0,1M NaOH)

Primer b)

## Kislinsko bazne titracije



Titracijska krivulja za  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (0,1M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  in 0,1M NaOH)

### 2. Eksperimentalne naloge

Izvedite poskuse za merjenje pH raztopin in določanje karbonatne trdote vode, jih opišite in razložite!

#### Inventar:

Skupni inventar:

- stojalo
- magnetno mešalo
- magneti za mešalo
- magnetna palčka
- pH – meter
- birete za 0,1 M HCl
- čaše za odpadno vodo pri spiranju elektrode
- 5 mL oziroma 10 mL merilni valji
- plinski gorilnik
- žličke za soli

Osebni inventar:

- čaše
- stojalo za epruvete
- epruvete



- 100 mL merilni valj
- ščipalka za epruvete

### **Kemikalije:**

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{Cl}$
- 2 M  $\text{NaCH}_3\text{COO}$
- fenolftalein
- metiloranž

### **Izvedba vaje:**

a) V 100 mL čašo odmerite ~50 mL destilirane vode in ji izmerite pH. V vodo dodajte 0,5 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{ H}_2\text{O}$  (približno žličko soli). Raztopino mešajte tako dolgo, da se sol raztopi. Nato raztopini ponovno izmerite pH. Razložite, zakaj je prišlo do spremembe pH po dodatku soli!

b) V 100 mL čašo odmerite 50 mL vodovodne vode in ji prav tako izmerite pH. V odmerjeno vodo dodajte nato 0,5 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (približno žlička soli), pustite mešati, da se vsa sol raztopi in raztopini ponovno izmerite pH. Razložite spremembo v pH raztopine!

c) V epruveto odmerite z 5 mL oziroma 10 mL merilnim valjem 3 mL 2 M raztopine natrijevega acetata in dodajte 3 kapljice fenolftaleina. Raztopino v epruveti segrejte do vrenja in nato pustite, da se raztopina ponovno ohladi. Opazujte spremembo barve raztopine in razložite, zakaj je prišlo do spremembe barve.

d) Oddajte asistentu 250 mL ali 400 mL čašo. Odmerite od dobljenega vzorca v dve erlenmajerici po 100 mL z merilnim valjem in dodajte v vsako erlenmajerico še po 2-3 kapljice indikatorja metiloranž. Z 0,1 M raztopino HCl titrajte vzorca vode do preskoka iz rumene v čebulno barvo. Če se rezultata titracije med seboj močno razlikujeta, zaprosite ponovno za vzorec in izvedite še eno titracijo! Izračunajte karbonatno trdoto vzorca iz porabljenega volumna 0,1 M HCl!

## **Opomba:**

### Merjenje pH raztopin s pH – metrom

Pred merjenjem pH raztopin mora biti pH – meter umerjen. Elektroda pH- metra mora biti ves čas med posameznimi meritvami potopljena v destilirani vodi. Pred vsako meritvijo elektrodo temeljito operite z destilirano vodo iz puhalke in jo popivnjajte z mehko papirnato brisačo, da jo osuši. Pri sušenju ne drgni z brisačo po elektrodi! Nato elektrodo potopite v raztopino, ki ji nameravate izmeriti pH. Raztopino s pomočjo magnetnega mešala in magneta neprekinjeno mešajte. Magnet pred merjenjem pH prav tako temeljito operite z destilirano vodo in ga posušite s papirnato brisačo. Elektroda naj bo potopljena v raztopino vsaj 2 cm. Pritisnite tipko z oznako pH. Vrednost pH raztopine odčitajte šele, ko se številke na prikazalniku ne spreminjajo več. Po končani meritvi elektrodo dvignite iz raztopine, podstavite čašo za zbiranje odpadne destilirane vode in elektrodo operite z destilirano vodo iz puhalke. Po končanem merjenju pH – pred odhodom - je potrebno očiščeno elektrodo pustiti v destilirani vodi, da se elektroda ne posuši in ne pride do njene okvare.

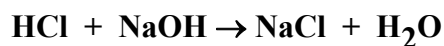
### Razmislite in odgovorite:

1. Kakšen pH ima destilirana voda in zakaj? Kaj je vzrok v spremembi pH po dodatku  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10 \text{H}_2\text{O}$ ?
2. Kakšen je pH vodovodne vode in zakaj se spremeni ob dodatku  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ?
3. Kaj je karbonatna trdota vode in kako jo določimo?

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo z vročimi predmeti (epruveto pri segrevanju držite s ščipalko za epruvete in vsebino počasi segrevajte, da vam vsebina ne brizgne iz epruvete); po končanem delu v laboratoriju zaprite vse plinske ventile.

**Priloga:** Primer tabel za izračun pH:

1.a) Titracija močne kisline z močno bazo: 10,0 mL 0,1M HCl dodajamo po 1,0 mL 0,1M NaOH tako, da dodamo skupno 20,0 mL raztopine NaOH!



V(NaOH)v mL	$[\text{H}^+]$	ali	$[\text{OH}^-]$	pH
0	$[\text{H}^+] = c_k$			
1	$[\text{H}^+] = (n_k - n_b) / (V_k + V_b)$			
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10	$[\text{OH}^-] = (n_b - n_k) / (V_k + V_b)$			
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Ekvivalentna točka:  $n_k = n_b$

$$c_k \cdot V_k = c_b \cdot V_b$$

$$V_b =$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = x$$

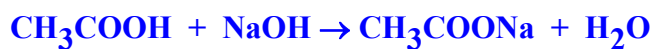
$$x^2 = 10^{-14}$$

$$x = 10^{-7} \quad \text{pH} = 7$$

$$K_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

1.b) Titracija šibke kisline z močno bazo: 10 mL 0.1M CH<sub>3</sub>COOH dodajamo po 1,0 mL 0.1M NaOH tako, da dodamo skupno 20,0 mL raztopine NaOH!

$$K_{\text{disoc.}} = 1.8 \times 10^{-5}$$



V(NaOH) v mL	[H <sup>+</sup> ] ali [OH <sup>-</sup> ]	pH
0	$[\text{H}^+] = \sqrt{Kk \cdot ck} =$	
1	$[\text{H}^+] = Kk \cdot c_k / c_s = Kk \cdot (n_k - n_b) / n_b$	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10	Ekv.točka $[\text{OH}^-] = \sqrt{(K_w / K_k) \cdot c_s}$	
11	$[\text{OH}^-] = (n_b - n_k) / (V_k + V_b)$	
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Ekvivalentna točka:  $n_k = n_b$   
 $ck \cdot V_k = cb \cdot V_b$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{(K_w / K_k) \cdot c_s}$$

$$c_s = n_k / (V_k + V_b) = n_b / (V_k + V_b)$$

## 11. vaja: Topnostni produkt

**Potrebno znanje:** slabo topne soli, ionska ravnotežja, topnostni produkt, topnost soli-koncentracija nasičene raztopine, vpliv istoimenskih ionov na topnost soli

### Naloge:

#### 1. Računski nalogi:

a) Topnostni produkt ..... je ..... . Koliko mg ..... se lahko raztopi v 1 L vode? Koliko mg pa se raztopi v 1 L ..... M ..... ?

b) Topnostni produkt ..... je ..... . Izračunaj množinsko koncentracijo (molarnost) nasičene raztopine! Koliko mg ..... se lahko raztopi v 150 L vode?

#### 2. Eksperimentalne naloge:

a) Izvedite reakcijo med srebrovimi ( $\text{Ag}^+$ ) ioni in kloridnimi ( $\text{Cl}^-$ ) ioni pri različnih koncentracijah ter ugotovite mejo, kjer se oborina več ne pojavi.

b) Zmanjšajte topnost svinčevega klorida!

c) Zmanjšajte topnost natrijevega klorida!

### Inventar:

Skupni inventar:

- tehtnica
- stojalo
- filtrirni papir
- 10 mL polnilna pipeta
- mufa z obročem
- žoga za pipetiranje
- laboratorijska žlica
- 10 mL merilni valj

Osebni inventar:

- čaše
- epruvete
- stekleni lij

### **Kemikalije:**

- 0,1 M raztopina  $\text{AgNO}_3$
- $\text{PbCl}_2$
- nasičena raztopina  $\text{NaCl}$
- 2 M  $\text{NaCl}$
- 1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (v kapalni plastenki)
- 37 %  $\text{HCl}$

### **Izvedba vaje:**

a) S polnilno pipeto odmerite 10 mL 0,1 M raztopine  $\text{AgNO}_3$  in jo v 100 mL merilni bučki razredčite z destilirano vodo do oznake. Pripravljena raztopina je 0,01 M. Od tako pripravljene raztopine ponovno odpipetirate s polnilno pipeto 10 mL raztopine in jo razredčite v drugi 100 mL merilni bučki z destilirano vodo do oznake na vratu bučke. Ta raztopina ima koncentracijo 0,001 mol/L. Postopek ponovite še dvakrat, tako da si pripravite še raztopini s koncentracijo 0,0001 mol/L in 0,00001 mol/L. Raztopine prelijte v **4 epruvete** do 1/3 višine epruvete. V vsako epruveto dodajte nekaj kapljic 2 M  $\text{NaCl}$ . Premešajte raztopine in ugotovite, pri kateri koncentraciji oborina ne nastane več. Razložite, zakaj oborina ni nastala!

b) Pripravite približno 30 mL nasičene raztopine  $\text{PbCl}_2$ . Raztopino pripravite tako, da 0,5 g  $\text{PbCl}_2$  raztopite v 30 mL destilirane vode in nekaj minut raztopino mešate. Nasičeno raztopino prefiltrirajte skozi filtrirni papir v 100 mL čašo in filtrat razdelite v dve epruveti. V prvo epruveto dodajte 1 mL nasičene raztopine  $\text{NaCl}$ . Nastane bela oborina, ki jo ponovno odfiltrirate. Razložite, zakaj je nastala bela oborina!

Nato v filtrat, ki je ostal po prvem filtriranju v drugi epruveti, ter tudi v filtrat po drugem filtriranju dodajte nekaj kapljic 1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Opazujte potek reakcije in napišite ter razložite enačbe reakcij! V kateri epruveti nastane več oborine in zakaj?

c) Demonstracijsko se pripravi aparatura, podobna kot je aparatura za določevanje amonijeve soli. Ker pri poskusu nastaja dražeči plin, se poskus izvede v odduhi. V bučko odmerimo 20 mL 37%  $\text{HCl}$  in damo vanjo nekaj vrelnih kamenčkov, v čašo pa 20 – 30 mL nasičene raztopine  $\text{NaCl}$ . Klorovodikovo kislino v bučki počasi segrevamo in pustimo, da počasi vre. Tako nastaja plinasti  $\text{HCl}$ , ki ga po cevki vodimo v čašo z nasičeno raztopino  $\text{NaCl}$ . Opišite in razložite, kaj se zgodi v raztopini v čaši z nasičeno raztopino  $\text{NaCl}$ , ko vanjo uvajamo plinasti  $\text{HCl}$ ! Po končanem eksperimentu nalijemo v bučko vodo, da preprečimo nadaljnje izhajanje plina  $\text{HCl}$ .

**Opomba:**

a) Pri pripravi raztopin pod točko **2a** sodelujejo po štirje študenti, tako da vsak prispeva svojo 100 mL merilno bučko. Raztopine pripravljajte čim bolj natančno, da bo razlika v motnosti nastalih raztopin ob dodatku nekaj kapljic 2 M NaCl dobro vidna.

Pred pripravljanjem raztopin dobro operite steklovino, sicer ne boste videli razlike v intenziteti oborine !

b) Razmislite in odgovorite:

1. Zakaj je prišlo do zmanjšanja topnosti svinčevega klorida!
2. Kaj je povzročilo manjšo topnost NaCl v raztopini po uvajanju plinastega HCl in opišite, kako ste to opazili!

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo s kislinami!

## 12. vaja: Reakcije oksidacije in redukcije

**Potrebno znanje:** Urejanje redoks enačb, oksidacijska števila, oksidanti in reducenti v anorganski kemiji, elektrokemijska napetostna vrsta za kovine in nekovine.

### Naloge:

#### 1. Računska naloga

Izračunajte, koliko mililitrov .....  $\text{HNO}_3$  z gostoto ..... g/mL potrebujete za raztapljanje ..... g .....! Izračunajte tudi, koliko litrov in kateri plin pri reakciji nastane pri temperaturi ..... °C in tlaku ..... kPa!

#### 2. Eksperimentalne naloge:

- V elektrokemijski napetostni vrsti določite lego Zn in Cu glede na vodik!
- Določite, kateri izmed halogenov je močnejši oksidant!
- Ugotovite jakost kalijevega manganata(VII) –  $\text{KMnO}_4$  v različnih medijih (vodni, kisli bazični)!
- Določite maso  $\text{Fe}^{2+}$  v vzorcu, ki ga dobite pri asisitentu, s titracijo vzorca z 0,02 M raztopino  $\text{KMnO}_4$ !

### Inventar:

Skupni inventar:

- stojalo
- bireta
- 5 ml oz. 10 mL merilni valj

Osebni inventar:

- 250 mL merilna bučka
- epruvete
- stojalo za epruvete
- 100 mL merilni valj
- 25 mL polnilna pipeta
- erlenmajerice



### **Kemikalije:**

- 2 M HCl
- Zn granule
- koščki Cu
- 0,25 M ZnCl<sub>2</sub>
- 0,25 M CuCl<sub>2</sub>
- 0,1 M NaBr
- 0,1 M KI
- klorovica
- CCl<sub>4</sub>
- 0,02 M KMnO<sub>4</sub>
- 20% NaOH
- 0,1 M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### **Izvedba vaje:**

a) V dve epruveti nalijte po 3 mL 2 M HCl. V prvo epruveto vrzite granulo Zn, v drugo pa košček Cu.

V dve epruveti nalijte po 3 mL 0,25 M ZnCl<sub>2</sub> in vrzite v prvo epruveto granulo Zn, v drugo pa košček Cu.

Nato v dve epruveti nalijte po 3 mL 0,25 M CuCl<sub>2</sub> in dodajte v prvo epruveto granulo Zn, v drugo epruveto pa košček Cu.

Opazujte potek reakcije in jih razložite ter zapišite vse enačbe reakcij, ki so potekle!

b) V prvo epruveto nalijte 1 mL 1M NaBr, v drugo pa 1 mL 0,1 M KI. Obema raztopinama v epruvetah dolijte po 2 mL klorovice (klorovica je nasičena raztopina klora v vodi) in po 1 mL tetraklormetana (CCl<sub>4</sub>). Epruveti močno stresaj in opazuj barvo obeh nastalih plasti. Razložite poskus in zapišite enačbi reakcij!

Rjava barva plasti CCl<sub>4</sub> je dokaz za elementarni brom, vijoličasta barva plasti CCl<sub>4</sub> pa je dokaz za elementarni jod.

c) V tri epruvete nalijte po 1 mL 0,02 M KMnO<sub>4</sub> in dodajte v vsako po 3 mL destilirane H<sub>2</sub>O. Nato dodajte v prvo epruveto 2 mL 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, v drugo 2 mL destilirane vode in v tretjo epruveto 2 mL 20% NaOH. V tako pripravljene raztopine v vseh treh epruvetah dodajte po kapljicah toliko 0,1 M raztopine Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, da raztopine spremenijo barvo. Po dodatku raztopine Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> raztopino v epruveti premešajte. Zapišite enačbe redoks reakcij v ionski obliki!

d) Vzorec  $\text{Fe}^{2+}$ , ki si ga dobil pri asistentu, razredčite v 250 mL merilni bučki do oznake in raztopino temeljito premešajte. S polnilno pipeto odmerite po 25 mL razredčenega vzorca v tri erlenmajerice, dodajte z merilnim valjem v vsako erlenmajerico še po 25 mL 1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  in titrirajte z 0,02 M  $\text{KMnO}_4$  do preskoka barve raztopine v svetlo rožnato. Izračunajte povprečno porabo  $\text{KMnO}_4$  pri titraciji in maso železa v celotnem vzorcu! Zapišite tudi enačbo reakcije!

**Opomba:**

Razmislite in odgovorite:

- 1) Katere reakcije potekajo pri poskusih pod točko a)?
- 2) Po čem sklepate, kateri od halogenov je močnejši oksidant?
- 3) Opišite barve raztopin pri poskusu pod točko c) v kislem, nevtralnem in alkalnem mediju po dodatku  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ !

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo s kislinami in bazami! Odpadne produkte s  $\text{CCl}_4$  zlijte v posebno posodo ob izlivnem koritu!

## 13. vaja: Koordinacijske spojine

**Potrebno znanje:** zgradba koordinacijskih spojin, koordinacijski kation, koordinacijski anion, nomenklatura, disociacija in stabilnost koordinacijskih spojin, konstanta nestabilnosti, barve koordinacijskih spojin

### Naloge:

#### 1. Eksperimentalne vaje

a) Pripravite raztopini naslednjih koordinacijskih soli:

- 1)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
- 2)  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$

b) Izvedite poskuse, s katerimi ugotovite, kako se obnašata raztopini  $\text{FeSO}_4$  in  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ob dodatku raztopin  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  in  $\text{FeCl}_3$ !

c) S poskusom ugotovite, katera od srebrovih koordinacijskih spojin je stabilnejša!

d) Opazujte spremembo barve kobaltove (II) kompleksne spojine v odvisnosti od temperature!

### Inventar:

Osebni inventar:

- stojalo za epruvete
- epruvete
- ščipalka za epruvete

### Izvedba vaje:

a)

1) V epruveto nalijte 1 mL 0,1 M  $\text{AgNO}_3$  in dolijte 1 mL 0,1 M  $\text{HCl}$ . Opazujte potek reakcije in jo zapišite! Nato po kapljicah dodajajte 2 M  $\text{NH}_3$ , da se nastala oborina raztopi. Zapišite še to reakcijo in tudi ime nastale koordinacijske spojine!

2) V epruveto nalijte 1 mL 1 M raztopine  $\text{CuSO}_4$  in dodajajte vanjo po kapljicah 2 M raztopino  $\text{NH}_3$ . Po nekaj kapljicah nastane v raztopini oborina bakrovega (II) hidroksid sulfata. Po dodatku še nekaj kapljic 2 M  $\text{NH}_3$  pa nastane temno modro obarvana raztopina. Opišite poskus z enačbami !

**b)** V tri epruvete nalijte po 2 mL 0,1 M raztopine  $\text{FeSO}_4$ , v naslednje tri epruvete pa po 2 mL 0,1 M raztopine  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Nato dodajte vsaki raztopini v epruvetah :

1) v prvo epruveto od vsake raztopine po kapljicah 0,1 M NaOH

2) v drugo epruveto od vsake raztopine po kapljicah 0,05 M  $\text{Na}_2\text{S}$

3) v tretjo epruveto od vsake raztopine po kapljicah 0,03 M raztopino  $\text{FeCl}_3$ .

Razložite, zakaj pri nekaterih poskusih nastane oborina, pri drugih pa ne!

**c)** Pripravite raztopini  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  in  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]$ !

Za pripravo  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$  nalijte v epruveto 2 mL 0,02 M  $\text{AgNO}_3$  in ji dodajte toliko kapljic 2 M  $\text{NH}_3$ , da se prvotno nastala bela oborina ponovno raztopi. Tako nastalo bistro raztopino razdelite na štiri epruvete. V prvo epruveto dodajte po kapljicah 0,1 M NaOH, v drugo 0,1 M NaCl, v tretjo 0,1 M KI in v četrto 0,05 M  $\text{Na}_2\text{S}$ .

Za pripravo  $\text{Na}[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]$  nalijte v epruveto 2 mL 0,02 M  $\text{AgNO}_3$  in asistenta zaprosite za 1 M NaCN, ki ga po kapljicah dodajate v raztopino  $\text{AgNO}_3$ . Najprej nastane v raztopini bela oborina, ki pa se po dodatku še nekaj kapljic NaCN raztopi. Bistro raztopino razdelite na štiri epruvete in po enakem vrstnem redu kot pri prejšnjem poskusu dodajajte po kapljicah 0,1 M NaOH, 0,1 M NaCl, 0,1 M KI in 0,05 M  $\text{Na}_2\text{S}$ .

Kaj lahko sklepate na podlagi izvedenih poskusov?

V pomoč navajamo topnostne produkte naslednjih srebrovih spojin pri 25°C:

<b>AgOH</b>	<b><math>2,0 \cdot 10^{-8}</math></b>
<b>AgCl</b>	<b><math>1,7 \cdot 10^{-10}</math></b>
<b>AgI</b>	<b><math>8,5 \cdot 10^{-17}</math></b>
<b>Ag<sub>2</sub>S</b>	<b><math>5,5 \cdot 10^{-51}</math></b>

**d)** V epruveto nalijte 3 mL 1 M raztopine  $\text{CoCl}_2$ . Segrejte raztopino v epruveti do vrenja in opazujte spremembo barve raztopine . Raztopino nato ponovno ohlajajte in ponovno opazujte spremembo barve. Upoštevajte dejstvo, da je heksaakvokobaltov (II) ion rožnate barve, medtem ko je tetraklorokobaltatni (II) ion modre barve. Spremembo barve ugotavljajte s pomočjo primerjalne epruvete, v katero predhodno nalijete 2 mL raztopine  $\text{CoCl}_2$ . Zapišite enačbe reakcij in spremembo kompleksa v odvisnosti od temperature razložite s pomočjo Le Chatelierov-ega principa.

**Varnost:** Upoštevajte delo z vročimi snovmi ter delo s strupenimi snovmi. Epruveto z raztopino  $\text{CoCl}_2$  segrevaj s pomočjo ščipalke za epruvete. Segrevajte previdno do vrenja. Pri delu z NaCN obvezno uporabljajte zaščitne rokavice in si po končanem delu temeljito operite roke, kajti raztopina NaCN je zelo strupena. Odpadne produkte zlijte v posebno posodo ob izlivnem koritu. Po končanem delu preverite, če so zaprti vsi ventili na plinski napeljavi.

## 14. vaja: Sinteza preparatov

**Potrebno znanje:** sinteza raznih preparatov, osnovne laboratorijske tehnike

**Naloge:**

### 1. Eksperimentalne vaje

Sintetizirajte naslednje preparate:

- AMONIJ ŽELEZOV(II) SULFAT HEKSAHIDRAT,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  – Mohrova sol
- AMONIJ BAKROV(II) SULFAT HEKSAHIDRAT,  $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
- KALIJ-KROMOV(III) SULFAT(VI) DODEKAHIDRAT (KALIJ-KROMOV GALUN), KALIJ KROMOV (III) GALUN,  $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

**Inventar:**

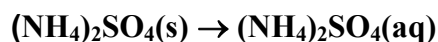
- terilnica s pestilom
- tehtnica
- čaša
- merilni valj
- steklena palčka
- gorilnik
- mrežica
- erlenmajerica
- Bunsenov ventil (a)
- trinožno stojalo
- vodna črpalka
- presesalna buča
- Büchnerjev lij
- filtrirni papir
- urno steklo

**Izvedba:**

a) Raztopite 40,0 g  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$  v 100 ml raztopine, ki jo pripravite z mešanjem 90,0 mL vode in 10 mL 96% raztopine  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pazi na zaporedje dodajanja raztopin! Vroči raztopini dodajte vročo raztopino 30,0 g amonijevega sulfata v 40,0 mL vode (raztopini segrevajte istočasno!). V erlenmajerico zatehtajte 2,0 g železa v prahu ter vanjo dolijte pripravljene vroči raztopini. Erlenmajerico opremite z Bunsenovim ventilom in jo pustite na vodni kopeli toliko časa, da se preneha razvijati vodik. Vročo raztopino hitro prefiltrirajte skozi vroč Büchnerjev lij (nučiranje). Filtrat takoj prelijte v čašo in ga med intenzivnim

mešanjem hitro ohladite. Izločene kristale odnučirajte ter jih sušite še 15 minut na liju. Kristale stehtajte in izračunajte izkoristek sinteze. Kristale shranite v pripravljeni čaši ter preostalo raztopino v drugi pripravljeni čaši.

Raztapljanje soli:

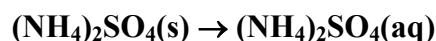


Kristalizacija:



b) V suho 50 mL čašo zatehtajte 0,020 mol  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , ki ste ga predhodno zelo dobro strli v terilnici. Dodajte enako množino  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  in 10 mL destilirane vode. Reakcijsko zmes počasi segrevajte nad majhnim plamenom ob intenzivnem mešanju, da se vse raztopi. Raztopino počasi ohladite, da se izločijo kristali dvojne soli. Kristale odnučirajte in jih sušite na urnem steklu še 15 minut. Dobljene kristale stehtajte in izračunajte izkoristek sinteze. Kristale shranite v pripravljeni čaši ter preostalo raztopino v drugi pripravljeni čaši.

Raztapljanje soli:

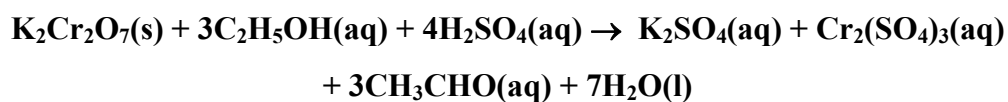


Kristalizacija:



b) V suho čašo zatehtajte 10,0 g strtega  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , dolijte 100 ml vode in nato počasi po kapljicah ter ob intenzivnem mešanju še 1,5 kratno teoretično množino 96% raztopine  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1,84 \text{ g/mL}$ ). Po dodatku kisline mora biti ves kromat raztopljen. Raztopino ohladite (ledena kopel) in nato po kapljah zelo počasi ob intenzivnem mešanju in hlajenju dodajte 1,5 kratno množino 96% raztopine etanola ( $\rho = 0,79 \text{ g/mL}$ ). Obvezno vzdržujte temperaturo pod  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ! Ko dodate ves etanol, še vedno preverjajte temperaturo raztopine, saj ta ne sme hitro naraščati tudi izven ledene kopeli. Raztopino pustite vsaj en teden, da se izloči galun. Kristale odnučirajte in jih sušite še 15 minut na liju. Dobljene kristale stehtajte in izračunajte izkoristek sinteze. Kristale shranite v pripravljeni čaši ter preostalo raztopino v drugi pripravljeni čaši.

Reakcija:



Kristalizacija:



**Opomba:**

a) Pred pričetkom vaje premislite:

- Čemu služi dodano Fe in raztopina  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
- Čemu služi dodana raztopina etanola in čemu raztopina  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
- Zakaj moramo alkohol dodajati počasi ob sočasnem ohlajanju?

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo s kislinami in vročimi predmeti!



## 15.vaja: Hitrost kemijske reakcije

**Potrebno znanje:** hitrost kemijske reakcije, konstanta reakcijske hitrosti, Arrheniusova enačba, aktivacijska energija, kataliza

### Naloga:

Opazuj hitrost razpada natrijevega klorata(I) (natrijevega hipoklorita)  $\text{NaOCl}$  v prisotnosti katalizatorja -  $\text{Co}_2\text{O}_3$  v odvisnosti od temperature in koncentracije.

Nariši diagram za razpad natrijevega hipoklorita v odvisnosti od temperature in koncentracije tako, da narišeš na absciso čas, na ordinato pa prostornino vode v merilnem valju. Vse tri meritve prikaži na istem diagramu. Naklon krivulje predstavlja reakcijsko hitrost.

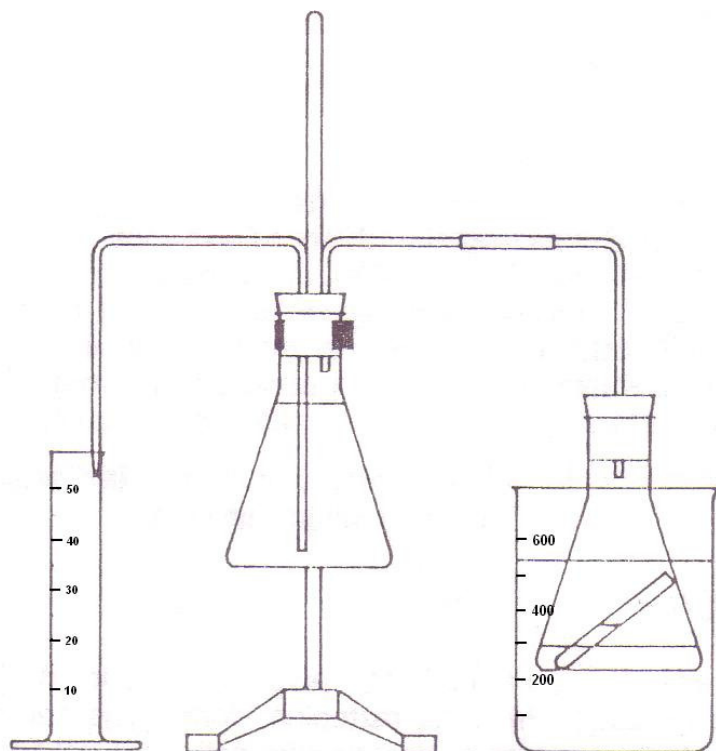
### Inventar:

- dve erlenmajerici
- merilni valj 50 mL
- 600 mL čaša
- steklena cevka z zamaškom
- epruvetka
- stojalo
- mufa
- prižema
- trinožno stojalo
- mrežica
- gorilnik
- termometer

### Kemikalije:

- $\text{NaOCl}$
- $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

### Skica:

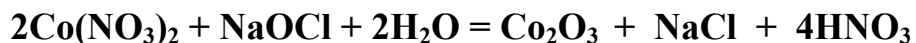


Prikaz aparature za izvedbo vaje

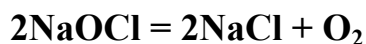
### Izvedba vaje:

a)

Vajo delata dva študenta skupaj. Sestavite aparaturo po skici. Nato v prvo erlenmajerico nalijte 20 mL raztopine natrijevega klorata (I). Primerna raztopina natrijevega klorata(I) je kar »Varekina«, ki se uporablja kot belilno sredstvo. V epruvetko nalijte 3mL 0,2 M raztopine kobaltovega (II) nitrata in epruvetko vstavite v erlenmajerico, ne da bi se raztopini zmešali. Drugo erlemajerico napolnite z vodo in obe dobro zamašite. Nekoliko počakajte, da se temperatura izenači z okolico, nato podstavite merilni valj in nagnite prvo erlenmajerico toliko, da se raztopina  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  izlije iz epruvetke v raztopino  $\text{NaOCl}$  in premešajte. Poteče reakcija, pri kateri se tvori katalizator kar v reakcijski posodi po enačbi:



Nastali  $\text{Co}_2\text{O}_3$  katalizira reakcijo razpada natrijevega hipoklorita po enačbi:



Med potekom reakcije meri prostornino vode v merilnem valju vsakih 30 sekund toliko časa, da se valj napolni.

### **b) Vpliv temperature**

V prvo erlenmajerico nalij 20 mL raztopine NaOCl in vstavi epruveto s 3 ml raztopine Co (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Erlenmajerico postavi v čašo z vodo, segreto na 50°C in počakaj 2 minuti, da se raztopina v erlenmajerici segreje. Drugo erlenmajerico ponovno napolni z vodo. Erlenmajerici dobro zamaši podstavi merilni valj in delaj enako kot prej. Erlenmajerico pusti ves čas poskusa v čaši s segreto vodo. Prostornino vode meri vsakih 15 s.

### **c) Vpliv koncentracije**

Ponovi isto kot v drugem primeru, s to razliko, da daš v prvo erlenmajerico 20 mL raztopine natrijevega hipoklorita in 20 mL destilirane vode. Raztopino NaOCl torej razredčiš v razmerju 1:1, reakcijska temperatura pa je 50°C.

**Varnost:** Upoštevajte navodila za delo s steklovino in vročimi predmeti!

## **Viri:**

1. L.Golič, I.Leban , P.Šegedin , J.Šiftar : VAJE IZ SPLOŠNE IN ANORGANSKE KEMIJE , Navodila za vaje, DZS Ljubljana , 1991
2. B. Kozlevčar, N. Kitanovski, P. Šegedin: Navodila za laboratorijske vaje iz splošne kemije, Študijsko gradivo VSŠT 2005, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
3. N.Bukovec in I.Leban, Vaje iz anorganske kemije, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana 2005.
4. I.Ban, *Varnost v kemijskem laboratoriju : (samo za interno uporabo)*, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Maribor 2007.
5. N.E.Griswold, H.A.Neidig, J.N. Spencer, C.L.Stanitski: Laboratory Handbook for General Chemistry, Brooks/Cole Thomson learning, 2002.
6. P. Glavič, Mednarodni sistem merskih enot in znakov, 2.popravljena izdaja, Maribor, 1989.

## **Zahvala**

Bivši sodelavki Zdenki Herga, dipl.ing.kem.tehnol., se iskreno zahvaljujemo za pomoč pri izdelavi tega gradiva.